UNIVERSITÉ PARIS 8 DES CRÉATIONS

IFG LAB

Thèse de doctorat

Géopolitique des cryptomonnaies et de leurs industries de minage dans l'espace postsoviétique : études de cas de la Russie, du Kazakhstan et du Kirghizstan

Hugo ESTECAHANDY

Soutenue le 19 février 2026

Sous la direction d'Amaël CATTARUZZA

Discipline

Géographie, mention « Géopolitique »

École doctorale

ED 401 « Sciences sociales »

Laboratoire/Partenaires de recherche

Réalisée au sein de l'IFG Lab (EA 353) et du projet de recherche GEODE – Géopolitique de la Datasphère

GEODE

Composition du jury

Virginie MAMADOUH, Rapporteure
Associate professor, University of Amsterdam

Catherine POUJOL, Rapporteure
Professeure des Universités, INALCO

Kevin LIMONIER, Examinateur
Professeur des Universités, Université Paris 8

Francesca MUSIANI, Présidente du jury
Directrice de recherche, CNRS

Amaël CATTARUZZA, Directeur de thèse
Professeur des Universités, Université Paris 8

Résumé. Cette thèse explore la manière dont les besoins spécifiques du minage de cryptomonnaies entraînent une concentration de la partie matérielle de réseaux numériques, initialement conçus autour de la décentralisation, au sein de territoires spécifiques de l'ex-URSS, et comment les réseaux d'acteurs locaux influencent ce développement. L'approche mobilise la méthode d'analyse géopolitique et les apports des STS pour définir le réseau Bitcoin comme une infrastructure numérique et un espace géopolitique. Malgré son idéal fondateur, le réseau est sujet à des phénomènes de centralisation du pouvoir, des flux et des moyens de production. Le minage révèle la matérialité continue de cette infrastructure, fortement ancrée dans l'espace physique en fonction de facteurs de localisation. De plus, cryptomonnaies agissent comme des outils et enjeux géopolitiques, servant de moyens de contournement de sanctions ou de soutien aux stratégies étatiques de souveraineté numérique et monétaire. En Russie (Partie II), l'étude se concentre sur l'*oblast'* d'Irkoutsk (Sibérie) comme laboratoire géopolitique du minage numérique. Le minage s'appuie sur l'héritage industriel soviétique, notamment l'hydroélectricité bon marché. L'activité a évolué d'un minage informel vers un secteur stratégique. Cette transformation est le fruit d'une coproduction entre énergopouvoirs et technopouvoirs. En Asie centrale (Partie III), le minage révèle des fragilités structurelles et des dépendances infrastructurelles. L'essor rapide du minage au Kazakhstan à partir de 2021 a exacerbé une crise énergétique et mis en lumière la dépendance du pays aux puissances voisines. Ce phénomène a servi de catalyseur à la « dénazarbaïefication » qui a ciblé les acteurs du minage numérique opaque proches de l'ancien président Nazarbaïev. Au Kirghizstan, l'analyse révèle un minage informel au cœur des déficits d'énergie et des tensions régionales liées au partage de l'eau. Des réseaux informels impliquant des élites politiques exploitent les infrastructures publiques.

Mots-clés : Bitcoin, cryptomonnaies, géopolitique, numériques, Russie, Kazakhstan, Kirghizstan, énergie

Abstract. This PhD thesis examines how the specific requirements of cryptocurrency mining lead to a concentration of the material components of digital networks, originally designed around decentralization, within particular territories of the former USSR, and how local actor networks shape this development. The approach draws on geopolitical analysis and insights from STS to conceptualize the Bitcoin network as both a digital infrastructure and a geopolitical space. Despite its foundational ideal, the network is subject to dynamics of centralization of power, flows, and means of production. Mining exposes the persistent materiality of this infrastructure, firmly anchored in physical space according to location-dependent factors. Moreover, cryptocurrencies function as geopolitical tools and stakes, enabling the circumvention of sanctions or supporting state strategies of digital and monetary sovereignty. In Russia (Part II), the study focuses on the Irkutsk *oblast* (Siberia) as a geopolitical laboratory for digital mining. Mining activities build upon the Soviet industrial legacy, particularly inexpensive hydroelectricity. The sector has evolved from informal mining to a strategic industry. This transformation results from the co-production of "energo-powers" and "techno-powers". In Central Asia (Part III), mining reveals structural weaknesses and infrastructural dependencies. The rapid expansion of digital mining in Kazakhstan from 2021 onwards exacerbated an energy crisis and illuminated the country's dependence on neighbouring powers. This phenomenon also acted as a catalyst for the "denazarbayevification" process, targeting opaque mining actors connected to former president Nazarbayev. In Kyrgyzstan, the analysis highlights informal mining at the core of energy deficits and regional tensions linked to water sharing, with informal networks involving political elites exploiting public infrastructures.

Keywords: Bitcoin, cryptocurrencies, geopolitics, digital, Russia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, energy

Remerciements

Je souhaite tout d'abord exprimer ma profonde reconnaissance à Amaël Cattaruzza, mon directeur de thèse, pour son encadrement et pour la grande autonomie qu'il m'a offerte. Son accompagnement, à la fois discret et exigeant, a constitué un suivi déterminant au fil de ces années.

Je remercie également Frédérick Douzet, directrice du laboratoire IFG Lab, pour son soutien et la confiance qu'elle m'a témoignée, ainsi que Kevin Limonier, qui a su, dès mes premiers travaux de Master, me pousser à transformer ces recherches préliminaires en un véritable projet de thèse.

Cette thèse a été profondément affectée par la guerre en Ukraine. Dans ce contexte troublé, elle a pu se poursuivre grâce à l'accueil remarquable et aux conseils avisés d'Adrien Fauve, alors directeur de l'Institut Français d'Études sur l'Asie Centrale (IFEAC), ainsi qu'à l'appui essentiel de toute l'équipe de l'UMIFRE de Bichkek : Diana, Tolkun, Ainazik, Xavier et William. Leur disponibilité et leur bienveillance ont été déterminantes à un moment où tout semblait incertain.

Mes terrains de recherche, souvent marqués par l'imprévu, ont également été des lieux de rencontres importantes. Je pense notamment à Christina, sans qui ma venue à Irkoutsk n'aurait jamais été possible. Malgré un séjour écourté par la guerre, elle reste une amie précieuse.

Je garde également de remarquables souvenirs des moments partagés avec Yumi, Emma, Agathe, Hélène, Yan, ma camarade de laboratoire Yéléna que j'ai eu le plaisir de recroiser plusieurs fois sur le terrain, Anastasia, Marie, Iliias, Aurélie, Charlotte, Catherine, Vincent, Apolline, Oyuna, Elisa, Yestay, Carmen ainsi qu'avec toutes celles et ceux qui ont contribué, par leur présence ou leur écoute, à enrichir ces investigations parfois exigeantes.

J'ai eu l'honneur et le plaisir de cofonder et de coordonner, aux côtés de Valentin Goujon et Adrien Tournier, le groupe de travail *Matérialités du numérique*, hébergé au sein du Centre Internet et Société du CNRS. Je les remercie chaleureusement, ainsi que Francesca Musiani et Ksenia Ermoshina qui ont rendu cette aventure possible, et Ouafa Rahmani, Jean-Yves Zana et Céline Vaslin, pour leur confiance et leur soutien administratif. Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes ayant accepté de venir présenter leurs travaux ou d'y assister : leurs contributions ont largement enrichi les réflexions menées au cours de ces années.

Au sein de l'IFG Lab, j'ai eu la chance de côtoyer des personnes dont la présence a été, par moments, tout simplement salvatrice : Suzy, Adrien, Thomas, Aude, Maxime, Wahel, Charlotte et tant d'autres. Merci à vous ! Une pensée particulière pour Thomas et Wahel, avec qui nous avons partagé nos (trop) longues fins de thèse.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à Guilhem, maître-cartographe dont les enseignements m'accompagnent depuis mes années de Master, ainsi qu'à Ewen, qui le seconde aujourd'hui et qui a également su être de très bon conseil.

Toujours au sein ou autour de cette équipe, j'ai pu avoir de riches conversations avec Marie-Gabrielle, Clotilde, Dasha, Maxime(s), Colin, Paul(s), Nowmay, Louis, Audrey, Lori, Luis, David, Jules, Antonin, Ali, Vladimir et tant d'autres. Merci pour votre présence.

Ce texte a également été le terrain d'une véritable chasse aux coquilles et aux maladresses de formulation. Je remercie sincèrement Alix, Valentin, Charlotte, Ségolène, Héloïse, Suzy, Robin, Anastasia, Valentine, Maxime et Louis pour leur temps, leur patience et leur détermination à traquer ces dernières imperfections. Leur aide fut déterminante pour parfaire ce manuscrit.

Je tiens enfin à exprimer ma profonde gratitude et mon éternelle amitié à Gülden, Carine et Magalie, véritables piliers grâce auxquels l'IFG tient bon. Je garderai toujours un excellent souvenir de ces années passées en leur compagnie, n'oublierai jamais les moments d'entraide et regretterai longtemps ma routine dyonisienne qu'elles ont su rendre si agréable.

Enfin, je pense à toutes les personnes croisées au gré de la vie académique, en France, sur mes terrains, ou en Géorgie où se sont écrites les dernières lignes de cette thèse. Parfois furtives mais toujours essentielles et marquantes, je repenserai avec émotion à mes rencontres avec Mia, Clémence, Valentine, Poline, Eka, Natali, Ekaterina, Dinara, Kati, Marina, Michael, Constance, Héloïse, Tina, Chloé, Marina, Clément, Loup et bien d'autres encore.

Enfin, je souhaite remercier du fond du cœur ma famille, pour son soutien indéfectible, sa patience et la confiance qu'elle m'a accordée tout au long de ce parcours.

Et bien sûr, je dois exprimer une attention toute particulière à Charlotte, avec qui nous avons partagé une grande partie du meilleur, comme du pire, de nos parcours de thèse.

Glossaire des acronymes

AFSA : Autorité financière d'Astana, régulateur des services financiers de l'AIFC.

AIFC : Centre financier international d'Astana, zone spéciale visant à attirer des investissements et entreprises financières.

AML/CFT : Lutte contre le blanchiment d'argent et le financement du terrorisme.

ASIC : Processeur spécialisé pour le minage de certaines cryptomonnaies.

BCE : Banque centrale européenne.

BRI : Initiative chinoise des « Nouvelles routes de la soie », un projet mondial d'infrastructures de transport.

BTC : la cryptomonnaie bitcoin.

CAPS : Système énergétique unifié d'Asie centrale reliant plusieurs pays de la région.

CEx : Plateforme d'échange de cryptomonnaies centralisée.

CFTC : Agence états-unienne qui régule les marchés de dérivés et matières premières.

CIA : Central Intelligence Agency, agence de renseignement extérieure des États-Unis.

DeFi : Finance décentralisée fondée sur la blockchain.

DEx : Plateforme d'échange décentralisée sans intermédiaire.

DLT : Technologie de registre distribué, base des blockchains.

DoJ : Ministère de la Justice des États-Unis.

DSR : Digital Silk Road, volet numérique de la BRI.

ETH : Ether, la cryptomonnaie du réseau Ethereum.

FBI : Federal Bureau of Investigation, police fédérale d'enquête états-unienne.

Fed : Federal Reserve, banque centrale des États-Unis.

Franc CFA : Monnaie utilisée dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest et Centrale.

FSB : Service fédéral de sécurité russe.

FTX : Ancienne plateforme d'échange de cryptomonnaies, disparue en 2022.

GAFAM : Géants technologiques : Google, Apple, Facebook/Meta, Amazon, Microsoft.

GNL : Gaz naturel liquéfié.

GW : Gigawatt, unité de puissance.

ICANN : Internet Corporation for Assigned Names and Numbers, gère les noms de domaine et adresses IP sur Internet.

ICO : Initial Coin Offering, levée de fonds en cryptomonnaies *via* émission de jetons.

INN : Numéro d'identification fiscale en ex-URSS.

ISKP : Province du Khorasan de l'État islamique (branche régionale de Daech).

IRA (Internet Research Agency) : Organisation russe spécialisée dans la propagande et les opérations d'influence en ligne.

KEGOC : Opérateur national du réseau électrique kazakhstanais.

KW : Kilowatt, unité de puissance.

KYC : Procédures d'identification des clients imposées aux acteurs financiers.

MiCA : Règlement européen encadrant les cryptomonnaies et les prestataires associés.

MinFin : Ministère des Finances (selon le contexte, en Russie ou au Kazakhstan).

MNBC (ou CBDC) : Monnaie numérique de banque centrale.

MW : Mégawatt, unité de puissance.

NEHC : Société kirghizstanaise de gestion des réseaux électriques (National Electric Holding Company).

NFT : Jeton numérique unique attestant la propriété d'un objet numérique.

NSA : Agence états-unienne de renseignement électronique et numérique.

OFAC : Administration états-unienne chargée des sanctions économiques.

OKVED : Classification russe des activités économiques.

ONG : Organisation non gouvernementale.

OSInt : Open Source Intelligence, informations obtenues à partir de sources ouvertes (données publiques).

P2P : Échanges directs entre individus, sans intermédiaire.

PoS : Proof of Stake, méthode de validation de transactions reposant sur la mise sous séquestre de jetons ou cryptomonnaies.

PoW : Proof of Work : mécanisme de validation basé sur la puissance de calcul.

PSAN : Prestataire de services sur actifs numériques, statut légal en France.

RuNet : « Segment » russophone d'Internet.

SEC : Agence états-unienne qui régule les marchés financiers et les valeurs mobilières.

STS : Science and Technology Studies : champ de recherche étudiant les relations entre sciences, techniques et société.

TETs : Centrales thermiques produisant électricité et chaleur en ex-URSS.

Tor : Réseau favorisant l'anonymat sur Internet.

UEEA : Union économique eurasiatique, union douanière régionale dominée par la Russie.

URSS : Union des républiques socialistes soviétiques (1922–1991).

USD : Dollar des États-Unis.

USDT : Tether, un stablecoin indexé sur le dollar états-unien.

VPN : Réseau privé virtuel permettant de chiffrer et masquer la connexion Internet.

Sommaire

Remerciements 5
Glossaire des acronymes 7
Sommaire 9

***Introduction générale* 12**

***Partie I. Le réseau numérique Bitcoin : d'un projet politique alternatif à un espace géopolitique* 43**

Chapitre 1. Bitcoin, un projet politique pour redessiner les rapports de force sur la monnaie et dans le cyberspace 50
1.1 Un réseau numérique pensé comme une alternative aux outils financiers traditionnels 51
1.2 De Bitcoin à l'écosystème complexe des cryptomonnaies 70
Conclusion du Chapitre 1 82

Chapitre 2. L'infrastructure Bitcoin, un espace géopolitique : centralisation et territorialisation 84
2.1. De l'infrastructure numérique à l'espace géopolitique 86
2.2 Un espace numérique fortement ancré dans le territoire physique 107
Conclusion du Chapitre 2 121

Chapitre 3. Les cryptomonnaies, outils et enjeux géopolitiques 124
3.1. Mises en application des cryptomonnaies comme outils de contournement des limites de réseaux financiers classiques 124
3.2. Bitcoin, entre risques d'affaiblissement et potentiel de consolidation de la souveraineté des États 137
3.3. Étude de cas de l'usage des cryptomonnaie par la Russie : d'un risque pour la souveraineté à un outil stratégique 149
Conclusion du Chapitre 3 164

Conclusion de la Partie I 166

***Partie II. De la matérialisation de l'infrastructure numérique en Russie : miner des bitcoins sur l'héritage industriel soviétique et ses réseaux d'acteurs* 170**

Chapitre 4. Irkoutsk, Sibérie, laboratoire géopolitique du minage de cryptomonnaies 180
4.1. Entre héritage énergétique soviétique et marginalisation politico-économique : la fabrique du « bassin cryptominier » d'Irkoutsk 184
4.2. Une activité numérique alternative développée « par le bas », d'une communauté locale d'entrepreneurs à une démocratisation du minage de cryptomonnaies informel 204
Conclusion du Chapitre 4 224

Chapitre 5. Le minage de cryptomonnaies industriel et commercial, vers une industrie stratégique en Russie 229
5.1. La géopolitique locale du minage numérique : la ferme d'Oussolie-Sibirskoïe 233
5.2. La co-construction d'un secteur stratégique I : EN+, l'empire énergétique qui alimente les infrastructures numériques de l'*oblast'* d'Irkoutsk 250
5.3 La co-construction d'un secteur stratégique II : la technopolitique de BitRiver, d'une industrie alternative à stratégique 268
Conclusion du chapitre 5 290

Conclusion de la Partie II 293

Partie III. Entre tensions électriques et géopolitiques : en Asie centrale, le minage de cryptomonnaies au cœur d'enjeux énergétiques et politiques. Études de cas du Kazakhstan et du Kirghizstan ___ *298*

Chapitre 6. Anatomie d'une crise : le minage de cryptomonnaies comme révélateur des dépendances infrastructurelles du Kazakhstan ___ **304**

6.1. Un minage de cryptomonnaies spatialisé à travers une double fracture territoriale, énergétique et climatique ___ 308

6.2. Une explosion du minage de cryptomonnaies et une crise énergétique accélérée par de multiples dépendances infrastructurelles du Kazakhstan aux puissances voisines ___ 329

Conclusion du Chapitre 6 ___ 345

Chapitre 7. Des zones grises du minage numérique à la régulation « à travers » l'infrastructure : les cryptomonnaies au centre des recompositions du pouvoir au Kazakhstan ___ **348**

7.1 La technopolitique du minage numérique et ses acteurs de pouvoir au centre de règlements de compte politiques ___ 351

7.2 Vers un panoptique juridique : encadrer le minage de cryptomonnaies « à travers » l'infrastructure numérique ___ 374

Conclusion du Chapitre 7 ___ 392

Chapitre 8. Au Kirghizstan, un minage de cryptomonnaies informel au centre d'enjeux politiques et énergétiques ___ **395**

8.1. Le Kirghizstan, conditionné par des déficits d'énergies et de ressources et des dépendances aux pays voisins ___ 399

8.2. Quand l'État capture l'État : les très formels acteurs des réseaux informels du minage numérique au Kirghizstan ___ 407

8.3 Le minage de cryptomonnaies comme potentiel vecteur de développement du secteur électrique kirghizstanais ? ___ 420

Conclusion du chapitre 8 ___ 427

Conclusion de la Partie III ___ **430**

Conclusion générale ___ ***434***

Bibliographie ___ **445**

Articles universitaires ___ 445

Chapitres d'ouvrages universitaires ___ 461

Ouvrages ___ 463

Thèses et Habilitations à Diriger des Recherches ___ 467

Rapports ___ 468

Œuvres de fiction ___ 469

Table des matières ___ **470**

Tables des illustrations ___ **475**

Table des Cartes ___ 475

Table des Encadrés ___ 476

Table des Figures ___ 476

Table des Images ___ 476

Table des Photographies (de l'auteur) ___ 477

Table des Planches ___ 477

Table des Schémas ___ 478

Table des Tableaux ___ 478

Annexes ___ **479**

Encadré 1

AVANT-PROPOS

En avril 2019, sous la neige d'un hiver qui s'éternise, l'*elektrichka*, train électrique intercommunal typique de l'ex-URSS, en provenance d'Irkoutsk, arrive en gare d'Oussolie-Sibirskoïe, ancienne ville mono-industrielle de Sibérie orientale. À la sortie de la gare, le centre-ville délabré témoigne des difficultés économiques postsoviétiques. En marge, la zone industrielle, qui périclite depuis les années 1990, constitue l'objectif de ma visite pour l'enquête de terrain réalisée dans le cadre de mon mémoire de Master 2 à l'Institut Français de Géopolitique : plusieurs sources locales évoquent l'installation d'une importante ferme de minage de cryptomonnaies, dont les propriétaires souhaitent rester discrets. À peine ai-je franchi les murs d'enceinte éventrés de la zone et parcouru quelques dizaines de mètres parmi les ruines d'usines soviétiques, que des agents de sécurité m'interpellent, me remettent à la Garde nationale russe, déclenchant un interrogatoire de plusieurs heures et m'obligeant à quitter précipitamment la région.

Il aura fallu cinq ans pour pouvoir attester de la présence de cette installation de minage numérique. Des images satellites ont permis, bien plus tard, de compléter un terrain physique rendu inaccessible par l'invasion russe de l'Ukraine à partir de février 2022. Cet événement de 2019 concentre pourtant les réflexions et enjeux à l'origine de cette thèse. Il était désormais nécessaire de comprendre comment et pourquoi une installation de cette industrie numérique alternative avait été développée au sein d'une zone industrielle désaffectée gardée par l'armée russe, au milieu de la Sibérie. Il paraissait également important de cerner quels acteurs ou institutions tiraient bénéfice des centaines, voire des milliers, de processeurs qui fonctionnaient sans discontinuer dans le vide de ce décor postapocalyptique. Cette installation n'est qu'une des nombreuses autres de l'*oblast'* d'Irkoutsk, dont les caractéristiques techniques, en premier lieu son électricité bon marché, et climatiques en ont fait l'un des principaux réceptacles de l'activité dans le monde. Elle s'y matérialise par d'immenses « fermes de minage », semblables à des centres de données, ou par de plus petites installations, parfois gérées individuellement par des résidents dans l'opacité la plus totale.

En Russie, en 2024, ce minage numérique a été érigé en « industrie stratégique » par les autorités, présentée comme un support à l'économie de guerre, en parallèle de l'émission de plusieurs restrictions de l'activité dans certaines régions russes dont les réseaux électriques seraient fragilisés par une consommation d'électricité trop importante. Si l'énergivoracité du minage de cryptomonnaies régit sa géographie, en fonction des disponibilités et des coûts de l'électricité, elle représente également toute la dualité de cette activité, à la fois atout et risque pour certains territoires.

Introduction générale

En avril 2022, quelques semaines après l'invasion de l'Ukraine par la Russie, l'Office of Foreign Assets Control (OFAC), l'agence états-unienne chargée de l'application des sanctions économiques et financières à travers le monde, impose pour la première fois des sanctions à une entreprise de minage de cryptomonnaies[1]. La cible, BitRiver, basée en Russie et originaire de l'*oblast'* sibérien d'Irkoutsk, est devenue, avec ses nombreuses filiales à travers la Fédération, un acteur majeur de cette industrie numérique alternative. L'entreprise a commencé à développer des opérations de minage numérique à l'échelle industrielle, en tirant initialement parti des conditions favorables disponibles en Sibérie orientale, avant d'étendre ses activités à des sites plus isolés encore, à l'instar de champs gaziers de l'Arctique. Dans sa déclaration, l'OFAC a justifié ses actions en affirmant que les opérations de BitRiver « aident la Russie à monétiser ses ressources naturelles »[2]. Deux ans plus tard, en juillet 2024, le gouvernement russe a officiellement classé le minage de cryptomonnaies comme une « industrie stratégique », tout en promulguant sa première législation nationale réglementant l'activité et reconnaissant les cryptomonnaies « comme un outil pour contourner les sanctions »[3].

Ces déclarations présentent un double paradoxe. D'une part, l'État russe promeut le recours à des technologies créées avec l'ambition d'échapper aux outils et logiques de contrôle étatique, pour les afficher comme des leviers géopolitiques à l'international. D'autre part, les autorités russes ont émis des restrictions importantes à l'encontre du minage de cryptomonnaies quelques semaines après l'avoir érigé en « industrie stratégique », pour préserver l'intégrité de réseaux électriques mise à mal par le développement trop important de l'activité dans certaines régions russes. Ces paradoxes soulignent à quel point certains réseaux de cryptomonnaies, principalement Bitcoin, sont liés non seulement à l'espace physique et aux ressources qu'ils consomment par le biais du minage numérique, mais aussi aux acteurs politiques et économiques des territoires où cette puissance de calcul est concentrée.

[1] U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY, 2022. U.S. Treasury Designates Facilitators of Russian Sanctions Evasion. *U.S. Department of the Treasury* [en ligne]. 20 avril 2022. [Consulté le 1er novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0731

[2] *Ibid.*

[3] Douma d'État, 2024. Принят закон о легализации майнинга [Law on legalization of mining passed]. *Государственная Дума [State Duma]* [en ligne]. 30 juillet 2024. [Consulté le 4 août 2024]. Disponible à l'adresse : http://duma.gov.ru/news/59800/

D'UNE ACTIVITE NUMERIQUE ALTERNATIVE A UNE « INDUSTRIE STRATEGIQUE »

Le minage de cryptomonnaies consiste à utiliser la puissance de calcul informatique pour sécuriser certains réseaux financiers numériques, comme le réseau Bitcoin qui soutient la cryptomonnaie bitcoin, en échange de récompenses potentielles sous la forme d'unités de cryptomonnaies nouvellement émises, un processus connu sous le nom de « preuve de travail » (« *Proof of Work* », en anglais, « *PoW* »). L'augmentation de la valeur des cryptomonnaies a transformé le minage numérique en une industrie lucrative avec un potentiel de profit substantiel. Depuis la création de Bitcoin en 2009, un projet de réseau financier numérique alternatif qui devait permettre à ses utilisateurs de s'émanciper des acteurs traditionnels de la finance et de la monnaie (banques, États), cette activité a rapidement évolué. Elle a commencé avec l'implication de particuliers utilisant le processeur de leur ordinateur personnel et comprend aujourd'hui des opérations à grande échelle qui utilisent des centaines, voire des milliers, de machines dédiées, appelées ASICs (Application-Specific Integrated Circuits). Comme Maurer et al. l'ont observé aux États-Unis dès 2013, ces processeurs de minage numérique sont stratégiquement concentrés pour maximiser la rentabilité[4]. Les machines sont installées dans des bâtiments, semblables à des centres de données, appelés « fermes de minage ». L'industrialisation de la production de cryptomonnaies a conduit à l'émergence et à la concentration de fermes de minage dont beaucoup fonctionnent selon un modèle d'hébergement de processeurs de clients, et tirent parti de régions à l'électricité abondante et peu coûteuse telles que la Sibérie.

L'importante consommation d'électricité du minage numérique, qui doit permettre le fonctionnement de parfois plusieurs milliers de processeurs et de leurs systèmes de refroidissement qui tournent sans discontinuer, provoque parfois des dysfonctionnements de réseaux électriques. Des pannes d'électricité et des dysfonctionnements ont été signalés dans le monde entier, en particulier dans les anciens pays soviétiques tels que la Moldavie et la Géorgie, ainsi que dans des territoires postsocialistes économiquement isolés tels que le Kosovo ou l'Abkhazie. Selon les autorités kazakhstanaises, cette situation a mis à rude épreuve le réseau électrique vieillissant qui connecte entre eux les pays d'Asie centrale, provoquant une crise énergétique historique et transfrontalière pendant plusieurs mois à partir de mai 2021, avant que celle-ci n'atteigne son apogée en janvier 2022 avec une coupure qui a privé d'électricité

[4] MAURER, Bill, NELMS, Taylor C. et SWARTZ, Lana, 2013. "When perhaps the real problem is money itself!": the practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics* [en ligne]. avril 2013. Vol. 23, n° 2, pp. 261-277. [Consulté le 4 janvier 2022]. DOI 10.1080/10350330.2013.777594. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10350330.2013.777594

certaines parties du sud du Kazakhstan, du Kirghizstan et de l'Ouzbékistan pendant plusieurs heures. En Russie, malgré les déclarations officielles sur l'importance stratégique du minage numérique, les autorités ont banni le minage numérique pendant certaines périodes de l'année, dans plusieurs régions du pays, dont l'*oblast'* d'Irkoutsk, à partir de 2025 et jusqu'en 2031[5]. Cette décision a été prise en décembre 2024 pour prévenir des dommages potentiels entraînés par l'activité et sa consommation énergétique sur des réseaux électriques déjà fragiles.

UN IMPORTANT ANCRAGE TERRITORIAL ET UNE GEOGRAPHIE MOUVANTE

Le minage de cryptomonnaies est, par bien des aspects, un objet d'étude singulier en géographie et en géopolitique. D'une part, par sa consommation de ressources, son impact sur les territoires où il est implanté et leurs populations et les relations d'acteurs qu'il entraîne à l'échelle locale, le minage numérique apparaît comme une activité profondément ancrée territorialement. D'autre part, à une échelle plus globale, le minage numérique a une géographie mouvante, au gré des opportunités d'accès à des sources d'énergie et des changements réglementaires et législatifs.

Les réseaux de cryptomonnaies qui dépendent du minage entretiennent une relation dialectique complexe avec les environnements physiques dans lesquels les processeurs fonctionnent. Dans leur étude sur les fermes de minage de l'État de Washington aux États-Unis, Lally & al. (2022) qualifient le minage numérique d'« informatique parasite », qui s'appuie sur l'infrastructure d'électricité locale, elle-même issue d'un contexte biophysique et sociopolitique antérieur, sans nécessairement apporter des avantages locaux positifs[6]. Comme en Sibérie, le minage de cryptomonnaies a été développé dans différents territoires d'ex-URSS où l'électricité est généralement abordable et largement disponible, grâce aux centrales hydroélectriques et aux réseaux de transit d'énergie développés à l'ère soviétique. L'implantation rapide et à grande échelle du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan est représentative des impacts potentiels de l'activité puisqu'elle est accusée d'avoir été la cause d'une crise énergétique, est surtout révélatrice de la grande flexibilité et mobilité de cette puissance de calcul.

[5] TASS, 2024. Russia bans cryptocurrency mining in 10 regions until 2031, restricts in three more. [en ligne]. 24 décembre 2024. [Consulté le 4 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://tass.com/economy/1892261

[6] LALLY, Nick, KAY, Kelly et THATCHER, Jim, 2022. Computational parasites and hydropower: A political ecology of Bitcoin mining on the Columbia River. *Environment and Planning E: Nature and Space* [en ligne]. mars 2022. Vol. 5, n° 1, pp. 18-38. [Consulté le 5 février 2024]. DOI 10.1177/2514848619867608. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2514848619867608

Car c'est en particulier après son interdiction officielle dans la Chine voisine, annoncée en mai 2021, où la majorité de l'activité mondiale était implantée, que le minage numérique y a été redéployé rapidement, et notamment branché le sur réseau électrique national kazakhstanais, parfois de manière opaque. Cette décision politique de Pékin a entraîné un véritable exode de l'activité et le Kazakhstan fut l'une des principales destinations de ces flux de processeurs, qui ont été majoritairement rebranchés en Russie et en Amérique du Nord[7]. La Chine a officiellement interdit le minage de cryptomonnaies en raison de sa consommation d'énergie importante et des préoccupations environnementales qu'elle suscitait, car de nombreuses fermes de minage étaient principalement alimentées par de l'électricité produite à partir de charbon. À l'échelle globale, le secteur du minage numérique fait l'objet de critiques importantes concernant son impact environnemental, et les chercheurs ont consacré beaucoup d'attention à la mesure de ces effets, en particulier en ce qui concerne le bitcoin[8]. Cela a souvent conduit à des représentations négatives de l'industrie.

UN OBJET DIFFICILEMENT QUANTIFIABLE ET CARTOGRAPHIABLE

Malgré le volume important de données numériques générées par les réseaux et les industries des cryptomonnaies[9], celles-ci restent très partielles, voire peu fiables, et notre incapacité à localiser avec précision les processeurs de minage rend impossible l'établissement d'une géographie mondiale précise de la puissance de calcul de Bitcoin, et donc de son empreinte environnementale et énergétique[10]. Ces difficultés de quantification de la partie matérielle du minage de cryptomonnaies sont, en plus, complexifiées par une géographie mouvante, comme l'illustre l'exode chinois, et une certaine opacité dans laquelle l'activité est parfois développée.

---

[7] MUIR, Martha, 2021. China's exiled crypto machines fuel global mining boom. *Financial Times* [en ligne]. 22 novembre 2021. [Consulté le 22 novembre 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.ft.com/content/0dbe4f9f-a433-4288-858e-c4b852f4c340

[8] DE VRIES, Alex, GALLERSDÖRFER, Ulrich, KLAASSEN, Lena et STOLL, Christian, 2022. Revisiting Bitcoin's carbon footprint. *Joule* [en ligne]. 16 mars 2022. Vol. 6, n° 3, pp. 498-502. [Consulté le 28 avril 2023]. DOI 10.1016/j.joule.2022.02.005. Disponible à l'adresse : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435122000861

STOLL, Christian, KLAASSEN, Lena et GALLERSDÖRFER, Ulrich, 2019. The Carbon Footprint of Bitcoin. *Joule* [en ligne]. juillet 2019. Vol. 3, n° 7, pp. 1647-1661. [Consulté le 11 janvier 2025]. DOI 10.1016/j.joule.2019.05.012. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2542435119302557

[9] ZOOK, Matthew et MCCANLESS, Michael, 2022. Mapping the uneven geographies of digital phenomena: The case of blockchain. *Canadian Geographies / Géographies canadiennes* [en ligne]. mars 2022. Vol. 66, n° 1, pp. 23-36. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1111/cag.12738. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cag.12738

[10] SAI, Ashish Rajendra et VRANKEN, Harald, 2024. Promoting rigor in blockchain energy and environmental footprint research: A systematic literature review. *Blockchain: Research and Applications* [en ligne]. mars 2024. Vol. 5, n° 1, pp. 100169. [Consulté le 17 avril 2024]. DOI 10.1016/j.bcra.2023.100169. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2096720923000441

À une échelle nationale, voire locale, il peut être alors complexe pour les autorités compétentes de localiser ce minage numérique et d'en mesurer la consommation de ressources. Ces difficultés viennent complexifier l'élaboration d'outils de régulation pour une activité aux formes nouvelles, déployée à l'échelle industrielle ou individuelle par des acteurs qui semblent s'arroger le droit régalien de battre monnaie au sein de territoires souverains. Ainsi, que le minage numérique soit développé à l'échelle industrielle ou par des particuliers dans leur garage, il n'est pas aisé d'étudier ce phénomène avec des données récoltées ou accessibles à distance et encore moins d'obtenir des informations précises sur les acteurs impliqués.
Cette thèse propose donc d'étudier le minage de cryptomonnaies avec une approche « par le bas », grâce à des terrains de recherche et à des entretiens avec les acteurs concernés menés sur les territoires étudiés, afin de mieux cerner cet objet, à la fois enjeu énergétique et stratégique et défi pour la souveraineté des États.

Hypothèses et questions de recherche

Cette étude doit permettre de vérifier deux hypothèses principales. La première est que les caractéristiques spécifiques de certains territoires entraînent une concentration de l'activité numérique qu'est le minage de cryptomonnaies en leur sein, créant des phénomènes de centralisation dans l'espace physique de composantes d'un réseau numérique initialement développé avec une architecture et une gouvernance décentralisées.

Ensuite, ce travail doit permettre de vérifier si, dans l'espace postsoviétique, certaines caractéristiques techniques attractives pour le minage de cryptomonnaies, telles que les ressources en électricité, sont détenues par des acteurs spécifiques qui en ont pris le contrôle à la chute de l'URSS. Les formes et fonctionnements particuliers de ces réseaux d'acteurs qui concentrent le pouvoir sur cet héritage technique dans l'espace postsoviétique entraînent un développement singulier du minage de cryptomonnaies dans ces territoires. Ainsi, cette thèse est pensée et construite pour répondre à la problématique suivante :

Dans quelle mesure les besoins spécifiques du minage de cryptomonnaies entraînent-ils une concentration de la partie matérielle de réseaux numériques pensés et construits autour du concept de décentralisation au sein d'espaces spécifiques de l'ex-URSS ? Comment les spécificités de réseaux d'acteurs qui y ont construit leur pouvoir sur la maîtrise des ressources entraînent-elles un développement particulier de ce minage numérique ?

La méthode d'analyse géopolitique et ses outils

Pour répondre à ces questions et vérifier ces hypothèses, nous appliquons la méthode d'analyse géopolitique. Initialement développée en France dans les années 1970 par le géographe Yves Lacoste, modernisée et perfectionnée durant plusieurs décennies, cette méthode s'attache à l'étude des acteurs et de leurs stratégies de pouvoir au sein ou à l'égard d'un territoire[11]. Elle prend en compte l'analyse des représentations qu'ont les acteurs d'un territoire ou d'un objet convoité, pour le contrôle duquel ils s'inscrivent dans un rapport de force[12]. Ces données sont récoltées par des méthodes qualitatives. Ainsi, la démarche consiste à se rendre sur les terrains étudiés pour rencontrer les acteurs, et récolter des données empiriques par des entretiens, afin de comprendre leurs représentations et objectifs quant aux objets et aux espaces et territoires étudiés. Dans cette thèse, ces données récoltées sur le terrain ont une importance particulière, puisqu'elles permettent d'obtenir des informations sur une activité originellement développée « par le bas », c'est-à-dire en dehors de toute planification des autorités ou de grandes entreprises et à l'échelle individuelle, parfois dans l'opacité voire l'illégalité, la plus totale. Ainsi, la démarche première de cette thèse fut de penser un terrain de recherche « par le bas », également, permettant de rencontrer directement les acteurs impliqués dans le minage de cryptomonnaies en Sibérie, puis au Kazakhstan et au Kirghizstan.

Au-delà des informations récoltées au plus proche de cette activité, le récit des individus rencontrés permet de mieux cerner leur représentation de leur activité, de leur territoire ou encore des individus avec lesquels ils interagissent : en somme, cela permet de mieux comprendre la construction d'un imaginaire commun et pourtant variable d'un individu à l'autre[13]. Ces données sont complétées par une littérature grise et des données numériques récoltées à distance. Le développement du minage de cryptomonnaies à l'échelle industrielle a également rendu cette activité extrêmement visible par l'apparition d'infrastructures physiques,

---

[11] LACOSTE, Yves, 1976. *La géographie , ça sert, d'abord, à faire la guerre*. Ed. Maspero. ISBN 978-2-7071-8183-1.
LOYER, Barbara, 2019. *Géopolitique - Méthodes et concepts: Méthodes et concepts*. Armand Colin. ISBN 978-2-200-62576-4.

[12] LACOSTE, Yves, 2012. La géographie, la géopolitique et le raisonnement géographique. *Hérodote*. 1er octobre 2012. Vol. 3, n° n° 146-147.
GIBLIN, Béatrice, 2012. La géopolitique : un raisonnement géographique d'avant-garde: *Hérodote* [en ligne]. 1er octobre 2012. Vol. n° 146-147, n° 3, pp. 3-13. [Consulté le 6 juin 2025]. DOI 10.3917/her.146.0003. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2012-3-page-3.htm?ref=doi

[13] LAURET, Alexandre, 2023. Histoires et récits du trafic de migrants : le soft power des passeurs djiboutiens. *Revue européenne des migrations internationales* [en ligne]. 2023. Vol. 39, n° 4, pp. 43-65. [Consulté le 14 novembre 2025]. DOI 10.4000/remi.24419. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/remi/24419

des fermes de minage, aux proportions assez importantes pour être décelées sur des images satellites. L'usage d'une telle imagerie a donc été un apport considérable afin de déceler des installations au sein d'espaces inaccessibles et parfois maintenues dans le secret. La méthode géopolitique a donc été grandement adaptée dans cette thèse, bénéficiant de la complémentarité d'un terrain physique « par le bas », qui permettait d'accéder à des individus et objets de l'informalité, et l'apport de données numériques récoltées à distance (images satellites, greffes, etc.). Ces données, aussi diversifiées qu'elles soient, permettent de construire une argumentation et de répondre aux problématiques. Elles sont traduites en visualisations, notamment à travers un travail cartographique qui permet d'observer et représenter les stratégies des acteurs et les enjeux du minage de cryptomonnaies dans l'espace.

Si le terrain, ici physique ou numérique, sert d'abord à « aller chercher une information qui n'est pas disponible ailleurs, dont on ne peut se saisir sans aller […] à sa rencontre » comme l'écrit Jean-Fabien Steck (2012), il est aussi « lieu, un lieu défini par une question de recherche, délimité et identifié par les contours, pas nécessairement définitifs, de cette dernière »[14].

Ainsi, ce texte a été initialement pensé comme une application de la méthode géopolitique au sein de la région sibérienne d'Irkoutsk, afin d'étudier les acteurs, les caractéristiques climatiques et techniques ainsi que les dynamiques politiques et économiques du minage numérique. La thèse devait traiter ce sujet avec une approche multiscalaire : Irkoutsk constituait un laboratoire géopolitique d'exception, puisque le minage numérique y était développé à une échelle inégalée en Russie et que nous disposions déjà de contacts sur place depuis le terrain de Master 2 en 2019. Cela aurait permis d'affiner une grille d'analyse applicable à l'ensemble de la Sibérie, puis du pays. Ce devait également être un moyen d'analyser et de traiter d'autres enjeux liés aux cryptomonnaies, notamment ceux de leur utilisation par et contre des acteurs étatiques russes. La guerre d'agression débutée par la Russie contre l'Ukraine en février 2022 a grandement bousculé la production de cette thèse, et a entraîné une modification du projet initial, déplaçant ces recherches au Kazakhstan et au Kirghizstan.

[14] STECK, Jean-Fabien, 2012. Être sur le terrain, faire du terrain: *Hypothèses* [en ligne]. 12 septembre 2012. Vol. 15, n° 1, pp. 75-84. [Consulté le 14 novembre 2025]. DOI 10.3917/hyp.111.0075. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-hypotheses-2012-1-page-75.htm?ref=doi

Encadré 2

UNE THESE RECONFIGUREE DANS L'URGENCE A LA SUITE DE L'INVASION DE L'UKRAINE PAR LA RUSSIE

Lorsque l'armée russe a attaqué l'Ukraine le 24 février 2022, lors d'une vaste invasion militaire qui s'est éternisée en guerre à grande échelle, cela ne faisait que trois semaines que mon terrain de recherche, prévu pour cinq mois, avait débuté à Irkoutsk, en Sibérie. Cette situation pouvait être perçue comme une excellente opportunité d'adapter ce projet de recherche sur des réseaux financiers alternatifs à un État qui commençait à être financièrement isolé et visé par des sanctions internationales. Pour autant, les demandes conjointes des autorités françaises, de l'administration de l'université Paris 8 et de l'équipe encadrante de l'IFG Lab (Institut Français de Géopolitique) relatives à mon départ de Russie ont été respectées, et j'ai quitté le territoire russe le 6 mars 2022, non sans difficultés logistiques.

Ce contexte de guerre a grandement impacté ce travail : les territoires sur lesquels reposait l'analyse étaient désormais inaccessibles, et lors des trois semaines passées en Russie en période de paix, les restrictions qui subsistaient pour contenir la prolifération de la Covid-19 m'avaient contraint à repousser les visites et entretiens les plus importants au mois de mars. La décision de couper tout lien avec mes contacts sur place a également été immédiatement prise. J'étais désormais le citoyen d'un pays « non amical », selon les discours des autorités russes, et je ne souhaitais pas qu'un simple message signé de mon nom puisse porter préjudice à quiconque.

Ainsi, en mars 2022, je me retrouvais à Tachkent, en Ouzbékistan, où l'un des rares vols internationaux qui subsistaient depuis la Sibérie avait pu m'amener. Il fallait désormais trouver un moyen de continuer ce travail, commencé 18 mois plus tôt, préparé depuis deux ans et demi et réellement amorcé avec un Master 2 quatre ans plus tôt, par d'autres moyens. J'ai donc pris la décision de continuer à étudier la géopolitique du minage de cryptomonnaies, non plus dans la désormais inaccessible Russie, mais en Asie centrale. C'est à Tachkent que j'ai très tôt pu rencontrer Adrien Fauve, alors directeur de l'Institut Français des Études sur l'Asie Centrale (IFEAC), UMIFRE basée à Bichkek au Kirghizstan. Une semaine après cette retraite stratégique de Sibérie, je partais m'installer dans la capitale kirghizstanaise, afin de « relancer » mes recherches dans la région, et principalement au Kazakhstan, tout en bénéficiant de l'IFEAC comme base de projection régionale et de son équipe pour découvrir un nouveau terrain de thèse encore inconnu et imposé par ce contexte.

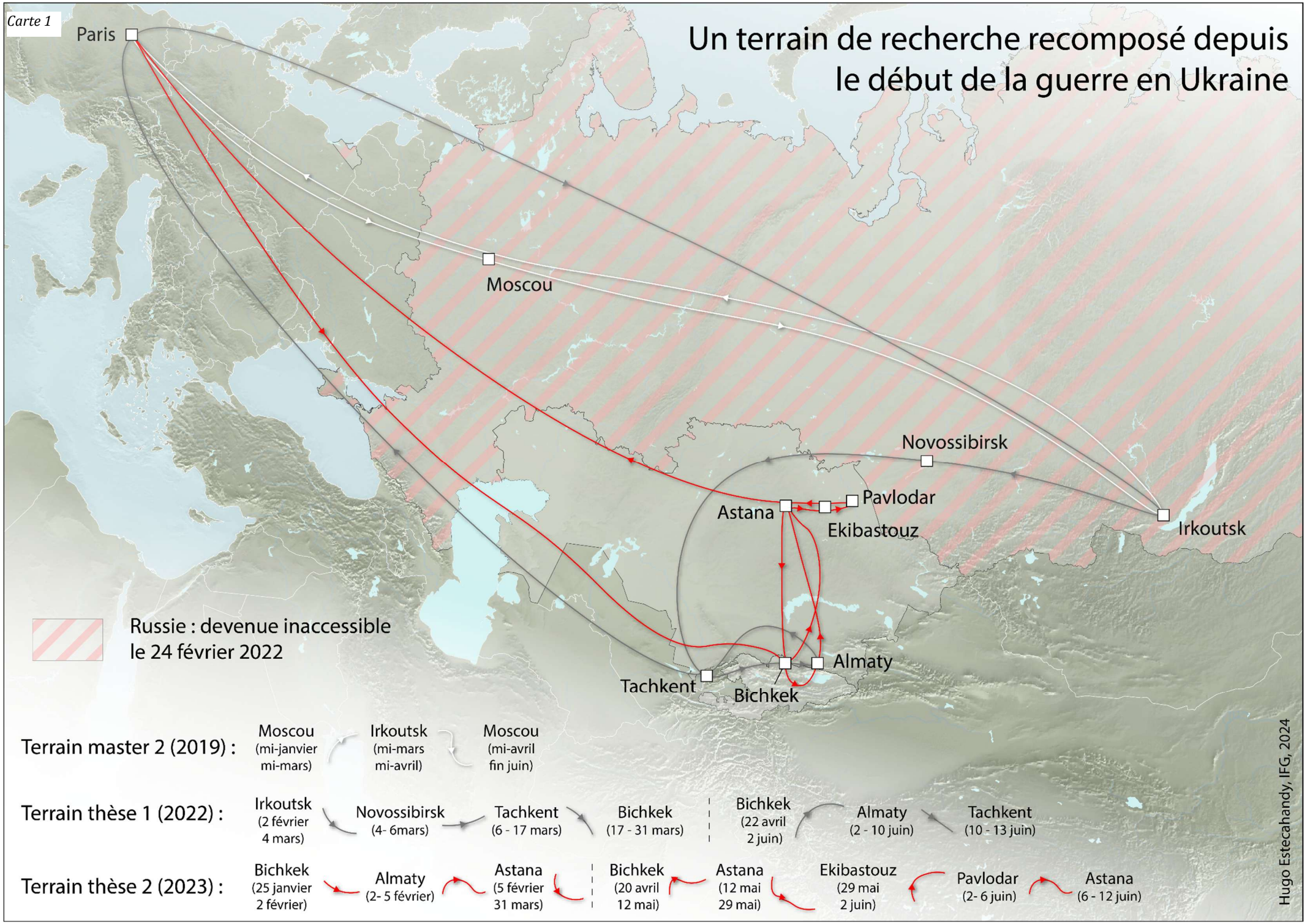
Les terrains

Lors de la réalisation de ce doctorat et du Master 2, 55 entretiens semi-directifs ont été menés entre 2019 et 2025, en Russie, au Kazakhstan et au Kirghizstan (voir Annexe 3). Le terrain de recherche russe de 2022 a commencé le 2 février et a été écourté en raison du début de la guerre en Ukraine, et quitté le 6 mars. La préparation de ce terrain courait depuis 2019 et le début de la construction du projet de thèse, c'est donc un terrain de cinq mois, minutieusement préparé pendant près de quatre ans, qui a dû être abandonné. De plus, réaliser un terrain de recherche en Russie nécessitait l'obtention d'un visa spécifique, délivré grâce à la coopération de l'Université d'État d'Irkoutsk. Que ce soit pour l'obtention de ce visa ou pour satisfaire les demandes de l'administration russe une fois sur le territoire, une grande partie de ce terrain et de sa préparation était dédiée à d'épuisants combats administratifs.

Ce terrain a tout de même permis de rencontrer, parfois de manière inopinée, une dizaine de personnes impliquées directement dans le minage numérique, que ce soit au travers d'installations de plusieurs milliers de processeurs ou par le fonctionnement d'un seul ASIC dans leur salon, au travers de projets déclarés ou non. Il n'a malheureusement pas été possible de rencontrer, sur ce délai très court, des représentants des autorités locales ou fédérales. L'une des plus importantes frustrations de ce travail est sans doute la rencontre avortée avec des représentants de BitRiver, la plus importante entreprise de minage numérique de Russie. Cette rencontre, et la potentielle visite de leur ferme de Bratsk en Sibérie, la plus puissante du pays, devaient initialement avoir lieu en février 2022, puis a été repoussée en mars, une période où les restrictions sanitaires liées à la pandémie de la Covid-19 encore importantes en Russie devaient être levées. Les terrains kazakhstanais et kirghizstanais ont quant à eux été réalisés avec moins de préparation et dans l'urgence. L'objectif, une fois installé à Bichkek à la mi-mars 2022, était de préparer un terrain de recherche au Kazakhstan pour l'année suivante. Bien qu'une veille a été effectuée sur le Kazakhstan depuis 2021 et le développement massif du minage de cryptomonnaies dans le pays, il était désormais nécessaire de découvrir un nouveau territoire et une nouvelle littérature, dans un délai très court. Cela a pu être fait grâce à la mise à disposition de la bibliothèque de l'IFEAC et à l'aide précieuse apportée par son équipe et notamment d'Adrien Fauve, qui a partagé de nombreux conseils et contacts. Ce séjour prolongé à Bichkek jusqu'en juin 2022, puis les nombreuses semaines passées dans la capitale du Kirghizstan en 2023 avant de nous projeter au Kazakhstan ou encore en 2025 lors d'un dernier passage informel, portent la durée de l'expérience bichkékoise à cinq mois.

Carte 1

Un terrain de recherche recomposé depuis le début de la guerre en Ukraine



Durant ces séjours, ont pu être rencontrés cinq mineurs de cryptomonnaies qui opéraient, ou avaient opérés, au Kirghizstan, ainsi qu'une dizaine d'experts ou de professionnels du secteur du numérique kirghizstanais et la personne en charge de tout le secteur électrique du pays pour qui le minage numérique était autant un risque qu'un potentiel atout. Au départ, il n'était pas prévu d'axer ces recherches sur le Kirghizstan, l'objectif était de débloquer, grâce à ces entretiens, des mises en contact avec des personnes au Kazakhstan, et notamment des mineurs de cryptomonnaies. Mais la facilité de prises de contact au Kirghizstan, la quantité d'informations récoltées et les spécificités des formes prises par l'objet d'étude dans le pays, ont amené à l'élaboration d'un chapitre qui conclut ce texte. De plus, c'est grâce à certaines de ces rencontres au Kirghizstan qu'il a été possible d'être mis en contact avec les premiers enquêtés au Kazakhstan, le premier pays a donc été le principal vecteur d'ouverture vers le second.

L'enquête de terrain au Kazakhstan s'est avérée bien plus complexe qu'au Kirghizstan, ou encore qu'en Sibérie. L'importance politique prise par le minage de cryptomonnaies dans le pays, accusé officiellement d'avoir entraîné une crise énergétique majeure, ainsi que les répressions gouvernementales sur l'activité, l'importante surveillance policière et les puissants réseaux d'acteurs liés au développement du minage numérique entraînaient de la réticence à parler pour de nombreux contacts. Leurs soupçons se sont très vite avérés fondés. Lors d'un premier passage à Almaty, au Kazakhstan, en juin 2022, nous avons rencontré Guil, entrepreneure dans le minage numérique, auprès de laquelle nous avons pu être introduits par un contact du Kirghizstan. Lors d'une deuxième rencontre en janvier 2023, Guil a raconté que suite à notre rencontre dans un café l'année précédente, un agent des services de sécurité était venu à elle, lui avait montré une photographie prise à la volée de notre entretien, avant de la questionner sur le contenu de nos conversations. Ainsi, même en ayant connaissance de plusieurs personnes qui minaient des cryptomonnaies dans le pays, très peu d'entre elles ont accepté d'échanger. De même, un déplacement au nord-est du pays dans la région de Pavlodar, épicentre du minage numérique au Kazakhstan, a été réalisé en gardant profil bas, sans jamais expliciter les raisons de notre présence tout en nous permettant de découvrir les espaces étudiés, car l'opacité du développement de l'objet d'étude et les puissants réseaux d'acteurs impliqués, présentés dans la Partie III, auraient pu être une source d'ennuis. Il a tout de même été possible de rencontrer des représentants de deux des principales entreprises de minage numérique au Kazakhstan (Enegix et AQ Group), qui ont été des sources extrêmement prolifiques, et surtout,

de nombreuses personnes impliquées dans la régulation mise en place en 2023 pour encadrer les cryptomonnaies et leurs industries de minage. Ainsi, nous avons pu nous entretenir avec un représentant du ministère du Développement numérique et avec quatre juristes qui ont participé à l'élaboration du texte de loi, ce qui permet une analyse approfondie de la régulation et de ses objectifs dans le travail.

LES TERRAINS NUMERIQUES

Afin d'étudier ces réseaux numériques et de pallier la fermeture du terrain en Russie ou l'inaccessibilité à certains acteurs et informations au Kazakhstan, ce travail a été construit grâce à de nombreuses données récupérées par des méthodes d'investigation numérique. Ces méthodes vont de l'exploration des données produites par les réseaux de cryptomonnaies étudiés à l'exploitation d'images et de données captées par satellites. Cette démarche, ce « terrain numérique », complète les apports des « terrains physiques » réalisés en ex-URSS. Pour Amaël Cattaruzza et Kevin Limonier, le « terrain numérique » est un concept qui émerge en géographie et en géopolitique pour interroger la manière dont le domaine numérique, dans son caractère matériel et informationnel, peut constituer de nouveaux outils d'analyse et de nouveaux terrains d'exploration[15]. Toujours selon les chercheurs, il ne s'agit pas forcément d'une substitution pure et simple du terrain physique traditionnel, mais d'une réflexion sur la manière dont les technologies numériques permettent d'observer de nouvelles interactions et rivalités dans des espaces numériques ou en interaction avec des réseaux et objets numériques. Limonier et Audinet rappellent également que les méthodes et outils de récupération de données dans l'espace numérique, souvent rassemblés sous l'acronyme d' « OSInt » (pour « Open Source Intelligence », « Renseignement en source ouverte ») évoluent constamment, au gré de la multiplication et de la diversification des données numériques disponibles pour étudier des dynamiques géopolitiques[16]. Dans cette thèse donc, les terrains numériques remplissent une double fonction : mieux comprendre le fonctionnement des réseaux numériques étudiés et visualiser leurs interactions avec l'espace physique et les individus d'une part, et de l'autre

[15] CATTARUZZA, Amaël et LIMONIER, Kévin, 2022. Terrains numériques : la datasphère, nouveau(x) terrain(s) exploratoire(s) de la géographie ? *Bulletin de l'association de géographes français. Géographies* [en ligne]. 11 juillet 2022. Vol. 99, n° Numéro 2, pp. 269-288. [Consulté le 25 août 2022]. DOI 10.4000/bagf.9459. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/bagf/9459#ftn6

[16] LIMONIER, Kévin et AUDINET, Maxime, 2022. De l'enquête au terrain numérique : les apports de l'Osint à l'étude des phénomènes géopolitiques: *Hérodote* [en ligne]. 29 septembre 2022. Vol. N° 186, n° 3, pp. 5-17. [Consulté le 19 janvier 2023]. DOI 10.3917/her.186.0005. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2022-3-page-5.htm?ref=doi

augmenter l'analyse de notre objet d'étude au sein d'un territoire visité physiquement avec des données complémentaires.

Comme précisé précédemment, les formes et objectifs de ce travail ont évolué au grès d'événements majeurs (pandémie de la Covid-19, guerre en Ukraine) qui ont amené à une recomposition de la démarche générale de cette thèse. Initialement, ce texte devait se concentrer davantage sur l'utilisation stratégique des cryptomonnaies en Russie, par des acteurs étatiques ou dissidents. Pour se faire, de nombreuses méthodes et logiciels, dont le développement n'était souvent pas terminé, ont été essayés, dans l'optique d'apporter une démarche innovante avec cette thèse par la mobilisation d'outils techniques. Une formation de trois jours a été suivie sur l'outil le plus performant au monde développé pour tracer les transactions en cryptomonnaies et profiler les acteurs propriétaires des portefeuilles numériques : ReActor, de l'entreprise spécialisée Chainalysis. Leur solution est notamment utilisée par Europol ou le FBI pour leurs enquêtes, et il nous a été proposé d'obtenir gratuitement une licence d'exploitation de ReActor afin de réaliser nos recherches pendant un an. Cet outil aurait été un apport considérable pour cette thèse qui aurait bénéficié du premier accès au logiciel autorisé en Europe pour des recherches universitaires, mais cela ne fut finalement pas possible pour des raisons administratives. Cet échec, couplé à la recomposition du projet de thèse après février 2022, a amené à écarter cette approche dans l'investigation, mais ses apports en connaissance technique et en méthodes de visualisation ont été mis à profit pour visualiser et expliquer le fonctionnement de ces réseaux et les dynamiques géopolitiques qu'ils entraînent et qui les traversent, tel que proposé dans le Chapitre 2.

Le deuxième type d'informations récupérées à distance et mobilisées dans cette thèse est les données de télédétection, en premier lieu des photographies satellites mises à disposition via Google Earth Pro. Elles permettent de retrouver et vérifier l'emplacement de certaines fermes de minage et d'attester de leur proximité avec certaines ressources et possessions d'acteurs impliqués dans le développement de l'industrie. En cela, les données satellitaires complètent un terrain russe devenu inaccessible (Sibérie) et inexploré lors des terrains (Arctique russe) tout en augmentant la surface couverte par les terrains physiques au Kazakhstan et au Kirghizstan. L'archivage des images satellites de différentes époques sur Google Earth Pro permet de visualiser l'apparition, l'évolution ou la disparition de certaines infrastructures au cœur de cette étude. Comme le rappellent Robert Bariou et son équipe dès le début des années 1990, « la télédétection doit être utilisée non comme une fin en soi, mais comme l'une des sources de données mises à la disposition [du géographe], une source parmi d'autres, associée

aux autres »[17]. Pour la géographe Mia Bennett, qui a utilisé des outils de télédétection pour étudier l'évolution d'infrastructures frontalières entre la Chine et le Kazakhstan, l'analyse des pixels d'une image satellite peut révéler des réalités géopolitiques, elle doit nécessairement être intégrée dans une réflexion plus large agrémentée d'une connaissance fine des dynamiques et acteurs locaux[18]. Si les images et autres données satellites utilisées permettent de visualiser, depuis l'espace extra-atmosphérique, des proximités parfois politiques et économiques entre acteurs, elles ne permettent pas à elles seules d'en attester et s'intègrent ainsi à des réflexions et analyses plus larges nourries d'informations récoltées lors d'entretiens ou de lectures.

En somme, les données numériques ont dans ce travail un double emploi. Elles permettent à la fois l'étude et la visualisation de dynamiques géopolitiques au sein de réseaux et d'espaces numériques, tout en complétant la récolte de données de terrains physiques et en en faisant des « terrains augmentés » pour reprendre le terme de Limonier et Audinet[19].

Apports de la thèse et état de l'art

Cette recherche s'inscrit dans une démarche géopolitique et géographique, tout en mobilisant une littérature issue d'autres disciplines. Si le minage de cryptomonnaies renvoie à une fonction initialement financière, impliquant des architectures techniques complexes et soulevant des enjeux juridiques inédits, il est nécessaire de rappeler que cette thèse ne relève ni de l'économie, ni de l'informatique, ni du droit. Ces disciplines nourrissent l'analyse par leurs concepts et leurs outils, mais l'ensemble du travail reste ancré dans une démarche de géographie et de géopolitique. L'originalité du sujet, encore peu traité académiquement sous cet angle, impose une approche pluridisciplinaire, particulièrement dans la littérature mobilisée, qui alimente deux axes de recherche principaux.

Le **premier axe** adopte une approche géopolitique des réseaux numériques considérés comme des espaces de confrontation stratégique. Il s'agit d'examiner comment des dynamiques de centralisation, de concentration du pouvoir et de captation de ressources se structurent au

[17] BARIOU, Robert et EQUIPE COSTEL, 1992. Télédétection et géographie. *Norois* [en ligne]. 1992. Vol. 155, n° 1, pp. 251-254. [Consulté le 26 mai 2025]. DOI 10.3406/noroi.1992.6431. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/noroi_0029-182x_1992_num_155_1_6431

[18] BENNETT, Mia M., 2020. Is a pixel worth 1000 words? Critical remote sensing and China's Belt and Road Initiative. *Political Geography* [en ligne]. avril 2020. Vol. 78, pp. 102127. [Consulté le 20 septembre 2022]. DOI 10.1016/j.polgeo.2019.102127. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0962629818305043

[19] LIMONIER, Kévin et AUDINET, Maxime, 2022. *Op. cit.*

sein de ces infrastructures techniques. Le réseau Bitcoin constitue un exemple emblématique : pensé à l'origine comme une infrastructure décentralisée et porteuse d'un projet politique alternatif, il a progressivement été investi par une variété d'acteurs dont les intérêts sont parfois en rupture avec les idéaux fondateurs. Ce premier axe interroge les enjeux de gouvernance, les tensions entre centralisation et décentralisation, et les logiques stratégiques associées à la mobilisation de ressources physiques (puissance de calcul, énergie, données) dans le cadre d'une infrastructure numérique.

Le **second axe** prolonge cette analyse en examinant l'ancrage physique des réseaux numériques. Il s'intéresse aux effets territoriaux du fonctionnement du réseau Bitcoin, notamment à travers l'activité de minage qui mobilise des ressources énergétiques et techniques massives, génère des flux matériels et humains, et induit des logiques de localisation spécifiques. L'analyse porte en particulier sur certains territoires de l'espace postsoviétique, où se jouent des recompositions énergétiques, économiques et politiques sur fond d'héritages soviétiques persistants.

UN RESEAU NUMERIQUE COMME ESPACE GEOPOLITIQUE

La littérature mobilisée permet d'abord de comprendre le fonctionnement technique du réseau Bitcoin et les imaginaires politiques qui y sont associés. En France, les premières publications ont souvent pris la forme de récits à visée descriptive, parfois promotionnelle (Favier & Takkal Bataille, 2017)[20]. À l'international, plusieurs auteurs ont tenté de qualifier idéologiquement les principes portés par Bitcoin. Golumbia (2016) associe ainsi le projet aux formes contemporaines de l'extrême droite libertarienne[21], tandis que Mark Alizart y voit, à l'inverse, les prémices d'un « communisme numérique »[22]. Plutôt que de trancher ce débat sur une supposée couleur politique de Bitcoin, cette thèse propose de resituer la genèse du réseau dans le contexte de la crise financière de la fin des années 2000, tout en retraçant les héritages plus anciens des mobilisations politiques au sein des milieux informatiques nord-américains depuis les années 1960. Cette mise en perspective historique s'appuie notamment sur les travaux de Fred Turner, Félix Tréguer et Cyrus C. Mody, qui documentent l'évolution de la politisation des acteurs de secteur, des imaginaires technopolitiques et des liens entre innovation technique,

[20] FAVIER, Jacques et TAKKAL BATAILLE, Adli, 2017. *Bitcoin. La monnaie acéphale*. CNRS Editions. ISBN 978-2-271-11555-3.
[21] GOLUMBIA, David, 2016. *The Politics of Bitcoin: Software as Right-Wing Extremism*. U of Minnesota Press. ISBN 978-1-4529-5381-6.
[22] ALIZART, Mark, 2019. *Cryptocommunisme* [en ligne]. PUF. [Consulté le 7 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.puf.com/content/Cryptocommunisme

utopies numériques et logiques industrielles[23]. L'approche géopolitique adoptée s'ancre également dans les apports de Desforges (2018), dont la thèse éclaire les représentations stratégiques et sécuritaires du cyberespace de divers acteurs qui ont influencé sa structuration dans un contexte de politisation de la construction du réseau Internet[24].

Le premier apport principal de cette thèse réside dans l'analyse du réseau Bitcoin en tant qu'espace géopolitique structuré par des rapports de force, des formes de gouvernance et des dynamiques de concentration du pouvoir. Une telle approche nécessite le croisement de plusieurs champs disciplinaires, notamment la géographie, *les Science and technology studies* (STS) et la sociologie des techniques.

Les enjeux de gouvernance au sein des réseaux de cryptomonnaies ont fait l'objet de travaux importants dans les STS. Ils ont permis de penser le protocole Bitcoin comme un dispositif normatif en soi comme l'écrit Jeong (2013), et d'analyser les controverses techniques comme révélatrices des tensions politiques internes à ces systèmes, approche appliquée par Musiani, Mallard & Méadel (2018) ainsi que De Filippi et Loveluck (2016) qui ont souligné les crises de gouvernance propres à une infrastructure dite « décentralisée »[25]. Cette littérature propose une compréhension du réseau Bitcoin en tant que dispositif sociotechnique et qu'infrastructure numérique, gouvernée par le code et les communautés qui le maintiennent. Si le terme « infrastructures » est traditionnellement associé à des systèmes matériels à grande échelle (routes, canalisations), elles peuvent également être définies comme des dispositifs sociotechniques relationnels, qui deviennent des infrastructures à partir du moment où des

---

[23] TURNER, Fred, 2006. *From counterculture to cyberculture: Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the rise of digital utopianism*. Chicago : University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-81741-5.QA76.9.C66 T875 2006
TRÉGUER, Félix, 2019. *L'utopie déchue: une contre-histoire d'Internet XVe-XXIe siècle*. Paris : Fayard. À venir. ISBN 978-2-213-71004-4.303.483
MODY, Cyrus C. M., 2016. *The Long Arm of Moore's Law: Microelectronics and American Science* [en ligne]. The MIT Press. [Consulté le 24 janvier 2024]. ISBN 978-0-262-34140-0. Disponible à l'adresse : https://direct.mit.edu/books/book/3522/The-Long-Arm-of-Moore-s-LawMicroelectronics-and

[24] DESFORGES, Alix, 2018. *Approche géopolitique du cyberespace, enjeux pour la défense et la sécurité nationale, l'exemple de la France*. Université Paris 8.

[25] JEONG, Sarah, 2013. The Bitcoin Protocol as Law, and the Politics of a Stateless Currency. *SSRN Electronic Journal* [en ligne]. 2013. [Consulté le 13 juillet 2023]. DOI 10.2139/ssrn.2294124. Disponible à l'adresse : http://www.ssrn.com/abstract=2294124
MUSIANI, Francesca, MALLARD, Alexandre et MÉADEL, Cécile, 2018. Governing what wasn't meant to be governed. A controversy-based approach to the study of Bitcoin governance. In : *Bitcoin and beyond: cryptocurrencies, blockchains and global governance*. Routledge, Taylor&Francis Group. London ; New York. pp. 207. RIPE series in global political economy.
DE FILIPPI, Primavera et LOVELUCK, Benjamin, 2016. The invisible politics of Bitcoin: governance crisis of a decentralised infrastructure. Internet Policy Review [en ligne]. 30 septembre 2016. Vol. 5, n° 3. [Consulté le 17 décembre 2021]. DOI 10.14763/2016.3.427. Disponible à l'adresse : https://policyreview.info/node/427

usages organisés leur sont associés. Cette définition, et les approches développées par Star & Ruhleder (1996), Star (1999) et Musiani (2018), permettent de penser Bitcoin comme une infrastructure numérique articulée à une autre plus vaste : Internet[26].

Cette approche d'un réseau numérique en tant qu'espace réticulaire, et donc produit par la mise en relation des divers acteurs et entités qui le composent, amène à étudier les relations de pouvoir non plus seulement par le prisme d'une distance physique, mais avec une approche topologique. Cette approche est dans la lignée de la démarche promue par John Allen (2011, 2013), qui affirme que l'approche topologique permet d'analyser des formes et des stratégies de domination qui sont émancipées de distances physiques entre acteurs ou objets, et est particulièrement indiquée en ce qui concerne l'analyse géopolitique d'un réseau numérique.

Ce travail s'appuie ensuite sur de nombreux travaux en géographie et en géopolitique qui « découpent » un espace réticulaire comme Internet, ou le « cyberespace » produit par la mise en relation d'Internet et ses sous-réseaux avec la société, en plusieurs couches. Dans ce cadre, les travaux de Ventre (2012), Douzet (2014) et Cattaruzza (2017) offrent une grille de lecture essentielle pour appréhender les réseaux numériques comme des espaces stratégiques multicouches, où la mise en relation des différentes composantes d'une infrastructure numérique (individus, processeurs, câbles, application, codes …) compose le cyberespace[27]. Leur conceptualisation du cyberespace comme un empilement de couches (physique, logique, sémantique) rend visibles l'ancrage matériel des réseaux et les formes de pouvoir qui s'y exercent. Elle permet ainsi d'attribuer une dimension géopolitique concrète à Internet et, par extension, aux réseaux comme Bitcoin qui y sont enchâssés. Cette perspective est centrale dans ce travail, puisqu'elle est appliquée à l'infrastructure Bitcoin et qu'elle permet d'analyser la dialectique entre espace physique et espace numérique, ainsi que les configurations territoriales, économiques et sécuritaires qu'elle induit.

---

[26] STAR, Susan Leigh et RUHLEDER, Karen, 1996. Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces. *INFORMATION SYSTEMS RESEARCH*. 1996. Vol. 7, n° 1, pp. 25.
STAR, Susan Leigh, 1999. The Ethnography of Instrastructure. *American Bahavioral Scientist*. décembre 1999. Vol. 43, n° 3.
MUSIANI, Francesca, 2018. L'invisible qui façonne. Études d'infrastructure et gouvernance d'Internet. *Tracés* [en ligne]. 4 décembre 2018. N° 35, pp. 161-176. [Consulté le 27 octobre 2021]. DOI 10.4000/traces.8419. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/traces/8419

[27] VENTRE, Daniel, 2012. Le cyberespace : définitions, représentations. *Revue Défense Nationale* [en ligne]. juin 2012. pp. 33-38. [Consulté le 21 décembre 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.defnat.com/e-RDN/vue-article.php?carticle=10549
DOUZET, Frédérick, 2014. La géopolitique pour comprendre le cyberespace: *Hérodote* [en ligne]. 1 juin 2014. Vol. n° 152-153, n° 1, pp. 3-21. [Consulté le 10 janvier 2022]. DOI 10.3917/her.152.0003. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2014-1-page-3.htm?ref=doi
CATTARUZZA, Amaël, 2017. *Géopolitique des données. Pour une approche critique de la datafication du monde*. Université de Grenoble-Alpes : Université de Grenoble-Alpes.

Ainsi, ce travail participe à la nécessaire adaptation de la géographie, énoncée par Ash, Kitchin & Leszczynski (2018), à l'analyse des objets et réseaux numériques et à leurs impacts[28]. Pour les auteurs, ce « tournant numérique » de la géographie nécessaire à l'étude des enjeux contemporains se traduit en trois catégories : une géographie *du* numérique, qui s'intéresse à l'organisation spatiale des infrastructures et des usages numériques ; une géographie *[produite] par* le numérique, qui analyse les transformations sociospatiales induites par les technologies numériques ; et une géographie *[produite] via* le numérique, qui renvoie aux méthodes et outils numériques mobilisés par les géographes dans leurs pratiques de recherche. Cette thèse explore et mobilise ces trois catégories et l'approche géopolitique d'une infrastructure numérique comme Bitcoin permet d'offrir des clés de lecture, d'analyse et de visualisation supplémentaire.

Construite sur une littérature pluridisciplinaire, cette approche permet d'analyser les enjeux et stratégies de pouvoir et d'offrir un exemple concret de l'application de la démarche géopolitique à un espace numérique comme le réseau Bitcoin. Elle permet de resituer au sein de l'infrastructure numérique le minage de cryptomonnaies, activité centrale au fonctionnement du réseau. En analysant cette activité comme une composante stratégique de l'infrastructure numérique de Bitcoin, il devient possible de mettre en lumière les rapports de force et les conflits entre acteurs, aussi bien au sein de l'espace numérique que dans l'espace physique.

DE LA MATERIALITE D'UNE INFRASTRUCTURE NUMERIQUE ET DE SES ENJEUX

En se concentrant sur les enjeux liés au minage de cryptomonnaies, cette thèse s'intéresse alors à la traduction et aux impacts d'une infrastructure numérique dans l'espace physique. Il s'agit d'étudier la matérialisation, par leur puissance de calcul, de réseaux de cryptomonnaies comme Bitcoin. Ce travail est donc dans la continuité de plusieurs travaux de géographes qui s'intéressent aux infrastructures physiques qui permettent le fonctionnement d'objets et réseaux numériques.

Avant toute chose, il s'agit de définir ce que nous entendons par « matérialité » de réseaux de cryptomonnaies. Knoespel et Zhu (2008) introduisent le concept de « matérialité continue » des infrastructures numériques, affirmant qu'elles se matérialisent sur différentes

[28] ASH, James, KITCHIN, Rob et LESZCZYNSKI, Agnieszka, 2018. Digital turn, digital geographies? *Progress in Human Geography* [en ligne]. 1er février 2018. Vol. 42, n° 1, pp. 25-43. [Consulté le 2 novembre 2021]. DOI 10.1177/0309132516664800. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1177/0309132516664800

strates : physiques, logicielles, législatives et culturelles[29]. Ainsi, suivant cette logique, Bitcoin se matérialiserait dans l'espace physique aussi bien par les processeurs et les serveurs qui composent l'infrastructure, que par l'utilisation des cryptomonnaies ou encore les textes de loi édités pour encadrer leurs usages. Alesha Serada (2020) prolonge cette réflexion en montrant que Bitcoin est aussi investi d'une matérialité sémiotique, notamment à travers la métaphore du « minage » et son association à l'or, une idée reprise par Maurer et al. (2013) dans leur concept de « métallisme numérique »[30]. Celui-ci rejoint les théories du « matérialisme pratique » de Piteau (2002) qui ancrent la valeur monétaire dans une référence matérielle[31].

En ce qui concerne la matérialisation de Bitcoin et d'autres réseaux de cryptomonnaies par leur puissance de calcul, ce travail se base sur de nombreux travaux ayant traités d'infrastructures physiques du numérique similaires en termes de tailles, de consommations énergétiques ou encore de fonctions. Si les fermes de minage de cryptomonnaies sont peu présentes dans la littérature académique en géographie, de nombreuses études et réflexions ont porté sur les centres de données (*datacenters*). Loin d'être immatérielles, les infrastructures du numérique, les *datacenters* notamment, s'inscrivent dans des logiques territoriales concrètes. Bakis (2013) montre qu'elles dépendent de facteurs géographiques classiques : accès à l'énergie, proximité des réseaux Internet, et conditions de refroidissement[32]. Ces installations relèvent donc d'une géographie matérielle bien ancrée. Furlong (2021) souligne que l'étude des infrastructures physiques du numérique est essentielle pour comprendre comment le numérique

[29] KNOESPEL, Kenneth J. et ZHU, Jichen, 2008. Continuous Materiality: Through a Hierarchy of Computational Codes. *The FIbreculture Journal* [en ligne]. 2008. [Consulté le 4 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://eleven.fibreculturejournal.org/fcj-076-continuous-materiality-through-a-hierarchy-of-computational-codes/

[30] SERADA, Alesha, 2020. The Continuous Materiality of Blockchain. In : *Konferenzband Zum Scientific Track Der Blockchain Autumn School 2020* [en ligne]. Mittweida: Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences. 2020. pp. 71-76. Disponible à l'adresse : https://www.forschung.hs-mittweida.de/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1606201402&hash=63990e96a87b4fa53396afebcabe99e4f26f4f52&file=fileadmin/verzeichnisfreigaben/forschng/dokumente/Scientific_Reports/Scientific_Reports_2020/Tagungsband_Blockchain_2020.pdf

MAURER, Bill, NELMS, Taylor C. et SWARTZ, Lana, 2013. "When perhaps the real problem is money itself!": the practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics* [en ligne]. avril 2013. Vol. 23, n° 2, pp. 261-277. [Consulté le 4 janvier 2022]. DOI 10.1080/10350330.2013.777594. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10350330.2013.777594

[31] PITEAU, Michel, 2002. Monnaie de compte et système de paiements chez James Steuart: Quel rôle pour la stabilité bancaire ? Revue économique [en ligne]. 2002. Vol. 53, n° 2, pp. 245. [Consulté le 6 janvier 2022]. DOI 10.3917/reco.532.0245. Disponible à l'adresse : http://www.cairn.info/revue-economique-2002-2-page-245.htm

[32] BAKIS, Henry, 2013. Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres. *Netcom. Réseaux, communication et territoires* [en ligne]. 1er octobre 2013. N° 27-3/4, pp. 351-384. [Consulté le 21 septembre 2020]. DOI 10.4000/netcom.1473. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/netcom/1473

transforme l'usage des ressources et de l'espace[33]. Velkova (2019) nuance cet ancrage en qualifiant les *datacenters* d'infrastructures éphémères, souvent conçues pour être facilement relocalisées selon les opportunités économiques[34], une idée qui se vérifie grandement avec les fermes de minage de cryptomonnaies. La thèse *Binaire béton* de Clément Marquet (2021) insiste sur les coûts sociaux, territoriaux et environnementaux du fonctionnement des infrastructures numériques et surtout des centres de données, révélant leur rôle actif dans l'aménagement de l'espace et la place des pouvoirs publics locaux dans leur implantation[35]. Vonderau (2019), avec l'exemple de la Suède, montre quant à elle que ces infrastructures peuvent aussi servir des stratégies de développement local et de construction de discours national[36]. Enfin, les dimensions géopolitiques des infrastructures numériques sont abordées par Cattaruzza (2021) et Douzet et al. (2017). Le premier montre que ces objets (datacenters, câbles) sont au cœur de luttes de pouvoir visant à territorialiser le cyberespace pour des raisons de souveraineté, de sécurité et de contrôle stratégique[37]. Les seconds parlent de « territoires disque dur » pour désigner des datacenters installés en Sibérie par l'État, symboles d'une volonté politique de matérialiser la souveraineté numérique dans l'espace physique au sein d'un territoire qui propose les ressources nécessaires[38]. Cette littérature sur les centres de données permet de construire une approche géographique et géopolitique propre au minage de cryptomonnaies, en identifiant aussi bien les similitudes que les différences entre ces deux secteurs d'activité numériques.

L'ESPACE POSTSOVIETIQUE, ORPHELIN DES ETUDES SUR LE MINAGE DE CRYPTOMONNAIES

Ainsi, cette thèse met en évidence les dynamiques géopolitiques spécifiques du développement du minage de cryptomonnaies dans des territoires d'ex-URSS : en Russie, principalement en Sibérie orientale, au Kazakhstan et au Kirghizstan. Si le choix de ces terrains multiple a été

[33] FURLONG, Kathryn, 2021. Geographies of infrastructure II: Concrete, cloud and layered (in)visibilities. *Progress in Human Geography* [en ligne]. février 2021. Vol. 45, n° 1, pp. 190-198. [Consulté le 11 mars 2024]. DOI 10.1177/0309132520923098. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132520923098

[34] VELKOVA, Julia, 2019. Data Centers as Impermanent Infrastructures. *CULTURE MACHINE*. 2019.

[35] MARQUET, Clement, 2019. *Binaire béton : Quand les infrastructures numériques aménagent la ville*. Paris-Saclay.

[36] VONDERAU, Asta, 2019. Scaling the Cloud: Making State and Infrastructure in Sweden. *Ethnos* [en ligne]. 8 août 2019. Vol. 84, n° 4, pp. 698-718. [Consulté le 11 mai 2021]. DOI 10.1080/00141844.2018.1471513. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00141844.2018.1471513

[37] CATTARUZZA, Amaël, 2017. *Géopolitique des données. Pour une approche critique de la datafication du monde*. Université de Grenoble-Alpes : Université de Grenoble-Alpes.

[38] DOUZET, Frédérick, LIMONIER, Kévin, ROBINE, Jérémy, SALAMATIAN, Kavé, GÉRAUD, Rémi et CAMPIGOTTO, Romain, 2017. Les nouveaux territoires stratégiques du cyberespace : le cas de la Russie. *Strategique* [en ligne]. 2017. Vol. 117, n° 4, pp. 169-186. [Consulté le 28 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-strategique-2017-4-page-169.htm?ref=doi

conditionné par le conflit en Ukraine et une recomposition nécessaire de la production de cette thèse, il permet de combler un important angle mort de la littérature scientifique, déjà succincte, de sciences sociales qui étudie le minage de cryptomonnaies, ses enjeux et répercussions, avec une approche « par le bas », par l'enquête de terrain.

En effet, le minage numérique a déjà été analysé par plusieurs recherches, principalement par des autrices et auteurs anglo-saxons, dans des territoires qu'ils définissent comme appartenant au « Nord global » - « *Global North* » – ou au « Sud global » – « *Global South* ». Les enjeux du minage numérique ont été analysés dans les pays du « Nord » qui disposent d'un surplus d'énergie pouvant être acheté sur le marché libre, comme aux États-Unis[39], au Canada[40] ou encore en Islande et en Norvège[41]. Des travaux académiques récents fournissent également des études de cas sur des pays appartenant à ce que leurs auteurs qualifient de « Sud global », témoignant des impacts sociaux du développement du minage de cryptomonnaies au Salvador et au Venezuela[42], portés par la recherche d'une alternative financière dans un contexte de crise. Les auteurs montrent notamment que ce minage numérique est principalement développé par des réseaux locaux d'acteurs puissants qui attirent des investisseurs étrangers sans que cela bénéficie à la population locale. Discutable, souvent employé dans la littérature scientifique, dans les médias ou encore dans certains discours politiques, ce découpage du monde entre Nord et Sud met en avant les asymétries de richesses et de pouvoir entre des pays occidentaux et des pays émergents[43]. De plus, pour ce qui est de la

[39] MAURER, Bill, NELMS, Taylor C. et SWARTZ, Lana, 2013. "When perhaps the real problem is money itself!": the practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics* [en ligne]. avril 2013. Vol. 23, n° 2, pp. 261-277. [Consulté le 4 janvier 2022]. DOI 10.1080/10350330.2013.777594. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10350330.2013.777594
STOLL, Christian, KLAASSEN, Lena, GALLERSDÖRFER, Ulrich et NEUMÜLLER, Alexander, 2023. Climate Impacts of Bitcoin Mining in the U.S. . 2023.

[40] ATKINS, Ed, FOLLIS, Luca, NEIMARK, Benjamin David et THOMAS, Vanessa, 2021. Uneven development, crypto-regionalism, and the (un-)tethering of nature in Quebec. *Geoforum* [en ligne]. juin 2021. Vol. 122, pp. 63-73. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1016/j.geoforum.2020.12.019. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718520303031

[41] UPHAM, Paul, SOVACOOL, Benjamin et MONYEI, Chukwuka, 2022. Digital bricolage: Infrastructuring lower carbon digital space via Nordic datacentre development. *Political Geography* [en ligne]. juin 2022. Vol. 96, pp. 102617. [Consulté le 19 février 2024]. DOI 10.1016/j.polgeo.2022.102617. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0962629822000312

[42] ROSALES, Antulio, 2021. Unveiling the power behind cryptocurrency mining in Venezuela: A fragile energy infrastructure and precarious labor. *Energy Research & Social Science* [en ligne]. 1er septembre 2021. Vol. 79, pp. 102167. [Consulté le 13 septembre 2023]. DOI 10.1016/j.erss.2021.102167. Disponible à l'adresse : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629621002607
ROSALES, Antulio, VAN ROEKEL, Eva, HOWSON, Peter et KANTERS, Coco, 2023. Poor miners and empty e-wallets: Latin American experiences with cryptocurrencies in crisis. *Human Geography* [en ligne]. 15 août 2023. pp. 19427786231193985. [Consulté le 24 août 2023]. DOI 10.1177/19427786231193985. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/19427786231193985

[43] BRUN, Élodie, 2024. Sud (global), un concept discuté et disputé. In : *Annuaire français de relations internationales* [en ligne]. Éditions Panthéon-Assas. pp. 93-100. [Consulté le 19 mai 2025]. ISBN 978-2-37651-

littérature sur ce sujet, il différencie principalement l'Amérique du Nord de l'Amérique latine. Ce concept permet néanmoins de situer ce travail dans une littérature déjà existante qui ne couvre pas les espaces postsoviétiques.

Ce texte constitue par conséquent un apport sur les enjeux géopolitiques du minage de cryptomonnaies dans l' « Est (ou « l'Orient) global » - « *Global East* ». Ce concept alternatif proposé par Martin Müller pour compléter « la distinction entre un Global North plus riche et puissant et un Global South plus pauvre et moins puissant »[44], qui exclut généralement les spécificités territoriales et politiques des espaces postsoviétiques et postsocialistes. Ici, l'héritage technique soviétique commun et le pouvoir politique particulier qui a été construit dessus après l'effondrement de l'URSS, et à partir desquels le minage numérique y a été développé dans des formes spécifiques, sont une particularité des espaces postsoviétiques. Si ce concept permet de resituer cette analyse dans la littérature existante et de justifier un apport, ce travail ne s'appuie pas dessus.

Une publication universitaire notable sur le développement du minage de cryptomonnaies dans un territoire postsoviétique est celle de Wyeth et al. (2023), qui réalisent une « géographie matérielle » d'une entreprise de minage de cryptomonnaies installée en Géorgie[45]. Leur étude illustre la manière dont les propriétaires des fermes de minage interagissent avec les autorités locales pour développer leurs activités. L'objectif de cette thèse est également de montrer que si la disponibilité et le coût de l'électricité sont les principaux facteurs déterminant l'emplacement des fermes de minage, leur implantation est également influencée par les relations entre les mineurs de cryptomonnaies ou les propriétaires de fermes et les acteurs locaux qui facilitent le développement de ces activités. La thèse vient alors, en quelques sortes, continuer et augmenter la démarche initiée par cet article. Les auteurs utilisent le terme de « géographie matérielle » pour décrire leur approche pour, selon eux, appuyer les aspects physiques et tangibles des opérations des entreprises de minage numérique, par opposition à

067-3. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/annuaire-francais-de-relations-internationales--9782376510673-page-93?site_lang=fr

[44] MÜLLER, Martin, 2020. In Search of the Global East: Thinking between North and South. *Geopolitics* [en ligne]. 26 mai 2020. Vol. 25, n° 3, pp. 734-755. [Consulté le 24 août 2023]. DOI 10.1080/14650045.2018.1477757. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14650045.2018.1477757

[45] WYETH, Ryan, RELLA, Ludovico et ATKINS, Ed, 2023. The material geographies of Bitfury in Georgia: Integrating cryptoasset firms into global financial networks. *Environment and Planning A: Economy and Space* [en ligne]. 30 novembre 2023. pp. 0308518X231211789. [Consulté le 6 décembre 2023]. DOI 10.1177/0308518X231211789. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0308518X231211789

leur nature souvent perçue comme éthérée ou purement virtuelle. Si leur objectif est davantage d'étudier les stratégies et effets liés à cette géographie matérielle du point de vue de l'entreprise concernée, cette thèse explore également les répercussions de l'activité sur les territoires concernés et leurs populations. L'écologie politique (*political ecology*) mobilisée par Wyeth & al. est ici étendue à une « géopolitique matérielle » du minage de cryptomonnaies dans trois territoires postsoviétiques : la Russie, en particulier la région sibérienne d'Irkoutsk, ainsi que le Kazakhstan et le Kirghizstan.

LES CRYPTOMONNAIES, UN ANGLE MORT SUR L'ETUDE DES ENJEUX DU NUMERIQUE EN EX-URSS

Cette thèse permet également de compléter une littérature préexistante sur le développement et les enjeux du numérique en Russie et plus largement dans l'espace postsoviétique, notamment nourrie par des membres de l'IFG Lab et du projet de recherche GÉODE, au sein desquels ce texte a été conçu. Ces recherches s'intéressent notamment au développement d'une stratégie de « cyberpuissance » russe qui s'appuie sur des concepts tels que le « patriotisme industriel » et la promotion de « technologies domestiques », analysés par Kevin Limonier et Julien Nocetti comme instruments d'un Internet souverain[46]. Dans ce contexte, la thèse et les travaux de Marie-Gabrielle Bertran s'inscrivent comme une analyse géopolitique des ambitions et des limites de cette stratégie, en mettant en évidence la complexité de sa mise en œuvre et les tensions qui en découlent[47]. Ces apports invitent à déconstruire l'idée d'une verticalité homogène du pouvoir russe dans ses stratégies numériques, tous comme les travaux de chercheurs comme M. Audinet, K. Limonier (2017, 2022) et C. Gérard (2023) qui révèlent la diversité des acteurs impliqués dans les stratégies informationnelles du pays[48]. Des acteurs qui,

[46] LIMONIER, Kevin, 2018. *Ru.net: géopolitique du cyberespace russophone*. Les éditions L'Inventaire. ISBN 978-2-35597-032-0.
NOCETTI, Julien, 2019. La Russie en quête de son « Internet souverain ». La Revue des Médias [en ligne]. 21 juin 2019. [Consulté le 10 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://larevuedesmedias.ina.fr/la-russie-en-quete-de-son-internet-souverain

[47] BERTRAN, Marie-Gabrielle, 2018. Le Runet, objet ou moyen de mise en place d'une nouvelle frontière numérique en Russie? *Bulletin du Conseil québécois de géopolitique*. 2018. Vol. 4, n° 2, pp. 45-54.
BERTRAN, Marie-Gabrielle, 2024. La souveraineté numérique en Russie : analyse géopolitique des enjeux et limites de la stratégie de cyber puissance russe. . 2024.

[48] AUDINET, Maxime et GÉRARD, Colin, 2024. Sous les radars: Crise, recomposition et clandestinisation du dispositif d'influence informationnelle de la Russie après l'invasion de l'Ukraine. *Réseaux* [en ligne]. 30 septembre 2024. Vol. N° 244, n° 3, pp. 113-152. [Consulté le 22 octobre 2024]. DOI 10.3917/res.245.0113. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/revue-reseaux-2024-3-page-113?site_lang=fr
LARUELLE, Marlene et LIMONIER, Kevin, 2021. Beyond "hybrid warfare": a digital exploration of Russia's entrepreneurs of influence. *Post-Soviet Affairs* [en ligne]. 4 juillet 2021. Vol. 37, n° 4, pp. 318-335. [Consulté le 27 septembre 2024]. DOI 10.1080/1060586X.2021.1936409. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1060586X.2021.1936409

tout en s'inscrivant dans les objectifs du pouvoir central, déploient leurs propres logiques de renforcement de leur pouvoir politique ou financier. Ces dynamiques s'inscrivent dans la continuité des logiques adhocratiques issues des privatisations et des recompositions postsoviétiques. Enfin, les recherches menées par cette équipe sur les enjeux de routage des données numériques, dans la lignée des travaux de Louis Pétiniaud, permettent de documenter les stratégies russes de contrôle, de surveillance, voire de redirection des flux numériques[49]. Ces pratiques visent non seulement à renforcer la souveraineté numérique du pays, mais aussi à affirmer un contrôle territorial sur certains espaces, notamment en Ukraine, dans le cadre des conflits qui font rage depuis 2014 et mués en guerre totale à partir de 2022.

De nombreuses autres recherches constituent la littérature mobilisée, et parmi les apports majeurs nous pouvons citer le livre-enquête d'Andreï Soldatov et Irina Bodogan qui revient sur le développement du réseau Internet dans une URSS qui venait de s'écrouler et l'apparition des technologies de surveillance numériques déployées par l'État russe[50]. Dans la continuité de cette thématique, l'ouvrage *Genèse d'un autoritarisme numérique* de 2023, analyse comment le régime russe utilise les technologies numériques pour la censure, la

AUDINET, Maxime, 2020. *Une fabrique étatique du soft power : acteurs et pratiques de l'influence par la diplomatie publique en Russie postsoviétique* [en ligne]. These de doctorat. Paris 10. [Consulté le 4 juin 2025]. Disponible à l'adresse : https://theses.fr/2020PA100046

AUDINET, Maxime et LIMONIER, Kévin, 2017. La stratégie d'influence informationnelle et numérique de la Russie en Europe: *Hérodote* [en ligne]. 27 avril 2017. Vol. N° 164, n° 1, pp. 123-144. [Consulté le 4 juin 2025]. DOI 10.3917/her.164.0123. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2017-1-page-123.htm?ref=doi

AUDINET, Maxime et LIMONIER, Kevin, 2022. Le dispositif d'influence informationnelle de la Russie en Afrique subsaharienne francophone : un écosystème flexible et composite. *Questions de communication* [en ligne]. 1 juin 2022. N° 41, pp. 129-148. [Consulté le 4 juin 2025]. DOI 10.4000/questionsdecommunication.29005. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/questionsdecommunication/29005

[49] PÉTINIAUD, Louis, 2021. De la fragmentation géopolitique à la fragmentation numérique de l'Ukraine, 2013 - 2020. Thèse de doctorat. Saint-Denis : Université Paris 8.

PÉTINIAUD, Louis, 2022. Les routes des données, enjeu géopolitique de la guerre en Ukraine. *Hérodote* [en ligne]. 11 octobre 2022. Vol. 186, n° 3, pp. 113-134. [Consulté le 28 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2022-3-page-113.htm

PÉTINIAUD, Louis, LIMONIER, Kevin, SALAMATIAN, Loqman et ROSA-MARTIN, Antonin, 2023. The Human Factor in the Geopolitics of the Internet. *RIPE Labs* [en ligne]. 4 avril 2023. [Consulté le 23 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://labs.ripe.net/author/louis_petiniaud/the-human-factor-in-the-geopolitics-of-the-internet/

SALAMATIAN, Loqman, DOUZET, Frédérick, SALAMATIAN, Kavé et LIMONIER, Kévin, 2021. The geopolitics behind the routes data travel: a case study of Iran. *Journal of Cybersecurity* [en ligne]. 17 août 2021. Vol. 7, n° 1, pp. tyab018. [Consulté le 4 juin 2025]. DOI 10.1093/cybsec/tyab018. Disponible à l'adresse : https://academic.oup.com/cybersecurity/article/doi/10.1093/cybsec/tyab018/6353268

[50] SOLDATOV, Andreï et BOROGAN, Irina, 2015. *The red web: the struggle between Russia's digital dictators and the new online revolutionaries*. First edition. New York : PublicAffairs. ISBN 978-1-61039-573-1. JN6695.A55 A859 2015

surveillance et le contrôle de l'espace public en ligne ainsi que les stratégies de résistance et de contournement employées par les citoyens, les militants et les journalistes[51].

L'Asie centrale, quant à elle, est principalement étudiée sous l'angle de sa dépendance au routage des données numériques via la Russie, entretenue par le recours à des logiques de tracés qui suivent ceux d'infrastructures de transit héritées de l'époque soviétique[52]. Les ambitions chinoises d'une "nouvelle route de la soie numérique", et le développement de nombreux projets numériques par des entreprises chinoises en Asie centrale sont identifiés comme un potentiel défi à cette dépendance, mais également à la souveraineté des pays centrasiatiques. Les ouvrages *Digital Silk Road in Central Asia: Present and Future* (2021) et *The Digital Silk Road: China's Technological Rise and the Geopolitics of Cyberspace* (2022) permettent d'explorer ces enjeux, de même que le recours croissant à des technologies numériques de surveillance et de contrôle des populations, d'origines russes et par la suite chinoises, par les gouvernements centrasiatiques[53].

Bien que certaines de ces recherches appellent à déconstruire des logiques de pouvoir purement verticales, la plupart des études sur le numérique en ex-URSS ont une approche qui entre par les acteurs institutionnels et leurs stratégies. Cette thèse approfondie sur le développement d'une activité numérique alternative, qui a émergé « par le bas », comme le minage de cryptomonnaies, permet d'offrir un complément non négligeable à cette littérature. Elle permet d'apporter des réflexions et analyses sur d'autres enjeux fondamentaux du développement du numérique en Russie et en Asie centrale, notamment ceux liés à la consommation énergétique ou à la souveraineté financière et monétaire, grandement liée à la souveraineté numérique.

UN APPORT A LA LITTERATURE SUR LA CIRCULATION ET L'EXERCICE DU POUVOIR EN EX-URSS

Cette thèse s'inscrit dans la continuité, mais aussi dans le renouvellement, des études géopolitiques sur l'espace postsoviétique, en s'attachant à analyser des dynamiques de pouvoir

[51] DAUCÉ, Françoise, LOVELUCK, Benjamin et MUSIANI, Francesca (éd.), 2023. *Genèse d'un autoritarisme numérique* [en ligne]. Presses des Mines. [Consulté le 10 juin 2023]. ISBN 978-2-35671-972-0. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/pressesmines/9023

[52] DOUZET, Frédérick, LIMONIER, Kévin, ROBINE, Jérémy, SALAMATIAN, Kavé, GÉRAUD, Rémi et CAMPIGOTTO, Romain, 2017. *Op. cit.*

[53] KASSENOVA, Nargis et DUPREY, Brendan (éd.), 2021. *Digital Silk Road in Central Asia: Present and Future*. Davis Center for Russian and Eurasian Studies. ISBN 978-0-578-93435-8.
GORDON, David et NOUWENS, Meia, 2022. *The Digital Silk Road: China's Technological Rise and the Geopolitics of Cyberspace* [en ligne]. 1. London : Routledge. [Consulté le 18 janvier 2025]. ISBN 978-1-003-39026-8. Disponible à l'adresse : https://www.taylorfrancis.com/books/9781003390268

souvent négligées dans les recherches académiques, notamment à des échelles locales. En s'intéressant à la réappropriation d'infrastructures héritées de l'époque soviétique et à leur mobilisation contemporaine dans le cadre du minage de cryptomonnaies, ce travail apporte une contribution originale à la compréhension des recompositions du pouvoir dans des territoires marqués par de profondes mutations, d'autant plus accélérées par la guerre en Ukraine.

Dans un premier temps, cette recherche s'appuie sur des travaux historiques et géographiques analysant les logiques d'industrialisation soviétique (Naumov, 2006) et l'électrification des périphéries de l'Union soviétique et notamment de l'Asie centrale (Högselius, 2022), que Högselius désigne comme une « intégration par l'infrastructuration »[54]. Ces analyses permettent de poser les fondements des logiques de développement territorial et énergétique encore visibles aujourd'hui, héritage sur lequel a ensuite été développé le minage numérique.

À la suite de l'effondrement de l'URSS, la privatisation de ces infrastructures s'inscrit dans des processus de « capture de l'État », concept sur lequel reviennent notamment Hellman, Jones & Kaufmann en 2003 et Kinyakin en 2014, où des acteurs économiques influencent la formation des règles institutionnelles afin de préserver leurs intérêts[55]. Ces dynamiques s'accompagnent d'un recours aux réseaux informels, analysés par Ledeneva (1998) à travers le concept de *blat*, qui souligne la persistance et la normalisation de pratiques d'intermédiation non officielles[56].

Ensuite, ce travail mobilise la notion d'« energopouvoir » proposée par Dominic Boyer, qui désigne le pouvoir politique dérivant du contrôle des ressources énergétiques[57]. Rogers (2014) approfondit ce concept avec celui de « régime énergopolitique », que cette thèse

---

[54] NAUMOV, Igor V., 2006. *The history of Siberia*. London : Routledge/Taylor & Francis Group. Routledge studies in the history of Russia and Eastern Europe, 6. ISBN 978-0-415-36819-3.
DK761 .N34 2006
HÖGSELIUS, Per, 2022. The hidden integration of Central Asia: the making of a region through technical infrastructures. *Central Asian Survey* [en ligne]. 3 avril 2022. Vol. 41, n° 2, pp. 223-243. [Consulté le 31 octobre 2022]. DOI 10.1080/02634937.2021.1953963. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02634937.2021.1953963

[55] HELLMAN, Joel S, JONES, Geraint et KAUFMANN, Daniel, 2003. Seize the state, seize the day: state capture and influence in transition economies. *Journal of Comparative Economics* [en ligne]. décembre 2003. Vol. 31, n° 4, pp. 751-773. [Consulté le 30 mai 2024]. DOI 10.1016/j.jce.2003.09.006. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147596703001021
KINYAKIN, Andrey A., 2014. Les oligarques dans la Russie contemporaine : de la « capture » de l'État à leur mise sous tutelle: *Revue internationale de politique comparée* [en ligne]. 21 février 2014. Vol. Vol. 20, n° 3, pp. 115-131. [Consulté le 2 avril 2024]. DOI 10.3917/ripc.203.0115. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-internationale-de-politique-comparee-2013-3-page-115.htm?ref=doi

[56] LEDENEVA, Alena V., 1999. *Russia's economy of favours: blat, networking, and informal exchange*. Transferred to digital printing. Cambridge : Cambridge Univ. Press. Cambridge Russian, Soviet and post-Soviet studies, 102. ISBN 978-0-521-62174-8.

[57] BOYER, Dominic, 2014. Energopower: An Introduction. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 309-333. [Consulté le 20 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0020. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545589

applique notamment au cas de l'entreprise EN+ en Sibérie[58]. L'analyse montre comment certains acteurs privés, en contrôlant des infrastructures énergétiques, acquièrent un pouvoir effectif sur des territoires, participant à la formation de « zones grises » où ils exercent leurs micro-autorités privées comme définies par Gaïdz Minassian en 2011, facilitant parfois le développement du minage de cryptomonnaies[59].

Enfin, cette thèse interroge les articulations entre energopouvoirs et technopouvoirs, en s'appuyant sur les travaux de Gabrielle Hecht sur la « technopolitique »[60]. Les acteurs du minage de cryptomonnaies, en se positionnant comme détenteurs d'une expertise technique cruciale, s'insèrent dans les circuits énergétiques et institutionnels locaux, renforçant leur pouvoir d'action et leur légitimité. Le minage apparaît ainsi comme une manifestation contemporaine de recompositions géopolitiques fondées sur la maîtrise conjointe de la technique, de l'énergie et du territoire.

Étudier le minage de cryptomonnaies en ex-URSS revient à proposer une grille d'analyse des dynamiques de développement d'une industrie numérique fondée sur la puissance de calcul. La géographie de cette activité ne dépend pas uniquement de facteurs techniques ou climatiques favorables à la performance énergétique, tels que des températures basses ou l'accès à une électricité bon marché, mais aussi de relations politiques, souvent informelles et peu visibles, qui structurent l'accès aux ressources et aux infrastructures. Cette grille d'analyse, développée dans le cadre de cette thèse, pourra ainsi être transposée à l'étude d'autres secteurs reposant sur l'exploitation intensive de la puissance de calcul informatique, au sein d'autres territoires. Ce travail ouvre ainsi la voie à une lecture géographique et géopolitique d'autres infrastructures physiques du numérique, notamment dans le contexte du développement accéléré des technologies d'intelligence artificielle (IA).

[58] ROGERS, Douglas, 2014. Energopolitical Russia: Corporation, State, and the Rise of Social and Cultural Projects. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 431-451. [Consulté le 8 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0017. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545594

[59] MINASSIAN, Gaïdz, 2011. *Zones grises: quand les États perdent le contrôle*. Autrement. ISBN 978-2-7467-3045-8.

[60] HECHT, Gabrielle, 1998. *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge, MA, USA : MIT Press. Inside Technology. ISBN 978-0-262-08266-2.

Structure de la thèse

Afin d'analyser comment les logiques de centralisation matérielle du minage s'articulent à des héritages énergétiques et à des réseaux d'acteurs consolidés depuis la chute de l'URSS, cette thèse est structurée en trois grandes parties complémentaires, elles-mêmes divisées en chapitres. Ce texte progresse de l'analyse conceptuelle à l'étude appliquée des effets territoriaux et des enjeux de souveraineté des cryptomonnaies à travers leur minage numérique, en Russie, au Kazakhstan et au Kirghizstan.

La **première partie** de ce texte propose un cadrage de notre objet d'étude, le minage de cryptomonnaies, en tant qu'objet de la géographie et de la géopolitique. Plus précisément, cette première partie entend analyser les réseaux de cryptomonnaies – et tout particulièrement le réseau Bitcoin – à travers le prisme de la géographie et de la géopolitique, en les envisageant comme des objets et des espaces géopolitiques à part entière. L'enjeu est de comprendre comment ces technologies, en apparence immatérielles, participent à redessiner certains rapports de pouvoir à différentes échelles, tout en ayant des effets matériels tangibles dans l'espace physique.

Le **premier chapitre** vise à situer Bitcoin dans son épaisseur politique et technique initiale. Elle permet de montrer comment ce réseau, apparu en 2009, s'inscrit dans une généalogie de pensées critiques issues des milieux informatiques étatsuniens et comment il entend proposer une alternative radicale aux institutions financières traditionnelles. Cette partie revient également sur l'évolution de Bitcoin vers un écosystème complexe de cryptomonnaies, dont les usages ont produit, progressivement, de nouveaux enjeux géopolitiques.

Le **deuxième chapitre** permet de développer une approche théorique et méthodologique pour penser Bitcoin comme infrastructure, puis comme un espace, géopolitique. En mobilisant les apports de la sociologie des infrastructures et de la géographie, cette section démontre comment le réseau Bitcoin, loin d'être neutre, s'inscrit dans des logiques de territorialisation, de centralisation partielle du pouvoir et de concentration des ressources techniques et énergétiques. Elle s'attache également à révéler la matérialité souvent occultée de cette infrastructure numérique, notamment à travers le minage.

Le **troisième chapitre** se concentre sur les implications géopolitiques contemporaines des cryptomonnaies et des usages différenciés qu'en font les États, les individus ou les entreprises et leurs représentations. Elle explore la manière dont ces outils peuvent à la fois affaiblir certains attributs de la souveraineté étatique, mais aussi, paradoxalement, être

mobilisés comme instruments de souveraineté, voire d'émancipation, du moins en tant qu'élément de discours.

La **deuxième partie** de la thèse est divisée en deux chapitres et propose d'analyser la matérialisation du réseau Bitcoin dans un espace géopolitique spécifique : la Fédération de Russie, et plus particulièrement la région sibérienne d'Irkoutsk. Il s'agit d'interroger la manière dont les infrastructures matérielles du minage de cryptomonnaies prennent corps dans un territoire hérité de la planification industrielle soviétique, et de comprendre comment cette activité numérique, d'abord marginale et informelle, a pu progressivement se constituer en secteur stratégique, soutenu par l'État russe. Dans une perspective de géopolitique matérielle des réseaux numériques, cette section s'attache à démontrer que la production de la puissance de calcul sur laquelle repose Bitcoin est indissociable de l'espace physique, des ressources locales (notamment l'électricité) et des rapports de pouvoir territoriaux. En étudiant l'ancrage territorial du minage de cryptomonnaies dans l'*oblast'* d'Irkoutsk, cette partie met en lumière un processus de territorialisation différenciée, à la fois « par le bas », via des initiatives individuelles ou locales, et « par le haut », via la structuration progressive d'un secteur industriel piloté par des acteurs économiques et politiques puissants.

Le **chapitre 4** s'intéresse à l'émergence et à la diffusion du minage de cryptomonnaies à l'échelle locale, en étudiant le territoire d'Irkoutsk comme un « laboratoire géopolitique du minage ». Il propose une analyse fine de l'environnement sociotechnique, énergétique et politique qui a favorisé l'implantation de cette activité. En croisant des données empiriques issues de deux enquêtes de terrain menées en 2019 et 2022, l'étude met en évidence la centralité d'un héritage industriel et énergétique soviétique (notamment les barrages hydroélectriques) dans la fabrique d'un « bassin cryptominier ». Ce chapitre souligne également que, loin de se limiter à des acteurs industriels, le minage s'est diffusé de manière informelle, dans les foyers ou de petites structures locales, comme activité de subsistance. Il explore les tensions que cette informalité engendre, notamment sur le réseau électrique régional, et les rapports de force qu'elle alimente entre les mineurs et les compagnies énergétiques. L'analyse met ainsi en lumière la cohabitation de formes multiples de minage (individuelles, artisanales, entrepreneuriales) au sein d'un même territoire, et les dynamiques conflictuelles ou coopératives qui en résultent.

Le **chapitre 5** prolonge cette réflexion en s'intéressant à la structuration du minage numérique à une échelle industrielle et à sa montée en puissance comme secteur stratégique

dans le contexte géopolitique russe. Il propose une plongée dans les relations entre les entreprises de minage, comme BitRiver, et les puissants groupes énergétiques régionaux, au premier rang desquels EN+, dont l'ascension est intimement liée à la captation de l'héritage énergétique soviétique. Ce chapitre développe l'idée que l'industrialisation du minage en Russie résulte d'une coproduction entre un « « nergopouvoir » (acteurs dominants dans la maîtrise de l'énergie) et un « technopouvoir » (entreprises technologiques spécialisées dans le calcul numérique). À travers l'étude de cas de fermes de minage, de partenariats énergétiques, et d'épisodes de sanctions internationales (notamment par l'OFAC), ce chapitre montre comment le minage devient un outil politique, économique et diplomatique mobilisé par l'État russe pour renforcer sa résilience face aux sanctions occidentales. Loin d'être marginale, cette activité est désormais intégrée aux stratégies économiques et géopolitiques nationales, contribuant à transformer l'infrastructure numérique en instrument de puissance.

Dans la continuité de l'analyse conduite sur le cas russe, la **troisième partie** explore les dynamiques géographiques, énergétiques et politiques induites par l'implantation du minage de cryptomonnaies dans un autre espace postsoviétique : l'Asie centrale, avec un focus particulier sur le Kazakhstan et le Kirghizstan. Elle propose une lecture territorialisée de cette activité numérique, en interrogeant sa diffusion, ses effets matériels et ses enjeux de souveraineté dans des contextes marqués par la fragilité des infrastructures énergétiques, la complexité des réseaux de pouvoir et des interdépendances géopolitiques régionales. Cette partie est construite en trois chapitres, articulant deux études de cas principales (Kazakhstan et Kirghizstan), qui permettent de varier les échelles d'analyse et les modalités d'insertion territoriale du minage, depuis son rôle dans une crise énergétique majeure jusqu'à sa mobilisation à des fins de rente, de développement ou d'emprise politique.

Le **chapitre 6** est consacré à l'anatomie spatiale et géopolitique de la crise énergétique liée au minage de cryptomonnaies au Kazakhstan, survenue entre 2021 et 2022. Il montre que le développement massif et soudain du minage, consécutif au bannissement de l'activité en Chine, s'est appuyé sur les infrastructures électriques héritées de l'URSS, avec une concentration particulière dans le nord du pays, riche en charbon et en capacité de production électrique. Cette relocalisation rapide a surchargé un réseau de distribution vétuste, accentuant une fracture énergétique territoriale entre un nord producteur et un sud sous-alimenté, reliés par des lignes électriques obsolètes. Il démontre également que cette crise énergétique a agi comme un révélateur des dépendances géopolitiques régionales, en rendant visibles les liens techniques

persistants avec la Russie, mais aussi les nouvelles logiques d'infrastructuration impulsées par la Chine.

Le **chapitre 7** poursuit l'analyse en se concentrant sur les dynamismes politico-institutionnels et les réseaux d'acteurs impliqués dans le développement opaque du minage au Kazakhstan. Il met en évidence comment cette activité a été captée, dans un premier temps, par des acteurs proches de l'ancien président Nazarbaïev, profitant de zones grises réglementaires et d'un accès privilégié à l'électricité. Ce chapitre montre que l'essor du minage « gris » a participé à la crise énergétique, tout en devenant un enjeu de règlements de comptes politiques dans le contexte de la transition autoritaire engagée par le président Tokaïev. La première section documente ces zones d'informalité et de captation énergétique, en soulignant la collusion entre élites économiques et infrastructures publiques, à travers des exemples concrets et des portraits d'acteurs clés. La seconde section est consacrée à la réponse étatique post-crise, en analysant la mise en place de la loi 193-VII d'avril 2023, qui vise à encadrer le secteur du minage à travers une double architecture juridique innovante. Ce chapitre interroge les ambivalences d'un encadrement étatique qui cherche à reprendre la main sur une activité à la fois porteuse d'innovation et vectrice d'instabilité, tout en étudiant les effets de cette régulation sur la structuration du secteur et l'émergence de nouveaux acteurs.

Le **chapitre 8**, enfin, propose une plongée au Kirghizstan, où le minage numérique reste à une échelle plus modeste, mais où ses les implications sont tout aussi géopolitiques. Il met en évidence les contradictions d'un pays fortement dépendant de l'hydroélectricité et de ses voisins pour l'équilibre de son réseau électrique, qui interdit officiellement le minage, mais voit des élites politiques détourner les infrastructures publiques pour cette activité. Ce chapitre est structuré en trois temps : d'abord, un état des lieux du secteur énergétique kirghiz, centré sur la vulnérabilité du réseau et la centralité de l'eau comme ressource géopolitique disputée dans la région. Ensuite, une analyse des pratiques de minage informel au sein des institutions publiques, révélatrices de logiques clientélistes et de détournement d'État. Enfin, l'étude de projets alternatifs de minage « *off-grid* » sur de petites centrales hydroélectriques privées, qui permettent d'envisager d'autres usages du minage comme levier de financement ou de valorisation énergétique locale. Cette dernière section interroge la capacité du minage à servir, malgré tout, une forme de souveraineté énergétique « par le bas », dans un État dont la légitimité et les ressources sont fragmentées.

Partie I. Le réseau numérique Bitcoin : d'un projet politique alternatif à un espace géopolitique

Cette première partie est divisée en trois chapitres, qui permettent de présenter notre objet d'étude, le minage de cryptomonnaies, mais également les cryptomonnaies et les réseaux dont il permet le fonctionnement, leurs principaux enjeux, ainsi que les méthodes développées durant ce doctorat afin de les analyser par le prisme de la géographie et de la géopolitique. Cette démarche introductive, qui s'appuie grandement sur l'étude du réseau Bitcoin, le premier des réseaux de cryptomonnaies, constitue une étape fondamentale pour appréhender le minage numérique en tant qu'objet d'analyse géographique et géopolitique. Comprendre la géopolitique liée au minage numérique, c'est avant tout comprendre en quoi le réseau Bitcoin et les autres réseaux de cryptomonnaies qui fonctionnent grâce à une preuve de travail, ainsi que les cryptomonnaies elles-mêmes, peuvent être analysés comme des objets ou des espaces géopolitiques. Avant que cette thèse, dans ses deux parties suivantes, ne nous entraîne vers une lecture géopolitique du minage de cryptomonnaies sur les rives gelées du lac Baïkal en Sibérie, à travers les steppes glacées du Kazakhstan ou au cœur des montagnes verdoyantes du Kirghizstan, il est indispensable d'en maîtriser les fondements techniques. Il convient ainsi de saisir les mécanismes sous-jacents des réseaux numériques qui soutiennent le bitcoin et les autres cryptomonnaies, ainsi que les multiples enjeux que leur fonctionnement et leurs usages soulèvent.

L'objectif de cette première partie est de saisir la place et les enjeux des cryptomonnaies et de leurs réseaux numériques au sein des interactions et organisations humaines, c'est-à-dire au sein de l'« espace géographique ». Si la notion d'**espace** peut renvoyer à l'idée neutre d'espace physique sur lequel les sociétés humaines évoluent et se sont construites, nous préférons ici l'approche du géographe Roger Brunet. Il rappelle que « l'espace géographique est une construction sociale, produite par des sociétés, structurée par leurs pratiques et représentations », c'est-à-dire que l'espace n'est pas un simple support neutre pour l'Humanité et qu'il est structuré par des dynamiques sociales, économiques et politiques, mais également

par des réseaux et des flux[61]. Cette vision est notamment proche de celles du sociologue Henri Lefebvre ou du géographe Jacques Lévy. Pour Lefebvre, l'espace est un « produit social », résultat de l'articulation entre des pratiques humaines au sein de cet espace et des représentations de cet espace par des individus, qui découlent de leur propre expérience vécue[62]. Jacques Levy, quant à lui, écrit que l'espace est un « construit social », résultant des interactions entre des acteurs, et est relatif, hétérogène et multidimensionnel[63]. Il est alors le produit de l'action sociale, des représentations des êtres humains, mais également de la mise en place de normes par les sociétés humaines.

Cette prise de distance avec une vision strictement physique et neutre de l'espace est ici importante et nécessaire pour deux principales raisons. Tout d'abord, elle nous permet d'appliquer une démarche géopolitique sur et autour de notre objet d'étude, le minage de cryptomonnaies, en le réinsérant dans un espace composé d'interactions entre acteurs et institutions, dans lequel nous pouvons analyser la circulation et l'exercice du pouvoir. D'ailleurs, pour Yves Lacoste, fondateur de l'école française de géopolitique, l'espace est aussi un « instrument stratégique » , que des acteurs et des institutions mobilisent dans des logiques de domination, arguant que le savoir géographique est un savoir stratégique qui permet de contrôler les individus qui occupent l'espace[64]. Ensuite, cette définition de l'espace géographique au sein duquel nous plongeons avec cette thèse, ne s'applique par seulement à l'espace physique, sur lequel évoluent les individus qui utilisent ou minent des cryptomonnaies, mais aussi aux réseaux numériques qui permettent leur fonctionnement à l'instar du réseau Bitcoin, également fruits de la mise en relations d'individus et théâtre de rapports de force.

Ce préalable analytique qui prend forme avec cette première partie permet d'éclairer les dynamiques géographiques et politiques liées à l'implantation du minage numérique dans certains **territoires**, c'est-à-dire dans des espaces « appropriés » par un acteur ou une organisation (à l'instar d'un État), en réintégrant les logiques techniques et les rapports de

[61] BRUNET, Roger (avec FERRAS, Robert et THÉRY, Hervé), 1993. *Les mots de la géographie: dictionnaire critique*. Montpellier Paris : RECLUS la Documentation française. Collection Dynamiques du territoire. ISBN 978-2-11-005943-7.
910.3

[62] Plus exactement, Henri Lefebvre distingue trois dimensions de l'espace : l'espace perçu (pratiques), l'espace conçu (représentations), et l'espace vécu (expérience sensible).Voir : LEFEBVRE, Henri, 1974. *La production de l'espace*. 1re éd. Paris : Éd. Anthropos. ISBN 978-2-7157-1046-7.

[63] LÉVY, Jacques, 1994. *L'espace légitime: sur la dimension géographique de la fonction politique*. Paris : Presses de la Fondation nationale des sciences politiques. ISBN 978-2-7246-0644-7.
JC319 .L45 1994

[64] LACOSTE, Yves, 1976. *La géographie , ça sert, d'abord, à faire la guerre*. Ed. Maspero. ISBN 978-2-7071-8183-1.

pouvoir dans les contextes locaux, ainsi que les réseaux d'acteurs qui y sont implantés[65]. Cette première partie permet également d'explorer les différents enjeux liés à l'utilisation des cryptomonnaies, notamment dans les territoires étudiés, au-delà des questions liées au seul minage numérique. Cette démarche amène, par exemple, à une meilleure compréhension des formes de régulation appliquées par la Russie depuis 2024 ou le Kazakhstan depuis 2023, et les problématiques auxquelles elles répondent.

Les cryptomonnaies et leurs usages ont des caractéristiques de plus en plus géopolitiques, dans le sens où elles permettent parfois de redessiner les réseaux de pouvoir et de contourner les États, leurs services et leurs frontières. En Ukraine, dès les premiers jours de l'offensive russe, le gouvernement, des ONG et des groupes d'autodéfense ont demandé des dons en cryptomonnaies, afin de recevoir des finances rapidement mobilisables pour acheter des biens de première nécessité ou du matériel de guerre[66]. Certains citoyens russes, quant à eux, les ont utilisées, dans des proportions limitées, à la fois comme valeur refuge face à la chute du rouble ou pour mobiliser leur épargne à l'étranger, opérations rendues parfois complexes avec la mise en place de sanctions internationales[67]. Les autorités russes se sont ensuite emparées des cryptomonnaies, que ce soit dans des discours officiels arguant qu'elles permettraient à l'État russe de contourner ou diminuer l'impact des sanctions internationales à son encontre, ou dans des schémas plus opaques de transferts d'argent à l'étranger développés[68].

Si l'impact de leur utilisation durant cette période est à relativiser, les cryptomonnaies ont permis de contourner des limites et restrictions (délais, coûts, interdits) des réseaux financiers traditionnels. Ces usages des cryptomonnaies sont à la fois dans la continuité de l'idéal sous-jacent à la première d'entre elles, le bitcoin, et de nombreux usages similaires précédemment observés.

---

[65] Nous utilisons ici la définition de « territoire » du géographe Claude Raffestin, discutée et détaillée dans le chapitre suivant. Voir : RAFFESTIN, Claude, 1980. *Pour une géographie du pouvoir* [en ligne]. Lyon : ENS Éditions. [Consulté le 25 août 2022]. Bibliothèque idéale des sciences sociales. ISBN 979-10-362-0150-9. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/enseditions/7627

[66] OLIVER, Joshua et CRIDDLE, Cristina, 2022. How Ukraine embraced cryptocurrencies in response to war. *Financial Times* [en ligne]. 19 mars 2022. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.ft.com/content/f3778d00-4c9b-40bb-b91c-84b60dd09698

[67] DUPLESSIX, Olivier, 2022. La Russie peut-elle utiliser des cryptomonnaies pour contourner les sanctions économiques ? *Ouest-France.fr* [en ligne]. 2 mars 2022. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.ouest-france.fr/leditiondusoir/2022-03-02/la-russie-peut-elle-utiliser-des-cryptomonnaies-pour-contourner-les-sanctions-economiques-f294dd52-1af4-42c9-8f02-d6a1bf4dff1e

[68] SEIBT, Sebastian, 2025. A7A5, l'étrange cryptomonnaie qui veut faire la nique aux sanctions contre la Russie. *France 24* [en ligne]. 26 juin 2025. [Consulté le 15 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.france24.com/fr/%C3%A9co-tech/20250626-a7a5-stablecoin-cryptomonnaie-ilan-shor-contourner-aux-sanctions-russie-kirghizstan-tether

Créé en 2009 par la ou les personnes qui se présentent sous le pseudonyme de Satoshi Nakamoto, Bitcoin était justement annoncé comme un réseau financier alternatif pair-à-pair, sur lequel les utilisateurs s'échangent directement de la monnaie, des bitcoins, initialement hors de la portée des gouvernements et des banques[69]. L'enjeu était d'émanciper l'individu d'une centralisation de l'autorité sur la monnaie et les réseaux sur lesquels elle peut être échangée. Bitcoin est un projet éminemment politique et ses objectifs initiaux découlent d'une vision géopolitique des réseaux financiers et numériques, au sein duquel les autorités gouvernementales et financières centraliseraient les flux financiers numériques et leurs usages pour mieux les surveiller et les contrôler. Ce premier réseau de cryptomonnaie devait alors offrir un espace numérique alternatif pour ces échanges et ainsi redessiner les rapports de force entre gouvernements, acteurs de la finance et individus. Cette vision puise ses origines dans des courants de pensée issus de mouvements spécifiques de la contre-culture des secteurs de l'informatique états-unienne des années 1980-1990.

Dans leur article de 2022, Neacșu et al. présentent leur concept de « cryptogéopolitique » et mettent en avant la relation dialectique entre les cryptomonnaies et les risques et bouleversements géopolitiques[70]. Les auteurs rappellent que les crises économiques du XXIe siècle ont vu apparaître les cryptomonnaies ou, du moins, des variations importantes de leur valeur : Bitcoin est créé en 2009 au lendemain de la crise des subprimes, et la valeur du bitcoin fluctue fortement au plus fort de la crise grecque, de la Covid-19 ou encore au début de la guerre en Ukraine, comme nous l'avons mentionné. Ils insistent également sur le fait que les cryptomonnaies peuvent être vectrices de stratégies ou de crises géopolitiques, allant du contournement des sanctions par la Russie ou l'Iran à leur utilisation par certains États pour concurrencer l'hégémonie du dollar états-unien comme le Salvador ou encore jusqu'à des crises énergétiques à l'instar du *blackout* électrique centrasiatique de 2022.

Bien que les usages de Bitcoin aient évolué de manières parfois opposées aux objectifs qui semblaient être ceux de Nakamoto, cet article rappelle que le bitcoin et certaines cryptomonnaies créées et utilisées par la suite ont pu permettre de soutenir et d'atteindre des stratégies de contournement des États, parfois par d'autres États.

---

[69] NAKAMOTO, Satoshi, 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Bitcoin.org* [en ligne]. 2008. Disponible à l'adresse : https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

[70] NEACȘU, Marius-Cristian, ANDREI, Maria-Ioana, ZGURĂ, Danie et ȚĂRANU, Denisa, 2022. Cryptocurrencies" Phenomenon and Geopolitical Risks. In : *New Trends in Sustainable Business and Consumption* [en ligne]. Editura ASE. 27 mai 2022. [Consulté le 15 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.conference.ase.ro/wp-content/uploads/2022/06/22100_Final.pdf

Ainsi, dès 2011, les dons en bitcoins ont été acceptés par le site WikiLeaks, déconnectés des principaux services de paiement à la demande des autorités états-uniennes, après avoir fait fuiter des documents confidentiels de l'US Army[71]. Plus récemment, en 2020, des dons en bitcoins ont été massivement envoyés aux meneurs de manifestations d'opposition au Nigeria, dont les comptes bancaires avaient été gelés par les autorités[72]. Les cryptomonnaies sont ainsi parfois utilisées comme alternatives à des réseaux sur lesquels certains gouvernements et banques disposent d'un pouvoir politique conséquent. Elles participent ainsi à redessiner les réseaux de pouvoir traditionnels sur l'argent et, donc, certains rapports de force géopolitiques.

Ce potentiel est désormais exploité également par certains États, à l'image du Salvador qui a fait du bitcoin sa monnaie nationale en septembre 2021 aux côtés du dollar états-unien. Le gouvernement salvadorien souhaitait alors réduire sa dépendance aux États-Unis et à sa banque centrale, la Fed (Federal Reserve), qui émet et régule le dollar états-unien (USD), monnaie unique au Salvador depuis 2001. L'apparition des cryptomonnaies est venue bousculer le concept de souveraineté monétaire, le pouvoir détenu et exercé par une autorité sur la population et l'économie du territoire qu'elle contrôle via la maîtrise exclusive de la monnaie et de ses instruments (émission, valeur…)[73]. À l'inverse, ce potentiel d'émancipation d'un contrôle étatique sur la monnaie et les réseaux financiers a poussé certaines autorités à prendre des mesures drastiques contre ces monnaies numériques, comme la Chine qui a officiellement banni les cryptomonnaies et leur industrie de production, le minage, également en septembre 2021. Ce faisant, les autorités chinoises souhaitent reprendre le contrôle sur les paiements électroniques de leur population et se débarrasser d'une industrie jugée énergivore[74]. Ce dernier point, qui n'est pas sans rappeler l'une des principales études de cas de ce travail et la crise énergétique traversée par le Kazakhstan en 2021 et 2022 à laquelle les autorités locales corrèlent

[71] Dont Mastercard, Visa, PayPal et Western Union. Voir : ADDLEY, Esther et DEANS, Jason, 2011. WikiLeaks suspends publishing to fight financial blockade. *The Guardian* [en ligne]. 24 octobre 2011. [Consulté le 16 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.theguardian.com/media/2011/oct/24/wikileaks-suspends-publishing
GREENBERG, Andy, 2011. WikiLeaks Asks For Anonymous Bitcoin Donations. *Forbes* [en ligne]. 14 juin 2011. [Consulté le 16 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.forbes.com/sites/andygreenberg/2011/06/14/wikileaks-asks-for-anonymous-bitcoin-donations/

[72] AKINWOTU, Emmanuel, 2021. Out of control and rising: why bitcoin has Nigeria's government in a panic. *The Guardian* [en ligne]. 31 juillet 2021. [Consulté le 16 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.theguardian.com/technology/2021/jul/31/out-of-control-and-rising-why-bitcoin-has-nigerias-government-in-a-panic

[73] CARREAU, Dominique. Souveraineté et coopération monétaire internationale, Cujas, Paris, 1970.

[74] En Chine, en 2018, 83 % des paiements ont été réalisés par smartphones (paiements mobiles). Voir Daxue Consulting, 4 juillet 2021, <https://daxueconsulting.com/ payment-methods-in-china/>.
En 2021, la Chine a fait face à une crise de l'électricité, ne pouvant plus produire assez pour répondre à la demande énergétique du pays. Voir Philip Inman, « How bad is China's energy crisis? », The Guardian, 29 septembre 2021, <https://www.theguardian.com/world/2021/sep/29/how-bad-is-chinas-energy-crisis>.

le développement rapide et massif du minage numérique dans le pays, permet de mettre en lumière la diversité des impacts de certains de ces réseaux au sein de l'espace physique. Cette matérialité des cryptomonnaies, si elle peut se traduire par la finalité d'application de ces monnaies numériques et les transformations politiques et sociétales qu'elles entraînent, pour reprendre le concept de matérialité continue des réseaux numériques développé par Knoespel et Zhu en 2008 et étendu aux cryptomonnaies par Serada en 2020, née également du fonctionnement même des infrastructures numériques sur lesquelles elles reposent[75]. Ce n'est plus seulement l'usage ou la référence aux cryptomonnaies qui sont vecteurs d'enjeux géopolitiques, mais également l'impact de leurs composantes physiques et notamment de la puissance de calcul qui permet à certains de ces réseaux de fonctionner. Avec ces quelques évènements aux formes et contextes très variés, les cryptomonnaies apparaissent désormais à la fois comme des outils et aussi des enjeux géopolitiques de plus en plus importants et complexes à appréhender.

Les trois chapitres de cette première partie permettent de présenter la dimension géopolitique des cryptomonnaies et ainsi que les approches et méthodes nécessaires pour les appréhender et analyser leur place dans les enjeux géopolitiques contemporains. S'il existe désormais des milliers de cryptomonnaies, avec chacune des degrés de centralisation ou d'anonymat différents, ce travail se concentre principalement sur Bitcoin, le premier de ces réseaux numériques[76]. L'objectif de cette démarche est de pouvoir analyser plus précisément la place et l'impact de Bitcoin, par l'analyse géographique et géopolitique de sa traduction et de ses effets dans l'espace.

Le premier chapitre est une présentation, d'abord technique, du réseau Bitcoin tel qu'il a été créé en 2009 et de la cryptomonnaie qu'il soutient. Il se concentre ensuite sur la dimension politique du réseau. Nous verrons comment Bitcoin, en tant que projet politique, répond à la fois à des considérations de ses créateurs, qui prennent leurs racines dans des courants de pensée alternatifs d'informaticiens étasuniens de la fin du XXe siècle, et à un contexte spécifique de la

[75] KNOESPEL, Kenneth J. et ZHU, Jichen, 2008. Continuous Materiality: Through a Hierarchy of Computational Codes. *The FIbreculture Journal* [en ligne]. 2008. [Consulté le 4 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://eleven.fibreculturejournal.org/fcj-076-continuous-materiality-through-a-hierarchy-of-computational-codes/
SERADA, Alesha, 2020. The Continuous Materiality of Blockchain. In : *Konferenzband Zum Scientific Track Der Blockchain Autumn School 2020* [en ligne]. Mittweida: Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences. 2020. pp. 71-76. Disponible à l'adresse : https://www.forschung.hs-mittweida.de/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1606201402&hash=63990e96a87b4fa53396afebcabe99e4f26f4f52&file=fileadmin/verzeichnisfreigaben/forschng/dokumente/Scientific_Reports/Scientific_Reports_2020/Tagungsband_Blockchain_2020.pdf

[76] Le site Coinmarketcap.com référence 10 080 cryptomonnaies différentes en circulation au 17 mai 2022.

deuxième partie des années 2000, notamment marquée par la crise des *subprimes*. Ensuite, nous passerons rapidement en revue l'évolution de Bitcoin, de 2009 à 2024, et son impact sur l'essor d'autres cryptomonnaies et projets de monnaies et réseaux numériques. Ce premier chapitre offre alors une synthèse nécessaire sur le fonctionnement, les origines, les objectifs et l'évolution de Bitcoin et de certaines cryptomonnaies, qui permet ensuite d'analyser notre objet d'étude par la méthode géopolitique.

Le deuxième chapitre, quant à lui, introduit les méthodes et approches qui permettent une étude de Bitcoin par la géopolitique. Nous proposons de mobiliser le concept d'infrastructure, emprunté à la sociologie, pour définir le réseau Bitcoin par l'interaction des multiples entités, aussi bien physiques que logiques, qui permettent son fonctionnement. Cette approche nous permet de penser Bitcoin, non plus seulement comme un réseau technique, mais comme un espace réticulaire, formé par la mise en relation de la multitude d'objets, d'informations et d'individus qui le composent, au sein duquel s'observent et s'analysent des concentrations de pouvoir et, *in fine*, des stratégies d'acteurs. En appliquant la démarche géopolitique à l'« espace Bitcoin », nous serons alors en mesure d'analyser ses impacts sur les territoires et leur population.

Le troisième chapitre se concentre sur les enjeux géopolitiques et la matérialité des cryptomonnaies elles-mêmes. Tout d'abord, nous allons étudier comment Bitcoin et certaines autres cryptomonnaies mettent en concurrence les monnaies nationales (ou supranationales, comme l'euro) et les outils garants de la souveraineté monétaire d'un État sur un territoire tout en menaçant, du point de vue de certains pouvoirs publics, leur concept de souveraineté numérique. Ensuite, nous nous intéresserons aux réponses, adaptations et transformations de certains États et organismes, consécutives à la démocratisation de l'usage des cryptomonnaies, de leurs cadres juridiques à certains des projets de Monnaies Numériques de Banques Centrales (MNBC). Nous verrons que cette prise de conscience a été grandement accélérée par l'émergence des cryptomonnaies et les annonces de monnaies numériques développées par de grosses entreprises des nouvelles technologies (Facebook, Telegram) et qu'une part importante de la régulation et la surveillance des cryptomonnaies par les États passent par une collaboration active avec les plateformes d'échanges dans ce qui a pu donner naissance à des relations d'interdépendance. Enfin, nous nous pencherons sur les cryptomonnaies en tant qu'outils géopolitiques et aux limites de leurs mobilisations, parfois par certains États, que ce soit pour contourner certaines limites aux systèmes financiers traditionnels dans certaines périodes de crise, des restrictions étatiques ou encore pour soutenir un discours et une vision géopolitiques.

Chapitre 1. Bitcoin, un projet politique pour redessiner les rapports de force sur la monnaie et dans le cyberspace

L'objectif de ce premier chapitre est de permettre de comprendre comment et pourquoi Bitcoin a été pensé comme un projet politique qui découle d'une vision géopolitique de la monnaie, des réseaux monétaires et financiers internationaux ainsi que du cyberespace. Par cyberespace, bien qu'il n'ait pas de définition consensuelle et que nous revenions sur ce terme dans le chapitre suivant, nous entendons ici l'espace multidimensionnel produit par la mise en réseau, et donc en interaction potentielle, des individus, machines, codes, institutions et tout autre objet et sous-réseau connecté à Internet (ou à un réseau numérique alternatif)[77].

Bitcoin commence à être utilisé pour financer de réelles transactions au début des années 2010, souvent cantonnées à des marchés parallèles, voire illégaux, en ligne. Certaines caractéristiques initiales du réseau, notamment l'anonymisation de l'utilisateur et le supposé impossible interventionnisme des autorités étatiques sur son fonctionnement, correspondaient, par exemple, aux besoins d'administrateurs, vendeurs ou clients de certains marchés illégaux sur le *darknet*. C'est ensuite que la monnaie numérique a été adoptée pour des usages politiques affichés et est devenue une valeur de spéculation financière. La multiplication des projets de monnaies numériques, l'importante valorisation de certaines d'entre-elles, la bulle spéculative autour de sa technologie sous-jacente, la blockchain, et la recherche de valeur refuge en temps de crise sont autant de facteurs supplémentaires qui ont entraîné une importante démocratisation de l'accès aux cryptomonnaies, facilitée par l'apparition de services numériques dédiés et accessibles au grand public. En moins de dix ans, Bitcoin a entraîné l'apparition d'un tout nouvel écosystème financier et technologique.

Ce premier chapitre revient sur les origines de Bitcoin, ses objectifs affichés et ses inspirations politiques, ainsi que son évolution durant la décennie 2010, la multiplication des projets et de l'adoption de cryptomonnaies, ou de technologies qui en découlent, afin de mieux cerner comment des enjeux géopolitiques ont pu influer sur son adoption.

---

[77] DESFORGES, Alix, 2014. Les représentations du cyberespace : un outil géopolitique: *Hérodote* [en ligne]. 1 juin 2014. Vol. n° 152-153, n° 1, pp. 67-81. [Consulté le 21 décembre 2021]. DOI 10.3917/her.152.0067. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2014-1-page-67.htm?ref=doi
CATTARUZZA, Amaël, 2017. *Géopolitique des données. Pour une approche critique de la datafication du monde*. Université de Grenoble-Alpes : Université de Grenoble-Alpes.

1.1 Un réseau numérique pensé comme une alternative aux outils financiers traditionnels

Lorsque Bitcoin est lancé au début du mois de janvier 2009, il a été précédé par la publication d'un « livre blanc », un court document qui présente les contours techniques du projet tout en justifiant son utilité sociétale[78]. Le réseau Bitcoin et les implémentations techniques sous-jacentes seraient une solution alternative au système financier traditionnel, et aux problématiques liées à la forte centralisation des pouvoirs au sein d'une minorité d'acteurs (banques, gouvernements) auxquels les utilisateurs doivent de fait accorder leur confiance. Bitcoin apparaît en pleine crise économique mondialisée, entraînée par le *krach* financier des *subprimes*, événement qui a mis en exergue les risques intrinsèques au système financier international et aux agissements d'une partie des acteurs du secteur, pour l'économie et la population mondiales. L'apparition de la première cryptomonnaie semble alors résonner comme une réponse et une potentielle solution, porteuses d'un héritage technique et intellectuel de mouvements libertaires développés dans le secteur de l'informatique étatsunien depuis les années 1970 qui prônaient la démocratisation d'outils numériques permettant l'émancipation des individus du contrôle et de la surveillance des États. Car Bitcoin semble découler d'une réelle vision géopolitique du cyberespace et est affiché comme une alternative à la prédominance des États et des institutions bancaires dans des échanges financiers de plus en plus numérisés, sur lesquels la centralisation de leur autorité reste très importante.

1.1.1. La promesse d'une décentralisation politique portée par une décentralisation technique

A. Bitcoin P2P e-cash paper

Le 31 octobre 2008, un message intitulé « Bitcoin P2P e-cash paper » et signé Satoshi Nakamoto[79] est posté sur la liste de diffusion spécialisée *cryptography*[80]. Le message est sobrement composé d'une ligne d'introduction, « *I've been working on a new electronic cash*

[78] NAKAMOTO, Satoshi, 2008. *Bitcoin P2P e-cash paper* [en ligne]. 31 octobre 2008. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.metzdowd.com/pipermail/cryptography/2008-October/014810.html

[79] « Satoshi Nakamoto » est un pseudonyme. L'identité réelle de la ou des personnes derrières ce nom de façade est toujours inconnue en 2025. Ce travail prend le parti de citer Satoshi Nakamoto au singulier masculin, ce nom faisant référence à un nom masculin japonais.

[80] NAKAMOTO, Satoshi, 2008. o*p. cit.*

system that's fully peer-to-peer, with no trusted third party »[81], d'un hyperlien renvoyant vers la « version complète de l'article », des cinq « principales propriétés » du projet et, enfin, du titre et du résumé du papier. Ces cinq propriétés sont : (1) « *la double dépense est évitée grâce à un réseau pair à pair* », (2) « *il n'y a pas d'émetteur ou d'autres parties de confiance* », (3) « *les participants peuvent être anonymes* », (4) « *les nouvelles pièces sont créées à partir d'une preuve de travail de type Hashcash* » et (5) « *la preuve de travail pour la génération de nouvelles unités alimente également le réseau afin d'éviter la double dépense* ». L'article est accessible sur le site bitcoin.org et composé comme une publication universitaire (titre, résumé, introduction, développement hiérarchisé, conclusion ou encore référencement bibliographique) de seulement huit pages[82]. Ce document PDF intitulé *Bitcoin: À Peer-to-Peer Electronic Cash System*[83] propose alors un réseau financier numérique alternatif et sa monnaie native : le bitcoin. En sus, cet article est le « livre blanc » du projet Bitcoin, un document qui en présente synthétiquement les contours techniques et l'utilité affichée.

Nakamoto introduit son propos en affirmant que le « commerce sur Internet repose quasi exclusivement sur des institutions qui servent d'acteurs tiers pour procéder aux paiements électroniques, un système qui « *souffre des faiblesses inhérentes à un modèle basé sur la confiance* »[84]. Selon Nakamoto, le fait que les transactions de paiement électronique passent par des acteurs tiers, des plateformes de services financiers spécialisées ou encore des banques, dans lesquels l'usager doit remettre sa confiance, participe à un accroissement des coûts de transaction qui se répercute à la fois sur le vendeur et l'acheteur. Pour l'auteur, il est « nécessaire » que le paiement électronique ne soit plus basé sur une confiance que les deux parties d'une transaction mettent dans des services tiers associés à l'opération, mais sur une preuve cryptographique.

Ce que propose Nakamoto, c'est avant tout un réseau financier numérique où le stockage et la validation des informations de transactions ne sont plus centralisés par un acteur tiers (banques, banques centrales, gouvernements), mais désormais partagés entre un algorithme et les membres du réseau. Ainsi, Bitcoin offrirait « *la possibilité d'exécuter des transactions via la communication directe entre les usagers du réseau, sans besoin de se reposer sur acteur tiers de confiance qui légitime la valeur de la monnaie utilisée, comme cela est le cas avec les*

[81] « J'ai travaillé sur un nouveau système d'argent électronique qui est complètement pair-à-pair, sans tiers de confiance ».
[82] Nom de domaine enregistré quelques mois plus tôt, le 18 août 2008 selon le registre de l'ICANN[82], organisme chargé de l'attribution des noms de domaines des sites Internet.
[83] https://bitcoin.org/bitcoin.pdf
[84] NAKAMOTO, Satoshi, 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Bitcoin.org* [en ligne]. 2008. Disponible à l'adresse : https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

monnaies traditionnelles »[85]. L'idée générale est de créer un réseau financier décentralisé, de « pair-à-pair » (*peer-to-peer* en anglais et souvent abrégé *P2P*), où les utilisateurs sont théoriquement émancipés de tout organe de contrôle qui surveille et valide les transactions. Dans sa thèse en sociologie, Francesca Musiani définit le P2P comme « *un modèle de réseau informatique structuré de manière décentralisée, afin que les communications ou les échanges qui y ont lieu se fassent entre nœuds dotés d'une responsabilité égale dans le système [et où] les participants au réseau mettent à disposition une partie de leurs équipements et ressources informatiques ; accessibles de manière directe par les pairs, ces ressources partagées sont nécessaires au bon fonctionnement du service offert par le réseau* »[86]. Pour reprendre le titre de la thèse de Musiani, *Nains sans géants*, l'idée générale de Bitcoin est de proposer un réseau financier où les « géants » de la finance traditionnelle sont remplacés par les membres du réseau eux-mêmes, où le concept de décentralisation se retrouve à la fois dans le modèle de gouvernance de Bitcoin et dans son architecture technique.

B. Une décentralisation technique portée par la « blockchain »

Tout d'abord, Bitcoin est basé sur une technologie de registre numérique, baptisée « blockchain » peu après sa mise en service[87]. C'est un empilement de technologies préexistantes qui prend forme pour la première fois avec Bitcoin, et propose une technologie de registre numérique distribué, sécurisé par cryptographie et ouvert en lecture et en écriture, dont les applications postérieures dépasseront le cadre des cryptomonnaies. Ce registre est lui-même physiquement décentralisé puisque chaque membre du réseau peut en héberger une copie (complète ou partielle), chacune mise à jour de manière synchronisée au grès des nouvelles transactions et demandes de transactions. Au sein de ce registre, sont inscrites chacune des transactions réalisées en bitcoin : elles sont enregistrées au sein de blocs d'informations qui peuvent chacun héberger qu'une quantité limitée d'informations, et donc de transactions. Par allégorie, nous pouvons nous représenter chaque bloc comme une page d'un grand livre comptable dont Bitcoin en serait la version numérique. Chaque bloc est lié au précédent par des procédés cryptographiques et est composé des mêmes éléments : un numéro associé à son ordre

[85] MALLARD, Alexandre, MÉADEL, Cécile et MUSIANI, Francesca, 2014. The Paradoxes of Distributed Trust: Peer-to-Peer Architecture and User Confidence in Bitcoin. *Journal of Peer Production*. 2014. pp. 11.
[86] MUSIANI, Francesca, 2012. *Nains sans géants: Architecture décentralisée et services Internet* [en ligne]. Presses des Mines. [Consulté le 18 janvier 2024]. ISBN 978-2-35671-146-5. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/pressesmines/1853
[87] Le terme blockchain n'est pas du fait de Nakamoto, mais est apparu sur un forum dédié à Bitcoin quelques semaines après son lancement.

d'émission, un « nonce » qui est une suite de chiffres associée aléatoirement à chaque bloc, les informations de transactions, le hash du bloc précédent, et son propre hash généré à partir de toutes les informations qu'il contient.

Encadré 3

LE HACHAGE

Un *hash* est une chaîne de caractères alphanumériques de longueur fixe, une signature numérique unique d'une donnée (texte, photo, …), déterminée par un algorithme de hachage. À chaque entrée d'une donnée correspondra qu'une seule sortie « hachée » : une signature numérique unique de la donnée. Dans le cas de *Bitcoin*, le protocole de *hash* utilisé est appelé SHA-256 et fait partie de la famille de protocoles de hachage SHA-2.

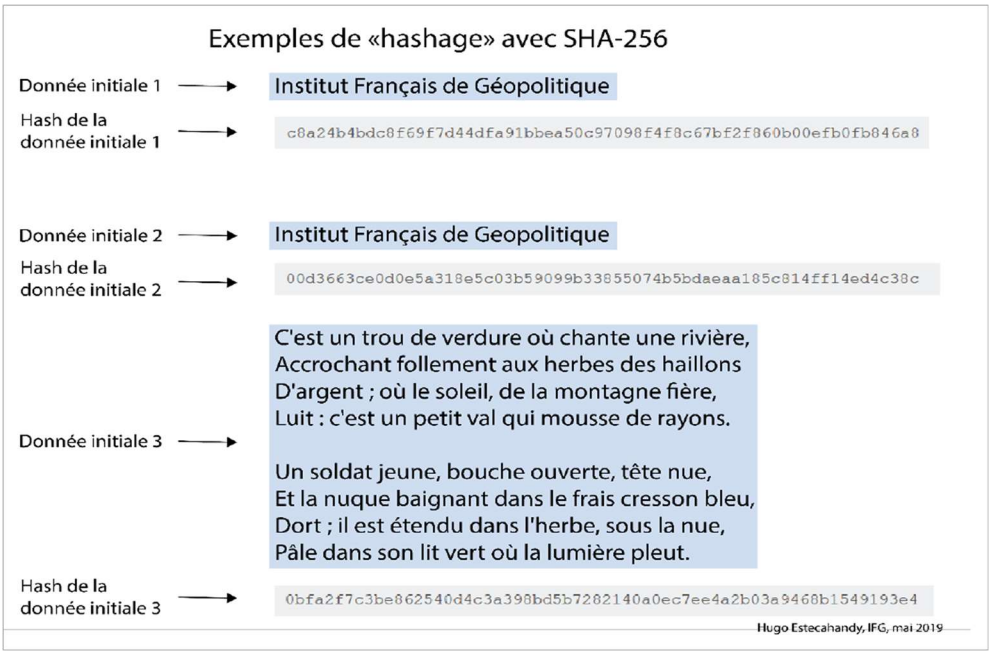


Schéma 1

Si un seul élément est modifié dans un bloc, son *hash* va alors immédiatement changer. Si c'est le cas, le hash des blocs suivants le sera également, puisqu'ils contiennent également les *hash* du bloc qui le précède. La moindre modification d'information dans la blockchain est alors directement repérable et ce procédé certifie l'intégrité des données du registre.

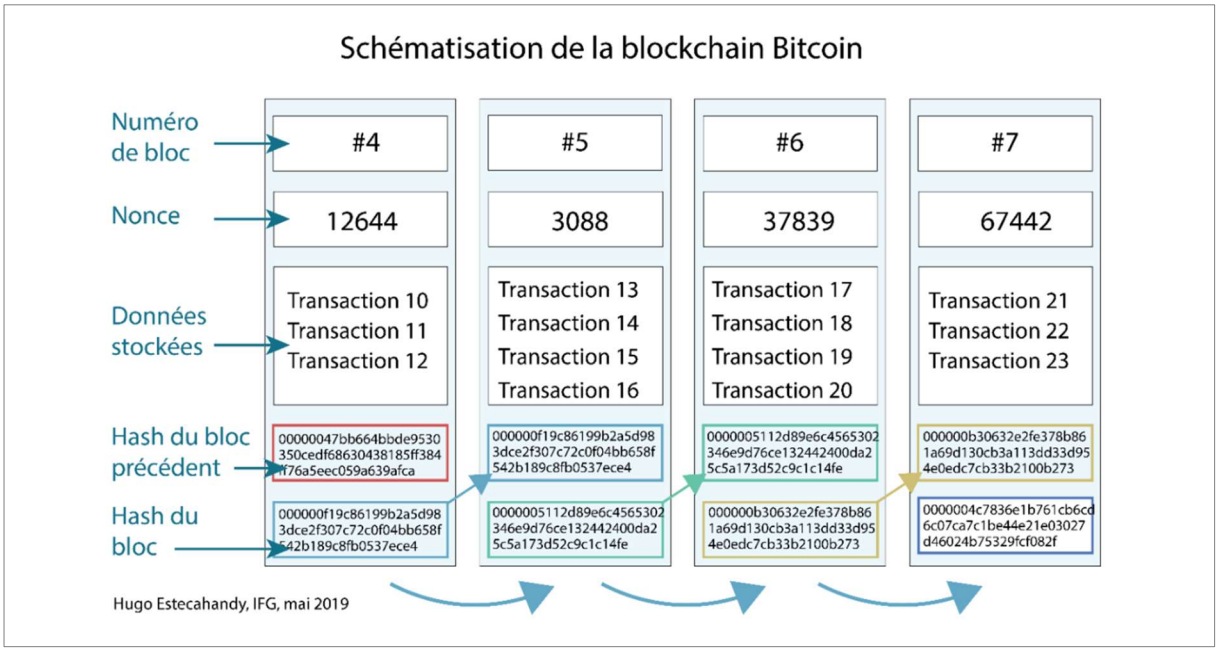


Schéma 2

Les transactions en bitcoins nouvellement réalisées sont ajoutées à un nouveau bloc qui doit être vérifié et validé avant de rejoindre la chaîne. C'est lors de ce processus que la distribution de l'autorité entre les membres, théoriquement, se concrétise. Chaque nœud du réseau peut participer à la validation des nouvelles transactions et entamer le processus de vérification. Il consiste à recalculer l'entièreté de la blockchain, pour s'assurer de son intégrité, et vérifier que les nouvelles transactions ne contiennent pas de double dépense, c'est-à-dire que le propriétaire d'un bitcoin ne le dépense pas deux fois. Dans la deuxième partie de ce processus, les vérificateurs doivent réaliser un autre type de calcul informatique : trouver un « nonce » valide du nouveau bloc, un nombre qui, une fois associé au nouveau bloc, lui confère un hash débutant par un nombre de « 0 » attendu par le protocole. Les vérificateurs proposent plusieurs suites de chiffres jusqu'à ce que l'un d'entre eux trouve la « solution » au « problème » et voit sa vérification validée par le réseau, avant d'être automatiquement récompensé en bitcoins[88] .

C'est via ce processus de rémunération de la preuve de travail que les nouveaux bitcoins sont émis dans le réseau. Ainsi, dans le fonctionnement théorique de Bitcoin, il n'y a pas d'acteur ou d'organisme central qui est chargé de valider les transactions, et ainsi de centraliser une partie importante du pouvoir politique sur le réseau. Ce pouvoir est distribué entre ses

[88] Dans la presse et même dans la littérature spécialisée, le terme de « problème cryptographique » est souvent employé pour désigner cette étape du processus de validation. Trouver un nonce se rapproche plus d'une technique de « force brute », un terme qui en informatique revient à tester, une à une, toutes les combinaisons possibles d'un mot de passe avant de trouver le bon.

membres qui participent à son fonctionnement et à l'émission de la monnaie qu'il soutient. C'est ce procédé qui est appelé « minage » et qui est au centre de ce travail.

Cette distribution du pouvoir est le fait du protocole Bitcoin, tel que Nakamoto l'a développé. L'une des caractéristiques majeures de Bitcoin est son importante automatisation. La mise à niveau de la rémunération des vérificateurs, des « mineurs », et de la difficulté du minage, deux éléments étudiés plus en détail dans le chapitre 2, sont deux éléments préprogrammés et automatisés. La rémunération des mineurs est divisée par deux tous les quatre ans et il y a un nombre fini de bitcoins prévu depuis la création de Bitcoin : 21 000 000. C'est ainsi qu'est théoriquement garanti la valeur des bitcoins, de par leur rareté programmée : ne pourront en être émises, « minées », plus de 21 millions d'unités.

D'autres grands principes sont adossés à Bitcoin, dont celui de transparence, qui se traduit par la libre consultation des données stockées au sein de ce registre. Chacune des transactions est visible par n'importe quel internaute, et aujourd'hui des « explorateurs de blockchain » permettent de les consulter[89]. Ce qui amène l'autre point fort de la proposition originale de Bitcoin : l'anonymat de ses utilisateurs. Car les utilisateurs, ou nœuds, du réseau apparaissent dans les transactions via des identifiants spécifiques. Une information de transaction est composée d'un identifiant unique de la transaction, de son montant en bitcoin, du numéro du bloc et de l'horodatage de sa validation, ainsi que d'un identifiant de l'expéditeur et du destinataire.

Ce n'est donc pas leur identité réelle qui figure sur le registre, mais une suite de caractères alphanumériques. Bitcoin utilise la cryptographie asymétrique, c'est-à-dire que chaque utilisateur a recours à deux clés de chiffrement, l'une « publique », qui peut être connue de tous et qui peut être visible sur le registre, et une autre dite « privée », que seul l'utilisateur doit connaître. Le chiffrement de l'information qu'un utilisateur A va envoyer à un utilisateur B sera fait grâce à la clé publique et le déchiffrement grâce à la clé privée. De ce fait, si un utilisateur C intercepte l'échange de données, il ne pourra en rien déchiffrer le contenu sans être en connaissance de la clé privée de l'utilisateur B. Ainsi, expéditeurs et destinataires de transactions en Bitcoin apparaissent via leur clé publique et, théoriquement, un tiers ne pourrait interférer dans la transaction sans connaissance d'une des clés privées[90].

[89] Un exemple d'explorateur de blockchain : https://www.blockchain.com/explorer

[90] Cet "anonymat" des transactions était déjà fragilisé dès 2013, alors que des chercheurs, qui commençaient à développer des méthodes de plus en plus précises de traçage de transactions et de croisement de données et de modèles comportementaux, arrivaient à identifier certains sites et plateformes derrières des adresses de bitcoins. Voir : MEIKLEJOHN, Sarah, POMAROLE, Marjori, JORDAN, Grant, LEVCHENKO, Kirill, MCCOY,

C. Une décentralisation politique : la gouvernance théorique de Bitcoin basée sur le consensus

Cette décentralisation, aussi bien physique que politique, se retrouve dans l'architecture de Bitcoin telle que nous l'avons mentionnée au début de cette partie. Parmi les principales caractéristiques de Bitcoin citées dans le premier chapitre, l'innovation de la « preuve de travail » permettrait de soutenir, selon De Filippi et Loveluck (2016), un « protocole de consensus »[91]. C'est-à-dire que le protocole Bitcoin *« utilise la cryptographie et des incitations économiques* [la récompense du minage] *pour encourager les membres à opérer et à sécuriser simultanément le réseau* »[92]. Selon les chercheurs, le protocole Bitcoin représente « *une solution élégante, mais purement technique, à la question de la confiance sociale, qui est normalement résolue en s'appuyant sur des autorités de confiance et des intermédiaires centralisés* ».

En d'autres termes, avec les réseaux financiers traditionnels, leurs utilisateurs doivent remettre leur confiance dans les institutions qui contrôlent ces réseaux (banques, gouvernements). Bitcoin, qui a été créé pour justement éviter ces institutions, permettrait alors, par son architecture et l'organisation sociale qui en découle, de placer cette confiance des utilisateurs dans la technologie. En déléguant cette confiance des utilisateurs au réseau et à son modèle de fonctionnement, Bitcoin permet que *« des individus qui ne se connaissent pas (et ne se font donc pas nécessairement confiance) peuvent désormais effectuer des transactions d'égal à égal, sans avoir besoin d'aucune entité régulatrice intermédiaire* »[93].

Damon, VOELKER, Geoffrey M. et SAVAGE, Stefan, 2013. A fistful of bitcoins: characterizing payments among men with no names. In : *Proceedings of the 2013 conference on Internet measurement conference* [en ligne]. Barcelona Spain : ACM. 23 octobre 2013. pp. 127-140. [Consulté le 22 janvier 2024]. ISBN 978-1-4503-1953-9. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/2504730.2504747

[91] DE FILIPPI, Primavera et LOVELUCK, Benjamin, 2016. The invisible politics of Bitcoin: governance crisis of a decentralised infrastructure. *Internet Policy Review* [en ligne]. 30 septembre 2016. Vol. 5, n° 3. [Consulté le 17 décembre 2021]. DOI 10.14763/2016.3.427. Disponible à l'adresse : https://policyreview.info/node/427

[92] *Ibid*.

[93] *Ibid.*

Encadré 4

BLOCKCHAIN ET TECHNOLOGIES DE REGISTRE DISTRIBUE

Ainsi, Bitcoin est une *blockchain* dite « **ouverte** » - ou « distribuée » -, c'est-à-dire que l'accès au réseau est complètement ouvert à qui veut le rejoindre, l'autorité est partagée entre les différents nœuds du réseau, et la régulation se fait sur la base de la confiance mutuelle dans la technologie. Avec les différentes récupérations et adaptations de la technologie blockchain, deux autres modèles sont apparus pour répondre à des besoins spécifiques. La première de ces variantes est la *blockchain* « **de consortium** », ou « décentralisée », et voit l'autorité du réseau partagée entre plusieurs nœuds, mais pas tous, s'accordant sur la régulation du réseau. Typiquement, ce modèle peut s'appliquer à un registre partagé entre plusieurs services d'une même entreprise ou entre plusieurs banques ; la validation d'un bloc peut être soumise au vote d'une majorité des nœuds. Ensuite, nous retrouvons la *blockchain* « **privée** » - ou « centralisée » - dans laquelle un seul nœud décide de la validation d'un bloc et des règles qui régissent le réseau. Dans les deux derniers cas, l'appellation « *blockchain* » est contestée par certaines pour qui la distribution totale du pouvoir sur le réseau n'est pas effective, et lui préfèrent le terme de plutôt *DLT* (pour *Distributed Ledger Technologies*), des technologies de registres qui sont eux distribués, sans que ce soit le cas pour l'autorité.

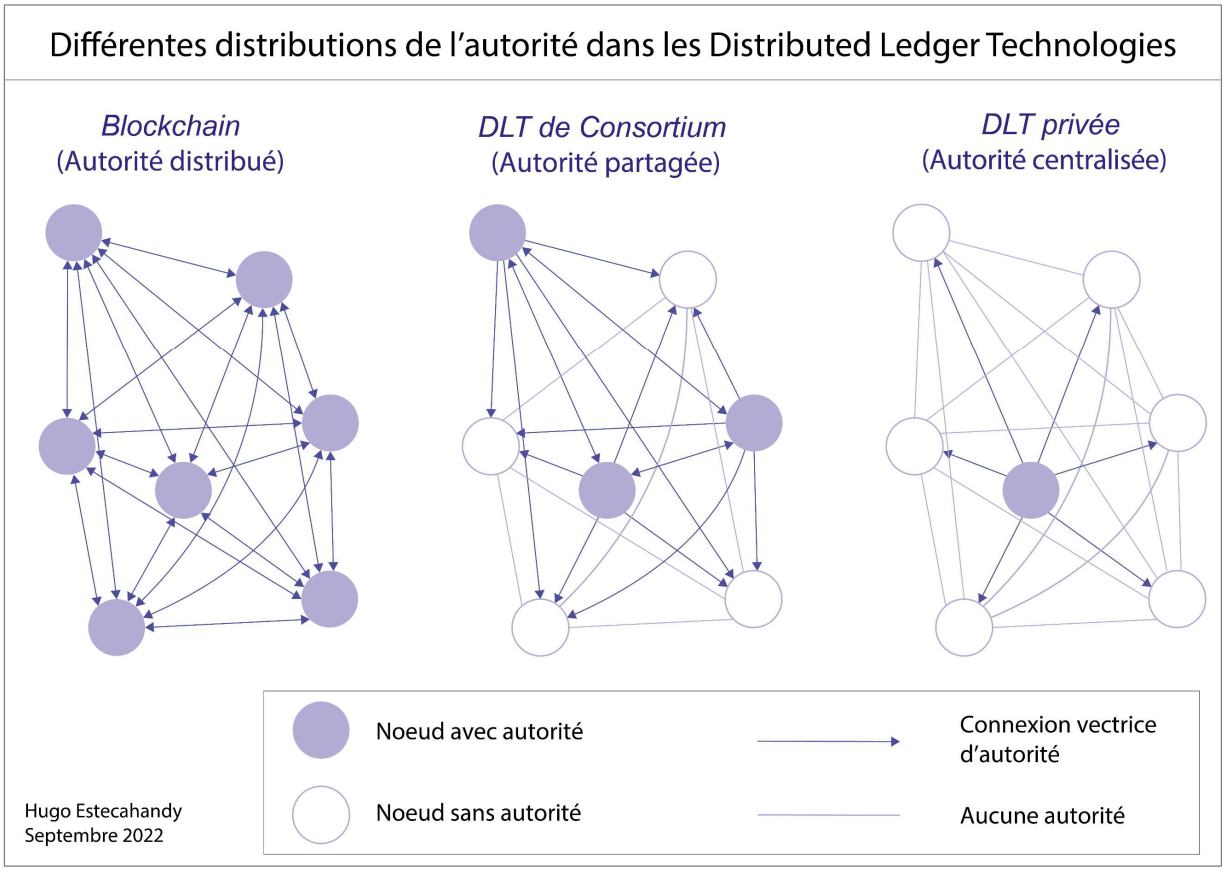


Schéma 3 Différentes distributions de l'autorité dans les Distributed Ledger Technologies

Cette distribution de l'autorité par la preuve de travail, en diversifiant les validateurs des nouvelles transactions, permet également la résilience du réseau, en empêchant un seul acteur de valider des transactions. Afin de corrompre le système, et par exemple créer et valider des transactions illégitimes, il serait nécessaire pour un acteur de disposer d'une puissance de calcul supérieure à celle de tous les autres validateurs, mineurs, réunis. Un tel acte ferait perdre aux membres du réseau toute confiance dans Bitcoin ainsi que toute crédibilité, et donc valeur, à sa cryptomonnaie native, le bitcoin. Cette résilience est également augmentée, comme nous l'avons vu, par une décentralisation géographique et la multiplication des copies du registre disséminées à travers la planète. Il faudrait, pour détruire le réseau, localiser et attaquer la totalité des copies de la blockchain Bitcoin, chose complexe et désormais impossible.

Ainsi, le modèle de gouvernance théorique de Bitcoin est originellement basé sur le consensus, caractérisé par une forte décentralisation de l'autorité et une distribution de la confiance entre tous les membres du réseau[94]. Il permet d'échanger de la valeur monétaire sur un réseau sécurisé qui semble **aterritorial**, c'est-à-dire qu'il ne semble pas lié à un territoire particulier, dans le sens où ses créateurs, et donc leurs origines et leur nationalité, sont inconnus, et où il n'est pas « localisé » dans un pays précis, mais à travers les ordinateurs de tous les membres. Et bien qu'il a été conçu comme un réseau **déterritorialisé**, puisque l'objectif affiché est d'échapper aux logiques territoriales (lois, normes, autorités étatiques et financières), il reste cependant forcément **territorialisé** d'une certaine manière, de par les individus, les composants matériels et les ressources consommées qui permettent son fonctionnement, eux-mêmes situés dans des territoires spécifiques, bien que l'ensemble de leur localisation à travers le monde reste impossible à connaître.

Bitcoin peut alors être, à ce stade, perçu comme un réseau numérique transnational qui permettrait à ses utilisateurs de partager des informations de manière égalitaire. Cette perception n'est pas sans rappeler celle du « village global », une certaine vision utopiste de la mise en réseau de la population mondiale par Internet, popularisée dans les années 1990, qui permettrait à tout un chacun de communiquer librement[95].

Bitcoin semble alors proposer cette vision libertaire d'une mise en réseau des individus, non pas seulement pour l'échange libre, instantané et transnational d'idées, comme l'imaginait le

[94] MALLARD, Alexandre, MÉADEL, Cécile et MUSIANI, Francesca, 2014. The Paradoxes of Distributed Trust: Peer-to-Peer Architecture and User Confidence in Bitcoin. *Journal of Peer Production*. 2014. pp. 11. DE FILIPPI, Primavera et LOVELUCK, Benjamin, 2016. *Op. cit*.

[95] DESFORGES, Alix, 2018. *Approche géopolitique du cyberespace, enjeux pour la défense et la sécurité nationale, l'exemple de la France*. Université Paris 8.

théoricien des communications Marshall McLuhan en 1964 lorsqu'il énonçait son utopique « village global », mais au contexte monétaire dans une perspective, comme nous allons le voir, plus radicale[96]. Le 3 janvier 2009, le premier bloc, le bloc « 0 » ou « genesis block », est miné par Satoshi Nakamoto, alors seul nœud du réseau, et Bitcoin devient fonctionnel. Il contient également un message qui entérine la dimension politique de Bitcoin.

1.1.2. Bitcoin comme projet politique, héritage de contre-cultures du XXe siècle

A. L'alternative à la finance traditionnelle et à un cyberespace surveillé

Dans le *genesis block*, apparaît le message suivant : « *The Times 03/Jan/2009 Chancellor on brink of second bailout for banks* »[97]. C'est la référence d'un article du journal britannique *The Times* daté du jour de l'émission du premier bloc de Bitcoin, le 3 janvier 2009[98]. L'article en question mentionne le plan de sauvetage des banques impactées par la crise financière, annoncé par le Chancelier de l'Échiquier, équivalent britannique du ministre des Finances, Alistair Darling. Par ce simple message, Nakamoto impose le caractère et l'objectif politiques du réseau qu'il vient de mettre en fonctionnement, et les grave dans la première pierre sur laquelle reposeront toutes les transactions en bitcoins.

Loin de se limiter aux problèmes de latences et de coûts des paiements électroniques, comme annoncé dans le *white paper*, l'objectif affiché de Bitcoin est désormais d'offrir une alternative à un système financier qui vient de s'écrouler, que les États, entraînés dans la chute, peinent à remettre sur pied. Ainsi, Bitcoin s'inscrit dans une chronologie particulière. En plus des idées, à la fois politiques et techniques sous-jacentes au projet, qui font écho à plusieurs décennies de projets et de militantismes dans des cercles de contre-culture du secteur de l'informatique étasunienne, son apparition en début de l'année 2009 a une résonance particulière avec les crises institutionnelles traversées durant la décennie qui touche à sa fin.

---

[96] *Ibid*.

[97] Les informations du « bloc 0 » sont consultables depuis les explorateurs de blockchain, dont *Bitcoin Explorer* : https://bitcoinexplorer.org/block-height/0

[98] ELLIOTT, Francis et DUNCAN, Gary, 2009. Chancellor Alistair Darling on brink of second bailout for banks. *The Times* [en ligne]. 3 janvier 2009. [Consulté le 19 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.thetimes.co.uk/article/chancellor-alistair-darling-on-brink-of-second-bailout-for-banks-n9l382mn62h

En 2009, le système financier mondial, qui souffre de problèmes inhérents à sa forte centralisation entre certains acteurs selon Nakamoto, subit encore les contrecoups de la crise financière globale des *subprimes*. Ce *krach* financier, débuté aux États-Unis avant de s'étendre au reste du monde, est aussi connu sous le nom de « Grande récession américaine » (2007 – 2009) en référence à la Grande dépression de 1929[99]. Les fondements de cette crise sont très fortement liés aux abus de spéculations immobilières et aux encouragements à l'endettement de ménages états-uniens peu aisés[100]. Majoritairement poussée par les stratégies capitalistes de banques commerciales états-uniennes, cette situation s'est étendue à de nombreux autres acteurs de la finance à travers le monde, principalement des banques d'investissement, sans qu'elle ait été anticipée[101]. Les raisons, mécanismes et effets de cette crise sont plus complexes que la synthèse présentée ici, mais elle permet de mettre en évidence la fragilité du système financier mondial, exacerbée par les stratégies capitalistes prédatrices de certains de ses acteurs.

Le message contenu dans le premier bloc de Bitcoin est clair : ce réseau est une alternative proposée à un système fragile et corrompu, maintenu par les banques et les États. Mais cette crise ne reflète qu'une partie des mécanismes et limites auxquels Bitcoin est présenté comme une alternative, l'autre objectif étant d'également émanciper ses utilisateurs de la surveillance étatique sur la monnaie et les réseaux financiers.

[99] FRAYSSÉ, Olivier, 2015. La « grande récession américaine » de 2007, les retraites et le « rêve américain ». *IdeAs. Idées d'Amériques* [en ligne]. 22 mai 2015. N° 5. [Consulté le 24 juillet 2023]. DOI 10.4000/ideas.947. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/ideas/947

[100] GERTLER, Mark et GILCHRIST, Simon, 2018. What Happened: Financial Factors in the Great Recession. *Journal of Economic Perspectives* [en ligne]. 1 août 2018. Vol. 32, n° 3, pp. 3-30. [Consulté le 24 juillet 2023]. DOI 10.1257/jep.32.3.3. Disponible à l'adresse : https://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/jep.32.3.3

[101] SANDERS, Anthony, 2008. The subprime crisis and its role in the financial crisis. *Journal of Housing Economics* [en ligne]. décembre 2008. Vol. 17, n° 4, pp. 254-261. [Consulté le 24 juillet 2023]. DOI 10.1016/j.jhe.2008.10.001. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051137708000363

Encadré 5

UNE CRISE FINANCIERE QUI NOURRIT LES REPRESENTATIONS D'UN SYSTEME FINANCIER INTERNATIONAL CENTRALISE ET FRAGILE

Au début des années 2000, la banque centrale états-unienne, la « Fed », baisse ses taux directeurs et entraîne une baisse des taux de prêt proposés par les banques commerciales états-uniennes, notamment des prêts immobiliers, qu'elles proposent désormais à des ménages financièrement fragiles. Ces prêts risqués, et leurs emprunteurs, sont qualifiés de « *subprime* » par les banques, qui les différencient ainsi des « *primes* » au faible risque d'insolvabilité. Pour les banques, le bénéfice semble garanti : si les débiteurs sont en défaut de paiement, elles peuvent vendre leur maison hypothéquée afin de couvrir les coûts du prêt immobilier et réaliser une plus-value sur un marché de l'immobilier étatsunien à la valeur prophétiquement exponentielle. Le procédé est tellement lucratif que la demande devient trop importante pour pouvoir être financée directement par les banques commerciales, qui revendent des *subprimes* à des banques d'investissement de Wall Street. Certaines de ces dernières vont ensuite transformer des *subprimes* en titres financiers (processus de « titrisation ») et les vendre à leur tour sur des marchés internationaux spécialisés, généralement à d'autres banques qui utilisent l'épargne de leurs clients pour les acheter.

Lorsque les prix de l'immobilier étatsunien ont commencé à chuter en 2006, alors que les *subprimes* représentaient 21% des prêts accordés aux États-Unis, les banques ont massivement essayé de vendre les maisons hypothéquées, en expulsant les résidents en défaut de paiement (15% des *subprimes* en 2007), augmentant l'offre immobilière et précipitant la chute de la valeur du marché : les prix des maisons sont devenus inférieurs à la valeur des prêts. De nombreux établissements bancaires états-uniens ne pouvaient plus se financer à partir de 2007, certains font faillite, et la crise s'est propagée dans le reste du monde via les prêts transformés en titres financiers. Les effets de cette crise ont été importants, des plans de sauvetages ont dû être mis en place par plusieurs gouvernements pour redresser leur secteur bancaire, qui avait mondialement enregistré une perte de 500 milliards de dollars entre mi-2007 et mi-2008.

Si le lancement de Bitcoin est concomitant avec la crise financière de 2008 et que le bloc originel en fait directement mention, Favier et Bataille stipulent qu'« *[une] présentation historique de Bitcoin ne doit pas non plus ignorer le choc consécutif au Patriot Act d'octobre 2001* » [102]. Les attentats du 11 septembre 2011 et la guerre contre le terrorisme menée par les États-Unis ont parallèlement entraîné un accroissement de la surveillance électronique,

[102] FAVIER, Jacques et TAKKAL BATAILLE, Adli, 2023. *Bitcoin. La monnaie acéphale*. CNRS Editions. ISBN 978-2-271-11555-3.

numérique et financière d'agences de sécurité états-uniennes (NSA, CIA, FBI) au-delà de leurs frontières. L'importance des moyens déployés par les États-Unis a été ensuite révélée par Edward Snowden, un sous-traitant de la NSA qui a dérobé environ 1,7 million de documents confidentiels avant d'en partager une partie avec des médias de nombreux pays à partir de l'été 2013[103].

En 2006, le *New York Times* révèle l'espionnage des données de transactions SWIFT[104] de citoyens européens depuis 2001 par la CIA et le Département du Trésor des États-Unis[105]. SWIFT est basée en Belgique et est le principal réseau interbancaire dans le monde, pour les transferts d'argent de compte à compte ou les changements de devises : plus de 11 500 institutions bancaires l'utilisaient en 2023[106]. L'organisme, censé être neutre et dont la gouvernance est partagée entre ses membres, des banques majoritairement étasuniennes, a illégalement transféré des « *dizaines de millions de données confidentielles de ses clients […] malgré la violation flagrante des droits, européens et belges, de protection des données personnelles* »[107]. Suite à cela, l'Union européenne a fait voter des accords autorisant le gouvernement états-unien à accéder à certaines données des transactions SWIFT effectuées entre entités européennes, sous certaines conditions à partir de 2010. Pour le sociologue Jean-Claude Paye, ressortent de ces accords l'« *hégémonie [états-unienne], la reconnaissance par les populations européennes d'une souveraineté directe des autorités étasuniennes, ainsi que la primauté du droit étasunien sur le sol [européen]* »[108].

La crise des *subprimes* et la surveillance généralisée des activités numériques mondiales par les États-Unis, et notamment les transactions financières, ont créé un terreau fertile à un projet comme Bitcoin, et nourriront par la suite les discours de nombreux de ses promoteurs. En fait,

---

[103] VERBLE, Joseph, 2014. The NSA and Edward Snowden: surveillance in the 21st century. *ACM SIGCAS Computers and Society* [en ligne]. 23 octobre 2014. Vol. 44, n° 3, pp. 14-20. [Consulté le 26 juillet 2023]. DOI 10.1145/2684097.2684101. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/2684097.2684101
PÉTINIAUD, Louis, 2014. Cartographie de l'affaire Snowden: *Hérodote* [en ligne]. 1 juin 2014. Vol. n° 152-153, n° 1, pp. 35-42. [Consulté le 23 janvier 2024]. DOI 10.3917/her.152.0035. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2014-1-page-35.htm?ref=doi
DESFORGES, Alix, 2018. *Approche géopolitique du cyberespace, enjeux pour la défense et la sécurité nationale, l'exemple de la France*. Université Paris 8.
[104] Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunication
[105] LICHTBLAU, Eric et RISEN, James, 2006. Bank Data Is Sifted by U.S. in Secret to Block Terror. *The New York Times* [en ligne]. 23 juin 2006. [Consulté le 23 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.nytimes.com/2006/06/23/washington/23intel.html
[106] "About us", portail Internet de SWIFT : https://www.swift.com/about-us/swift-traffic-highlights
[107] PAYE, Jean-Claude, 2011. Affaire Swift : de la domination à l'hégémonie. *Pyramides. Revue du Centre d'études et de recherches en administration publique* [en ligne]. 2011. Vol. 21, pp. 213-228. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/pyramides/801
[108] *Ibid.*

cette deuxième partie de la décennie 2000 est marquée par des événements qui correspondent à une vision pessimiste du développement d'Internet que certains imaginent dès les années 1970, celle d'un cyberespace centralisé par quelques acteurs de pouvoir, où les droits des internautes sont affaiblis et leurs données épiées, voire commercialisées. C'est également à cette vision dystopique de l'évolution du cyberespace que Bitcoin est posé en alternative par Nakamoto. Dans sa thèse, Alix Desforges revient sur la construction des deux principales représentations du cyberespace dans les années 1980 et 1990 : l'une utopique, grandement influencé par le mouvement hippie qui tend vers une pacification du monde et des sociétés par l'interconnexion des êtres humains grâce à des réseaux numériques sans pouvoir politique ; l'autre dystopique, qui trouve ses racines dans le roman *1984* de Georges Orwell et son concept de « Big Brother », et qui prédit une société humaine ultra connectée asservie et massivement surveillée par une administration qui centralise et contrôle ce réseau[109]. Cette représentation d'un futur numérisé qui nuirait aux libertés individuelles a également donné lieu, depuis la deuxième moitié du XXe siècle, à des inventions techniques et des courants de pensée qui ont profondément influencé la création de Bitcoin.

B. Des hippies aux cypherpunks, l'important héritage de la contre-culture étatsunienne des secteurs de l'informatique

La représentation d'un cyberespace et d'un secteur financier soumis à des libertés individuelles restreintes, à des pouvoirs centralisés par quelques acteurs politico-économiques puissants et à une surveillance massive existait plusieurs décennies avant l'apparition de Bitcoin. Dès les années 1980, le genre « cyberpunk », initié par le roman *Le Neuromancien*, diffuse cette vision, déjà envisagée par certains chercheurs en informatique dans les années 1970[110]. L'idée de Bitcoin, un réseau décentralisé en pair-à-pair, ainsi que les technologies qu'il mobilise, s'inscrivent dans une continuité conceptuelle amorcée dans les milieux universitaires et cryptographiques dès cette période. Ces représentations et les idées qui influenceront les créateurs et premiers utilisateurs de Bitcoin sont intimement liées à l'histoire d'Internet et du

[109] DESFORGES, Alix, 2018. *Op. cit.*
ORWELL, George, 1949. *1984*. Secker&Warburg.
[110] GIBSON, William, 1984. *Neuromancer* [en ligne]. Ace. [Consulté le 19 janvier 2024]. ISBN 978-0-441-56959-5. Disponible à l'adresse : http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=801ad2955035d654ca6940ecd48c83d0

numérique, et sont issues d'une co-construction entre innovations technologiques, politisation de leurs concepteurs et transformations sociétales étasuniennes depuis les années 1970[111].

L'essor d'Internet et du chiffrement informatique

L'idée de réseau décentralisé émerge dès les années 1960 avec l'ARPANet, développé par l'ARPA (Advanced Research Projects Agency), agence du Département de la Défense des États-Unis fondée en 1958 à la suite du lancement de Spoutnik-1 par l'URSS[112]. En 1962, Joseph Carl Robnett Licklider, alors responsable d'un programme sur le traitement de l'information, conceptualise l'interconnexion humain-machine[113]. En 1960, il écrit espérer que « dans quelques années, les cerveaux humains et les machines informatiques seront étroitement liés », esquissant déjà l'idée d'un réseau mondial distribué et non hiérarchisé[114]. L'ARPANet, lancé en 1966, permettait aux chercheurs états-uniens de l'ARPA de communiquer à distance, prélude au futur Internet.

La Seconde Guerre mondiale avait déjà instauré une collaboration étroite entre milieux militaires, industriels et universitaires aux États-Unis. Mais dans le contexte de contestations de la Guerre du Vietnam, des courants pacifistes et contre-culturels investissent les campus, influençant les orientations de (futurs) chercheurs en informatique. Dans *From Counterculture to Cyberculture*, Fred Turner détaille comment les écrits de penseurs comme Norbert Wiener, Buckminster Fuller ou Marshall McLuhan, « pères de la cybernétique » et notamment des influences importantes pour Licklider, trouvent un lectorat assidu dans ces milieux[115]. Ces jeunes chercheurs perçoivent dans la cybernétique une vision harmonieuse d'un monde interconnecté, une alternative aux logiques militaires dominantes et à la potentialité d'une apocalypse nucléaire. Ainsi se développe une informatique tournée vers des idéaux de décentralisation et d'émancipation.

Dans les années 1970, comme le note Cyrus Mody en étudiant l'industrie des semi-conducteurs, la rivalité technologique entre les États-Unis et l'URSS s'élargit à une compétition

---

[111] DE FILIPPI, Primavera et WRIGHT, Aaron, 2018. *Blockchain and the law: the rule of code*. Cambridge, Massachusetts : Harvard University Press. ISBN 978-0-674-97642-9.
QA76.9.D32 D44 2018

[112] Renommée DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) en 1972

[113] TURNER, Fred, 2006. *From counterculture to cyberculture: Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the rise of digital utopianism*. Chicago : University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-81741-5.
QA76.9.C66 T875 2006

[114] LICKLINER, Joseph Carl Robnett, 1960. Man-Computer Symbiosis. *IRE TRANSACTIONS ON HUMAN FACTORS IN ELECTRONICS*. 1960. Vol. 1, n° 1. DOI 10.1109/thfe2.1960.4503259.
DESFORGES, Alix, 2018. *Op. cit.*

[115] TURNER, Fred, 2006. *Op. cit.*

économique, notamment avec le Japon[116]. L'informatique devient un enjeu commercial, et la recherche en informatique est graduellement accaparée par le secteur privé. La promesse d'un monde interconnecté fait émerger la nécessité de protéger les flux de données, stimulant les recherches en cryptographie. En 1976, Whitfield Diffie et Marty Hellman publient leur concept de double signature, permettant à deux nœuds d'un même réseau d'échanger des messages chiffrés à l'abri d'interceptions. Selon eux, les réseaux informatiques doivent être « *sécurisés à la fois contre l'écoute et l'injection de messages illégitimes* »[117]. En 1978, Ron Rivest, Adi Shamir et Len Adleman ont développé sur cette base l'algorithme RSA, encore largement utilisé aujourd'hui.

La politisation du chiffrement : vers les cypherpunks

La vision « technique » d'une future société mondiale interconnectée telle que pensée par Licklider commence donc à être accompagnée de clés de lecture plus politiques. Des chercheurs en informatique et cryptographie, qui furent pour certains militants pour les droits civiques aux États-Unis dans les années 1960 ou en tout cas grandement influencés par cette contre-culture, vont alors faire de la problématique émergente de la protection des données personnelles numériques leur priorité. En 1983, l'informaticien David Chaum propose un système de création et de transfert de monnaie électronique, ECash (1983), qui deviendra par la suite Digicash, une entreprise qu'il crée en 1994[118]. L'ECash peut être perçu comme un des premiers ancêtres de Bitcoin. Le système repose sur un système de chiffrement par clés publiques-privées pour la validation de transactions, comme présenté dans la section précédente concernant le fonctionnement de Bitcoin, et ne nécessite pas de données personnelles. Mais reste que les transactions devaient être validées par un organisme central, l'entreprise Digicash, jusqu'à sa faillite en 1998[119]. Si les travaux de Chaum préfigurent le projet Bitcoin, ils entrent également en résonance avec les idées et projets d'un mouvement d'informaticiens et cryptographes qui se forme à la fin des années 1980 sur une liste de diffusion dénommée « cypherpunks ». Comme le note Quinn DuPont, « *contrairement aux algorithmes cryptographiques sous-jacents, l'idée de Bitcoin n'a pas émergé des universités ni des laboratoires de recherche gouvernementaux.*

[116] MODY, Cyrus C. M., 2016. *The Long Arm of Moore's Law: Microelectronics and American Science* [en ligne]. The MIT Press. [Consulté le 24 janvier 2024]. ISBN 978-0-262-34140-0. Disponible à l'adresse : https://direct.mit.edu/books/book/3522/The-Long-Arm-of-Moore-s-LawMicroelectronics-and

[117] DIFFIE, Whitfied et HELLMAN, Marty, 1976. New Directions in Cryptography. *IEEE Transactions on Information Theory*. novembre 1976. Vol. 22, n° 6.

[118] DE FILIPPI, Primavera et WRIGHT, Aaron, 2018. *Op. cit.*

[119] GASULL, Clément, 2023. *Ni lois, ni centres: gouverner par les transactions avec les blockchains*.

Les cryptomonnaies, et plus particulièrement Bitcoin, proviennent d'un mouvement anarchocapitaliste appelé cypherpunk »[120]. Effectivement, la plupart des spécificités de Bitcoin (distribution de l'autorité, chiffrage, anonymisation / pseudonymisation, accès libre et gratuit, absence de « tiers de confiance », ...), sont dans la continuité de pensées et recherches déjà débutées par certains membres de ce mouvement.

D'abord une communauté en ligne avant d'être un mouvement aux idées verbalisées, ils organisent en 1992 un événement en présentiel à San Francisco. À cette occasion, Timothy C. May, l'un des membres phares et fondateurs, lit son texte, *The Crypto-Anarchist Manifesto*. À l'orée d'un Internet démocratisé et mondialisé, il affirme que « *la technologie informatique [dont Internet] est sur le point de fournir aux individus et aux groupes la possibilité de communiquer et d'interagir les uns avec les autres d'une manière totalement anonyme* »[121]. Il défend, comme la plupart des individus auto-affiliés à ce groupe aux contours flous, le développement d'outils et solutions basés sur le chiffrement de l'information électronique et numérique, pour faire de l'Internet un espace incontrôlable par les gouvernements : « *Tout comme la technologie de l'imprimerie a altéré et réduit le pouvoir des corporations médiévales et la structure sociale de pouvoir, les méthodes cryptographiques altèrent fondamentalement la nature de l'interférence du gouvernement et des grandes sociétés* »[122].

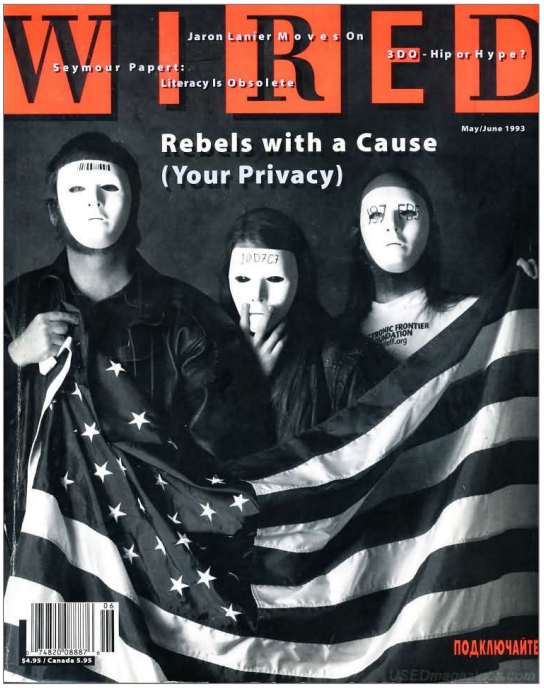


Image 1 Les fondateurs du mouvement cypherpunk John Gilmore, Timothy C. May et Eric Hugues en couverture du magazine Wired en 1993.

Eric Hugues, cofondateur du mouvement, publie également en 1993 *A Cypherpunk's Manifesto*, un texte dans lequel il défend l'usage de technologies de chiffrement par les citoyens et assure que « *la vie privée (privacy) dans une société ouverte nécessite également des systèmes de transactions anonymes* »[123]. Le troisième fondateur des

[120] DUPONT, Quinn, 2019. *Cryptocurrencies and blockchains* [en ligne]. John Wiley & Sons. [Consulté le 22 janvier 2024].
[121] MAY, Timothy C., 1992. The Crypto Anarchist Manifesto. [en ligne]. 22 novembre 1992. [Consulté le 12 janvier 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.activism.net/cypherpunk/crypto-anarchy.html
[122] *Ibid*.
[123] HUGUES, Eric, 1993. À Cypherpunk's Manifesto. *Activism.net* [en ligne]. 1993. [Consulté le 26 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.activism.net/cypherpunk/manifesto.html

cypherpunks, John Gilmore, est également l'un des trois fondateurs de l'Electronic Frontier Foundation (EFF), « *lobby américain créé en 1990, militant pour la défense des libertés individuelles dans le [numérique]* »[124]. L'un des autres fondateurs de l'EFF, John Perry Barlow, publiera en 1996 la célèbre *Déclaration d'indépendance du cyberespace*, où il « consacre la liberté d'expression comme principe fondateur du cyberespace et enjoint les gouvernements « des pays industrialisés » à ne pas interférer dans les affaires de ce cyberespace »[125].

Ce mouvement cypherpunk a compté parmi ses membres des figures importantes de la défense des libertés individuelles sur Internet. En 1991, le cypherpunk Philip Zimmermann, consultant en informatique et ancien militant antinucléaire, crée PGP (Pretty Good Privacy), un logiciel permettant à tout un chacun de chiffrer ses données numériques[126]. Le mouvement est également rejoint vers 1995 par le *hacker* Mendax, de son vrai nom Julian Assange, futur créateur de Wikileaks qui accepta les dons en bitcoin dès 2011 pour contourner la censure financière.

Ainsi, les cypherpunks constituent un mouvement promouvant des idées ou outils du « cryptoanarchisme »,[127] développé par May, qu'il présente plus longuement dans *The Cyphernomicon*[128]. Pour le chercheur David Golumbia, cette communauté *cypherpunk* représente une partie d'un mouvement qu'il nomme « cyberlibertarien », promouvant le fait que « *les gouvernements ne devraient pas réguler Internet »* ni même les échanges et marchés financiers, une adaptation aux mondes numériques du libertarianisme, *« un système philosophique privilégiant la liberté individuelle* »[129]. May lui-même reconnaît une part non négligeable de libertariens parmi les cypherpunks, et cite Ayn Rand en tant qu'inspiration[130].

---

[124] DESFORGES, Alix, 2018. *Op. cit.*

[125] BARLOW, John Perry, 1996. A Declaration of the Independence of Cyberspace. *Electronic Frontier Foundation* [en ligne]. 1996. [Consulté le 22 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.eff.org/cyberspace-independence
DESFORGES, Alix, 2018. *Op. cit.*

[126] GARFINKEL, Simson, 1995. *PGP: Pretty Good Privacy*. O'Reilly Media, Inc. ISBN 978-1-56592-098-9.

[127] Selon May, dans le Cyphernomicon (voir note suivante), un assemblage du préfixe « crypto », qui est ici un « jeu de mot » entre son sens d'« occulté », ce qui renvoie à l'idée que l'anarchie sera « pas forcément visible » et la « cryptologie » qui est « centralement impliquée ».

[128] MAY, Timothy C., 1994. *The Cyphernomicon: Cypherpunks FAQ and More*.

[129] GOLUMBIA, David, 2016. *The Politics of Bitcoin: Software as Right-Wing Extremism*. U of Minnesota Press. ISBN 978-1-4529-5381-6.
Définition de libertarisme - étymologie, synonymes, exemples. *Encyclopædia Universalis* [en ligne]. [Consulté le 26 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.universalis.fr/dictionnaire/libertarisme/

[130] MAY, Timothy C., 1994. *Op. cit*
Ayn Rand, née Alisa Zinovyevna Rosenbaum à Saint-Pétersbourg, est une écrivaine et philosophe américaine d'origine russe qui a grandement influencé certains courants de pensée libertariens. Voir son roman le plus connu : RAND, Ayn. 1957. *Atlas Shrugged*. Random House.

Comme le notent De Filippi et Wright, « *le fondement essentiel du rêve des "cypherpunks" était la monnaie anonyme et d'autres systèmes de paiement intraçables* »[131] ; une monnaie qui appartient à ses utilisateurs permettrait de s'émanciper des États et du contrôle qu'ils exercent sur les populations *via* cet instrument. Au-delà de la tentative de Chaum depuis 1984, d'autres projets de « monnaies électroniques » ont vu le jour, développés par des cypherpunks : en 1998, Wei-Dai publie son projet de b-money, suivi par Nick Szabo qui propose le *bit gold*, sans qu'aucun usage ne se pérennise[132].

Bitcoin est donc une concrétisation, sous forme de réseau numérique, des idées portées par les cypherpunks[133]. Ces idées sont elles-mêmes le fruit de mouvements et d'influences construits durant la genèse d'Internet et du chiffrement informatique aux États-Unis. Ce mouvement des cypherpunks a influencé et a été influencé par une représentation géopolitique du cyberespace où les internautes doivent se prémunir contre la surveillance et le contrôle des autorités et la prédation d'acteurs tiers, auxquels Bitcoin a ensuite été présenté comme une solution. Cette représentation est à l'opposé de la vision utopique du « village global » de McLuhan, les cypherpunks et les créateurs de Bitcoin s'inscrivant dans une démarche bien plus radicale, de quasi-résistance face à un Internet contemporain représenté comme dystopique. Cette vision dystopique a été renforcée dans les années 2000, par l'espionnage de masse mené par les États-Unis ou encore la crise des *subprimes*, tout en coïncidant avec le lancement de Bitcoin. Quelles que soient les personnes derrière le pseudonyme de Nakamoto, leur projet est dans la continuité directe du mouvement cypherpunk. Il apparaît désormais plus clairement en quoi Bitcoin est un projet géopolitique, puisqu'il découle d'une vision géopolitique de la monnaie, des réseaux financiers et du cyberespace. Avant de nous plonger dans une analyse plus poussée pour comprendre comment Bitcoin est passé d'un projet géopolitique à un objet, et même à un espace géopolitique, nous allons analyser comment Bitcoin a évolué depuis son lancement en 2009.

---

[131] DE FILIPPI, Primavera et WRIGHT, Aaron, 2018. *Blockchain and the law: the rule of code*. Cambridge, Massachusetts : Harvard University Press. ISBN 978-0-674-97642-9.QA76.9.D32 D44 2018.
[132] FAVIER, Jacques et TAKKAL BATAILLE, Adli, 2023. *Op .cit.*.
DE FILIPPI, Primavera et WRIGHT, Aaron, 2018. *Op. cit.*
GASULL, Clément, 2023. *Op. cit.*
[133] MAURER, Bill, NELMS, Taylor C. et SWARTZ, Lana, 2013. "When perhaps the real problem is money itself!": the practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics* [en ligne]. avril 2013. Vol. 23, n° 2, pp. 261-277. [Consulté le 4 janvier 2022]. DOI 10.1080/10350330.2013.777594. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10350330.2013.777594

1.2 De Bitcoin à l'écosystème complexe des cryptomonnaies

L'objectif de cette deuxième section est de retracer brièvement l'évolution de Bitcoin entre 2009 et 2025, en mettant en lumière la transition d'un projet communautaire et expérimental vers un outil financier largement démocratisé. Les premières années de Bitcoin sont graduellement marquées par l'introduction progressive de logiques capitalistes, notamment par la financiarisation, la spéculation et l'entrée d'acteurs institutionnels, qui transforment profondément les usages et les structures de ce qui est en train de devenir un écosystème. Ces dynamiques posent les premiers enjeux de gouvernance : tensions entre décentralisation idéologique et centralisation de fait, débats autour des évolutions techniques du protocole, mais aussi concentration des ressources (minage, plateformes, capitaux) au sein d'acteurs dominants.

1.2.1. De la communauté aux premiers marchés, de Bitcoin aux cryptomonnaies (2009 – 2014)

Les premiers mois, les connexions à Bitcoin restent cantonnées à un cercle d'initiés, quelques cypherpunks qui l'expérimentent et aident Nakamoto à l'améliorer. Mais la création d'un forum en ligne dédié va entraîner la formation d'une première communauté autour du projet. Certains membres vont proposer des idées d'application de la cryptomonnaie, d'autres des outils faciliter son utilisation. Très vite, des plateformes d'échanges sont par exemple créées, permettant d'échanger des bitcoins contre des dollars et entraînant les premières valorisations de la cryptomonnaie et, implacablement, l'apparition d'une logique de marché et de spéculation. Parallèlement, un usage bien particulier du bitcoin se développe, celui d'une monnaie d'échange dont l'anonymat supposé attire les utilisateurs de marchés spécifiques : les plateformes de ventes de biens et services illégaux sur le *darknet*.

A. 2009 – 2011 Des expérimentations dans un cercle d'initiés

La première transaction en bitcoins a eu lieu le 12 janvier 2009 : 10 bitcoins sont envoyés de l'adresse de Satoshi Nakamoto vers celle de l'informaticien Hal Finney, contributeur clé de la

preuve de travail utilisée dans Bitcoin[134]. Finney est également à l'origine de la première mention du terme « block chain » en 2008, alors qu'il réagissait au livre blanc de Nakamoto[135]. Actif dès les débuts du projet, il mine l'un des premiers blocs (le « bloc 70-quelque chose », selon lui) et échange régulièrement avec Nakamoto pour signaler des bugs[136]. Durant les premiers mois, Bitcoin reste utilisé par quelques cypherpunks, dont Wei Dai, créateur du « hashcash », et Nick Szabo, concepteur du « bit gold », qui participent également à son développement.

Le 22 novembre 2009, Nakamoto a créé le forum Bitcoin Talk, offrant un espace d'échange qui élargit la communauté au-delà des seuls développeurs[137]. L'un des membres y présente Bitcoinmarket.com, première plateforme d'échange de bitcoins contre des dollars, lancée en mars 2010 avec un prix initial fixé à 0,003 USD par bitcoin[138]. Ce service marque la naissance d'un premier service tiers, permettant d'interagir avec Bitcoin sans passer directement par le logiciel Bitcoin Core.

Le 22 mai 2010 a lieu la première transaction commerciale avec des bitcoins, restée dans la postérité comme le Bitcoin Pizza Day : Laszlo Hanyecz, mineur numérique, envoie 10 000 BTC à Jeremy Sturdivant, étudiant de 19 ans, pour deux pizzas d'une valeur totale de 41 USD[139]. La transaction est négociée de gré à gré via le forum Bitcoin Talk. En juillet 2010, Mt. Gox devient une nouvelle plateforme d'échange. Initialement conçue comme plateforme d'échange de cartes virtuelles d'un jeu vidéo, son créateur la reconvertit après avoir découvert Bitcoin[140]. Mt. Gox devient rapidement la principale bourse d'échange mondiale de bitcoins. Alors que la communauté s'élargit, Nakamoto annonce publiquement son retrait du projet le 12 décembre 2010, confiant sa direction à l'informaticien Gavin Andresen[141].

---

[134] PETERSON, Andrea, 2013. Hal Finney received the first Bitcoin transaction. Here's how he describes it. *The Washington Post* [en ligne]. 3 janvier 2013. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2014/01/03/hal-finney-received-the-first-bitcoin-transaction-heres-how-he-describes-it/

[135] FINNEY, Hal, 2008. *Bitcoin P2P e-cash paper* [en ligne]. 7 novembre 2008. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.metzdowd.com/pipermail/cryptography/2008-November/014827.html

[136] FINNEY, HAL, 2013. Bitcoin and me (Hal Finney). *BitcoinTalk.org* [en ligne]. 19 mars 2013. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://bitcointalk.org/index.php?topic=155054.0

[137] NAKAMOTO, Satoshi, 2009. Welcome to the new Bitcoin forum! *BitcoinTalk.org* [en ligne]. 22 novembre 2009. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://bitcointalk.org/index.php?topic=5

[138] 2011. About us. *BCM* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20110827004033/https:/www.bitcoinmarket.com/info/about_us/

[139] Au 17 juillet 2025, 10 000 bitcoins ne s'échangent non plus 41 USD, mais 1 186 649 000 USD.

[140] Mt. Gox tient pour "Magic : The Gathering Online eXchange"

[141] ANDRESEN, Gavin, 2010. Development process straw-man. *BitcoinTalk.org* [en ligne]. 19 décembre 2010. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://bitcointalk.org/index.php?topic=2367.0;all

En moins de deux ans, l'utilisation de Bitcoin a dépassé le cercle d'initiés à la cryptographie et à la communauté cypherpunk pour toucher un public plus large, mais tout de même restreint à quelques forums en ligne. C'est en 2011 qu'une première adoption de la « monnaie d'Internet » émerge.

B. Spéculation financière et amphétamines par voie postale : le début de l'adoption du bitcoin

Deux tendances majeures émergent autour de Bitcoin en 2011 : la spéculation, qui entraîne une forte volatilité de son prix, et son usage croissant comme moyen de paiement en ligne.

Dès décembre 2010, des développeurs alertent sur de potentielles bulles spéculatives, face à la hausse du cours sur Mt. Gox[142]. Le bitcoin atteint la parité avec le dollar en février 2011, puis 10 USD en juin 2010, contre 0,09 USD en octobre 2010. Le 10 juin 2011, après avoir brièvement atteint 32 USD, sa valeur chute de 95 % en quatre mois avant de remonter. La valorisation du bitcoin est désormais soumise aux logiques boursières, généralement exprimées en dollars états-uniens (USD). Plus la demande augmente, plus le prix monte, et inversement. Une partie des acheteurs suit une logique spéculative, espérant une plus-value ; d'autres l'utilisent comme moyen de paiement, notamment sur des marchés en ligne de biens et services illicites.

En 2011, le bitcoin devient la seule monnaie acceptée sur Silk Road, une plateforme du *darknet* qui mise sur l'anonymat de la cryptomonnaie couplé à celui offert par le réseau Tor[143]. Le site relie vendeurs et acheteurs via une connexion chiffrée[144]. Silk Road se spécialise dans les drogues, tout en censurant certains produits jugés « immoraux » : informations volées, armes, faux papiers, contrats d'assassinat, pornographie infantile[145]. Après deux ans d'enquête, l'administrateur présumé de la plateforme, Ross Ulbricht, alias *Dread Pirate Roberts*, est arrêté

[142] Forum *Building Bitcoin* : https://buildingbitcoin.org/bitcoin-dev/log-2010-12-07.html#l-1600
[143] Le réseau Tor est un système de navigation anonyme qui fait transiter le trafic internet à travers plusieurs serveurs (nœuds) pour masquer l'adresse IP de l'utilisateur. Il permet théoriquement d'accéder à Internet sans révéler son identité ni sa localisation.
[144] MARTIN, James, 2014. Lost on the *Silk Road* : Online drug distribution and the 'cryptomarket'. *Criminology & Criminal Justice* [en ligne]. juillet 2014. Vol. 14, n° 3, pp. 351-367. [Consulté le 1 août 2023]. DOI 10.1177/1748895813505234. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1748895813505234
[145] CHRISTIN, Nicolas, 2013. Traveling the silk road: a measurement analysis of a large anonymous online marketplace. In : *Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web* [en ligne]. Rio de Janeiro Brazil : ACM. 13 mai 2013. pp. 213-224. [Consulté le 2 août 2023]. ISBN 978-1-4503-2035-1. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/2488388.2488408.

le 1er octobre 2013 près de San Francisco[146]. Interrogé peu avant par le journaliste Andy Greenberg, Ulbricht nie être le fondateur, mais revendique son rôle d'administrateur, défendant une vision libertarienne :

> *« Silk Road est un moyen de contourner la réglementation de l'État. S'ils [ndlr : l'État] nous interdisent d'acheter et de vendre certaines choses, nous le ferons de toute manière et ne subirons aucun préjudice de leur part. L'État essaie de contrôler presque tous les aspects de notre vie, et pas seulement la consommation de drogues. […] Nous avons gagné la guerre contre la drogue menée par l'État grâce au bitcoin, et ce n'est que le début. Il s'agit en fait d'une transformation plus large, induite par la technologie peer-to-peer et Internet dans son ensemble. Les citoyens peuvent désormais contrôler le flux et la distribution de l'information ainsi que le flux d'argent. Secteur par secteur, l'État est éliminé de l'équation et le pouvoir est rendu à l'individu. ».* Ross Ulbricht (« Dread Pirate Roberts »), interviewé par Andy Greenberg (août 2013)[147].

Ulbricht adopte ici une rhétorique cryptoanarchiste, justifiant Silk Road comme outil d'émancipation politique. Mais le site est aussi rentable : sur 1,2 million de transactions entre février 2011 et juillet 2013, 9,5 millions de BTC ont circulé, dont 614 305 bitcoins prélevés en commissions[148]. Favier et Bataille notent qu'avec un cours moyen de 10 USD sur 24 des 33 mois d'activité, ces commissions valaient au minimum 6,1 millions USD, et 61,4 millions USD si l'on considère le cours à 100 USD lors de la fermeture du site.

Très médiatisée, l'affaire Silk Road a grandement contribué à la notoriété de Bitcoin, souvent associé dès lors aux activités criminelles. Le grand public découvre le bitcoin à travers des médias qui le présentent comme une monnaie du crime numérique : achat de drogues, blanchiment d'argent, contrats de tueurs à gages. Les successeurs de Silk Road (Silk Road 2.0, 3.0) et ses concurrents (Black-Market Reloaded, Atlantis) ont accéléré l'adoption du bitcoin, façonné des usages spécifiques sur le réseau et stimulé la création d'outils renforçant l'anonymat.

---

[146] MAC, Ryan, 2013. Who Is Ross Ulbricht? Piecing Together The Life Of The Alleged Libertarian Mastermind Behind Silk Road. *Forbes* [en ligne]. 2 octobre 2013. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.forbes.com/sites/ryanmac/2013/10/02/who-is-ross-ulbricht-piecing-together-the-life-of-the-alleged-libertarian-mastermind-behind-silk-road/?sh=6b72ce13a749

[147] GREENBERG, Andy, 2013. An Interview With A Digital Drug Lord: The Silk Road's Dread Pirate Roberts (Q&A). *Forbes* [en ligne]. 14 août 2013. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.forbes.com/sites/andygreenberg/2013/08/14/an-interview-with-a-digital-drug-lord-the-silk-roads-dread-pirate-roberts-qa/

[148] FAVIER, Jacques et TAKKAL BATAILLE, Adli, 2023. *Bitcoin. La monnaie acéphale*. CNRS Editions. ISBN 978-2-271-11555-3.

Avec l'émergence de plateformes comme Mt. Gox ou Silk Road, se forment les premiers marchés parallèles transnationaux fondés sur Bitcoin. Cette dynamique peut être perçue comme une concrétisation partielle des idéaux cypherpunks et de Nakamoto : créer un espace économique décentralisé, affranchi du contrôle des États. Ross Ulbricht se justifie d'ailleurs avec des éléments de discours cryptoanarchistes, affirmant que Bitcoin permet de reprendre le contrôle de la monnaie et de contourner l'autorité étatique.

Mais cette phase révèle aussi une forme d'écart vis-à-vis de la vision originelle. D'une part, la spéculation croissante introduit une volatilité forte, associée aux logiques financières que Nakamoto critiquait. D'autre part, comme le soulignent Musiani, Méadel et Mallard (2018), le recours à des services tiers comme Mt. Gox réintroduit une intermédiation centralisée, générant une concentration des capitaux et des risques que Bitcoin entendait précisément éviter[149].

Dans le même temps, il y a une prise de conscience des gouvernements et de leurs services de police et de sécurité. L'enquête du FBI sur Silk Road inaugure le développement de techniques de traçabilité des transactions, remettant en question l'anonymat que promettait la cryptomonnaie. C'est une première manifestation d'une réaction étatique structurée qui inaugure un rapport de force entre les autorités étatiques et Bitcoin, puis des projets similaires. C'est le début des frictions géopolitique autour des usages de Bitcoin, mais également de sa gouvernance.

C. De Bitcoin aux cryptomonnaies

En parallèle des premières phases d'adoption de Bitcoin, de nombreux projets de cryptomonnaies émergent. Reposant également sur la technologie blockchain et souvent dérivés du code *open-source* de Bitcoin (accessible dès 2011 via GitHub), ces projets proposent des alternatives en modifiant certains paramètres comme la vitesse des transactions ou la confidentialité. En août 2023, on recensait près de 10 000 cryptomonnaies[150]. La première

[149] MUSIANI, Francesca, MALLARD, Alexandre et MÉADEL, Cécile, 2018. Governing what wasn't meant to be governed. A controversy-based approach to the study of Bitcoin governance. In : CAMPBELL-VERDUYN, Malcolm, *Bitcoin and beyond: cryptocurrencies, blockchains and global governance*. London ; New York : Routledge, Taylor & Francis Group. RIPE series in global political economy. ISBN 978-0-415-79214-1. HG1710 .B545 2018

[150] Très exactement 9 752 listées sur le site de référence CoinMarketCap : https://coinmarketcap.com/fr/?page=98. Cette liste comprend les cryptomonnaies et les tokens (« jetons »), des titres financiers censés financer des projets décentralisés.

cryptomonnaie alternative, ou « alt-coin », Namecoin (2011), reprend le protocole Bitcoin[151]. Mais ce réseau vise surtout à créer et sécuriser un registre de noms de domaine « .bit », indépendant de l'ICANN, par sa blockchain, une technologie qui commence alors très tôt à être récupérée pour soutenir d'autres usages que ceux d'une monnaie numérique[152]. Suivent des initiatives expérimentales ou parodiques, comme Dogecoin (2013), ou qui visent à améliorer Bitcoin, à l'instar de Litecoin (2011), plus rapide, ou de Monero (2014) , qui renforce l'anonymat au point de rendre les transactions extrêmement difficiles à tracer, une propriété très tôt exploitée sur certaines plateformes illicites comme AlphaBay, autre successeur de Silk Road[153].

À mesure que Bitcoin est copié ou transformé, d'autres projets prennent leurs distances avec ses ambitions politiques. Ripple (2012) propose une blockchain centralisée, contrôlée par l'entreprise Ripple Labs, destinée non à défier les banques, mais à améliorer leur efficacité transactionnelle[154]. Le recours au concept de blockchain dépasse alors la simple ambition de désintermédiation, pour devenir un outil technique multi-usage, parfois au service d'acteurs institutionnels.

L'un des tournants majeurs est le lancement d'Ethereum en 2015 par Vitalik Buterin[155]. Ce projet reprend les fondements de Bitcoin tout en les élargissant considérablement : la blockchain devient un registre universel de droits numériques, incluant des contrats intelligents (*smart contracts*), exécutables automatiquement selon des conditions inscrites dans le code[156].

---

[151] L'idée initiale était d'implémenter le principe de Namecoin directement sur la blockchain Bitcoin. Voir : https://bitcointalk.org/index.php?topic=6017.msg88356#msg88356

[152] ICANN : Internet Corporation for Assigned Names and Numbers : organisation internationale à but non lucratif chargée, entre autres, de l'attribution des noms de domaine et de la gestion des adresses IP sur Internet.

[153] https://www.wired.com/2013/08/litecoin/
Monero signifie « pièce » en esperanto.
RAYMOND, Grégory, 2018. Monero : gros plan sur la cryptomonnaie préférée des hackers. *Capital.fr* [en ligne]. 5 janvier 2018. [Consulté le 10 août 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.capital.fr/entreprises-marches/monero-gros-plan-sur-la-cryptomonnaie-preferee-des-malfrats-1263842

[154] ARMKNECHT, Frederik, KARAME, Ghassan O., MANDAL, Avikarsha, YOUSSEF, Franck et ZENNER, Erik, 2015. Ripple: Overview and Outlook. In : CONTI, Mauro, SCHUNTER, Matthias et ASKOXYLAKIS, Ioannis (éd.), *Trust and Trustworthy Computing* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 163-180. Lecture Notes in Computer Science. [Consulté le 9 août 2023]. ISBN 978-3-319-22845-7. Disponible à l'adresse : https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-22846-4_10

[155] BUTERIN, Vitalik, 2014. Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. . 2014.

[156] En somme, les *smart contracts* reposent sur des conditions primaires de programmes informatiques *SI*/*ALORS* (IF/THEN) : par exemple, *SI* la condition « A » est remplie, *ALORS* le terme du contrat est validé.
Voir : TIKHOMIROV, Sergei, 2018. Ethereum: State of Knowledge and Research Perspectives. In : IMINE, Abdessamad, FERNANDEZ, José M., MARION, Jean-Yves, LOGRIPPO, Luigi et GARCIA-ALFARO, Joaquin (éd.), *Foundations and Practice of Security* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 189-205. Lecture Notes in Computer Science. [Consulté le 8 août 2023]. ISBN 978-3-319-75649-3. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-75650-9_13

Cette innovation fait d'Ethereum l'infrastructure d'un écosystème numérique élargi, accueillant à partir de 2014 des milliers d'applications décentralisées (dApps) et de cryptomonnaies. Ethereum inaugure également le mécanisme des *Initial Coin Offerings* (ICO), levées de fonds via émission de jetons numériques conférant des droits d'usage ou de gouvernance sur le réseau concerné[157]. Face à la volatilité de ces cryptomonnaies, apparaissent aussi des *stablecoins*, dont la valeur est indexée sur des monnaies fiduciaires. Le plus utilisé, Tether (USDT), créé en 2014, est adossé au dollar états-unien[158]. En 2023, il représente 7,5 % de la capitalisation totale des cryptomonnaies et 64 % du marché des *stablecoins*[159]. Ce type de cryptomonnaies facilite les transferts internationaux sans risque de fluctuation abrupte de sa valeur.

La multiplication des cryptomonnaies, au-delà du bitcoin initial, et leur grande diversité, révèlent une fragmentation des usages : certains projets prolongent une ambition de souveraineté numérique individuelle promue par Bitcoin, d'autres s'intègrent dans les logiques financières classiques et dominantes ou répondent aux besoins d'institutions. Cette diversité soulève plusieurs nouveaux enjeux géopolitiques. D'un côté, la multiplication de cryptomonnaies anonymes fragilise le pouvoir des États sur la monnaie et complexifie le travail d'investigation des forces de l'ordre. De l'autre, l'appropriation de la blockchain par les grandes entreprises ou institutions financières marque une réappropriation technologique par des acteurs aux antipodes des idées et valeurs des créateurs et promoteurs de Bitcoin, ainsi que la montée en puissance des stablecoins adossés au dollar états-unien (USD), comme l'USDT, peut être interprétée comme un renforcement de l'hégémonie du dollar dans une économie numérique que Bitcoin devait émanciper de monnaies étatiques.

DE FILIPPI, Primavera, WRAY, Chris et SILENO, Giovanni, 2021. Smart contracts. *Internet Policy Review* [en ligne]. 20 avril 2021. Vol. 10, n° 2. [Consulté le 8 août 2023]. DOI 10.14763/2021.2.1549. Disponible à l'adresse : https://policyreview.info/glossary/smart-contracts

[157] Un terme inspiré du terme Initial Public Offering (IPO), qui signifie une introduction en bourse. La première ICO date de 2013et a été réalisé pour financer Mastercoin.

[158] Théoriquement, 1 USDT vaudra toujours 1 USD.

[159] RUSTGI, Nivesh, 2023. Tether Market Cap Sets New All-Time High at $83.6 Billion. *Yahoo! Finance* [en ligne]. 1 juin 2023. [Consulté le 12 août 2023]. Disponible à l'adresse : https://finance.yahoo.com/news/tether-market-cap-sets-time-200903168.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnLw&guce_referrer_sig=AQAAAHR7fYgjeE6rd1RrlrvOiAX73m6_B1AtNgdKq3-SOaGi5EMOt0gm16PG6ngNX0mrFYj6-lSASZ2eUVYfbGHuY1tYOSLQPWg0d4ByIwEzzuXD1UdoCUQIeg-NNHtbpBB65mgJvARQaocoY-e5R-nVsQ5W886imAFZrG8z5MbaMvWK

1.2.2 Entre spéculations financières et entrepreneuriales, les cryptomonnaies aux origines d'un écosystème diversifié et fragile

L'explosion du nombre de projets, conjuguée à des logiques d'investissement toujours plus agressives, a rapidement transformé l'univers des cryptomonnaies en un immense marché spéculatif. Entre 2013 et 2017, le cours du bitcoin est multiplié par 1 300 (+150 000%), avant de s'effondrer brutalement. Cette bulle, alimentée par un engouement médiatique croissant et une technologie blockchain présentée comme révolutionnaire par des médias, entreprises ou organismes centralisés privés ou publics, marque une rupture nette avec les ambitions initiales de Bitcoin : de projets communautaires marginaux, on passe à un secteur structuré autour d'acteurs privés et institutionnels, y compris des fonds d'investissement issus de la finance traditionnelle.

La spéculation, pourtant dénoncée par Nakamoto comme une dérive du système monétaire classique, devient un moteur central de l'adoption. Elle entraîne une hausse rapide du nombre d'usagers, ainsi que la prolifération d'interfaces techniques (plateformes d'échange, portefeuilles, etc.) qui, bien qu'essentielles à l'accessibilité des cryptomonnaies, introduisent de nouvelles vulnérabilités : attaques informatiques, piratages, faillites.

A. La concrétisation d'un écosystème de cryptomonnaies porté par des bouleversements géopolitiques majeurs

Bien que des bulles spéculatives puissent affecter certaines cryptomonnaies à leur lancement ou lors de mises à jour majeures, la majorité du marché reste alignée sur les fluctuations du bitcoin. Les premières bulles apparaissent dès 2011, notamment en juin, après la création de trois plateformes d'échange et la publication d'un article évoquant Bitcoin et Silk Road[160]. Le prix passe alors de 0,74 USD à 29,58 USD en deux mois (+3 454 %) avant de retomber à 2,28 USD en octobre[161]. L'intérêt pour le bitcoin se maintient et son prix franchit les 100 USD en 2013, puis 1 132 USD en novembre après l'arrestation très médiatisée de Dread Pirate

[160] CHEN, Adrian, 2011. The Underground Website Where You Can Buy Any Drug Imaginable. *Gawker* [en ligne]. 1 juin 2011. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.gawkerarchives.com/the-underground-website-where-you-can-buy-any-drug-imag-30818160

[161] REED, Alexander et BENFIELD, Alex, 2025. Bitcoin Price History Chart + Historical Events 2009-2025. *99Bitcoins* [en ligne]. 8 août 2025. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://99bitcoins.com/cryptocurrency/bitcoin/historical-price/

Roberts, avant une chute de moitié. Après une phase de stagnation, le bitcoin franchit à nouveau le seuil de 1 100 USD début 2017.

La fin de cette même année est marquée par une flambée spéculative : le bitcoin atteint 19 500 USD en décembre avant de chuter à moins de 6 900 USD deux mois plus tard (-65 %). Si cette correction est moins brutale qu'en 2011, elle touche un nombre bien plus élevé d'investisseurs. Depuis 2015, la montée en puissance du bitcoin, la multiplication des projets cryptographiques et l'entrée d'investissements massifs ont entraîné une large médiatisation des cryptomonnaies et de leur technologie sous-jacente, la blockchain. Ses atouts (réduction des coûts, accélération des transactions) séduisent rapidement les acteurs de la FinTech, qui l'intègrent à leurs stratégies de communication[162]. Parallèlement, une alternative « décentralisée » à la finance traditionnelle prend forme sous l'étiquette DeFi (decentralized finance)[163].

Certaines analyses soulignent le potentiel disruptif de la blockchain pour les services financiers et l'économie collaborative, tout en précisant que son usage réel reste embryonnaire et son évocation tient souvent davantage du mot-clé marketing que d'un fondement technologique solide[164]. Le terme devient un levier rhétorique, utilisé autant par des *start-ups* en quête de financements que par des groupes industriels cherchant à afficher une image de modernité. Dans la majorité des cas, seule la promesse d'un registre sécurisé est retenue, tandis que les logiques décentralisées de gouvernance, notamment via des mécanismes de consensus, sont ignorées. La blockchain est ainsi mobilisée comme un outil de légitimation symbolique plutôt qu'un fondement opérationnel de rupture :

---

[162] La FinTech est un terme employé de manières diverses suivant les contextes, contraction de « *Finance* » et « *Technology* », mais qui généralement fait référence à un secteur dans lequel sont développées ou exploitées les nouvelles technologies dans le but de proposer des services financiers innovants et plus performants. Voir :
SCHUEFFEL, Patrick, 2016. Taming the Beast: A Scientific Definition of Fintech. . 2016.
PUSCHMANN, Thomas et ALT, Rainer, 2016. Sharing Economy. *Business & Information Systems Engineering* [en ligne]. février 2016. Vol. 58, n° 1, pp. 93-99. [Consulté le 11 août 2023]. DOI 10.1007/s12599-015-0420-2. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/s12599-015-0420-2
GLASER, Florian et BEZZENBERGER, Luis, 2015. Beyond Cryptocurrencies : a Taxonomy of Decentralized Consensus Systems. *23rd European Conference on Information Systems (ECIS 2015)*. 2015.

[163] « La "finance décentralisée" (Decentralized Finance) n'est ni un terme juridique ni un terme technique. Il est néanmoins de plus en plus utilisé dans le contexte des discussions sur l'évolution future de la finance et de sa réglementation. L'usage courant incorpore un ou plusieurs éléments de : (i) décentralisation ; (ii) technologie des registres distribués et blockchain ; (iii) contrats intelligents ; (iv) désintermédiation ; et (v) banque ouverte. », dans ZETZSCHE, Dirk A, ARNER, Douglas W et BUCKLEY, Ross P, 2020. Decentralized Finance. *Journal of Financial Regulation* [en ligne]. 20 septembre 2020. Vol. 6, n° 2, pp. 172-203. [Consulté le 14 août 2023]. DOI 10.1093/jfr/fjaa010. Disponible à l'adresse : https://academic.oup.com/jfr/article/6/2/172/5913239

[164] NOTHEISEN, Benedikt, HAWLITSCHEK, Florian et WEINHARDT, Christof, 2017. Breaking Down the Blockchain Hype - Towards a Blockchain Market Engeneering Approach. *25th European Conference on Information Systems (ECIS)*. 2017.

> « *Une start-up qui mettait le mot 'blockchain' dans sa levée de fonds récoltait deux fois plus d'argent. De grosses entreprises comme IBM ou Deloitte […l'utilisaient] en le saupoudrant sur la stratégie de l'entreprise. Si on demandait : 'Quelle est votre stratégie pour l'innovation ?', la réponse était : 'blockchain'. Personne ne savait ce que c'était* ». Dan Held, directeur de croissance de Kraken[165], dans le documentaire *Le mystère Satoshi. Aux origines du bitcoin*[166].

Malgré l'éclatement de cette première bulle en 2018, le marché des cryptomonnaies connaît une nouvelle phase de croissance à partir de 2020, portée par la crise financière consécutive à la pandémie de Covid-19. Le double choc d'offre et de demande engendré par les confinements mondiaux alimente une instabilité économique inédite. Pour enrayer la panique sur les marchés, les grandes banques centrales, notamment la Réserve fédérale états-unienne (Fed) et la Banque centrale européenne (BCE), mobilisent des outils de soutien massifs à leur économie : baisse des taux directeurs, rachats d'actifs publics et privés, et injection de liquidités[167]. Cette création monétaire exceptionnelle suscite chez certains investisseurs une perte de confiance dans les monnaies étatiques, perçues comme vulnérables à la dévaluation. Dans ce contexte, le bitcoin est perçu comme une valeur refuge alternative, une caractéristique qui avait déjà été mise en avant par des économistes : sa rareté programmée et l'énergie nécessaire pour son « extraction » le rapprocheraient d'une version numérique de l'or avec l'avantage que sa valeur ne soit pas tributaire d'une politique étatique[168].

Au début de 2020, la valeur du bitcoin chute sous les 5 000 $, suivant la panique des marchés liée à la crise sanitaire mondiale. Mais dès l'été, il entame une ascension spectaculaire, franchissant les 63 000 USD en avril 2021 (+500 % en quelques mois), avant de redescendre brièvement à 31 000 USD puis d'atteindre un nouveau sommet à 64 000 USD en novembre. Si cette hausse reflète une crise de confiance dans les monnaies fiduciaires, elle est aussi soutenue

---

[165] L'une des principales plateformes d'échange de cryptomonnaies.

[166] FORTE, Rémi. *Le mystère Satoshi : aux origins du bitcoin*, 2021. [en ligne]. [Documentaire]. Arte, [Consulté le 11 août 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=0ETcLj5jBy4

[167] https://www.federalreserve.gov/monetarypolicy/openmarket.htm
CŒURÉ, Benoît, 2021. Les banques centrales pendant et après la pandémie de Covid-19: *Revue d'économie financière* [en ligne]. 8 février 2021. Vol. N° 139-140, n° 3, pp. 269-280. [Consulté le 16 août 2023]. DOI 10.3917/ecofi.139.0269. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-d-economie-financiere-2020-3-page-269.htm?ref=doi

[168] DYHRBERG, Anne Haubo, 2016. Bitcoin, gold and the dollar – A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters* [en ligne]. février 2016. Vol. 16, pp. 85-92. [Consulté le 17 août 2023]. DOI 10.1016/j.frl.2015.10.008. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1544612315001038
WEN, Fenghua, TONG, Xi et REN, Xiaohang, 2022. Gold or Bitcoin, which is the safe haven during the COVID-19 pandemic? *International Review of Financial Analysis* [en ligne]. mai 2022. Vol. 81, pp. 102121. [Consulté le 16 août 2023]. DOI 10.1016/j.irfa.2022.102121. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1057521922000898

par l'annonce de l'acceptation du bitcoin par PayPal et par des figures médiatiques comme Elon Musk[169]. Il influence directement le marché : un simple ajout de "#bitcoin" dans sa biographie Twitter en janvier 2021 fait bondir le cours de 17 %[170]. Tesla, dont Musk est directeur général, achète ensuite 1,5 milliard de dollars en bitcoins et les accepte brièvement comme moyen de paiement, avant de se rétracter, provoquant une chute de 12 %[171].

Après une année 2022 marquée par l'effondrement de plateformes d'échange comme FTX, le Bitcoin connaît une reprise en 2023 grâce à un regain de confiance et à l'intervention des régulateurs étasuniens. Le moment clé survient début 2024 avec l'approbation des premiers ETF Bitcoin au comptant par la SEC, ouvrant la voie aux investissements institutionnels[172]. Le bitcoin dépasse à nouveau les 60 000 USD mi-2024, puis les 100 000 USD en décembre de la même année.

Parallèlement en 2024, l'ancien (et futur) président Donald Trump initie un revirement stratégique sur les cryptomonnaies[173]. Opposé à Bitcoin en 2019, il en fait un étendard anti-institutionnel pour sa campagne présidentielle de 2024, acceptant les dons en cryptomonnaies. Il s'appuie sur une rhétorique populiste pour capter l'électorat libertarien et obtenir un soutien financier important d'entreprises et d'entrepreneurs du secteur des cryptomonnaies. Son administration promeut ensuite une architecture favorable au secteur : limogeage du président de la SEC Gary Gensler, nomination de figures favorables aux cryptomonnaies, notamment Brian Quintenz à la tête de la Commodity Futures Trading Commission (CFTC) chargée de réguler les bourses de commerce sur lesquelles s'échange le bitcoin et de David Sacks au poste nouvellement créé de « Crypto & AI Czar ». De plus, l'établissement d'une réserve stratégique de bitcoins pour les États-Unis, alimentée par des actifs confisqués par les forces de l'ordre,

[169] 2020. Press Release: PayPal Launches New Service Enabling Users to Buy, Hold and Sell Cryptocurrency. *PayPal* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://newsroom.paypal-corp.com/2020-10-21-PayPal-Launches-New-Service-Enabling-Users-to-Buy-Hold-and-Sell-Cryptocurrency?sf130849673=1
Elon Musk est un entrepreneur et chef d'entreprise milliardaire originaire d'Afrique du Sud, dont il conserve la nationalité aux côtés des nationalités canadiennes et américaines.
[170] ZAMAN, Salma, YAQUB, Ussama et SALEEM, Tauqeer, 2023. Analysis of Bitcoin's price spike in context of Elon Musk's Twitter activity. *Global Knowledge, Memory and Communication* [en ligne]. 19 mai 2023. Vol. 72, n° 4/5, pp. 341-355. [Consulté le 17 août 2023]. DOI 10.1108/GKMC-09-2021-0154. Disponible à l'adresse : https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/GKMC-09-2021-0154/full/html
[171] Constructeur automobile de voitures électriques enregistré aux États-Unis. Site officiel : https://www.tesla.com/
[172] Les ETF Bitcoin au comptant (spot Bitcoin ETFs) sont des fonds négociés en bourse qui permettent aux investisseurs d'acheter des parts représentant directement du bitcoin, sans avoir à en détenir eux-mêmes.
[173] ZHANG, Yilun, 2025. Trump's Crypto Ambition: Populism, Economic Strategy, and the Competition for Digital Future. *ICAS* [en ligne]. 9 mai 2025. [Consulté le 19 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://chinaus-icas.org/research/trumps-crypto-ambition-populism-economic-strategy-and-the-competition-for-digital-future/

entérine la vision stratégique que porte l'administration Trump sur le secteur des cryptomonnaies.

Cette période illustre l'affirmation progressive du bitcoin et des cryptomonnaies comme sujets d'événements géopolitiques, dans la mesure où elles sont désormais intégrées aux stratégies d'acteurs étatiques majeurs, ce qui influence en retour leur valeur. Leur instrumentalisation par Donald Trump, tant à des fins électorales qu'économiques, témoigne d'une volonté de capter une part stratégique de l'économie numérique globale avant que celle-ci ne se structure hors du territoire états-unien.

B. Vers l'émergence d'un écosystème financier et technologique

Parallèlement à ces moments forts pour Bitcoin, l'influence et la récupération de sa technologie blockchain commencent à être mobilisées au-delà du secteur financier, avec des projets qui ambitionnent de transformer la structure même d'Internet. La période du Covid-19 marque à cet égard un tournant, avec l'émergence de marchés spéculatifs périphériques. Dès 2021, les NFT (« Non-Fungible Tokens ») apparaissent comme des certificats d'authenticité d'œuvres numériques, sécurisés via des programmes de la blockchain Ethereum. Chaque fichier numérique enregistré comme NFT reçoit une signature cryptographique unique, attestant son authenticité et l'identité de son détenteur. Cette innovation suscite un fort engouement, notamment chez des internautes confinés en 2020 et 2021, séduits par un nouveau marché spéculatif[174]. Jack Dorsey, cofondateur de Twitter, vend son tout premier tweet en NFT pour près de 3 millions de dollars, tandis que l'artiste Beeple écoule une œuvre numérique pour 70 millions d'USD[175]. Si la bulle des NFT se dégonfle en 2022, elle illustre l'expansion de « l'écosystème crypto » vers de nouveaux usages.

C'est dans cette dynamique qu'émerge le concept de « Web3 » (ou Web 3.0), proposé en 2014 par Gavin Wood, cofondateur d'Ethereum, mais qui ne suscite un réel engouement qu'à partir de 2021, attirant rapidement plusieurs centaines de millions de dollars d'investissements[176]. Pour Wood, le Web3 ambitionne de décentraliser Internet, en opposition

[174] ANTE, Lennart, 2022. The Non-Fungible Token (NFT) Market and Its Relationship with Bitcoin and Ethereum. *FinTech*. 2022. DOI https://doi.org/10.3390/fintech1030017.
[175] Un *tweet* est un message posté sur le réseau social Twitter (avant qu'il ne soit renommé en « X » en 2023). https://www.wired.com/story/web3-gavin-wood-interview/
[176] EDELMAN, Giliad, 2021. What Is Web3, Anyway? *WIRED* [en ligne]. 29 novembre 2021. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.wired.com/story/web3-gavin-wood-interview/

au Web 2.0 dominé par les GAFAM[177]. Là où le Web originel reposait sur des protocoles ouverts, le Web actuel est marqué par une centralisation des communications et des services au sein de plateformes fermées. Le Web3 veut rétablir une architecture décentralisée, fondée sur les blockchains, les cryptomonnaies et les échanges directs entre internautes. Ce paradigme est souvent associé à celui du « métavers », univers numériques tridimensionnels permettant des interactions via des avatars. Si des projets comme *Decentraland* ont vu le jour, leur adoption reste marginale, ces espaces étant aujourd'hui très peu fréquentés.

Les bouleversements géopolitiques ont grandement influencé la valeur de Bitcoin, notamment le confinement massif de la population mondiale en 2020 et 2021. Mais c'est surtout son institutionnalisation aux États-Unis qui a fait exploser sa valeur. En juillet 2025, le bitcoin est toujours valorisé à plus de 100 000 USD.

Conclusion du Chapitre 1

Ce premier chapitre a permis de démontrer que Bitcoin doit être appréhendé comme un projet profondément politique, né d'une vision critique des rapports de pouvoir à l'œuvre dans les sphères monétaire et numérique contemporaines. Son architecture technique (distribuée, pseudonyme, transparente et fondée sur un mécanisme de preuve de travail) reflète une volonté de désintermédiation radicale : celle de soustraire les échanges de valeur à la régulation par les États et les institutions bancaires, en leur substituant un régime algorithmique de validation et de confiance.

La création de Bitcoin s'inscrit dans un double contexte historique. D'une part, elle répond aux fractures d'un système financier mondialisé, dont la crise des subprimes de 2007-2008 a révélé les vulnérabilités systémiques. D'autre part, elle s'ancre dans une tradition de pensée issue des contre-cultures numériques étasuniennes, des hippies aux cypherpunks, qui ont progressivement conceptualisé le cyberespace comme un territoire à libérer des emprises centralisatrices. À ce titre, Bitcoin peut être interprété comme une cristallisation technique de

[177] La vision du Web3 de Wood diffère de celle du concepteur du Web, Tim Berners-Lee. En 1999, il imagine le Web 3 comme « Web sémantique », où « *l'insertion de métadonnées dans le contenu créé par les êtres humains sur Internet pouvait entraîner une automatisation de nombreuses tâches et requêtes, et l'avènement de nouvelles normes de comportement sur la Toile* », voir BERNERS-LEE, Tim, HENDLER, James et LASSILA, Ora, 2001. The Semantic Web. *Scientific American*. mai 2001. Vol. 284, n° 5, pp. 34-43. .
Les GAFAM : Google, (Alphabet), Apple, Facebook (Meta), Amazon et Microsoft.

ces imaginaires politiques, mobilisant les outils du chiffrement, de l'autonomie distribuée et de l'anonymat pour refonder l'infrastructure de la monnaie.

Mais dès ses premières années d'existence, Bitcoin entre en tension avec ses propres idéaux. La deuxième section du chapitre a permis de retracer la trajectoire d'un réseau initialement expérimental, investi par une communauté restreinte, vers un objet monétaire progressivement intégré dans des logiques de marché, de spéculation et d'institutionnalisation. L'apparition de services tiers (plateformes d'échange, interfaces utilisateurs, infrastructures spécialisées) a facilité l'adoption de Bitcoin tout en réintroduisant des formes d'intermédiation et de centralisation. De même, son usage sur les marchés parallèles du darknet, à commencer par Silk Road, a exposé la cryptomonnaie à des controverses publiques et à une réponse étatique renforcée, notamment en matière de traçabilité et de cybersécurité.

Ces dynamiques révèlent une ambivalence fondamentale : si Bitcoin fut pensé comme un réseau acéphale, fondé sur une distribution horizontale du pouvoir, son appropriation effective par différents types d'acteurs (développeurs, plateformes, mineurs, spéculateurs) a généré de nouvelles hiérarchies, de nouvelles vulnérabilités, et de nouvelles formes de concentration. Ce décalage entre promesse de décentralisation et réalités d'usage n'invalide pas la portée politique de Bitcoin, mais en complexifie la lecture géopolitique : il ne s'agit plus seulement d'un réseau visant à déjouer les souverainetés traditionnelles, mais d'un espace traversé par des rapports de force, des frictions réglementaires, des processus de territorialisation.

En définitive, Bitcoin inaugure un nouvel agencement des infrastructures monétaires, dans lequel la souveraineté étatique, l'autorité technique et la confiance sociale se redéploient selon des modalités inédites. Si ses fondateurs ont voulu faire de la monnaie un objet post-politique, gouverné par le code, son histoire montre au contraire qu'il est devenu un objet profondément géopolitique. Le chapitre suivant s'attachera à explorer cette tension constitutive, en analysant comment les infrastructures de Bitcoin , en particulier le minage, s'inscrivent dans des espaces matériels, énergétiques et politiques déterminés, donnant lieu à des formes inédites de territorialisation.

Chapitre 2. L'infrastructure Bitcoin, un espace géopolitique : centralisation et territorialisation

Ce chapitre vise à appréhender le réseau Bitcoin en tant qu'objet d'analyse pour la géographie et la géopolitique. Comme nous l'avons vu précédemment, Bitcoin a été pensé comme un outil visant à redéfinir les rapports de pouvoir sur la monnaie, la finance et le numérique. Ses concepteurs, influencés par les idées des cypherpunks, projetaient un monde toujours plus connecté, dominé par quelques acteurs puissants et marqué par une surveillance étatique accrue. Or, bien que Bitcoin ait été conçu comme une alternative à ce système, sa trajectoire a souvent pu s'éloigner de cette ambition initiale.

En effet, l'essor de Bitcoin a engendré une multitude de projets fondés sur la blockchain, parfois aux antipodes des principes qui l'ont inspiré. Le bitcoin lui-même, conçu comme une monnaie d'échange, est aujourd'hui largement utilisé comme actif spéculatif, intégré aux logiques du capitalisme financier qu'il prétendait contourner.

Cette évolution des usages, portée par une démocratisation de l'accès au réseau, s'est accompagnée de mutations techniques majeures. Si Bitcoin était adossé à un objectif géopolitique de redistribution du pouvoir monétaire détenu par les États et les institutions financières, il a également généré de nouveaux enjeux géopolitiques, qui découlent de son usage ou de son instrumentalisation stratégique par certains acteurs. Si le Chapitre 3 est dédié à cette étude des enjeux et impacts géopolitiques du bitcoin et des cryptomonnaies, il est d'abord nécessaire de définir le réseau Bitcoin comme un objet de la géographie, condition préalable à une approche géopolitique cohérente.

Ce deuxième chapitre propose d'abord une méthodologie d'analyse du réseau Bitcoin comme espace géographique et géopolitique. Celle-ci permettra de cerner son fonctionnement technique au-delà de la vision initiale de son créateur, d'identifier les acteurs impliqués et leur champ d'action, au sein et autour du réseau Bitcoin, mais également de rendre visible sa matérialité, condition essentielle pour analyser les enjeux géopolitiques que sa puissance de calcul entraîne dans l'espace physique.

Dans un premier temps, nous appliquons une lecture géopolitique du réseau lui-même, en nous appuyant sur les travaux en études des sciences et des techniques (ou STS, *Science and Technology Studies*) qui examinent les réseaux numériques comme infrastructures sociotechniques et politiques. L'infrastructure Bitcoin, c'est-à-dire le système distribué, mais structuré, fonctionne par la mise en relation d'entités diverses et d'individus, que nous pouvons répartir dans des couches matérielles, logicielles et applicatives. Cette définition d'infrastructure numérique nous permet ensuite de penser Bitcoin comme un espace, pour reprendre la vision d'espace géographique développée dans l'introduction de cette première partie, qui naît de la mise en réseau et des interactions de toutes les entités qui composent le réseau et des individus qui l'utilisent. Dans un deuxième temps, nous considérerons Bitcoin comme un espace au sein duquel émergent des rivalités, des rapports de force et des stratégies d'acteurs, en mobilisant les outils classiques de l'analyse géopolitique pour les étudier. Cette approche permettra de saisir les articulations entre le code, les services tiers, les individus et le territoire au sein et autour du réseau.

Puis, afin de présenter une première matrice d'analyse des enjeux du minage de bitcoins, nous explorerons la matérialité de l'infrastructure Bitcoin à travers les entités physiques qui permettent son fonctionnement : disques durs, serveurs, centres de données ou puissance de calcul liée au minage, répartis à travers le monde. Cette sous-section est primordiale pour cerner les limites de localisation de ces composantes physiques et justifier la démarche que nous mobilisons dans la suite de cette thèse pour étudier le minage. Enfin, nous commencerons à conceptualiser une démarche géopolitique pour analyser le minage de cryptomonnaies, en tant qu'activité à la géographie mouvante, mais à l'ancrage territorial important, aux effets territoriaux qui sont également le fruit des usages et des évolutions des infrastructures numériques dont la puissance de calcul permet le fonctionnement.

2.1. De l'infrastructure numérique à l'espace géopolitique

« Parce que Bitcoin est à la fois un protocole, une monnaie, un logiciel, un réseau et un phénomène culturel, il peut jouer le rôle discontinu d'instrument, de méthode et d'objet de recherche ».

Pablo R. Velasco[178]

L'objectif de cette section est de définir et d'appréhender le réseau numérique Bitcoin en tant qu'espace afin de pouvoir y appliquer une démarche géopolitique. Nous considérons alors Bitcoin comme un espace numérique né de la mise en relation d'acteurs, de matériel et de protocoles informatiques divers qui « font » l'espace. Cette démarche va ensuite nous permettre de questionner le modèle de gouvernance originel de la répartition de l'autorité de Bitcoin, théoriquement équitablement distribuée entre tous les membres, au vu des transformations politiques et techniques du réseau. Cela va nous permettre de discerner des hiérarchies de pouvoir entre les nœuds ou entités dans chacune des différentes couches de l'infrastructure. Enfin, nous mettrons les résultats de ces réflexions, aussi bien sur la matérialité que sur la topologie de Bitcoin, en lien avec les concepts d'espace et de territoire pour déceler des processus de territorialisation et des stratégies d'acteurs.

2.1.1. L'infrastructure Bitcoin, un espace numérique

La matérialité de Bitcoin et des cryptomonnaies utilisant certains procédés techniques similaires, et leurs enjeux dans l'espace physique, ne peuvent être analysés et cernés qu'à la suite d'une compréhension globale du fonctionnement de ces réseaux. Si Bitcoin permet l'émission et le transfert d'une monnaie virtuelle, le bitcoin, à travers le monde entier via Internet, c'est à la faveur d'une très grande variété de composants, à la fois matériels et immatériels, comme l'information ou des règles d'usage, dont l'interaction « fait » le réseau. L'objet technique qu'est Bitcoin doit alors être mis en relation avec ses contours et caractéristiques techniques, sa couche logique, les objectifs sous-jacents, ses acteurs, utilisateurs, ou encore sa dimension matérielle.

[178] VELASCO, Pablo R., 2016. Sketching Bitcoin: Empirical Research of Digital Affordances. In : KUBITSCHKO, Sebastian et KAUN, Anne (éd.), *Innovative Methods in Media and Communication Research* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 99-122. [Consulté le 4 janvier 2022]. ISBN 978-3-319-40699-2. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-40700-5_6

A. L'infrastructure numérique Bitcoin

Comme le souligne la sociologue Madeleine Akrich, « *l'objet technique ne peut pas plus être confondu avec un dispositif matériel qu'avec l'ensemble des usages "remplis" par ce dispositif : il se définit très exactement comme le rapport construit entre ces deux termes* » [179]. Bitcoin doit ainsi être appréhendé non comme une entité purement technique ou exclusivement sociale, mais comme un système sociotechnique, résultant d'interactions complexes entre infrastructures matérielles, protocoles numériques, acteurs humains et usages. En affirmant que « *l'objet technique est la mise en forme et la mesure d'un ensemble de relations entre des éléments tout à fait hétérogènes* », l'approche d'Akrich invite à penser Bitcoin comme un réseau composite dans lequel le technique et le social se co-produisent en permanence. L'émergence de Bitcoin s'inscrit dans un contexte sociohistorique précis, et son évolution témoigne d'une pluralité d'influences, de tensions et d'ajustements entre acteurs aux intérêts parfois divergents. Dans cette perspective, l'analyse de Bitcoin, comme de tout autre objet technique selon Akrich, ne peut se réduire ni à un déterminisme technologique, ni à un seul constructivisme social : elle doit au contraire s'appuyer sur une lecture relationnelle de l'objet technique, envisagé comme produit et vecteur de rapports de pouvoir, d'idéologies et d'usages.

Au-delà de son statut d'objet technique qui engendre des relations, Bitcoin constitue une véritable infrastructure. Cette notion désigne à la fois des systèmes matériels de grande échelle indispensables à l'organisation sociale, à l'instar des routes, réseaux électriques, égouts qui composent les infrastructures que sont les villes, mais aussi des entités plus abstraites comme les protocoles humains ou informatiques comme le rappellent Bowker et al. en 2010[180]. À l'instar de toute infrastructure, qu'elle soit numérique (Star, 1999 ; Bowker et al., 2010) ou urbaine (Latour & Hermant, 1998), Bitcoin combine une part de visible et d'invisible[181]. La

[179] AKRICH, Madeleine, 2006. La description des objets techniques. In : CALLON, Michel, LATOUR, Bruno et AKRICH, Madeleine (éd.), *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs* [en ligne]. Paris : Presses des Mines. pp. 159-178. Sciences sociales. [Consulté le 6 octobre 2023]. ISBN 978-2-35671-023-9. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/pressesmines/1197

[180] BOWKER, Geoffrey C., BAKER, Karen, MILLERAND, Florence et RIBES, David, 2010. Toward Information Infrastructure Studies: Ways of Knowing in a Networked Environment. In : HUNSINGER, Jeremy, KLASTRUP, Lisbeth et ALLEN, Matthew (éd.), *International Handbook of Internet Research* [en ligne]. Dordrecht : Springer Netherlands. [Consulté le 12 octobre 2021]. ISBN 978-1-4020-9788-1. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-1-4020-9789-8

[181] STAR, Susan Leigh, 1999. The Ethnography of Instrastructure. *American Bahavioral Scientist*. décembre 1999. Vol. 43, n° 3.
BOWKER, Geoffrey C., BAKER, Karen, MILLERAND, Florence et RIBES, David, 2010. *Op. cit*.
LATOUR, Bruno et HERMANT, Emilie, 1998. *Paris ville invisible*. Paris : Le Plessis-Robinson : Empêcheurs de penser rond. ISBN 978-2-84324-057-7.

majorité des processus et entités assurant son fonctionnement restent opaques pour l'utilisateur. De la même manière qu'un individu ouvre un robinet sans percevoir l'ensemble du réseau hydraulique qui le rend fonctionnel, l'utilisateur de Bitcoin ne visualise pas nécessairement les mécanismes techniques qui sous-tendent une transaction. Lorsqu'il achète deux bitcoins via une plateforme, il peut ignorer que cette opération est inscrite sur un bloc de la blockchain, lui-même répliqué sur des milliers de copies à travers le monde, et validée par des processeurs parfois situés à des milliers de kilomètres. Penser Bitcoin comme infrastructure implique ainsi de reconnaître sa dimension hybride, à la fois matérielle et immatérielle.

Les travaux de Susan Leigh Star, pionnière d'une ethnographie de l'infrastructure numérique dès les années 1990, offrent un cadre analytique pertinent pour notre approche.[182] Pour Star, une infrastructure n'existe qu'en relation avec des usages organisés[183]. À ce titre, Bitcoin correspond pleinement à cette définition, en tant qu'ensemble sociotechnique constitué non seulement de la blockchain, mais aussi d'acteurs multiples (mineurs, développeurs, usagers, investisseurs), d'applications tierces (portefeuilles numériques, plateformes d'échange), et d'équipements informatiques physiques. L'infrastructure de Bitcoin existe donc au-delà de ses lignes de code d'origine : elle se construit à travers les pratiques, les usages, ainsi que les normes et contraintes techniques encadrant l'accès et l'interaction avec le réseau.

Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques que Susan Leigh Star attribue aux infrastructures et les met en parallèle avec les propriétés spécifiques du réseau Bitcoin. Il permet d'illustrer concrètement la pertinence d'une lecture sociotechnique de Bitcoin comme infrastructure numérique, en montrant comment ses composantes techniques, ses usages, ses normes et ses évolutions s'inscrivent dans une logique relationnelle. Cette démarche ici appliquée à Bitcoin peut l'être à n'importe quel type de réseau numérique.

[182] STAR, Susan Leigh, 1999. *Op. cit.*
[183] STAR, Susan Leigh et RUHLEDER, Karen, 1996. Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces. *INFORMATION SYSTEMS RESEARCH*. 1996. Vol. 7, n° 1, pp. 25.

L'infrastructure Bitcoin, un objet sociologique selon l'approche de Susan L. Star		
Caractéristique	**Descriptif général de Star**	**Caractéristiques de Bitcoin**
Intégration	Une infrastructure est noyée dans plusieurs autres infrastructures, arrangements sociaux et technologies. Les gens ne distinguent pas forcément les nombreux aspects coordonnés d'une infrastructure.	Le réseau Bitcoin fonctionne via et au sein du réseau Internet (web, Tor ...), est accessible via des terminaux (smartphones, ordinateurs ...), est alimenté grâce à une infrastructure électrique ...
Transparence	L'infrastructure est transparente à l'usage, dans le sens où elle ne doit pas être réinventée à chaque fois et assemblée pour chaque tâche, mais supporte ces tâches de manière invisible.	Les tâches sont automatisées grâce à un protocole sous-jacent qui permet le fonctionnement du réseau. La plupart des utilisateurs n'interagissent pas directement avec le protocole.
La portée ou l'étendue	Cela peut être spatial ou temporel - l'infrastructure a une portée qui va au-delà d'un événement unique ou d'une pratique sur un seul site.	La portée de Bitcoin est celle d'un accès Internet (peut-être complexifié si c'est depuis un territoire restrictif à l'égard du réseau).
Apprentissage dans le cadre de l'adhésion	Le caractère acquis des objets et des arrangements organisationnels est une condition sine qua non de l'appartenance à une communauté de pratique (Bowker et Star, 1999[184], Lave et Wenger, 1991[185]). Les étrangers et les outsiders rencontrent l'infrastructure comme un objet cible à connaître. Les nouveaux participants acquièrent une familiarité naturalisée avec ses objets, à mesure qu'ils deviennent membres.	Le réseau Bitcoin a un fonctionnement bien particulier, un vocabulaire propre, construits au fur et à mesure de son existence.
Liens avec les conventions d'usage	L'infrastructure façonne et est façonnée par les conventions d'une communauté de pratique (par exemple, les façons dont les cycles de travail jour-nuit sont affectés par les tarifs et les besoins en énergie électrique). Des générations de dactylographes ont appris le clavier QWERTY ; ses limites sont héritées par le clavier d'ordinateur et donc par la conception du matériel informatique d'aujourd'hui (Becker, 1982)[186].	Bitcoin est façonné par les usages monétaires traditionnels des sociétés humaines, par la spéculation ...
Application des normes	Modifiées par leur portée et souvent par des conventions contradictoires, les infrastructures ont gagné en transparence en se branchant sur d'autres infrastructures et outils de manière standardisée.	Plateformes d'échanges, KYC ...

[184] BOWKER, Geoffrey C. et STAR, Susan Leigh, 1999. *Sorting Things Out: Classification and Its Consequences* [en ligne]. The MIT Press. [Consulté le 21 juillet 2025]. ISBN 978-0-262-26907-0. Disponible à l'adresse : https://direct.mit.edu/books/book/4738/Sorting-Things-OutClassification-and-Its

[185] LAVE, Jean et WENGER, Etienne, 1991. *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge : Cambridge university press. Learning in doing. ISBN 978-0-521-42374-8.

[186] BECKER, Howard Saul, 1982. *Art worlds*. University of California Press.

Construit sur une base installée	Les infrastructures ne se développent pas de novo, elles luttent contre l'inertie de la base installée et héritent des forces et des limites de cette base. Les fibres optiques circulent le long des anciennes lignes de chemin de fer ; les nouveaux systèmes sont conçus pour une compatibilité descendante, et ne pas tenir compte de ces contraintes peut être fatal ou fausser les nouveaux processus de développement (Hanseth & Monteiro, 1996)[187].	Conflits autour des modifications/implémentations au sein du protocole Bitcoin, plusieurs visions divergentes.
Devenir visible en cas de panne	La qualité normalement invisible de l'infrastructure de travail devient visible lorsqu'elle se brise : le serveur est en panne, le pont s'écroule, il y a une panne de courant. Même s'il existe des mécanismes ou des procédures de secours, leur existence met davantage en évidence l'infrastructure désormais visible.	Les problèmes techniques sur le réseau rendent visible son fonctionnement et certains acteurs de sa maintenance (Musiani & al., 2016)[188]
L'infrastructure est réparée par incréments modulaires, et non pas d'un seul coup ou globalement	Parce que l'infrastructure est grande, stratifiée et complexe, et parce qu'elle a une signification différente au niveau local, elle n'est jamais modifiée par le haut. Le changement prend du temps et nécessite des négociations, ainsi que des ajustements avec d'autres aspects du système. Personne n'est vraiment en charge de l'infrastructure.	La place du consensus au sein de Bitcoin renforce cette propriété. Présence de négociations

Tableau 1 L'infrastructure Bitcoin, un objet sociologique selon l'approche de Susan L. Star. Hugo Estecahandy, 2022.

Cette première approche est essentielle, afin de cerner notre objet d'étude et ses composantes. Pour Susan L. Star, étudier un système d'information et négliger ses normes, ses câbles, et ses paramètres revient à passer à côté « *d'aspects tout aussi essentiels que l'esthétique, la justice et le changemen*t »[189]. Elle s'appuie sur Latour et Hermant, qui rappellent qu'analyser une ville sans tenir compte de ses égouts ou de son alimentation énergétique revient à occulter des enjeux clés de justice distributive et de planification[190]. Même s'il est impossible de réaliser une ethnographie exhaustive de Bitcoin, tant les informations sur certaines entités ou localisations restent lacunaires, cette démarche permet de mieux saisir les composants et dynamiques de cette infrastructure numérique.

[187] HANSETH, Ole, MONTEIRO, Eric et HATLING, Morten, 1996. Developing Information Infrastructure: The Tension Between Standardization and Flexibility. *Science, Technology, & Human Values* [en ligne]. octobre 1996. Vol. 21, n° 4, pp. 407-426. [Consulté le 21 juillet 2025]. DOI 10.1177/016224399602100402. Disponible à l'adresse : https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/016224399602100402

[188] MUSIANI, Francesca, COGBURN, Derrick L., DENARDIS, Laura et LEVINSON, Nanette S. (éd.), 2016. *The Turn to Infrastructure in Internet Governance* [en ligne]. New York : Palgrave Macmillan US. [Consulté le 10 août 2022]. ISBN 978-1-349-57846-7. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1057/9781137483591

[189] Ici, le terme « esthétique » renvoi à la perception sensible, à la manière dont les individus ressentent, expérimentent et interagissent avec l'infrastructure.
STAR, Susan Leigh, 1999. *Op. cit.*

[190] LATOUR, Bruno et HERMANT, Emilie, 1998. *Op. cit.*

B. Bitcoin, un espace dans le cyberespace

La compréhension du réseau Bitcoin comme infrastructure numérique invite à le situer au sein d'ensembles plus vastes et complexes : le réseau d'Internet et le cyberespace. En effet, Bitcoin ne saurait exister indépendamment de cette infrastructure globale d'interconnexion de réseaux et de machines qu'est Internet, qui permet aux données et aux protocoles de circuler à l'échelle mondiale[191]. Sans établir un parallèle excessif entre les deux, l'analyse d'Internet en tant que réseau sociotechnique reliant des milliards d'appareils, d'individus et d'organisations offre des perspectives pertinentes pour appréhender les dynamiques spatiales de Bitcoin.

Le développement massif d'Internet et la circulation exponentielle des données ont conduit à l'émergence de nouveaux concepts pour penser les transformations des pratiques sociales et politiques induites par la numérisation. C'est dans ce contexte que s'est imposée la notion de **cyberespace**. Si aucune définition unique ne fait consensus, cette notion a été mobilisée par les ingénieurs, les stratèges militaires, les gouvernements, ainsi que les chercheurs en sciences sociales, pour désigner un espace produit par l'interconnexion d'individus, de dispositifs techniques et d'informations à travers Internet[192]. La géographe Frédérick Douzet (2014) rappelle qu'il n'existe pas de définition objective ou universelle du cyberespace : chacune d'elles traduit des intérêts ou représentations spécifiques[193]. Elle en propose néanmoins une formulation opérationnelle pour la géographie et la géopolitique : le cyberespace désigne « *un espace intangible dans lequel s'opèrent des échanges déterritorialisés entre des citoyens de toutes nations, à une vitesse instantanée qui abolit toute notion de distance* »[194]. Ce cadre permet d'appréhender le cyberespace non seulement comme un lieu d'échanges ouverts, de partage et de circulation de l'information, mais également comme un espace potentiellement conflictuel, où peuvent se déployer des stratégies d'acteurs, échappant parfois aux régulations traditionnelles.

Toutefois, cette notion de cyberespace est fortement marquée par les imaginaires technophiles des années 1980, notamment la représentation biaisée d'intangibilité ou de déterritorialisation

[191] CATTARUZZA, Amaël, 2019. *Géopolitique des données numériques* [en ligne]. Le Cavalier Bleu. [Consulté le 2 novembre 2021]. ISBN 979-10-318-0348-7. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/geopolitique-des-donnees-numeriques--9791031803487.htm

[192] DESFORGES, Alix, 2014. Les représentations du cyberespace : un outil géopolitique: *Hérodote* [en ligne]. 1 juin 2014. Vol. n° 152-153, n° 1, pp. 67-81. [Consulté le 21 décembre 2021]. DOI 10.3917/her.152.0067. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2014-1-page-67.htm?ref=doi

[193] DOUZET, Frédérick, 2014. La géopolitique pour comprendre le cyberespace: *Hérodote* [en ligne]. 1 juin 2014. Vol. n° 152-153, n° 1, pp. 3-21. [Consulté le 10 janvier 2022]. DOI 10.3917/her.152.0003. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2014-1-page-3.htm?ref=doi

[194] *Ibid*.

complète de certaines dynamiques et objets avec lesquels nous prenons de la distance dans ce travail. Elle tend alors à être remplacée dans les travaux récents par la notion d'**espace numérique**, terme qui permet d'introduire une lecture plus politique et stratégique. L'usage du pluriel (espaces numériques) est en particulier pertinent, car il permet d'insister sur les spécificités culturelles, linguistiques, techniques ou politiques qui structurent certaines portions du cyberespace. Le concept de *RuNet*, par exemple, désigne la sphère russophone de l'Internet, façonnée par des pratiques, des codes et des usages propres aux populations des pays issus de l'ex-URSS, comme le montrent les travaux de Kevin Limonier[195]. Par ailleurs, la pluralisation des espaces numériques permet de rendre compte des logiques de segmentation, voire de cloisonnement, mises en œuvre par certains acteurs étatiques. Ainsi, les recherches de Limonier reviennent sur les tentatives du gouvernement russe de déconnecter ce qu'il définit comme le « RuNet » de l'Internet global afin d'en assurer un contrôle plus étroit[196]. Cette stratégie explicite d'isolement informationnel, d'appropriation et de contrôle d'une portion du réseau mondial peut être analysée comme une forme de territorialisation, c'est-à-dire comme un processus par lequel des acteurs, publics ou privés, cherchent à s'approprier, administrer ou sécuriser un espace, y compris dans sa dimension numérique[197]. Ces notions clés pour l'analyse géopolitique de réseaux numériques sont ensuite mobilisées pour Bitcoin.

C'est pour appréhender la complexité de ce cyberespace, que les chercheurs, politiques ou autres stratégistes ont commencé, et continuent, à conceptualiser un découpage visuel en « couches ». Popularisée par *The Stack* de Benjamin Bratton en 2015, mais déjà présente chez Daniel Ventre en 2012 ou Frédérick Douzet en 2014, cette approche distingue plusieurs couches ou strates du cyberespace, des infrastructures matérielles (câbles, datacenters) aux couches sémantiques et cognitives plus immatérielles[198].

---

[195] LIMONIER, Kevin, 2018. *Ru.net: géopolitique du cyberespace russophone*. Les éditions L'Inventaire. ISBN 978-2-35597-032-0.

[196] LIMONIER, Kevin, 2018. Des cyberespaces souverains ? Le cas de la Russie. In : TAILLAT, Stéphane, CATTARUZZA, Amaël et DANET, Didier, *La Cyberdéfense* [en ligne]. Armand Colin. [Consulté le 23 mars 2024]. ISBN 978-2-200-62397-5. Disponible à l'adresse : http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=1266112460D4F2A3C4D8797CF0F5ADFA

LIMONIER, Kevin, 2021. Vers un « Runet souverain » ? Perspectives et limites de la stratégie russe de contrôle de l'Internet. *EchoGéo* [en ligne]. 2021. Vol. 56. [Consulté le 21 juillet 2025]. DOI 10.4000/echogeo.21804. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/echogeo/21804

[197] RAFFESTIN, Claude, 1980. *Pour une géographie du pouvoir* [en ligne]. Lyon : ENS Éditions. [Consulté le 25 août 2022]. Bibliothèque idéale des sciences sociales. ISBN 979-10-362-0150-9. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/enseditions/7627

[198] BRATTON, Benjamin H., 2015. *The Stack: On Software and Sovereignty*. MIT Press. ISBN 978-0-262-02957-5.

VENTRE, Daniel, 2012. Le cyberespace : définitions, représentations. *Revue Défense Nationale* [en ligne]. juin 2012. pp. 33-38. [Consulté le 21 décembre 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.defnat.com/e-RDN/vue-article.php?carticle=10549

Le concept de cyberespace comme clé de lecture géopolitique du réseau Bitcoin ?		
Couche du cyberespace	**Définitions (Ventre, 2012 ; Douzet, 2014 ; Cattaruzza, 2017)**	**Équivalent infrastructure Bitcoin**
Couche matérielle	Périphériques d'accès et infrastructures physiques nécessaires au fonctionnement d'Internet (serveurs, ses câbles, *datacenters*)	Fermes de minage, processeurs, serveurs stockant les copies de la blockchain Bitcoin
Couche logique (infra logique)	Langage machine et protocole qui permettent aux ordinateurs de communiquer les uns avec les autres, et d'échanger un volume important de données. Repose sur un langage commun (protocole TCP/IP) et sur des services comme le routage, le nommage, ou l'adressage.	Protocole Bitcoin, algorithme de hachage SHA-256, restriction de la taille des blocs…
Couche des applications	Permet « à tout un chacun d'utiliser l'Internet sans rien connaître à la programmation informatique (Web, e-mail, réseaux sociaux, moteurs de recherche, etc.) » (Douzet, 2014)	Ensemble des portefeuilles numériques, mixeurs, logiciels de minage, plateformes d'échange de cryptomonnaies.
Couche sémantique (ou cognitive)	En rapport avec le contenu informationnel. En clair, l'ensemble des messages qui passent par Internet. Cette couche est donc le lieu des interactions sociales et des échanges d'informations.	L'ensemble des transactions effectuées et consultables par tout internaute.

Tableau 2 Le concept de cyberespace comme clé de lecture géopolitique du réseau Bitcoin ? Hugo Estecahandy, 2023.

Cette conceptualisation permet de rendre visibles les structures techniques qui sous-tendent les communications numériques mondiales, tout en identifiant les formes de pouvoir qui s'y exercent[199]. Elle donne ainsi une dimension géopolitique concrète au cyberespace, en permettant de visualiser ses ancrages dans l'espace physique et des enjeux de contrôle. Mobiliser cette grille de lecture est particulièrement pertinent pour penser Bitcoin comme un espace numérique structuré en couches, physiques, logicielles et applicatives.

DOUZET, Frédérick, 2014. La géopolitique pour comprendre le cyberespace: *Hérodote* [en ligne]. 1 juin 2014. Vol. n° 152-153, n° 1, pp. 3-21. [Consulté le 10 janvier 2022]. DOI 10.3917/her.152.0003. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2014-1-page-3.htm?ref=doi

[199] CATTARUZZA, Amaël, 2017. *Géopolitique des données. Pour une approche critique de la datafication du monde*. Université de Grenoble-Alpes : Université de Grenoble-Alpes.

Ainsi, nous pouvons commencer à conceptualiser une première visualisation cartographique, bien que schématique, de l'infrastructure Bitcoin. La carte suivante (Carte 2) modélise ainsi le parcours d'une information de transaction au sein de l'infrastructure Bitcoin.

En partant de l'hypothèse que l'expéditeur utilise une plateforme d'échange, méthode qui représente environ 75 % des transactions d'après Makarov et Schoar (2021), la transaction est initiée depuis ce service (Étape 1, sur la Carte 2), puis transmise à un ou plusieurs nœuds du réseau que la plateforme héberge (Étape 2)[200]. Ces nœuds soumettent la transaction au protocole, qui l'intègre dans un bloc en attente de validation (Étape 3).

Les fermes de minage, souvent localisées dans des zones à électricité bon marché et au climat adapté, valident la transaction en recalculant l'intégralité de la blockchain tout en calculant le nonce (Étape 4).

Leurs résultats sont ensuite envoyés à leur *pool* de minage respectif. Les *pools*, décrits dans la sous-section suivante, qui mutualisent la puissance de calcul des mineurs, augmentent les chances de valider un bloc[201]. Le *pool* gagnant soumet les résultats au protocole Bitcoin (Étape 5) et reçoit une récompense que ses membres se partagent. Le nouveau bloc est ensuite validé et diffusé à l'ensemble des nœuds du réseau (Étapes 6 et 7).

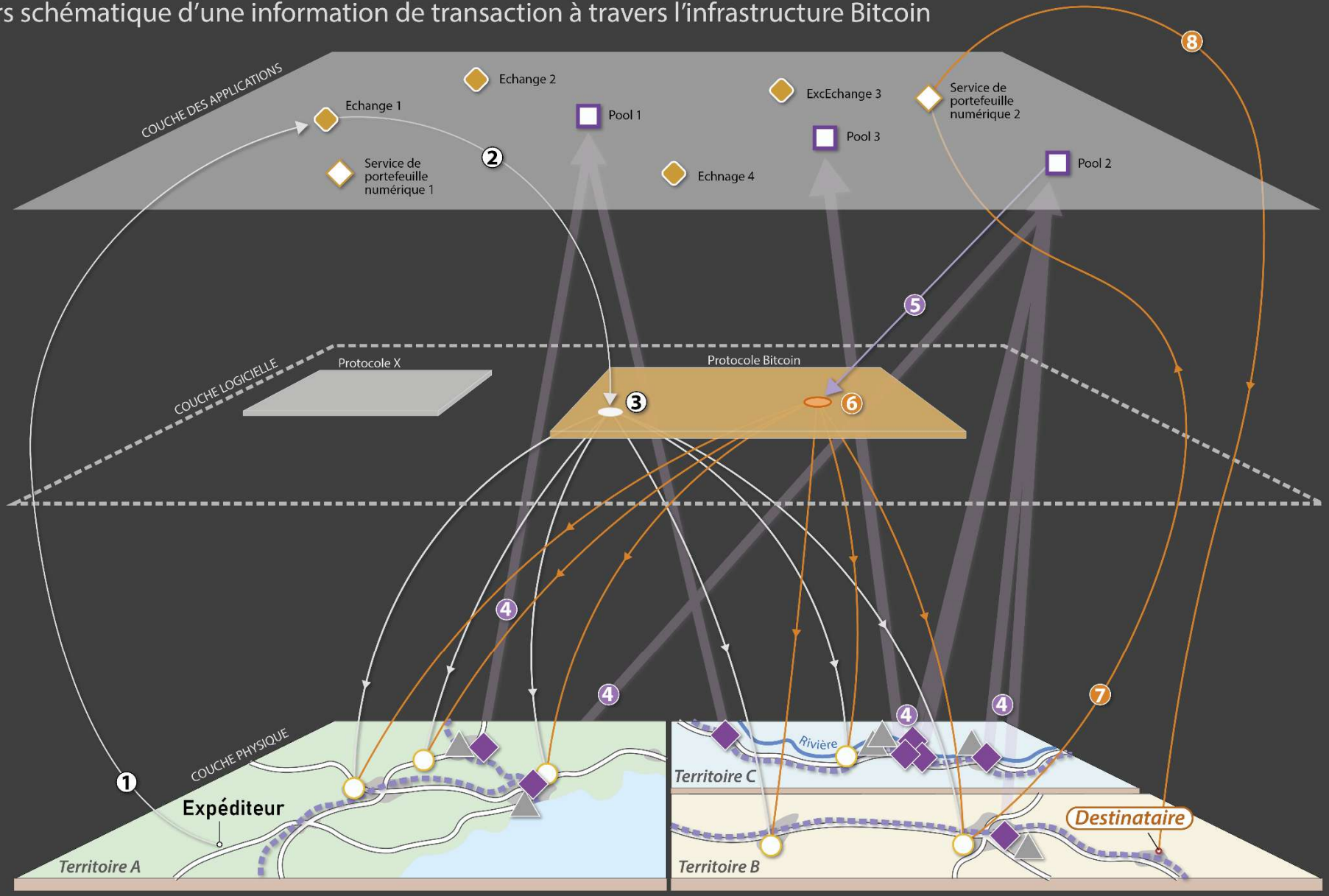
L'information devient enfin accessible au destinataire via le service utilisé pour gérer ses cryptomonnaies (Étape 8). Ce schéma rend visible une partie de l'infrastructure technique souvent invisible, dans l'esprit de l'approche de Latour et Hermant sur les réseaux urbains, tout en illustrant certaines dynamiques de centralisation à différentes strates[202].

[200] MAKAROV, Igor et SCHOAR, Antoinette, 2021. *Blockchain Analysis of the Bitcoin Market* [en ligne]. SSRN Scholarly Paper. 13 octobre 2021. Rochester, NY. 3942181. [Consulté le 4 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://papers.ssrn.com/abstract=3942181

[201] DE FILIPPI, Primavera et WRIGHT, Aaron, 2018. *Blockchain and the law: the rule of code*. Cambridge, Massachusetts : Harvard University Press. ISBN 978-0-674-97642-9.
QA76.9.D32 D44 2018

[202] LATOUR, Bruno et HERMANT, Emilie, 1998. *Paris ville invisible*. Paris : Le Plessis-Robinson : Empécheurs de penser rond. ISBN 978-2-84324-057-7.

Parcours schématique d'une information de transaction à travers l'infrastructure Bitcoin



Hugo Estecahandy, Institut Français de Géopolitiuqe, 2023

Carte 2

Une infrastructure numérique multi-dimensionnelle complexe...

1. L'envoyeur initie la transaction à travers son compte sur une plateforme d'échange
2. L'information est envoyée de la plateforme au protocole Bitcoin
3. Les informations de nouvelle transactions sont est envoyées du protocole aux copies de la blockchain
4. Les mineurs réunissent leur puissance de calcul à travers un pool de minage
5. Le premier pool de minage à valider les nouvelles transactions envoie le résultat au protocole Bitcoin
6. L'information des transactions validées est envoyée sur les copies de la blockchain
7. L'information de la transaction est disponible sur le portefeuille numérique du destinataire
8. Le destinataire peut opérer les cryptomonnaies reçues à travers sont compte

...fortement ancrée dans l'espace physique

- Noeud Bitcoin
- Minage numérique
- Centrale électrique
- Fibre optique

Territoire 1: climat tempéré dans un pays développé

Territoire 2: climat froid et sec dans un pays émergent

Territoire 3: climat chaud et humide dans un pays émergent

Cette première approche de Bitcoin nous a permis de mieux cerner l'objet technique dans sa dimension infrastructurelle et spatiale. Si une cartographie exhaustive de ses composantes est bien évidemment impossible, cette cartographie schématique couplée aux concepts d'infrastructure numérique et de cyberespace offre des clés d'analyse pour comprendre la distribution du pouvoir à travers ces couches. Cette perspective nous permet également de visualiser la dimension matérielle du réseau de Bitcoin à travers ses composants physiques, et d'envisager son ancrage territorial comme point d'entrée vers une analyse géopolitique du minage numérique.

2.1.2 Concentration des pouvoirs, centralisation des flux et stratégies d'acteurs dans l'espace Bitcoin

L'évolution de Bitcoin a entraîné une multiplication et une diversification des composantes de ce que nous avons défini comme une infrastructure numérique, puis comme un espace. Ces modifications n'ont pas seulement changé l'architecture technique de l'infrastructure Bitcoin, mais également la distribution de l'autorité en son sein, que sa configuration initiale devait soutenir. Cela a amené à des phénomènes de centralisation des pouvoirs, au sein d'un réseau principalement pensé autour du concept de décentralisation.

A. D'importants phénomènes de centralisation des pouvoirs perceptibles au sein des différentes couches de Bitcoin

Conçu selon des principes de consensus distribué et de décentralisation de l'autorité, Bitcoin n'a pourtant pas échappé à l'émergence de nouvelles formes de gouvernance et à une centralisation progressive de certains pouvoirs. L'idée d'une monnaie « apolitique » ou sans contrôle centralisé a d'ailleurs été rapidement remise en question[203]. Kostakis et Bauwens (2014) critiquent la vision selon laquelle Bitcoin serait un code « *libre de toute contrainte institutionnelle* », soulignant qu'un tel fonctionnement reproduit la logique des monnaies traditionnelles[204]. En reprenant la formule de Lessig (2006) « *code is law* », ils rappellent que

[203] VAROUFAKIS, Yanis, 2013. Bitcoin and the dangerous fantasy of 'apolitical' money. *Yanis Varoufakis* [en ligne]. 22 avril 2013. [Consulté le 4 janvier 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.yanisvaroufakis.eu/2013/04/22/bitcoin-and-the-dangerous-fantasy-of-apolitical-money/

[204] KOSTAKIS, Vasilis et BAUWENS, Michel, 2014. *Network Society and Future Scenarios for a Collaborative Economy* [en ligne]. London : Palgrave Macmillan UK. [Consulté le 4 janvier 2022]. ISBN 978-1-349-49049-3. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1057/9781137406897

le pouvoir réside dans les règles programmées du protocole, qui s'imposent aux utilisateurs[205]. Or, comme le souligne Lessig lui-même, ce code est écrit par des individus, ce qui signifie que le véritable pouvoir est exercé par ceux qui le conçoivent et le maintiennent.

Au-delà de cette critique théorique, des phénomènes concrets de concentration du pouvoir sont observables dans la couche logicielle du réseau. L'analyse de certaines crises de gouvernance met en évidence l'existence de hiérarchies au sein d'un système pourtant conçu comme distribué. Musiani, Mallard et Méadel (2018), en mobilisant la sociologie des controverses, examinent un incident technique de 2013 qui nécessita le retour à une version antérieure du logiciel[206]. Leur étude montre que les décisions critiques sont prises par une minorité dotée d'une influence technique et politique disproportionnée, révélant des nœuds de pouvoir dans l'infrastructure. Dans une autre étude, De Filippi et Loveluck (2016) s'intéressent au débat sur l'augmentation de la taille des blocs en 2015, entre ceux souhaitant accroître la capacité du réseau et les défenseurs d'un Bitcoin fidèle à la vision de Nakamoto[207]. Ce conflit, qualifié de « guerre civile » par un développeur, donna lieu à des divisions profondes (attaques DDoS, exclusions de forums) et aboutit à la création d'un *fork*, Bitcoin XT, aujourd'hui disparu[208]. Cette crise illustre à la fois l'importance du consensus et sa difficulté, tout en soulignant une hiérarchie implicite des contributeurs, sans que le fonctionnement du réseau en ait été durablement affecté.

Parallèlement à cette centralisation dans la gouvernance, une forte concentration des richesses est observable. Kostakis et Bauwens évoquent dès 2014 l'existence d'une « aristocratie de Bitcoin », composée d'individus ayant acquis de grandes quantités de bitcoins au début du

[205] LESSIG, Lawrence, 2006. *Code*. Version 2.0. New York : Basic Books. ISBN 978-0-465-03914-2. K564.C6 L47 2006

[206] « Gouverner ce qui n'est pas censé être gouverné »
MUSIANI, Francesca, MALLARD, Alexandre et MÉADEL, Cécile, 2018. Governing what wasn't meant to be governed. A controversy-based approach to the study of Bitcoin governance. In : CAMPBELL-VERDUYN, Malcolm, *Bitcoin and beyond: cryptocurrencies, blockchains and global governance*. London ; New York : Routledge, Taylor & Francis Group. RIPE series in global political economy. ISBN 978-0-415-79214-1.HG1710 .B545 2018

[207] DE FILIPPI, Primavera et LOVELUCK, Benjamin, 2016. The invisible politics of Bitcoin: governance crisis of a decentralised infrastructure. *Internet Policy Review* [en ligne]. 30 septembre 2016. Vol. 5, n° 3. [Consulté le 17 décembre 2021]. DOI 10.14763/2016.3.427. Disponible à l'adresse : https://policyreview.info/node/427

[208] HEARN, Mike, 2016. The resolution of the Bitcoin experiment. *Medium* [en ligne]. 22 janvier 2016. [Consulté le 4 janvier 2022]. Disponible à l'adresse : https://blog.plan99.net/the-resolution-of-the-bitcoin-experiment-dabb30201f7

projet, lorsque ceux-ci étaient peu coûteux[209]. Leur valeur ayant explosé (+ 868 000 % entre 2012 et 2022), un petit nombre d'adresses (environ un millier) détiendraient près de 35 % des bitcoins en circulation. Les plateformes d'échange, qui centralisent les avoirs de leurs clients, participent à cette concentration, tout comme les fonds d'investissement entrés sur le marché à partir de 2016. La généralisation des plateformes centralisées, dépositaires des clés de chiffrement des utilisateurs, accentue encore ce phénomène.

Enfin, la centralisation touche également les modes d'organisation des moyens de production. La compétition accrue entre les mineurs a favorisé l'émergence de « *pools* » de minage, structures coopératives permettant de mutualiser les ressources et de répartir les récompenses de manière plus régulière. Toutefois, cette centralisation pose des questions en termes de concentration des pouvoirs.

À elle seule, la structure Foundry concentre près de 36 % de la puissance de calcul mondiale en 2025[210]. Si ce phénomène suscite des craintes relatives à la censure potentielle des transactions, des contrepoids techniques existent, comme la possibilité pour les mineurs de changer de *pool* ou l'adoption progressive du protocole Stratum V2, qui améliore la décentralisation des décisions relatives aux blocs à miner.

L'augmentation de la valeur du bitcoin et des cryptomonnaies a donc rendu leur minage particulièrement lucratif, incitant les mineurs à se regrouper en *pools* pour mutualiser leur puissance de calcul et maximiser leurs gains[211]. Si ces *pools* sont techniquement distribués, leur gouvernance interne et leur poids économique traduisent une forme de concentration.

B. Une fragilisation de l'infrastructure et une augmentation des risques induites par une centralisation des flux

Nous allons nous concentrer sur un phénomène de centralisation bien spécifique, au sein de l'espace Bitcoin et plus particulièrement de sa couche des applications, induit par la

[209] KOSTAKIS, Vasilis et BAUWENS, Michel, 2014. *Op. cit.*
[210] NEUMUELLER, Alexander, PIETERS, Gina, MOHADDES, Kamiar, ROUSSEAU, Valentin et ZHANG, Bryan, 2025. *Cambridge Digital Mining Industry Report. Global Operations, Sentiment, and Energy Use* [en ligne]. Cambridge Centre for Alternative Finance. [Consulté le 30 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.jbs.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2025/04/2025-04-cambridge-digital-mining-industry-report.pdf
[211] ROMITI, Matteo, JUDMAYER, Aljosha, ZAMYATIN, Alexei et HASLHOFER, Bernhard, 2019. A Deep Dive into Bitcoin Mining Pools: An Empirical Analysis of Mining Shares. *arXiv:1905.05999 [cs]* [en ligne]. 15 mai 2019. [Consulté le 1 avril 2021]. Disponible à l'adresse : http://arxiv.org/abs/1905.05999

massification du recours aux services tiers par les utilisateurs pour interagir avec leurs cryptomonnaies. Si les internautes peuvent encore interagir directement avec la blockchain via un logiciel pair à pair comme Bitcoin Core (développé par Satoshi Nakamoto) pour créer des transactions, miner ou héberger une copie du registre, ces usages sont devenus marginaux. La majorité des utilisateurs recourent désormais à des plateformes d'échange, à l'instar de Mt. Gox déjà évoquée dans le chapitre précédent, ou à des portefeuilles numériques qui permettent d'accéder plus simplement et rapidement aux cryptomonnaies, notamment depuis un *smartphone*. Le développement de ces services a accompagné la croissance de la demande, d'abord lors de l'adoption du bitcoin sur les premières plateformes marchandes au début des années 2010, puis avec sa montée en tant qu'actif spéculatif.

Connectées aux blockchains de Bitcoin et de la plupart des cryptomonnaies, les plateformes d'échange permettent l'achat et la vente de monnaies numériques, sans que les utilisateurs ne détiennent pour autant leurs clés privées. En août 2023, plus de 230 plateformes d'échange centralisées (CEx) étaient recensées[212]. Celles-ci sont généralement gérées par des entreprises privées détenant les clés des portefeuilles clients. À cela s'ajoutent plus de 400 plateformes décentralisées (DEx) reposant sur des contrats intelligents, principalement sur Ethereum, qui permettent uniquement des échanges entre cryptomonnaies, sans intégration directe de monnaies fiduciaires[213]. L'achat de cryptomonnaies via des dollars ou des euros reste donc largement dominé par des plateformes centralisées. Alternatives plus accessibles que le logiciel natif, elles concentraient près de 75 % des transactions en bitcoins en 2021[214]. Elles constituent toutefois des points de vulnérabilité majeurs, que ce soit en ce qui concerne l'anonymat des utilisateurs de Bitcoin ou la sécurité de leurs cryptomonnaies.

Soumises aux législations des juridictions où elles sont enregistrées et opèrent, les plateformes d'échange appliquent généralement des politiques *KYC* (« *Know Your Customer* »), imposant la vérification d'identité des utilisateurs. Cela facilite l'attribution d'une transaction à une personne identifiée, réduisant l'anonymat promis par la technologie blockchain. Le terme de

[212] Top Cryptocurrency Exchanges Ranked By Volume. *CoinMarketCap* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://coinmarketcap.com/rankings/exchanges/

[213] Top Cryptocurrency Decentralized Exchanges Ranked | CoinMarketCap. *CoinMarketCap* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://coinmarketcap.com/rankings/exchanges/dex/
DE FILIPPI, Primavera et WRIGHT, Aaron, 2018. *Blockchain and the law: the rule of code*. Cambridge, Massachusetts : Harvard University Press. ISBN 978-0-674-97642-9.

[214] MAKAROV, Igor et SCHOAR, Antoinette, 2021. *Blockchain Analysis of the Bitcoin Market* [en ligne]. SSRN Scholarly Paper. 13 octobre 2021. Rochester, NY. 3942181. [Consulté le 4 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://papers.ssrn.com/abstract=3942181

pseudonymat est d'ailleurs aujourd'hui préféré à celui d'anonymat pour désigner les transactions en bitcoins. En centralisant une grande part des flux, ces plateformes permettent également aux régulateurs et aux forces de l'ordre de mener des enquêtes plus efficacement. Des outils spécialisés ont été développés pour automatiser le traçage des transactions[215]. Ce type de logiciel permet de suivre une transaction en bitcoins, même lorsqu'elle passe à travers des schémas complexes de mixage, et aux forces de l'ordre qui l'utilisent de solliciter la plateforme concernée pour identifier l'utilisateur associé à une adresse repérée.

Avec leurs interfaces intuitives, les plateformes d'échange ont facilité la démocratisation des cryptomonnaies. Certaines, comme Binance, leader mondial en 2023 avec plus de 11 millions de visites hebdomadaires et un volume quotidien de 5,2 milliards de dollars en échanges comptants, proposent désormais une large gamme d'outils financiers[216]. La faillite de FTX en novembre 2022 a constitué une rupture majeure. Deuxième plus grande plateforme d'échange mondiale, FTX, dirigée par Sam Bankman-Fried, utilisait les fonds de ses clients pour spéculer via sa société sœur Alameda Research[217]. L'effondrement soudain de la plateforme, alors valorisée à 32 milliards de dollars, a causé la perte d'environ 8 milliards de dollars pour plus d'un million d'utilisateurs et provoqué une crise de confiance durable dans l'ensemble du secteur, particulièrement envers les plateformes centralisées désormais sommées de prouver leur solvabilité.

La multiplication des projets blockchain, l'essor des services tiers facilitant l'interaction avec ces technologies, la concentration de capitaux dans certaines structures comme les plateformes d'échange et la rapidité d'évolution de l'écosystème ont exposé les internautes concernés à de nombreux risques sécuritaires. L'effondrement de Mt. Gox suite à un *hack* en 2014, qui représentait alors près de 70 % du volume mondial de transactions en bitcoins, a marqué le

[215] En 2021, j'ai été formé à l'un des plus puissants d'entre eux : Reactor, développé par Chainalysis et utilisé notamment par le FBI et Europol.

[216] Total de la valeur de tous les échanges à terme réalisés via la plateforme en lors des 24 dernières heures rapporté en dollars états-uniens. Chiffres au 14 août 2023 selon Coin Market Cap : https://coinmarketcap.com/rankings/exchanges/
Nous utilisons ici le terme d'échange comptant pour mentionner le « spot », une méthode d'échange qui implique d'acheter ou de vendre une cryptomonnaies au prix afficher par la bourse d'échange utilisée. Cette méthode diffère de l'échange « à terme », également dénommé « futures trading » ou « marging trading », qui permet de planifier une opération financière selon certains paramètres : par exemple, acheter automatiquement une cryptomonnaies lorsque la valeur de celle-ci dépasse un montant préétabli afin de s'assurer de réaliser une plus-value. Pour plus d'information, voir : https://crypto.com/university/fr/crypto-spot-vs-margin-trading

[217] BERWICK, Angus, WILSON, Tom, BERWICK, Angus et WILSON, Tom, 2022. Exclusive: Behind FTX's fall, battling billionaires and a failed bid to save crypto. *Reuters* [en ligne]. 10 novembre 2022. [Consulté le 20 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.reuters.com/technology/exclusive-behind-ftxs-fall-battling-billionaires-failed-bid-save-crypto-2022-11-10/

début d'une série de piratages majeurs. Parmi les plus notables figurent ceux de Coincheck (534 millions de dollars (M$) en 2018), BitGrail (147 M$ la même année), KuCoin (218 M$ en 2020), Poly Network (610 M$ en 2021) ou encore Ronin, dont le piratage a entraîné la perte de 615 M$ en mars 2022[218]. Ces attaques ciblent principalement les plateformes d'échange, devenues les points de passage quasi obligé pour la majorité des utilisateurs de Bitcoin et de la plupart des réseaux de cryptomonnaies.

Ces failles et risques techniques s'accompagnent de pratiques frauduleuses, comme les « *exit scams* », où des dirigeants de plateformes ou d'ICO disparaissent avec les fonds levés. Le cas emblématique reste celui de Thodex, dont le fondateur s'est volatilisé avec 2 milliards de dollars de dépôts[219]. D'autres arnaques prennent la forme de schémas pyramidaux, tels que BitConnect en 2018, qui promettaient des rendements faramineux en échange du recrutement de nouveaux investisseurs[220]. Le rôle des influenceurs dans la promotion de ces projets frauduleux a renforcé leur impact, tout comme l'instrumentalisation de personnalités publiques[221]. L'un des cas les plus marquants est le piratage de Twitter en 2020 : des comptes officiels, dont ceux d'Elon Musk et de Joe Biden, sont détournés pour diffuser des messages incitant à envoyer des bitcoins à une adresse en promettant un retour doublé. Plus de 800 000 dollars y ont été transférés par un millier d'internautes[222].

Les défaillances du secteur sont documentées sur le site critique *Web3 is Going Just Great*, tenu par la chercheuse Molly White, qui recense les pertes liées aux piratages, arnaques ou mauvaises gestions[223]. En août 2023, ces pertes cumulées atteignaient 67,7 milliards de dollars.

---

[218] TRAUGOTT, Philipp, 2022. Biggest Hacks and Leaks in the Crypto Industry. *CaptainAltcoin* [en ligne]. 5 janvier 2022. [Consulté le 5 janvier 2022]. Disponible à l'adresse : https://captainaltcoin.com/biggest-hacks-and-leaks-in-the-crypto-industry/

[219] 2023. Thodex cryptocurrency boss jailed for 11,196 years in Turkey for fraud. *BBC* [en ligne]. [Consulté le 20 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.bbc.com/news/world-europe-66752785

[220] DURAND, Corentin, 2018. BitConnect, la blockchain de Ponzi : enquête sur une escroquerie à l'heure des influenceurs. *Numerama* [en ligne]. 18 janvier 2018. [Consulté le 20 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.numerama.com/business/322688-bitconnect-enquete-sur-une-escroquerie-a-lheure-des-influenceurs-et-des-cryptomonnaies.html

[221] *Ibid*.

[222] STATT, Nick, 2020. Twitter's massive attack: What we know after Apple, Biden, Obama, Musk, and others tweeted a bitcoin scam. *The Verge* [en ligne]. 15 juillet 2020. [Consulté le 20 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.theverge.com/2020/7/15/21326200/elon-musk-bill-gates-twitter-hack-bitcoin-scam-compromised

CLAYTON, Abené, 2023. Twitter hack: UK man pleads guilty to hijacking accounts including of Joe Biden and Elon Musk. *The Guardian* [en ligne]. 10 mai 2023. [Consulté le 20 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.theguardian.com/technology/2023/may/10/twitter-hack-uk-man-pleads-guilty-to-hijacking-accounts-including-of-joe-biden-and-elon-musk

[223] https://web3isgoinggreat.com/

L'émergence et la multiplication des plateformes d'échange de cryptomonnaies ont entraîné une massification des utilisateurs et donc de cibles potentielles d'arnaques ou d'attaques. En remettant les clés privées des cryptomonnaies qu'ils sont censés détenir à ces services tiers, les utilisateurs en perdent également le contrôle total, ce que Bitcoin devait originellement offrir à ses membres. Ainsi, leurs cryptomonnaies, concentrées sur des plateformes centralisées, peuvent disparaître suite à une cyberattaque, une faille technique ou une mauvaise gestion de la part du service utilisé. Le retour de l'intermédiation avec ces plateformes signe également l'émergence d'acteurs puissants au sein du réseau Bitcoin, puisqu'elles se constituent un important pouvoir en centralisant la valeur et l'information.

C. Stratégies d'acteurs et processus de territorialisation dans la couche des applications de Bitcoin

La concentration croissante des flux et pouvoirs (économiques, politiques) dans certaines couches de Bitcoin pose la question de potentielles stratégies d'appropriation et donc de territorialisation de ces espaces. Les plateformes d'échange qui concentrent 75 % des transactions en bitcoins, et donc captent la très grande majorité des flux de connexion et contrôlent l'accès à Bitcoin pour une majorité d'utilisateurs deviennent ainsi des acteurs clés, qui peuvent être considérés comme territorialement dominants sur cette couche de l'infrastructure. Cette domination est le fruit de stratégies de **territorialisation** de cette couche, de cet espace numérique.

Claude Raffestin définit le territoire comme un espace approprié par un acteur, au travers d'un processus de territorialisation, c'est-à-dire la transformation d'un espace donné et « neutre » en un espace organisé et contrôlé par l'exercice de son pouvoir[224]. Pour Raffestin, le pouvoir, d'une part, « *ne se possède pas, mais s'exerce* » et, d'autre part, « *se manifeste à l'occasion d'une relation [où] se font face ou s'affrontent deux pôles* ». Selon lui, le champ de ce pouvoir exercé par un acteur sur un espace, et donc le processus de territorialisation qu'il opère, se matérialise à travers la mobilisation de deux ressources que sont l' « énergie », au sens large de sa capacité d'agir ou de transformer, et l' « information », comprenant les savoirs, la surveillance ou encore la communication. Cette approche relationnelle du pouvoir, résultat d'interactions entre acteurs

[224] RAFFESTIN, Claude, 1980. *Pour une géographie du pouvoir* [en ligne]. Lyon : ENS Éditions. [Consulté le 25 août 2022]. Bibliothèque idéale des sciences sociales. ISBN 979-10-362-0150-9. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/enseditions/7627

autour de la maîtrise de l'énergie et de l'information, permet d'analyser le territoire comme une construction politique et sociale qui découle d'une vision et d'une intentionnalité stratégiques. En ce sens, territorialiser, c'est inscrire son pouvoir dans un espace, y établir des règles, des limites, des usages, et ainsi en faire un instrument de domination ou de contrôle.

En centralisant et en contrôlant les accès à un réseau décentralisé comme Bitcoin, les plateformes d'échange canalisent ce que Raffestin qualifierait d' « énergie », les flux financiers ou encore les transactions, tout en détenant l'« information », principalement les identités réelles des individus derrière des adresses de portefeuilles de cryptomonnaies. Ainsi se manifeste le pouvoir des plateformes d'échange sur la couche, l'espace, des applications de Bitcoin. Ce pouvoir est exercé sur les individus qui interagissent avec le réseau Bitcoin, leurs usages des cryptomonnaies et les modalités de leurs transactions étant contraints par les décisions des plateformes, mais également sur les régulateurs. En détenant les informations relatives aux identités réelles de leurs utilisateurs via leurs politiques de *KYC*, ces plateformes se sont rendues indispensables pour les gouvernements et leurs forces de l'ordre, qui doivent composer avec ces dernières afin d'exercer leur propre pouvoir, que ce soit pour calculer et lever l'impôt lorsque les possessions en cryptomonnaies de leurs citoyens y sont sujettes, ou pour l'aboutissement d'une enquête de police.

Pour pousser la réflexion sur le processus de territorialisation de l'espace des applications de Bitcoin et de nombreux autres réseaux de cryptomonnaies par les plateformes d'échange, nous mettons en parallèle leur modèle d'exercice du pouvoir avec celui des « organisations humaines » défini par Stourdzé (voir Tableau 3) en 1973 qui leur permet, selon Raffestin, d'appliquer un processus de territorialisation[225]. Selon Stourdzé, ces organisations « *canalisent, endiguent, contrôlent et domestiquent les forces sociales* », autant d'actions (ou stratégies) qui se rapprochent grandement de celles des plateformes d'échange au sein de Bitcoin, où les « forces sociales » sont les utilisateurs.

[225] STOURDZÉ, Yves, 1973. *Organisation, anti-organisation*. Paris : Sens & Tonka. ISBN 978-2-84534-254-5. RAFFESTIN, Claude, 1980. *Op. cit.*

Le modèle d'exercice du pouvoir et de territorialisation des plateformes d'échange au sein de 'espace Bitcoin par le prisme de la sociologie des organisations de Stourdzé		
Actions des organisations	Organisations (Stourdzé, 1973)	Plateformes d'échange
Elles canalisent	Elles obligent à emprunter des lignes de fonction déterminées qu'il s'agisse de l'espace concret, géographique ou de l'espace abstrait social.	L'utilisateur est limité à l'utilisation permise par la plateforme. Par exemple, il ne peut qu'acheter et vendre des cryptomonnaies disponibles sur le service. Elles peuvent mettre en place un minimum sur le montant à retirer.
Elles endiguent	Elles ont tout ou cherchent à avoir tout sous le regard, elles réalisent un « espace de visibilité où le pouvoir voit sans être vu » (Glucksmann, 1974). C'est l'instauration d'une technologie politique que Foucault désigne pour le « panoptisme ».	Les plateformes mettent en place des politiques de KYC (Know your customer). Elles demandent aux utilisateurs de prouver leur identité, peuvent connaître les adresses d'envoi et de réception de fonds…
Elles contrôlent	c'est-à-dire qu'elles jouent sur les disjonctions pour isoler et maîtriser	En étant réellement propriétaire des clés de chiffrement des adresses de leurs clients, les plateformes peuvent, au besoin, bloquer des fonds.
Elles domestiquent	C'est enserré dans un réseau, dans un maillage dont toutes les parties sont sous le regard.	Les plateformes domestiquent leurs utilisateurs dans le sens où, dès le moment où ils utilisent ce service, ils sont contraints d'interagir avec les cryptomonnaies selon les limites et règles préétablies par la plateforme, qui jouit d'une connaissance et d'un contrôle total sur leurs actions.

Tableau 3. Hugo Estecahandy, 2023.

Ainsi, en domestiquant les usages et usagers de Bitcoin, les plateformes s'approprient une part de son espace numérique, consolidant leur pouvoir à la fois dans l'infrastructure et vis-à-vis des États.

Un exemple emblématique est celui de Binance, fondée à Hong Kong en 2017 et aujourd'hui enregistrée aux îles Caïmans. Devenue en moins d'un an la première plateforme d'échange de cryptomonnaies, cette ascension fulgurante a suscité des soupçons sur une possible implication des autorités chinoises, une hypothèse régulièrement démentie par son fondateur[226]. Néanmoins, Binance semble avoir acquis une capacité de négociation significative avec certains États, comme en témoigne son positionnement en France. Malgré une posture

[226] 2022. Who Is Guangying Chen, and Is Binance a "Chinese Company"? *Binance Blog* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.binance.com/en/blog/from-our-ceo/2386330931319516973

longtemps réticente vis-à-vis des cryptomonnaies, le gouvernement français a accueilli en 2021 le PDG Changpeng « CZ » Zhao, alors que Binance n'était pas encore régulée dans le pays. À l'issue de cette rencontre avec le secrétaire d'État au Numérique Cédric O, Binance annonçait un investissement de 100 millions d'euros dans un écosystème français de recherche sur les cryptomonnaies. En 2022, elle devient la première plateforme à obtenir une approbation officielle des autorités françaises, suscitant par la suite de vives critiques, notamment concernant son rôle dans la formation de jeunes Français à des fins de prospection commerciale[227]. Une stratégie similaire a été observée au Kazakhstan puis au Kirghizstan, où Binance a aussi cultivé un rapprochement avec les autorités (voir Chapitre 6).

Cependant, cette proximité avec certains États a montré ses limites en 2023. Accusée par la Securities and Exchange Commission (SEC) d'avoir facilité le blanchiment d'argent et manipulé la volatilité de certains actifs, Binance a été contrainte de payer 4,3 milliards de dollars aux autorités états-uniennes. CZ a par ailleurs démissionné en novembre 2023. Cette action judiciaire pourrait traduire une volonté des États-Unis de contenir l'expansion de Binance et son pouvoir croissant sur l'écosystème des cryptomonnaies. Ce pouvoir s'est aussi exprimé dans sa stratégie à l'égard d'autres plateformes, comme l'a illustré l'affaire FTX. Binance avait d'abord largement investi dans FTX, contribuant à sa croissance rapide, avant de provoquer sa chute en révélant son insolvabilité par le retrait soudain de ses fonds. Ainsi, Binance a successivement participé à l'essor puis à l'effondrement d'un concurrent direct, consolidant sa propre position sur le marché. Binance incarne ainsi les luttes de pouvoir à l'œuvre dans la couche des applications de Bitcoin. Sur cette couche, cet espace que la plateforme essaie de territorialiser, se jouent les conflits stratégiques entre États, cherchant à restaurer leur contrôle sur les flux financiers, et plateformes centralisées, qui tentent de monopoliser les canaux d'accès aux cryptomonnaies pour accroître leur pouvoir politico-économique.

Les déboires de Binance avec les régulateurs étasuniens ont entraîné un changement stratégique majeur de la part des plateformes, qui s'engagent proactivement auprès des institutions politiques et dans leur transformation. Après avoir été confrontées au scepticisme institutionnel,

[227] QUINIO, Akila, 2023. Inside France's courtship of Binance. *Financial Times* [en ligne]. 5 décembre 2023. [Consulté le 8 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.ft.com/content/47fe6542-d000-4051-86d9-feb0055697da

elles visent désormais à obtenir une légitimité et un cadre réglementaire favorable[228]. Ce virage est marqué par des dépenses politiques massives, avec des centaines de millions de dollars injectés via des super PACs et des efforts de lobbying intenses aux États-Unis[229]. Des plateformes comme Coinbase, le plus grand échange de cryptomonnaies aux États-Unis, ont recruté des stratèges politiques de haut niveau issus des deux partis politiques étatsuniens, comme David Plouffe, ancien conseiller de Barack Obama et Kamala Harris, et Chris LaCivita, ancien co-directeur de campagne de Donald Trump, afin d'influencer la législation et de positionner les détenteurs de cryptomonnaies comme une nouvelle catégorie d'électeurs indécis[230]. L'objectif principal est d'obtenir des cadres réglementaires « légers » pour les actifs numériques, favorisant leur intégration dans l'infrastructure financière existante. Ces efforts ont déjà porté leurs fruits avec des succès législatifs bipartisans, notamment l'avancement d'une législation sur les *stablecoins* au Sénat et l'annulation de certaines exigences fiscales de l'ère Biden.

En somme, l'analyse de la couche des applications de Bitcoin révèle que, loin de constituer un espace purement décentralisé et apolitique, l'infrastructure, et par extension l'écosystème des cryptomonnaies, s'est progressivement structurée autour de nouveaux centres de pouvoir, portés par des acteurs privés et soumis à des logiques étatiques. Les plateformes d'échange, en particulier, incarnent une forme de recentralisation fonctionnelle, technique et juridique, qui réintroduit des dynamiques de contrôle, de régulation et de souveraineté au sein d'un système originellement conçu pour en être affranchi. Ce déplacement des rapports de force rend visible la manière dont Bitcoin, en tant qu'espace sociotechnique, devient un terrain de confrontation entre des intérêts concurrents, des États, d'entreprises et d'utilisateurs, et un espace géopolitique à part entière, traversé par des enjeux de gouvernance, de sécurité, de légitimité et d'appropriation des flux numériques et financiers.

[228] CHOW, Andrew R., 2024. Will Crypto's Huge Investment in the 2024 Elections Pay Off? *TIME* [en ligne]. 8 octobre 2024. [Consulté le 20 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://time.com/7049001/crypto-election-2024/

[229] GOODMAN, Jasper, 2025. Crypto lurches toward its biggest Washington victory ever. *POLITICO* [en ligne]. 13 mars 2025. [Consulté le 20 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.politico.com/news/2025/03/13/congress-crypto-era-is-here-00229840

[230] CAPPELLETTI, Joey, SWEET, Ken et COLVIN, Jill, 2025. Coinbase hires top political strategist as crypto industry flexes its newfound political might. *AP News* [en ligne]. 12 juin 2025. [Consulté le 20 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://apnews.com/article/crypto-coinbase-democrats-plouffe-a450a4a8dc8fac1fd94856f952c6263f

Que ce soit dans les dimensions physiques ou virtuelles de Bitcoin, des phénomènes de concentration et de centralisation (du pouvoir, des moyens de production, des richesses) apparaissent, induits par ces interactions. Les acteurs de ces luttes de pouvoir, continues ou occasionnelles, sont internes à Bitcoin (plateformes d'échange, *pools* de minage, développeurs) ou externes (régulateurs étatiques, forces de l'ordre). Et ces acteurs font tous de l'espace Bitcoin un enjeu de pouvoir, nous permettant d'y déceler des stratégies de territorialisation sur les différentes couches qui le constituent. Comme l'écrit Stéphane Rosière, dès lors que l'espace est envisagé en tant qu'enjeu, étant disputé par des acteurs, il devient l'objet de la géopolitique[231]. En ce sens, Bitcoin peut être appréhendé et analysé comme un objet et un espace géopolitique à part entière.

2.2 Un espace numérique fortement ancré dans le territoire physique

Ces pérégrinations géographiques dans les couches logiques et des applications de Bitcoin ont permis de déceler des phénomènes de centralisation de certains pouvoirs, et parfois des stratégies d'acteurs. D'autres enjeux émergent au sein des territoires physiques, par les usages et le fonctionnement même de Bitcoin. Car, comme nous avons commencé à le voir, l'infrastructure est profondément ancrée dans l'espace physique, de par certaines composantes qui permettent son fonctionnement ou bien certaines mobilisations de la cryptomonnaie.

2.2.1. Une infrastructure numérique à la matérialité importante

L'infrastructure de Bitcoin s'ancre fortement dans l'espace physique, notamment par les dizaines de milliers de nœuds du réseau stockant tout ou partie de la blockchain, mais surtout par la puissance de calcul mobilisée pour son minage. Si l'on peut aisément affirmer que Bitcoin possède une matérialité importante, encore faut-il s'entendre sur ce que recouvre cette notion. Pour certains chercheurs, la « matérialité du numérique » désigne les interactions entre les

[231] ROSIÈRE, Stéphane, 2001. Géographie politique, géopolitique et géostratégie: distinctions opératoires. *L'Information Géographique* [en ligne]. 2001. Vol. 65, n° 1, pp. 33-42. [Consulté le 6 mai 2022]. DOI 10.3406/ingeo.2001.2732. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/ingeo_0020-0093_2001_num_65_1_2732

technologies numériques et les usages sociaux ou professionnels, ainsi que leurs effets dialectiques[232]. Elle peut également redéfinir le rapport de l'humain à la matière, le numérique s'incarnant, par l'information, dans les émotions, l'espace ou le temps[233]. Les définitions sont multiples, mais dans notre cadre, il s'agit d'étudier une infrastructure numérique spécifique à travers une approche géopolitique. Il ne suffit donc pas de considérer les seuls éléments tangibles de l'infrastructure qui s'inscrivent dans les territoires ; il convient également d'analyser les effets plus larges de Bitcoin sur ces espaces, ainsi que sur les individus qui y vivent.

A. Quelle(s) matérialité(s) pour Bitcoin ?

Pour Knoespel et Zhu, les infrastructures numériques sont dotées d'une « matérialité continue » (*continuous materiality*) : c'est ainsi qu'ils rendent compte de la hiérarchie des codes informatiques, qui naît des couches les plus basses pour évoluer vers des langages de programmation plus lisibles pour l'humain, et enfin vers les « codes » en général (structurels, législatifs, sociaux, culturels)[234]. Les définitions et explorations de la matérialité d'une infrastructure numérique peuvent être déclinées vers de nombreuses directions et, comme le suggère Jean-François Blanchette qui revient sur la matérialité de l'information numérique avec un prisme historique (2011), elles dépendent des cercles et disciplines dans lesquels les réflexions ont cours[235]. L'objectif de cette sous-partie est d'analyser la matérialité de Bitcoin par une partie de ses composantes physiques, et non par les informations qui y transitent, ce qui reste complexe à analyser, d'autant plus si nous tenons à en faire une géographie.

Selon certains chercheurs donc, la matérialité de Bitcoin ne doit pas être réduite aux seules fermes de minage ou aux serveurs stockant les différentes copies de la blockchain Bitcoin. Pour reprendre la démarche de Knoespel et Zhu, cette matérialité de Bitcoin se retrouverait dans toutes ses couches, dès lors que le réseau numérique impacte un individu ou

---

[232] PINK, Sarah, ADÈVOL, Elisenda et LANZENI, Débora (éd.), 2016. *Digital Materialities. Design and Anthropology*. Bloomsbury. Bloomsbury Academic.

[233] BROWAEYS, Christine, 2019. Introduction. In : *La matérialité à l'ère digitale* [en ligne]. FONTAINE : Presses universitaires de Grenoble. pp. 9-19. Rien d'impossible. [Consulté le 9 février 2024]. ISBN 978-2-7061-4249-9. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/la-materialite-a-l-ere-digitale--9782706142499-p-9.htm

[234] KNOESPEL, Kenneth J. et ZHU, Jichen, 2008. Continuous Materiality: Through a Hierarchy of Computational Codes. *The FIbreculture Journal* [en ligne]. 2008. [Consulté le 4 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://eleven.fibreculturejournal.org/fcj-076-continuous-materiality-through-a-hierarchy-of-computational-codes/

[235] BLANCHETTE, Jean-François, 2011. A material history of bits. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* [en ligne]. juin 2011. Vol. 62, n° 6, pp. 1042-1057. [Consulté le 22 décembre 2021]. DOI 10.1002/asi.21542. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.21542

entraîne des législations au sein d'un territoire. Ce concept de matérialité continue, appliqué aux infrastructures construites sur une blockchain, a été discuté par Alesha Serada[236]. Le chercheur mentionne évidemment les installations de minage et de stockage de Bitcoin, et leurs ancrages et impacts dans une dimension physique sur lesquels nous reviendrons, et émet des hypothèses supplémentaires. Selon elle, le terme même de « minage », venant de la métaphore de l'extraction et de la rareté de l'or, participe à créer une « matérialité sémiotique » de Bitcoin.

Ce procédé de comparer les actifs numériques que sont les bitcoins avec le minerai physique qu'est l'or, qui apparaît dès la création de Bitcoin, renvoie alors à une sémiotique qui peut être qualifiée de « métallisme numérique »[237]. En renvoyant à l'image de l'or et de ses mines, la représentation d'une forte matérialité adossée à Bitcoin est renforcée. Cette idée, proche du « métallisme pratique » (Piteau, 2002 ; Ingham, 2004) qui vise à étalonner la valeur d'une monnaie sur la valeur d'une ressource physique (l'or, par exemple), permettrait de consolider, par extension, une représentation socialement acceptée d'une valeur monétaire intrinsèque à Bitcoin[238]. Le métallisme numérique pourrait, dans le cas de Bitcoin, être qualifié de « matérialisme pratique »[239]. Ainsi, comme le suggère Serada, « *l'image de processeurs reposant sous des refroidisseurs bourdonnants représente la matérialité du bitcoin et permet de le traiter comme un authentique "or numérique"* »[240].

Au-delà de la perception de valeur adossée au bitcoin que cette matérialité sémiotique entraînerait, le réseau se matérialise bien dans l'espace physique. Sa matérialité peut donc se

---

[236] SERADA, Alesha, 2020. The Continuous Materiality of Blockchain. In : *Konferenzband Zum Scientific Track Der Blockchain Autumn School 2020* [en ligne]. Mittweida: Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences. 2020. pp. 71-76. Disponible à l'adresse : https://www.forschung.hs-mittweida.de/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1606201402&hash=63990e96a87b4fa53396afebcabe99e4f26f4f52&file=fileadmin/verzeichnisfreigaben/forschng/dokumente/Scientific_Reports/Scientific_Reports_2020/Tagungsband_Blockchain_2020.pdf

[237] NAKAMOTO, Satoshi, 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Bitcoin.org* [en ligne]. 2008. Disponible à l'adresse : https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

MAURER, Bill, NELMS, Taylor C. et SWARTZ, Lana, 2013. "When perhaps the real problem is money itself!": the practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics* [en ligne]. avril 2013. Vol. 23, n° 2, pp. 261-277. [Consulté le 4 janvier 2022]. DOI 10.1080/10350330.2013.777594. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10350330.2013.777594

[238] PITEAU, Michel, 2002. Monnaie de compte et système de paiements chez James Steuart: Quel rôle pour la stabilité bancaire ? *Revue économique* [en ligne]. 2002. Vol. 53, n° 2, pp. 245. [Consulté le 6 janvier 2022]. DOI 10.3917/reco.532.0245. Disponible à l'adresse : http://www.cairn.info/revue-economique-2002-2-page-245.htm

INGHAM, Geoffrey, 2004. The nature of money. *Economic Sociology: European Electronic Newsletter*. 2004. Vol. 5, n° 2, pp. 18-28.

[239] MAURER, Bill, NELMS, Taylor C. et SWARTZ, Lana, 2013. *Op. cit.*

[240] SERADA, Alesha, 2020. *Op. cit.*

définir par les réponses législatives qu'il entraîne ou encore certains de ses usages, sur lesquels se concentre le chapitre suivant. Dans ces multiples matérialisations et matérialités de Bitcoin, nous allons tout d'abord nous intéresser aux plus évidentes, surtout du point de vue de la géographie. Car, si ce chapitre nous a jusqu'à présent permis de naviguer dans les couches logiques et dans les interactions des applications afin d'y déceler des logiques géopolitiques, il est désormais nécessaire d'explorer comment Bitcoin s'inscrit à son tour dans l'espace physique au travers de ses composants tangibles, afin d'étudier leur géographie, mais aussi certains enjeux géopolitiques qu'elles engendrent ou dans lesquelles elles sont impliquées.

B. De la complexité de quantifier et localiser la dimension physique de Bitcoin : apports et limites des données numériques

Dans cette sous-section, nous allons penser les outils auxquels nous avons accès pour explorer l'espace Bitcoin, réfléchir à sa géographie, tout en présentant leurs limites. S'il y a bien un type de données qui nous intéresserait, en tant que géographe, ce sont celles de localisation, notamment celles des composantes physiques de Bitcoin qui lui confère ce premier sens de matérialité.

Tout d'abord, en ce qui concerne les nœuds de Bitcoin qui stockent les copies entières ou partielles de la blockchain, leur géographie est complexe à appréhender. Certains projets cartographiques utilisent des *crawlers*, des programmes informatiques automatisés, qui sont envoyés vers les nœuds du réseau pour tenter de récupérer leur adresse IP, et donc leur localisation. Mais cette méthode comporte, à notre sens, de nombreuses limites. Le site Bitnodes.io propose, par exemple, une carte mise à jour en direct avec les localisations des nœuds du réseau Bitcoin atteints par le *crawler* (voir Image 2)[241].

Les systèmes autonomes (AS) les plus utilisés sont également indiqués. La première limite est qu'un peu plus de 51 % de ces connexions passeraient par le réseau Tor, ce qui rend la localisation de plus de la moitié des nœuds crawlés impossible[242]. En ce qui concerne les localisations des nœuds de Bitcoin telles qu'affichées sur la carte, à l'heure de sa consultation (16h le 6 janvier 2022), plus de 51% sont impossibles à localiser (Tor), 12,3% seraient aux

[241] Bitnodes : https://bitnodes.io/

[242] Le réseau Tor est un système de navigation anonyme qui fait transiter le trafic Internet à travers plusieurs serveurs (nœuds) pour masquer l'adresse IP de l'utilisateur. Il permet théoriquement d'accéder à Internet sans révéler son identité ni sa localisation.

États-Unis et 12% en Allemagne. La deuxième grande limite est l'utilisation massive de VPN et autres proxys au sein de la communauté Bitcoin. Il est impossible de savoir avec certitude si cette spatialisation est représentative ou non. Autre point faible de Bitnodes, c'est qu'il ne précise pas si les nœuds sont complets (hébergeant une copie complète de la blockchain) ou partiels (hébergeant une partie de la copie).



Image 2 Captures d'écran de l'interface Bitnodes.io

Un autre projet semblable est celui du chercheur Pablo Velasco, une carte représentant les nœuds complets de Bitcoin atteints par son *crawler* entre mars et juin 2015, qu'il a présentée dans un chapitre d'ouvrage (Velasco, 2016)[243]. La limite de la pertinence des données de localisation semble être la même qu'avec le projet précédemment évoqué, mais il opère une classification intéressante entre les nœuds complets « forts » (*strong nodes*), « faibles » (*weak*) et « fantômes » (*ghost*). Il qualifie de nœuds forts ceux qui sont restés connectés durant la totalité du temps des quatre mois de son analyse. A contrario, il qualifie les nœuds connectés moins de 10 % du temps de « fantômes ». Il a ensuite créé huit nuances de nœuds faibles, les nœuds « weak9 » étant connectés en 90 % et 99 % du temps, les « weak8 » entre 80 % et 89 %, et ainsi de suite. Il en déduit que les nœuds forts sont ceux qui sécurisent vraiment le réseau, puisqu'ils sont connectés sans discontinuité, alors les nœuds assez faibles sont sûrement des utilisateurs se connectant succinctement le temps de réaliser une transaction *via* Bitcoin Core. Les nœuds complets (*full nodes*) doivent bénéficier d'un espace de stockage assez important (360,02 Go au 10 octobre 2021), sachant que la taille de la blockchain augmente à chaque nouveau bloc ajouté. Les nœuds complets sont indispensables pour miner, car la vérification nécessite la totalité des transactions pour être opérée.

[243] VELASCO, Pablo R., 2016. Sketching Bitcoin: Empirical Research of Digital Affordances. In : KUBITSCHKO, Sebastian et KAUN, Anne (éd.), *Innovative Methods in Media and Communication Research* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 99-122. [Consulté le 4 janvier 2022]. ISBN 978-3-319-40699-2. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-40700-5_6

Il y a eu de nombreuses recherches pour tenter de visualiser, quantifier ou localiser les usages, les effets et les composantes de Bitcoin, et toutes présentent des limites en ce qui concerne les données de localisation[244]. Le chercheur en informatique Damien Reimert, rencontré à Lyon en juin 2022, fait partie d'une équipe de l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) qui a tenté de développer des outils de quantification et de visualisation de diverses données issues de blockchains[245]. Il statuait également sur l'impossibilité de connaître l'emplacement exact de tous les nœuds du réseau Bitcoin, mais donnait sens à la concentration de nœuds aux États-Unis et en Europe. Selon lui, étant donné la taille et le poids des nœuds complets, les entreprises qui doivent en héberger un ou plusieurs, à l'instar des *pools* ou des plateformes d'échange, font appel à des services d'hébergement tiers (OVH, Amazon, Google…) pour les stocker. Leurs *datacenters*, et certaines de ces entreprises, étant domiciliés en Europe ou en Amérique du Nord, expliquent aussi l'importante concentration de nœuds dans ces régions.

Cette première exploration des méthodes de localisation de la dimension physique de Bitcoin, et surtout de leurs limites, nous amène donc vers une entreprise encore plus complexe : dresser une géographie du minage de cryptomonnaies et en faire l'objet de la géopolitique.

2.2.2. L'ancrage territorial de Bitcoin par son minage

Avec l'augmentation de la valeur du bitcoin, son minage est devenu une activité de plus en plus lucrative, car la valeur de la récompense augmentait également. Au départ, tout comme pour le stockage de la blockchain, les membres de Bitcoin pouvaient utiliser leurs ordinateurs personnels, c'était donc les capacités de calcul de processeurs conçus pour le marché d'une informatique commerciale usuelle qui devaient maintenir le réseau. Dès 2011, se sont constituées des « fermes de minage », des infrastructures physiques rassemblant plusieurs processeurs, puis des cartes graphiques (dont les calculs sont plus efficaces pour résoudre les

[244] TOVANICH, Natkamon, HEULOT, Nicolas, FEKETE, Jean-Daniel et ISENBERG, Petra, 2021. Visualization of Blockchain Data: A Systematic Review. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* [en ligne]. 1 juillet 2021. Vol. 27, n° 7, pp. 3135-3152. [Consulté le 10 février 2024]. DOI 10.1109/TVCG.2019.2963018. Disponible à l'adresse : https://ieeexplore.ieee.org/document/8945380/
LORENZO, Luis et ARROYO, Javier, 2022. Analysis of the cryptocurrency market using different prototype-based clustering techniques. *Financial Innovation* [en ligne]. décembre 2022. Vol. 8, n° 1, pp. 7. [Consulté le 10 février 2024]. DOI 10.1186/s40854-021-00310-9. Disponible à l'adresse : https://jfin-swufe.springeropen.com/articles/10.1186/s40854-021-00310-9

[245] GERMANI-BOYER, Noe, FRANCOIS, Pierre et FRENOT, Stephane, [sans date]. A toolkit for indexing and representing cryptocurrencies evolution. .

calculs demandés), participant à la sécurisation de Bitcoin[246]. Cette tendance à la multiplication et à la concentration de la puissance de calcul, comparable aux « moyens de production » de bitcoins, suit une pure logique de rentabilité. En augmentant sa puissance de calcul pour le minage, un mineur augmente également ses chances de valider le calcul, et donc le bloc, en premier et d'ainsi toucher la récompense.

A. Du salon au hangar: le minage, une activité numérique alternative multiscalaire

Depuis la création de Bitcoin en 2009, le minage de cryptomonnaies a connu une transformation technologique et organisationnelle majeure. À ses débuts, le processus reposait sur des ordinateurs personnels équipés de processeurs classiques (Central Processing Unit, CPU), rapidement remplacés par des cartes graphiques (Graphic Processing Unit, GPU) dès 2010, puis par des circuits reprogrammables (Field-Programmable Gate Arrays, FPGA) en 2011. L'introduction des circuits intégrés spécifiques (ASIC, pour *Application-Specific Integrated Circuit*) à partir de 2013 a marqué un tournant décisif[247]. Ces dispositifs, conçus exclusivement pour exécuter l'algorithme de hachage SHA-256, ont rendu obsolètes les précédentes générations de matériel. Leur adoption a entraîné une industrialisation rapide du minage, avec l'émergence de fermes spécialisées et donc parfois de vastes infrastructures énergivores.

Nous rappelons que c'est *via* ce processus de minage que les nouveaux bitcoins sont créés et émis par l'algorithme. Cette récompense est d'ailleurs automatiquement divisée par deux (le « *halving* ») environ tous les quatre ans et est émise à chaque bloc validé, soit environ toutes les dix minutes (selon cette constante, le dernier bloc devrait être miné en 2140). Jusqu'en 2012, la récompense était de 50 bitcoins, puis de 25 bitcoins jusqu'en 2016, avant d'atteindre les 12,5 bitcoins entre 2016 et 2020, 6,25 à partir de 2020 et 3,125 depuis de 2024.

Sur le plan économique, la rentabilité du minage repose sur deux sources principales de revenus : la récompense de bloc, appelée à diminuer tous les quatre ans lors du *halving*, et les frais de

[246] MAURER, Bill, NELMS, Taylor C. et SWARTZ, Lana, 2013. "When perhaps the real problem is money itself!": the practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics* [en ligne]. avril 2013. Vol. 23, n° 2, pp. 261-277. [Consulté le 4 janvier 2022]. DOI 10.1080/10350330.2013.777594. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10350330.2013.777594

[247] RÉNAUD, Clément, 2019. Interview: Bitcoin Mining Pioneer, Qi Hardware's Liu Xiangfu, on Open-Source History. *CoinSpice* [en ligne]. 03 2019. [Consulté le 31 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20190403174718/https://coinspice.io/interivew/interview-bitcoin-mining-pioneer-qi-hardwares-liu-xiangfu-on-open-source-history/

transaction, devenus progressivement plus importants. L'électricité représente la part majoritaire des dépenses opérationnelles (81,1 %), poussant les mineurs à rechercher en permanence des sources d'énergie bon marché et à améliorer l'efficacité de leur matériel, dans un contexte où la rémunération par unité de puissance de calcul (*hashprice*) tend à diminuer[248].

Ainsi, la rentabilité du minage est tout aussi fluctuante que le cours du bitcoin. C'est l'explosion des cours, du bitcoin et d'autres cryptomonnaies utilisant la preuve de travail, qui a poussé certains acteurs à développer le minage à l'échelle industrielle. L'augmentation de la puissance de calcul a été synonyme d'augmentation des ressources nécessaires à l'activité. Certaines fermes de minage nécessitent dorénavant une puissance électrique de plusieurs centaines de mégawatts.

Le minage peut se pratiquer à l'échelle industrielle comme à celle de particuliers, comme observé en Chine (Hou, 2023), en Géorgie (Muskhelishvili et al., 2023) ou en Sibérie, comme nous le montrons dans la partie suivante[249]. Lorsqu'il est industrialisé, le minage génère peu d'externalités positives localement, profitant surtout aux fournisseurs d'électricité et, parfois, aux acteurs politiques.

B. L'impossible cartographie mondiale du minage de cryptomonnaies

Le minage de cryptomonnaies se caractérise par sa nature à la fois multiscalaire et multiforme. Pouvons-nous pour autant en proposer une cartographie fiable ? En réalité, la très grande majorité des processeurs impliqués dans le minage le font via des *pools* de minage, eux-mêmes connectés à la blockchain Bitcoin par l'intermédiaire d'un ou plusieurs nœuds (voir Carte 2). Les données de localisation mentionnées précédemment, déjà très lacunaires, ne permettent donc pas d'identifier avec précision la répartition spatiale réelle de cette puissance de calcul.

Plusieurs travaux ont tenté de cartographier le minage de bitcoins, et les données les plus précises et les plus fréquemment mobilisées dans la recherche comme dans les médias

[248] NEUMUELLER, Alexander, PIETERS, Gina, MOHADDES, Kamiar, ROUSSEAU, Valentin et ZHANG, Bryan, 2025. *Cambridge Digital Mining Industry Report. Global Operations, Sentiment, and Energy Use* [en ligne]. Cambridge Centre for Alternative Finance. [Consulté le 30 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.jbs.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2025/04/2025-04-cambridge-digital-mining-industry-report.pdf

[249] HOU, Jiaxi, 2023. Making Ends Meet by Mining on Blockchain: Subalternity, Materiality, and Yearnings of Chinise Amateur Crypto Miners. *Journal of Digital Social Research*. 2023. Vol. 5, n° 2.
MUSKHELISHVILI, Marina, BAUMANN, Eveline, JORJOLIANI, Gia et TSAGARELI, Alexander, 2023. The Great Transformation in a Local Context Tourism, Crypto Mining and Oath in Upper Svaneti. *Environment and Society*. décembre 2023. Vol. 9, n° 9, pp. 67-86.

proviennent du *Cambridge Centre for Alternative Finance* (CCAF)[250]. Ses chercheurs affirment pouvoir localiser à l'échelle des États un échantillon représentatif de la puissance de calcul de Bitcoin. Lors de sa dernière mise à jour, en janvier 2022, la carte révèle une prédominance des États-Unis (37,84 % de la puissance de calcul mondiale), suivis de la Chine (21,11 %), du Kazakhstan (13,22 %) et du Canada (6,48 %). La méthodologie repose sur l'exploitation de données anonymisées de géolocalisation de mineurs, transmises volontairement par certains *pools*. Ces données ne couvriraient toutefois qu'environ 33 % de la puissance de calcul totale, un échantillon trop restreint pour prétendre à une représentation exhaustive. De plus, les adresses IP utilisées peuvent être modifiées par les utilisateurs, rendant la localisation incertaine.

Malgré ces limites méthodologiques, cette cartographie donne à voir certaines dynamiques géographiques majeures, notamment l'exode chinois du minage entre février et décembre 2021. Alors que la Chine représentait 51,58 % de la puissance de calcul en février, contre 13,37 % pour les États-Unis, 6,71 % pour le Kazakhstan et 6,43 % pour la Russie, la situation s'est nettement inversée en décembre : la Chine est tombée à 19,14 % à la suite de l'interdiction du minage numérique, tandis que les États-Unis ont grimpé à 37,45 %, le Kazakhstan à 14,3 % et la Russie à 4,72 %. Bien que ces estimations restent approximatives, elles permettent de saisir l'ampleur de la reconfiguration géographique du minage au cours de cette période.

Cette tentative de cartographie s'inscrit également dans une autre dynamique de quantification : celle de l'impact énergétique, et par extension écologique, du minage de Bitcoin. L'industrialisation progressive de cette activité (voir sous-section suivante) a conduit à une multiplication des équipements informatiques, intensifiant considérablement la consommation d'électricité. Cette dernière constitue d'ailleurs l'un des principaux points de controverse autour du réseau Bitcoin. Le second volet du travail du CCAF consiste donc à estimer la consommation énergétique du réseau à partir de la puissance de calcul globale mesurée à un instant donné. Les chercheurs modélisent cette consommation en fonction des types de processeurs supposément utilisés et de leur rendement énergétique.

[250] CCAF Mining Map : https://ccaf.io/cbeci/mining_map

En 2025, le CCAF a publié un rapport qui met à jour ses estimations[251]. En 2024, la consommation annuelle d'électricité liée au minage est estimée à 138 térawattheures (TWh), soit 0,54 % de la consommation mondiale. Selon les données disponibles, le mix énergétique des mineurs serait constitué à 52,4 % de sources durables, dont 42,6 % d'énergies renouvelables (notamment 23,4 % d'hydroélectricité). Les émissions de gaz à effet de serre sont quant à elles estimées à 39,8 MtCO2e (tonnes métriques d'équivalents dioxyde de carbone), un peu moins que l'Autriche et un peu plus que la Hongrie en 2021, soit 0,08 % des émissions mondiales annuelles en 2024. Selon le CCAF, de nombreuses entreprises du secteur mettent en œuvre des stratégies de réduction de leur empreinte carbone : 70,8 % des répondants à leur enquête déclarent adopter des mesures d'atténuation, qu'il s'agisse d'amélioration de l'efficacité énergétique (76,5 %) ou de recours à des sources à faibles émissions (52,9 %). Par ailleurs, certaines exploitations valorisent le gaz torché (6,8 %) ou participent à des dispositifs de réponse à la demande (DSR), en réduisant ponctuellement leur consommation électrique pour soutenir les réseaux, comme cela est le cas au Texas (États-Unis)[252].

L'objectif principal de ces travaux est de souligner, voire de dénoncer, l'ampleur de la consommation énergétique et l'impact écologique liés au minage de bitcoins. Plusieurs initiatives s'inscrivent dans cette logique, à l'instar du site *Digiconomist* fondé par Alex de Vries, économiste et ancien employé de la banque centrale des Pays-Bas[253]. Ses recherches, qui critiquent ouvertement l'empreinte environnementale du réseau, sont régulièrement contestées par les acteurs de l'industrie et les défenseurs du Bitcoin, qui dénoncent d'abord l'approche simpliste et voire trompeuse de ses calculs, puis ses liens avec des institutions bancaires et son opposition de principe aux cryptomonnaies, susceptible de biaiser ses résultats[254].

Les chiffres avancés sur la pollution liée au minage donnent lieu à de nombreux débats. Récemment, un rapport de Greenpeace et une étude de chercheurs de l'United Nations

[251] NEUMUELLER, Alexander, PIETERS, Gina, MOHADDES, Kamiar, ROUSSEAU, Valentin et ZHANG, Bryan, 2025. *Cambridge Digital Mining Industry Report. Global Operations, Sentiment, and Energy Use* [en ligne]. Cambridge Centre for Alternative Finance. [Consulté le 30 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.jbs.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2025/04/2025-04-cambridge-digital-mining-industry-report.pdf

[252] BRUNO, August, WEBER, Paige et YATES, Andrew J., 2023. Can Bitcoin mining increase renewable electricity capacity? *Resource and Energy Economics* [en ligne]. août 2023. Vol. 74, pp. 101376. [Consulté le 29 février 2024]. DOI 10.1016/j.reseneeco.2023.101376. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0928765523000313

[253] Digiconomist : https://digiconomist.net/

[254] GOUSPILLOU, Sébastien, 2019. Alex de Vries, le meilleur ennemi de Bitcoin. *Cryptonews France* [en ligne]. 11 avril 2019. [Consulté le 21 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://cryptonews.com/fr/exclusives/alex-de-vries-le-meilleur-ennemi-de-bitcoin-3224/

University appelant à une régulation politique ont suscité des réactions hostiles[255]. Leurs détracteurs critiquent leur méthodologie, notamment leur recours aux données jugées lacunaires du CCAF[256]. Parmi eux, Daniel Batten s'est imposé comme l'un des principaux opposants à la vision catastrophiste de certaines critiques de Bitcoin. Selon lui, les données du CCAF négligent une part croissante du minage réalisé « *off-grid* », c'est-à-dire hors des réseaux électriques nationaux, via des sources locales d'électricité difficilement traçables[257]. Il affirme que depuis l'interdiction du minage en Chine, la part des installations alimentées par des énergies renouvelables dépasse désormais 50 % de la puissance de calcul globale du réseau. Pour les chercheurs Sai et Vranken, le manque de rigueur scientifique et les hypothèses non étayées couplées à une interprétation parfois trompeuse de données trop parcellaires qui composent la majorité de ces recherches sur l'impact environnemental de Bitcoin ne permettent pas de le quantifier, ni même d'en dresser une géographie[258].

Ainsi, les données disponibles pour cartographier précisément le minage restent fragmentaires et controversées. Par ailleurs, elles sont souvent mobilisées au service d'arguments militants, alimentant une véritable « guerre des chiffres » entre partisans et opposants de Bitcoin. Ce constat souligne la nécessité de développer d'autres approches pour construire une géographie du minage et appliquer une grille d'analyse géopolitique à ce phénomène.

C. Facteurs de localisation et logiques spatiales du minage

Bien que difficilement cartographiable, une géographie du minage de cryptomonnaies a commencé à se dessiner progressivement, façonnée par des « facteurs de localisation »

[255] KOJOLA, Erik, ARCHER, Joshua et WELLNER, Pamela, 2023. *Investing in Bitcoin's Climate Pollution. Big Finance Betting on Dirty Bitcoin* [en ligne]. Greenpeace. Disponible à l'adresse : https://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/2023/07/Bitcoin-Final.pdf
CHAMANARA, Sanaz et MADANI, Kaveh, 2023. *The Hidden Environmental Cost of Cryptocurrency: How Bitcoin Mining Impacts Climate, Water and Land* [en ligne]. United Nations University Institute for Water, Environment and Health (UNU INWEH). [Consulté le 10 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://inweh.unu.edu/the-hidden-environmental-cost-of-cryptocurrency/

[256] PAEZ, Margot, 2024. Mining Misinformation: How The United Nations University Misrepresents Bitcoin's Energy Use. *Bitcoin Magazine - Bitcoin News, Articles and Expert Insights* [en ligne]. 9 février 2024. [Consulté le 10 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://bitcoinmagazine.com/sponsored/mining-misinformation-how-the-united-nations-university-misrepresented-data-to-exaggerate-bitcoins-environmental-footprint

[257] BATTEN, Daniel, 2023. Issue #003: One red, three green. [en ligne]. 6 décembre 2023. [Consulté le 10 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.batcoinz.com/p/issue-003-one-red-three-green

[258] SAI, Ashish Rajendra et VRANKEN, Harald, 2024. Promoting rigor in blockchain energy and environmental footprint research: A systematic literature review. *Blockchain: Research and Applications* [en ligne]. mars 2024. Vol. 5, n° 1, pp. 100169. [Consulté le 17 avril 2024]. DOI 10.1016/j.bcra.2023.100169. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2096720923000441

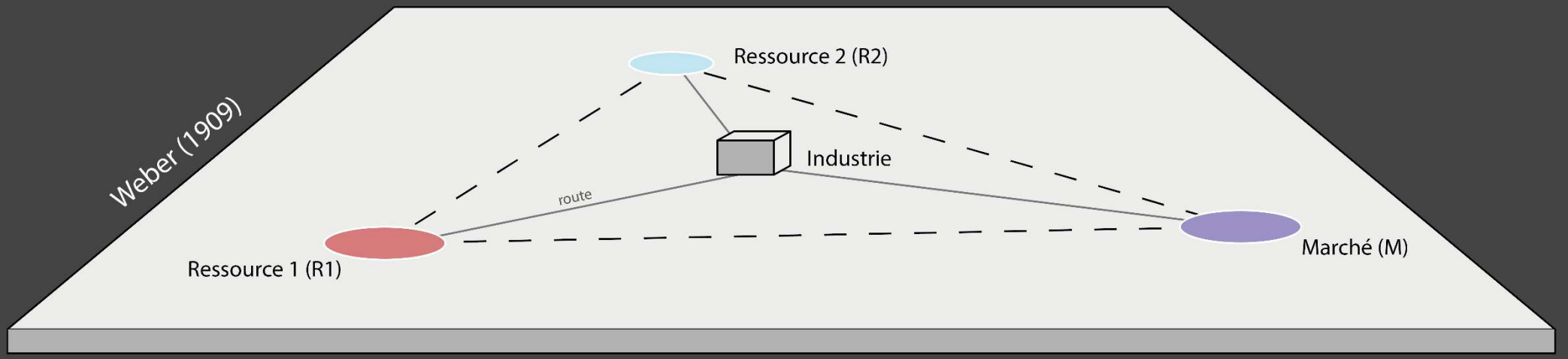
spécifiques. Selon Henry Bakis qui développe cette notion à propos des *datacenters* (2013), l'implantation de ces infrastructures répond à la proximité de ressources comme l'électricité, l'eau pour le refroidissement ou une connexion Internet haut débit. Les fermes de minage suivent des logiques comparables, bien que nous revenions ensuite sur leurs spécificités par rapport aux centres de données. Leur localisation est avant tout conditionnée par la disponibilité et le coût de l'électricité, élément clé dans la rentabilité de l'activité. La stabilité et la rapidité de la connexion Internet sont également cruciales, les mineurs devant diffuser le plus rapidement possible leurs résultats pour pouvoir prétendre à la récompense. D'autres conditions, comme un climat froid ou la présence d'un cours d'eau, peuvent contribuer à un refroidissement moins coûteux. Ces logiques ne sont pas sans rappeler les travaux d'Alfred Weber (1909), sur lesquels Bakis base son approche, pour qui l'implantation industrielle s'explique par la proximité des matières premières et du marché[259]. Si nous devions dresser un parallèle entre la géographie du minage de cryptomonnaies et celle des industries du début du XXe siècle, la ressource qu'est l'électricité devient l'équivalent des matières premières, tandis que la connexion Internet incarne une forme d'accès au marché.

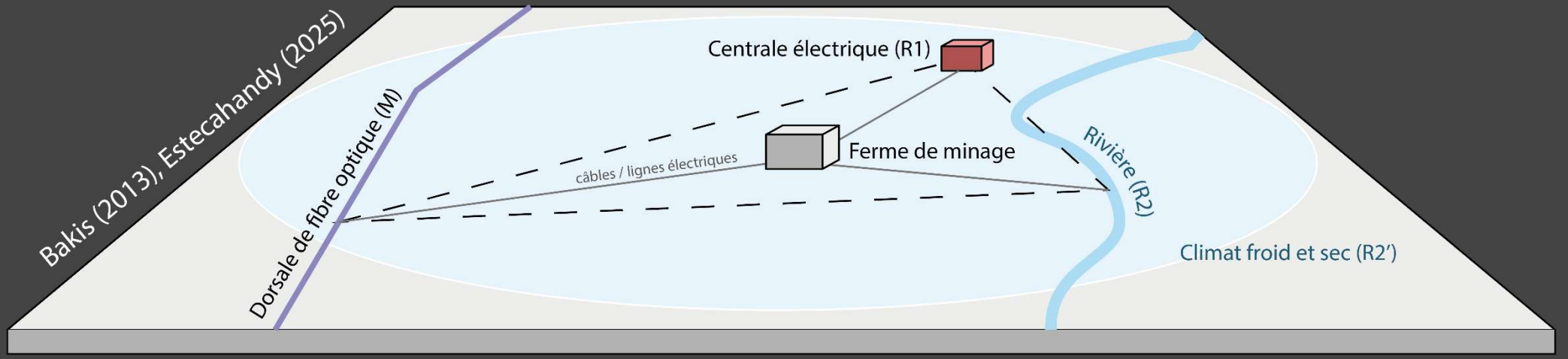
Pour visualiser notre idée, nous dressons une schématisation cartographique (Carte 3) d'une transposition contemporaine du modèle de localisation industrielle d'Alfred Weber (1909) aux infrastructures de minage de cryptomonnaies, en mobilisant les travaux d'Henry Bakis (2013). La première partie (a) illustre la logique classique de localisation industrielle selon Weber, fondée sur un compromis spatial entre les ressources (R1, R2) et le marché (M), en lien avec les infrastructures routières. La seconde partie (b) actualise ce schéma au contexte du minage, où la « ressource » essentielle devient l'électricité (centrale électrique), le « marché » correspond à l'accès à Internet (dorsale de fibre optique), et des facteurs secondaires comme le refroidissement (rivière, climat) et la logique de localisation. Cette représentation pose les bases d'une géographie du minage de cryptomonnaies articulée aux ressources d'un territoire.

[259] BAKIS, Henry, 2013. Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres. *Netcom. Réseaux, communication et territoires* [en ligne]. 1 octobre 2013. N° 27-3/4, pp. 351-384. [Consulté le 21 septembre 2020]. DOI 10.4000/netcom.1473. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/netcom/1473
WEBER, Alfred, 1909. *Theory of the Location of Industries*. University of Chicago.

Carte 3

Visualisation schématique des facteurs de localisation du minage de cryptomonnaies





Hugo Estecahandy, Institut Français de Géopolitique, 2023

D'autres facteurs interviennent également, comme la réhabilitation de friches industrielles, souvent proches d'infrastructures électriques déjà opérationnelles. Depuis 2021, un facteur politique s'est imposé : la stabilité législative du pays hôte. L'interdiction du minage en Chine en mai 2021, alors que le pays concentrait plus de la moitié de la puissance de calcul mondiale, a contraint de nombreux opérateurs à relocaliser leurs machines. Si les États-Unis ont offert un refuge, beaucoup se sont tournés vers la Russie ou le Kazakhstan pour des raisons pratiques. Or, en janvier 2022, une coupure nationale d'Internet au Kazakhstan, fruit d'une stratégie de maintien de l'ordre, a entraîné la déconnexion d'environ 20 % de la puissance du réseau, illustrant le coût économique d'une instabilité politique, avant d'être suivie quelques semaines plus tard par une répression étatique du minage de cryptomonnaies (voir Chapitre 6).

Dès lors, l'implantation géographique des fermes de minage devient une décision stratégique. Nous pouvons classifier les facteurs de localisation comme suit :

Types de facteurs	Exemples
Primaires	Prix et disponibilité de l'électricité ; connexion Internet rapide
Secondaires	Climat froid ; cours d'eau ; friches industrielles ; stabilité politique ; cadre légal favorable

Tableau 4. Typologie des facteurs de localisation du minage de cryptomonnaies. Hugo Estecahandy, 2024.

Les politiques locales jouent un rôle central dans l'implantation des fermes de minage, ce que rappellent d'autant plus les travaux de Lally et al. (2022), Weyth et al. (2023) et Rella (2023), mentionnés dans l'introduction de cette thèse[260]. En Chine, au Texas (États-Unis), mais aussi dans l'espace postsoviétique, le développement du minage dépend étroitement des rapports, formels et informels, avec les institutions et élites locales. Ces dynamiques diffèrent de celles régissant les *datacenters*, souvent liés aux ambitions géopolitiques ou à la souveraineté numérique des États, comme en Russie ou en Chine[261]. Certaines régions y voient un levier de

[260] LALLY, Nick, KAY, Kelly et THATCHER, Jim, 2022. Computational parasites and hydropower: A political ecology of Bitcoin mining on the Columbia River. *Environment and Planning E: Nature and Space* [en ligne]. mars 2022. Vol. 5, n° 1, pp. 18-38. [Consulté le 5 février 2024]. DOI 10.1177/2514848619867608. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2514848619867608
WYETH, Ryan, RELLA, Ludovico et ATKINS, Ed, 2023. The material geographies of Bitfury in Georgia: Integrating cryptoasset firms into global financial networks. *Environment and Planning A: Economy and Space* [en ligne]. 30 novembre 2023. pp. 0308518X231211789. [Consulté le 6 décembre 2023]. DOI 10.1177/0308518X231211789. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0308518X231211789
RELLA, Ludovico, 2023. Close to the metal: Towards a material political economy of the epistemology of computation. *Social Studies of Science* [en ligne]. 10 juillet 2023. Vol. 54, n° 1, pp. 03063127231185095. [Consulté le 29 septembre 2024]. DOI 10.1177/03063127231185095. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03063127231185095
[261] CATTARUZZA, Amaël, 2020. The geopolitics behind data, the data behind geopolitics. *Annales des Mines*. septembre 2020. N° 11.

développement économique et de gain d'influence politique, tandis que les implantations sont conditionnées par la proximité aux nœuds du réseau Internet et aux utilisateurs finaux[262].

À l'inverse, les fermes de minage ne traitent ni ne stockent de données à destination de clients, mais se concentrent sur une seule fonction : la « production » de valeur numérique, comme le bitcoin, stockée sur des portefeuilles répartis à travers le monde. Leur logique spatiale rappelle celle des industries extractives ou de production du début du XXe siècle, fondée sur l'accès à l'énergie. En Sibérie ou au Kazakhstan, les plus grandes fermes sont souvent situées à proximité de complexes énergivores comme les usines d'aluminium. Le minage est ainsi fortement ancré territorialement autour des ressources électriques, tout en conservant une flexibilité face aux évolutions législatives ou tarifaires. Bien que qualifiés d'« infrastructures temporaires » (« *impermanent infrastructures* ») par la chercheuse Julia Velkova, les *datacenters* sont aujourd'hui davantage contraints dans leur mobilité par les enjeux économiques et politiques[263] . Les fermes de minage peuvent être implantées partout, à des échelles variables, où l'électricité est bon marché et la connexion Internet stable, ce qui engendre des géographies spécifiques. Le fonctionnement de Bitcoin repose ainsi sur des infrastructures fortement enracinées dans des territoires. Cette spatialisation est cartographiable, rend possible une analyse géographique des couches physiques du réseau qui se concentrerait sur les territoires concernés, et est au centre de la démarche adoptée dans les Parties II et III de ce travail.

Conclusion du Chapitre 2

Ce deuxième chapitre a posé les fondements conceptuels nécessaires à une analyse géopolitique du réseau Bitcoin, en exposant successivement ses dimensions infrastructurelles, spatiales, relationnelles et stratégiques. Loin de se réduire à un protocole technique autonome, Bitcoin s'est révélé être une infrastructure sociotechnique complexe, dont la matérialité, les usages et les évolutions témoignent de tensions multiples, à la croisée des logiques techniques, économiques et politiques.

Dans un premier temps, une lecture issue des études des sciences et des techniques a permis de restituer les dimensions matérielles et relationnelles de Bitcoin. Ces caractéristiques

[262] VONDERAU, Asta, 2019. Scaling the Cloud: Making State and Infrastructure in Sweden. *Ethnos* [en ligne]. 8 août 2019. Vol. 84, n° 4, pp. 698-718. [Consulté le 11 mai 2021]. DOI 10.1080/00141844.2018.1471513. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00141844.2018.1471513
MARQUET, Clement, 2019. *Binaire béton : Quand les infrastructures numériques aménagent la ville*. Paris-Saclay.
[263] VELKOVA, Julia, 2019. Data Centers as Impermanent Infrastructures. *CULTURE MACHINE*. 2019.

nous ont permis d'appréhender le réseau comme une infrastructure numérique en constante redéfinition, produit d'interactions entre entités techniques, dispositifs de gouvernance et communautés d'usagers. Cette conceptualisation de Bitcoin a ensuite été articulée avec les théories de l'espace et du cyberespace. Nous avons pu cartographier schématiquement les différentes couches qui composent le réseau Bitcoin (matérielle, logique, applicative) et révéler comment chacune d'elles peut être le théâtre de stratégies de pouvoir et de phénomènes de territorialisation. Ces éléments ont constitué les prémices d'une lecture géopolitique du réseau, appréhendé non plus comme un espace neutre et distribué, mais comme un lieu de rivalités entre acteurs hétérogènes aux intérêts divergents.

Notre approche a ainsi mis en évidence des processus de centralisation touchant les différentes couches de l'infrastructure Bitcoin, en contradiction avec l'idéal de décentralisation sur lequel reposait le projet initial. Une gouvernance *de facto* s'est structurée autour de certains développeurs clés, révélant des hiérarchies implicites dans le contrôle du code. Le capital, les moyens de production (via les *pools* de minage) et les usages eux-mêmes ont été concentrés, notamment autour des plateformes d'échange. Ces dernières, en centralisant l'accès aux cryptomonnaies et en détenant à la fois l'« énergie » (les flux de transaction) et l'« information » (l'identité des utilisateurs), apparaissent comme des acteurs territorialisant *de facto* l'espace des applications de Bitcoin.

L'analyse de ce processus de territorialisation a mis en évidence la capacité des plateformes d'échange à canaliser, contrôler, endiguer et domestiquer les usages de Bitcoin. En retour, leur pouvoir croissant a suscité à la fois des stratégies d'alliance avec certains États et des tentatives de reprise en main par d'autres, à travers des mécanismes de régulation, des actions judiciaires ou des rapprochements stratégiques. Bitcoin, pensé comme une alternative aux logiques centralisées de la finance mondiale, est devenu un champ de luttes où s'affrontent des logiques étatiques, entrepreneuriales et communautaires.

La seconde section du chapitre a mis en lumière la dimension matérielle du réseau Bitcoin, à travers l'étude du minage et de ses infrastructures physiques. En partant de la notion de « matérialité continue » proposée par Knoespel et Zhu, l'analyse a montré que le réseau Bitcoin ne saurait être compris indépendamment de son ancrage dans l'espace physique : fermes de minage, *datacenters*, réseaux électriques, mais aussi cadres juridiques, politiques énergétiques ou contraintes environnementales. Ces éléments confirment que le numérique n'est jamais entièrement détaché du territoire, mais qu'il en dépend, le transforme et y produit des effets. L'activité de minage, notamment, cristallise ces enjeux : en consommant d'importantes

quantités d'électricité, en se localisant selon des opportunités énergétiques ou géopolitiques, elle transforme les territoires dans lesquels elle s'inscrit comme nous le verrons en Sibérie, au Kazakhstan ou au Kirghizstan.

Si l'importante matérialité de Bitcoin permet d'envisager son ancrage territorial et ses effets géopolitiques, il convient de souligner les limites inhérentes à une tentative de cartographie précise de son infrastructure. L'opacité structurelle du réseau, les choix techniques d'anonymisation, l'absence de registres publics centralisés, mais aussi les dynamiques de déplacement et de reconfiguration rapide des activités de minage rendent toute représentation exhaustive particulièrement difficile, sinon impossible. Ainsi, si une cartographie complète des fermes de minage ou des flux énergétiques associés au réseau Bitcoin est impossible, l'analyse géopolitique demeure faisable en s'appuyant sur les points de cristallisation observables, et donc les terrains de recherche physiques choisis pour cette thèse.

En définitive, ce chapitre montre que le réseau Bitcoin, loin de constituer un espace purement technique et apolitique, est traversé par des dynamiques de pouvoir, des processus de territorialisation et des conflits d'intérêts qui le rendent pleinement intelligible à travers une grille d'analyse géopolitique. Cette compréhension est indispensable pour aborder, dans les chapitres suivants, les enjeux géopolitiques qui ont émergé, à la fois, avec l'usage des cryptomonnaies, ainsi qu'avec le développement et l'industrialisation du minage de cryptomonnaies.

Chapitre 3. Les cryptomonnaies, outils et enjeux géopolitiques

Après avoir vu comment et pourquoi Bitcoin a été créé et la multitude de projets qui ont émergé dans son sillage, parfois aux antipodes des idées soutenues par ses créateurs, nous allons nous intéresser à ses usages en tant qu'outil géopolitique. Pour rappel, nous avons vu comment la création de Bitcoin répondait à une vision géopolitique de la monnaie et du cyberespace, partagée par son créateur et les cypherpunks. Pensé comme une alternative aux réseaux financiers internationaux classiques, Bitcoin a été, à plusieurs reprises, mobilisé en ce sens. Dans le cadre de ce troisième chapitre, nous proposons de distinguer deux échelles principales d'appropriation. La première renvoie à l'usage du bitcoin comme outil de contre-pouvoir, permettant à des individus ou des organisations de contourner les dispositifs étatiques de contrôle et de censure. La seconde concerne l'appropriation du bitcoin et de certaines cryptomonnaies par des États, dans une logique de rééquilibrage des rapports de force interétatiques ou d'affirmation d'une autonomie et de souveraineté monétaires.

L'objectif de ce chapitre est d'abord d'étudier les possibilités, limites et effets de l'usage du bitcoin et des cryptomonnaies mobilisés dans des stratégies géopolitiques d'acteurs. Ces stratégies peuvent notamment viser à contourner certains interdits et certaines limites sur les réseaux financiers traditionnels et*, in fine,* redessiner les réseaux de pouvoir sur la monnaie et les espaces numériques. Cet état des lieux nous permettra ensuite de discuter des effets des multiples usages du bitcoin sur les instruments dont disposent les États pour garantir leur souveraineté monétaire. Ces usages conduisent les autorités à construire une représentation des cryptomonnaies soit comme de nouveaux vecteurs de vulnérabilités soit, à l'opposé, comme un potentiel moyen de renforcement stratégique.

3.1. Mises en application des cryptomonnaies comme outils de contournement des limites de réseaux financiers classiques

Les cryptomonnaies ont été utilisées comme des outils de contournement des limites et de la censure des réseaux financiers traditionnels. Bien qu'aucun chiffre n'ait pu être trouvé, les cryptomonnaies peuvent être mobilisées par des travailleurs détachés ou membres de diasporas pour envoyer de l'argent à leur famille restée dans le pays d'origine. Ce type de virements

internationaux est parfois très coûteux lorsque réalisé avec des services classiques. Dans certains pays, ils représentaient jusqu'à 30% du PIB national en 2020 comme au Kirghizstan ou au Tadjikistan[264]. Lors d'une visite de Pristina en 2021, la capitale du contesté État du Kosovo où ces transferts financiers par la diaspora représentent jusqu'à 18% du PIB (2021), il fut impossible de ne pas apercevoir des dizaines d'échoppes proposant à leurs clients d'ouvrir des comptes en cryptomonnaies (voir Photographie 1).



Photographie 1 Services d'échange de cryptomonnaies à Pristina, Kosovo. Hugo Estecahandy, août 2021.

Dépourvue de système économique et financier indépendant, et avec une importante diaspora travaillant en Europe occidentale et majoritairement en Allemagne, la population du Kosovo semble avoir recours aux cryptomonnaies pour recevoir de l'argent de travailleurs détachés. L'isolement économique de ce territoire peut également expliquer la démocratisation de cette solution. L'usage des cryptomonnaies a également été développé dans des pays, ou même territoires, financièrement enclavés, à la suite de sanctions ou par leur situation géopolitique. Dans des pays d'Amérique latine en proie à des sanctions ou des crises financières, ainsi que dans certains États *de facto* comme en ex-URSS, l'usage des cryptomonnaies a été développé du fait de certains entrepreneurs locaux, sans forcément de soutien gouvernemental[265].

Dans ces cas particuliers, l'usage des cryptomonnaies semble se rapprocher de l'objectif initial évoqué par Nakamoto en 2008, à savoir outrepasser les coûts et les délais de transferts financiers

[264] GENTE, Karine et BASIUK, Aurore, 2023. Transferts de fonds : un boost pour la croissance ? *CNRS Le journal* [en ligne]. 25 octobre 2023. [Consulté le 23 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://lejournal.cnrs.fr/nos-blogs/dialogues-economiques/envois-de-fonds-ou-remitances-un-boost-pour-la-croissance

[265] ROSALES, Antulio, VAN ROEKEL, Eva, HOWSON, Peter et KANTERS, Coco, 2023. Poor miners and empty e-wallets: Latin American experiences with cryptocurrencies in crisis. *Human Geography* [en ligne]. 15 août 2023. pp. 19427786231193985. [Consulté le 24 août 2023]. DOI 10.1177/19427786231193985. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/19427786231193985
BACHELET, Ariane, DUQUESNEY, Laura-Jane et MERLE, Thomas, 2017. Conflits de souveraineté et frontières contestées: Les États de facto de l'espace post-soviétique. *The Journal of power institutions in post-soviet societies* [en ligne]. 8 octobre 2017. N° Issue 18. [Consulté le 24 août 2023]. DOI 10.4000/pipss.4303. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/pipss/4303

internationaux. Ces limites ont également cherché à être contournées lors de crises géopolitiques majeures qui nécessitaient la captation rapide de capitaux, afin de financer une réponse à un incident ou des missions humanitaires. Par exemple, suite au tremblement de terre qui a frappé la Turquie et la Syrie en février 2023, provoquant la mort de plus de 56 000 personnes, les autorités turques ont approuvé exceptionnellement le recours aux cryptomonnaies pour l'envoi de dons, alors qu'elles étaient jusque-là interdites sur le territoire. En deux semaines environ, près de 6 millions de dollars de dons en cryptomonnaies ont été envoyé à des adresses appartenant, entre autres, à la campagne d'aide humanitaire mise en place par le ministère turc de l'Intérieur, le Croissant rouge turc, et d'autres ONG[266]. En parallèle, plusieurs plateformes d'échange et autres acteurs de l'écosystème (dont Tether, Binance et Bitfinex) en ont profité pour faire la promotion de leur entreprise et en communiquer une image positive, en promettant des dons d'un montant de près de 9 millions de dollars[267]. Enfin, dans un usage plus proche de la vision radicale des cypherpunks, l'usage de cryptomonnaies a aussi permis de contourner des censures étatiques et le contrôle des forces de sécurité.

3.1.1. La cryptomonnaie, outil de contre-pouvoir et de dissidence

A. Bitcoin et Wikileaks, le baptême du feu des cypherpunks

Le premier cas avéré d'utilisation de Bitcoin comme « contre-pouvoir » est d'autant plus proche de ce mouvement de la fin du XXe siècle qu'il concerne directement l'un de ses membres. Julian Assange, un informaticien et *hacker* (sous le nom de Mendax) australien, membre du mouvement cypherpunk dès 1995, fonde le site Wikileaks en 2006[268]. Le site d'Assange est une plateforme dédiée à « *l'analyse et la publication de vastes jeux de données de documents officiels censurés ou soumis à d'autres restrictions concernant la guerre, l'espionnage et la corruption* »[269]. Après avoir mis en ligne des documents attestant de crimes de guerre commis par l'armée états-unienne en Afghanistan et en Irak, notamment la vidéo

[266] "Crypto Donations Provide Fast Relief for Earthquake Victims in Turkey and Syria" [En ligne]. *Chainalysis*. 21 février 2023. Disponible sur : < https://www.chainalysis.com/blog/cryptocurrency-donations-provide-fast-relief-for-turkey-syria-earthquake-victims/ > (consulté le 30 août 2023)
[267] *Ibid*.
[268] MANNE, Robert, 2011. The Cypherpunk Revolutionary: Julian Assange: the unknown story. *The Monthly* [en ligne]. février 2011. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20220311024539/https:/www.themonthly.com.au/issue/2011/february/1324596189/robert-manne/cypherpunk-revolutionary#mtr
Site de Wikileaks : www.wikileaks.org
[269] What is Wikileaks?, *Wikileaks.org* : https://wikileaks.org/What-is-WikiLeaks.html

transmise en 2010 par la lanceuse d'alerte Chelsea Manning (née Bradley Manning) montrant l'équipage d'un hélicoptère Apache états-unien abattre civils et journalistes à Bagdad en 2007, le gouvernement états-unien fait pression sur PayPal, une plateforme de paiement en ligne, qui cesse de fournir son service à Wikileaks, dont le modèle économique reposait grandement sur les dons d'internautes au travers de cette plateforme.

Ce sont ensuite les entreprises Visa et Mastercard qui refusent d'opérer des transactions pour Wikileaks, tandis que les comptes en banque personnels de Julian Assange sont gelés par la banque suisse PostFinance[270]. Le 14 juin 2011, un message publié via le compte Twitter de Wikileaks annonçait l'acceptation des donations en bitcoins et affichait une clé publique pour l'envoi. Cet accès à des dons a permis au projet Wikileaks d'être maintenu, et le site a notamment ensuite diffusé des données fuitées, révélant des correspondances du gouvernement syrien, des preuves de torture à Guantanamo ou encore des outils d'espionnage électronique illégaux de la CIA.

B. Contourner la censure, financer la dissidence

De nombreux autres exemples attestent d'un recours aux cryptomonnaies pour éviter une censure étatique. L'utilisation des cryptomonnaies pour l'achat de biens et services illégaux ou encore pour la pratique de l'évasion fiscale ou le contournement de sanctions peut être vue comme un contournement de limites et régulations étatiques. Certains groupes terroristes ont pu avoir recours aux dons en cryptomonnaies, mais dans des proportions toutefois faibles[271]. Mais dans certains cas, l'usage des cryptomonnaies a permis de contourner des censures appliquées par une institution gouvernementale à l'encontre d'une partie de ses administrés. Ce fut le cas au Nigéria, en 2020, lors de manifestations populaires contre les violences policières. À l'époque, les comptes en banque de certains leaders de l'opposition politique et des manifestations ont été gelés par les autorités nigérianes. Ainsi, ces derniers ont eu massivement recours aux dons en cryptomonnaies, notamment de la part de militants au sein de la diaspora nigériane, pour financer leur lutte[272]. Cet événement s'ajoute à un recours croissant aux cryptomonnaies de la part de certains Nigérians, notamment pour compenser la difficulté de la banque centrale à accéder à des dollars états-uniens. Cette utilisation des cryptomonnaies

[270] HUANG, Roger, 2019. How Bitcoin And WikiLeaks Saved Each Other. *Forbes* [en ligne]. 26 avril 2019. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.forbes.com/sites/rogerhuang/2019/04/26/how-bitcoin-and-wikileaks-saved-each-other/

[271] 2020. Fact Checking Recent Cryptocurrency Terrorism Financing Reports. *Chainalysis* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.chainalysis.com/blog/cryptocurrency-terrorism-financing-fact-check/

[272] 2021. Les cryptomonnaies grapillent du terrain en Afrique. *RFI* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rfi.fr/fr/afrique/20210908-les-cryptomonnaies-grapillent-du-terrain-en-afrique

permettait de limiter les refus de certaines transactions à l'international à cause de la dévaluation continue de la monnaie locale[273]. Cette situation a grandement joué en faveur de la décision de la banque centrale au Nigéria de créer la monnaie numérique de banque centrale (MNBC, voir Encadré 7)) e-Naira en 2021, monnaie numérique que la banque contrôle et dont elle espère voir l'usage concurrencer celui des bitcoins[274] .

En 2022, une lettre ouverte signée par une vingtaine d'activistes du monde entier appelait à une régulation adaptée pour les cryptomonnaies, notamment pour leur utilisation afin de contourner l'exclusion financière de certains territoires ou la surveillance étatique sur les transactions[275]. Parmi les signataires figurent Garry Kasparov, Anna Chekhovich (directrice de la Fondation Anti-Corruption du défunt opposant russe Alexeï Navalny), des représentants d'ONG ukrainiennes, mais aussi des activistes pour les droits humains dans des pays d'Afrique ou au Proche-Orient.

C. Financements de conflits asymétriques

Outre l'exemple de l'utilisation des cryptomonnaies à des fins de financement de mouvement contestataires et dissidents par des acteurs qui constituent des socles solides d'opposition politique dans certains États, ces vecteurs alternatifs de financement ont également été plébiscités par des organisations armées irrégulières ou des organisations qualifiées de terroristes.

Dans le cadre des conflits asymétriques et du terrorisme, les organisations armées non étatiques recourent de plus en plus aux cryptomonnaies, dont l'usage s'est à la fois professionnalisé et diversifié. Si le bitcoin (BTC) dominait encore les transactions illicites en 2021, ce sont

[273] FABBIAN, Liza, 2021. Au Nigeria, la banque centrale déclare la guerre aux cryptomonnaies. *Le Monde* [en ligne]. 25 mars 2021. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/afrique/article/2021/03/25/au-nigeria-la-banque-centrale-declare-la-guerre-aux-cryptomonnaies_6074470_3212.html

[274] FABBIAN, Liza, STEELS, Emmanuelle et PAMBRUN, Stéphane, 2021. Cryptomonnaies : les ambitions très différentes du Nigeria, du Salvador et de la Chine face à l'expansion des devises virtuelles. *FranceTVinfo* [en ligne]. 1 octobre 2021. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.franceinfo.fr/replay-radio/le-club-des-correspondants/cryptomonnaies-les-ambitions-tres-differentes-du-nigeria-du-salvador-et-de-la-chine-face-a-l-expansion-des-devises-virtuelles_4774085.html

[275] 21 human rights advocates write to Congress about Bitcoin's humanitarian benefits. *Financial Inclusion* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.financialinclusion.tech/

désormais les *stablecoins*, notamment l'USDT (Tether), qui représentent la majorité des flux (63 %), en raison de leur stabilité[276].

Malgré l'annonce de la fin de ses collectes en cryptomonnaies en avril 2023, le Hamas, classé comme organisation terroriste par l'Union européenne et la France, a poursuivi ses activités jusqu'au moins octobre 2024. Il aurait ainsi récolté l'équivalent d'environ 1,5 million de dollars en cryptomonnaies via des adresses de portefeuilles diffusées sur des messageries chiffrées[277]. Ces fonds, essentiellement en USDT, ont été blanchis via la bourse iranienne Nobitex et des réseaux affiliés au Hezbollah. En mars 2025, le *Department of Justice* des États-Unis (DOJ) et le FBI ont saisi 200 000 dollars en USDT, démontrant leurs capacités à tracer les flux et à intervenir sur des transactions illicites en cryptomonnaies.

L'État islamique, et en particulier sa branche du Khorassan (ISKP) active en Asie centrale et surtout au Tadjikistan, a également accru l'usage des services liés aux cryptomonnaies pour financer ses opérations[278]. Depuis 2022, l'ISKP reçoit des dons en bitcoin, ether et tronix (TRX, de la blockchain Tron). Ces fonds servent à financer le recrutement, y compris en direction des ressortissants tadjiks, ainsi que l'aide aux membres détenus dans des camps de prisonniers en Syrie, souvent sous un prétexte humanitaire. Des arrestations ont eu lieu en Turquie et au Tadjikistan, accompagnées de saisies sur la plateforme Binance. Selon les autorités russes, les membres de l'ISKP à l'origine de l'attentat du Crocus City Hall dans la banlieue de Moscou en mars 2024, auraient reçu des paiements en cryptomonnaies le jour même et des portefeuilles numériques identifiés comme appartenant à l'organisation auraient accueilli 2,5 millions de dollars en cryptomonnaies en 2023, dont 1 million en décembre 2023[279]. À cela, il est intéressant d'ajouter que l'utilisation des cryptomonnaies permet des levées de fonds organisées parfois à des milliers de kilomètres des zones d'opérations ou de lieux de stationnement de ces groupes. Début 2024 par exemple, un homme qui faisait des appels aux

[276] 2023. Crypto and the Opioid Crisis: What Blockchain Analysis Reveals About Global Fentanyl Sales. *Chainalysis* [en ligne]. 24 mai 2023. [Consulté le 25 mai 2023]. Disponible à l'adresse : https://blog.chainalysis.com/reports/cryptocurrency-fentanyl-analysis-2023/

[277] CHAINALYSIS, 2025. DOJ Seizes Crypto in Disruption of Hamas Terrorist Financing Scheme. *Chainalysis* [en ligne]. 28 mars 2025. [Consulté le 17 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.chainalysis.com/blog/doj-fbi-seize-cryptocurrency-disrupt-hamas-terrorist-financing-scheme-march-2025/

[278] TRM LABS, 2024. Suite à l'attaque de Moscou, comprendre l'utilisation des cryptomonnaies par l'EIIS. [en ligne]. 24 mars 2024. [Consulté le 23 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.trmlabs.com/fr/resources/blog/in-wake-of-moscow-attack-understanding-isis-use-of-cryptocurrencies

[279] BONJEAN, Jonathan, 2025. Le recours aux cryptomonnaies de l'État islamique du Khorasan. *Novastan France* [en ligne]. 17 juillet 2025. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://novastan.org/fr/decryptage/letat-islamique-khorasan-developpe-des-circuits-de-financement-par-actifs-numeriques/

dons à destination de l'État Islamique, surnommé « crypto-jihadiste » par la presse locale, a été arrêté en Espagne.

De même, le mouvement rebelle des Houthis au Yémen, soutenu par l'Iran, a utilisé des portefeuilles identifiés par l'OFAC qui auraient servi à transférer près d'un milliard de dollars vers des entités sanctionnées, dont un courtier russe spécialisé en matériel militaire[280]. Certains flux ont transité par Garantex, réputée pour ses lacunes en matière d'AML/CFT, également liés au financement du Hamas[281]. Les Houthis ont également expérimenté le minage de cryptomonnaies en utilisant de manière détournée les ordinateurs connectés à Internet via YemenNet, le principal fournisseur d'accès du pays.

Ces exemples illustrent la manière dont les cryptomonnaies deviennent un élément supplémentaire dans la boîte à outils des acteurs armés non étatiques, en offrant de nouvelles capacités de collecte et de transfert de fonds transnationaux. Leur usage, facilité par les *stablecoins* et les plateformes peu régulées, redessine partiellement les circuits du financement dans les conflits asymétriques, en contournant les frontières physiques et les systèmes bancaires formels. Bien que la traçabilité des transactions et que les opérations menées par des autorités nationales ou internationales fragilisent cet avantage technologique, qui reste fragile et contesté, ce phénomène traduit une évolution de la géopolitique du financement des conflits, où la maîtrise des infrastructures numériques devient un enjeu stratégique au même titre que le contrôle territorial.

3.1.2. La guerre en Ukraine, révélatrice des possibilités et des limites des cryptomonnaies comme alternative en temps de crise

A. La guerre en Ukraine, une crise révélatrice du potentiel des cryptomonnaies pour contourner les restrictions des réseaux financiers classiques

[280] TRM LABS, 2025. Des drones aux sanctions : comment les Houthis utilisent les cryptomonnaies. [en ligne]. 17 avril 2025. [Consulté le 23 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.trmlabs.com/fr/resources/blog/from-uavs-to-sanctions-evasion-how-the-houthis-use-crypto

[281] Le terme AML/CFT désigne l'ensemble des dispositifs de lutte contre le blanchiment de capitaux (Anti-Money Laundering) et le financement du terrorisme (Countering the Financing of Terrorism), visant à prévenir et détecter les flux financiers illicites.
CHAINALYSIS, 2023. OFAC Sanctions Russian National for Money Laundering. *Chainalysis* [en ligne]. 3 novembre 2023. [Consulté le 16 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.chainalysis.com/blog/ofac-russia-crypto-money-laundering-sanctions-2023/

Le 25 février 2022, alors que les troupes russes envahissent l'Ukraine depuis un jour déjà, des appels aux dons fleurissent sur les réseaux sociaux. Parmi ces annonces, des messages appelant à des envois de bitcoins, d'ethers ou encore d'USDT pour venir en aide aux populations civiles ukrainiennes ou encore soutenir l'effort de guerre. Le compte Twitter officiel du gouvernement ukrainien partage même, le 26 février, un message avec deux adresses, dont l'une d'un portefeuille Bitcoin et l'autre d'un portefeuille Ethereum qui permettent de recevoir des ethers et des USDT (voir Image 3).



Image 3 Capture d'écran du tweet du gouvernement ukrainien appelant aux dons le 26 février 2022.

Le 16 mars 2022, le président Volodymyr Zelenskyy a signé une loi légalisant officiellement les cryptomonnaies et assouplissant leur usage. Cette mesure a permis aux plateformes d'échange d'opérer légalement et aux banques d'ouvrir des comptes pour les entreprises liées aux cryptomonnaies[282]. Le 28 mars 2022, soit un peu plus d'un mois après, le montant des dons vers des adresses de soutien à la cause ukrainienne atteignait 56 millions de dollars, envoyés avec plusieurs cryptomonnaies, majoritairement des ethers, bitcoins et USDT[283]. Un an après le début du conflit, ce montant s'élève à près de 70 millions de dollars[284]. Selon Volosovych & al., en juin 2023, le montant total des dons en cryptomonnaies collectés s'élevait à 225 millions

[282] LEJNIECE, Aija, 2022. Les cryptomonnaies au cœur de la guerre de la Russie contre l'Ukraine. *Revue européenne du droit* [en ligne]. 18 octobre 2022. Vol. N° 4, n° 1, pp. 7883. [Consulté le 22 juillet 2025]. DOI 10.3917/red.004.0078. Disponible à l'adresse : https://droit.cairn.info/revue-red-2022-1-page-78?lang=fr

[283] Plus exactement, plus de 23 millions de dollars en ether, près de 16 millions en bitcoin et plus de 7 millions en USDT
Cryptocurrency Brings Millions in Aid to Ukraine, But Could It Also Be Used For Russian Sanctions Evasion? [En ligne]. *Chainalysis*. 28 mars 2022. Disponible sur : < https://www.chainalysis.com/blog/cryptocurrency-ukraine-russia-sanctions/ > (consulté le 31 août 2023).

[284] *A Year into Russia's War on Ukraine, Cryptocurrencies Continue to Play a Key Role* [En ligne]. *Chainalysis*. 24 février 2023. Disponible sur : < https://www.chainalysis.com/blog/russia-ukraine-war-cryptocurrency-one-year/ > (consulté le 31 août 2023)

de dollars, dont environ 60% étaient destinés à soutenir des initiatives humanitaires et 40% directement envoyés pour les besoins des forces armées ukrainiennes[285].

Comme ce fut le cas lors du tremblement de terre en Turquie en février 2023, de nombreux acteurs de l'écosystème des cryptomonnaies, dans une volonté philanthropique couplée à une stratégie d'autopromotion, ont réalisé des dons ou entrepris des actions de soutien à l'Ukraine[286]. Par exemple, la plateforme d'échange FTX a étroitement collaboré avec le gouvernement ukrainien pour la gestion de la réception des dons en cryptomonnaies tout en donnant l'équivalent de 10 millions USD. Son fondateur, Sam Bankman-Fried, a personnellement donné 250 000 USD de cryptomonnaies et la plateforme Binance a mobilisé 11 millions USD en cryptomonnaies[287].

Des acteurs locaux d'Ukraine, où l'industrie numérique est très développée, se sont également mobilisés afin d'offrir au gouvernement et aux ONG leurs services et compétences afin qu'ils puissent opérer ces transactions. Le développement du secteur avant le début de la guerre s'explique par un engouement local important pour les cryptomonnaies ; l'Ukraine se classait en 2020 premier pays au monde en termes d'adoption[288]. Ainsi, la plateforme d'échange ukrainienne Everstake et un équivalent anglo-ukrainien BTC-Alpha, ont lancé des campagnes de récolte de dons et ont facilité l'usage des cryptomonnaies pour les réfugiés de guerre ukrainiens[289].

Le montant des dons en cryptomonnaies reste faible en comparaison de l'aide internationale débloquée pour l'Ukraine par d'autres États : près de 160 milliards de dollars rien qu'en aide militaire (juillet 2023), à laquelle s'ajoute à une aide matérielle conséquente (armes, véhicules militaires). D'ailleurs, la fréquence des dons s'est largement estompée au cours du conflit[290]. Le 24 février 2023, le vice-ministre ukrainien au numérique précisait que la très grande majorité

---

[285] VOLOSOVYCH, Svitlana, NEZHYVA, Mariia, VASYLENKO, Antonina, MOROZOVA, Liudmyla et NAPADOVSKYI, Ihor, 2024. The cryptocurrency assets markets in the conditions of military aggression*. *Financial and credit activity problems of theory and practice* [en ligne]. 29 février 2024. Vol. 1, n° 54, pp. 114126. [Consulté le 22 juillet 2025]. DOI 10.55643/fcaptp.1.54.2024.4305. Disponible à l'adresse : https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/4305

[286] *Chainalysis*. 28 mars 2022. *Op. cit.*

[287] VOLOSOVYCH, Svitlana, NEZHYVA, Mariia, VASYLENKO, Antonina, MOROZOVA, Liudmyla et NAPADOVSKYI, Ihor, 2024. *Op. cit.*

[288] LEJNIECE, Aija, 2022. *Op. cit.*

[289] DELAHAYE, Jean-Paul, 2022. Les cryptomonnaies dans la guerre d'Ukraine ? *Institut Rousseau* [en ligne]. 31 mars 2022. Disponible à l'adresse : https://institut-rousseau.fr/les-cryptomonnaies-dans-la-guerre-dukraine/

[290] Près de 70 milliards de dollars de la part des Etats-Unis, plus de 10 milliards de la part du Royaume-Uni ou de l'Allemagne ou encore près de 5,5 milliards de la part du Canada.
BRETEAU, Pierre, 2023. Quels sont les pays qui ont le plus aidé l'Ukraine financièrement depuis le début de la guerre ? *Le Monde.fr* [en ligne]. 7 juillet 2023. [Consulté le 31 août 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2023/07/07/quels-sont-les-pays-qui-ont-le-plus-aide-l-ukraine-financierement-depuis-le-debut-de-la-guerre_6126677_4355775.html

des dons en cryptomonnaies reçus par son gouvernement durant la première année du conflit, l'ont été pendant les premiers mois qui ont suivi le début de l'invasion russe[291].

Afin de mieux comprendre le rôle des cryptomonnaies dans les prémices du conflit russo-ukrainien, il fut possible de s'entretenir avec Alicia, une bénévole ukrainienne qui a organisé des appels aux dons en cryptomonnaies[292]. Avant la guerre, Alicia faisait partie d'un groupe d'autoproclamés *stalkers*, une bande de jeunes femmes et hommes dont l'activité principale était de réaliser des expéditions illégales dans la zone d'exclusion de Tchernobyl et Pripiat. Lorsque le conflit a éclaté le 24 février 2022, Alicia et ses camarades, forts de leur connaissance d'une partie du territoire du nord de l'Ukraine après plusieurs années d'urbex (pour « *urban exploration* », exploration urbaine), se sont organisés en groupes de volontaires pour apporter des biens de première nécessité aux populations civiles ukrainiennes au plus proche du front.

Alicia publie des appels aux dons en cryptomonnaies afin de lever des fonds rapidement. Elle explique que dans les premiers instants de la guerre, c'était la solution la plus rapide afin de mobiliser des fonds[293]. Elle pouvait alors recevoir des dons du monde entier. Ensuite, ces cryptomonnaies pouvaient être rapidement échangées contre des euros et permettre l'achat de nourriture et de médicaments une fois la frontière polonaise franchie. Ces biens étaient ensuite acheminés par convois sanitaires jusqu'aux zones et populations sinistrées. Alicia, comme des dizaines d'autres jeunes ukrainiennes et ukrainiens, publiait ensuite du contenu sur les réseaux sociaux afin de permettre aux donateurs de rester informés des livraisons (voir Image 4). Parmi les marchandises achetées et acheminées, figuraient également des équipements militaires tactiques de défense, tels que des casques de combat ou des plaques de protection.

Par la suite, au fur et à mesure de l'avancée du conflit, d'autres solutions financières ont été développées expressément pour le recueil de dons depuis l'étranger, et les cryptomonnaies ont été de moins en moins utilisées. Toujours selon Alicia, elles ont tout de même permis une mobilisation rapide, internationale et de donateurs diversifiés au début du conflit. Ainsi, bien que les formes et usages de ce qu'est devenu l'écosystème des cryptomonnaies a beaucoup évolué depuis la création de la première d'entre elles, leur utilisation a permis de contourner une partie des limitations des outils et réseaux traditionnels de la finance énoncées par Nakamoto en 2008.

[291] LINDREA, Brayden, 2023. L'Ukraine a reçu 70 millions de dollars de dons en cryptomonnaies en un an ! *Cointelegraph* [en ligne]. 27 février 2023. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://fr.cointelegraph.com/news/ukraine-netted-70m-in-crypto-donations-since-start-of-russia-conflict
[292] Le prénom a été modifié.
[293] Entretiens réalisés à distance, en mars 2022 et mai 2022.



Image 4 Montage de plusieurs captures d'écran des publications Instagram d'Alicia entre février et mars 2022.

L'usage des cryptomonnaies a permis la mobilisation de plusieurs millions de dollars dans un laps de temps très court et a également facilité l'implication d'acteurs étrangers non étatiques, des propriétaires de bitcoins ou d'ethers qui souhaitaient soutenir l'aide aux civils ou l'effort de guerre ukrainien avec des sommes modestes, mais dont leur multiplicité a composé une somme totale importante[294]. En un sens, les cryptomonnaies ont permis une démocratisation de l'aide internationale et l'implication directe d'individus dans le monde entier. Les dons en cryptomonnaies ont également permis la mobilisation d'un certain capital financier par des petits groupes d'acteurs ukrainiens non-institutionnels, afin de répondre rapidement et localement à cette situation de crise qui a été marquée par la création, dès les premières heures de la guerre, de groupes d'auto-défense ou de groupes de volontaires qui portent secours aux populations sinistrées[295].

L'usage des cryptomonnaies a ainsi favorisé une mobilisation rapide de ressources transnationales, y compris depuis des acteurs non étatiques, tout en élargissant la base de donateurs au-delà des cadres diplomatiques classiques. Mais leur rôle semble rester

[294] VINIACOURT, Elise, 2022. Ukraine: «Cette guerre aura un impact considérable sur les cryptomonnaies». *Libération* [en ligne]. 2 mars 2022. [Consulté le 31 août 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.liberation.fr/international/europe/ukraine-cette-guerre-aura-un-impact-considerable-sur-les-cryptomonnaies-20220302_GCKGPYGQ7VA2TLJ4IGZD5CPV2Q/
[295] *Ibid*.

complémentaire et ponctuel en comparaison de l'ampleur des aides étatiques, comme levier d'appoint plutôt qu'un substitut aux infrastructures financières traditionnelles.

B. La mobilisation des cryptomonnaies par les Russes, révélatrice des limites de l'usage des cryptomonnaies imposées par l'institutionnalisation de l'écosystème

De l'autre côté de la ligne de front en Russie, les premiers jours de la guerre ont également vu une augmentation du recours aux cryptomonnaies, dans des proportions tout de même assez faibles. Leurs usages ont servi d'une part à tenter de contourner les sanctions économiques qui commençaient à viser le pays et une partie de ses institutions et ressortissants. D'autre part, ces monnaies ont également été utilisées en tant que valeur refuge par la population. L'utilisation des cryptomonnaies par des citoyens russes visés par des sanctions a également été possible, mais dans une faible mesure. Ces usages ont été très vite complexifiés par l'application de la continuation des sanctions par la plupart des plateformes d'échange et les entreprises de portefeuilles numériques. Ces mêmes applications de sanctions avaient rendu complexe l'envoi de dons à certaines ONG syriennes après le tremblement de terre de février 2023.

Le cours du rouble a effectivement chuté lourdement dans les premières semaines de la guerre, alors qu'une hausse conséquente de l'achat d'USDT, la cryptomonnaie dont la valeur est adossée à celle du dollar, par des citoyens russes a été relevée[296]. Dès l'annonce de l'offensive, le 24 février 2022, la devise russe a chuté de près de 10 % face au dollar puis, entre le 25 février et le 7 mars, de plus de 76 %[297]. Cette crise monétaire est le résultat de plusieurs facteurs: le gel des réserves internationales de la Banque centrale de Russie, les sanctions financières occidentales, notamment l'exclusion de grandes banques russes du système SWIFT et l'exode massif de capitaux hors du territoire. L'usage des cryptomonnaies par les citoyens russes ordinaires s'est intensifié de plus de 900% dès les premiers jours du conflit[298]. Cette dynamique, largement portée par des particuliers russes non ciblés par les sanctions occidentales, semblait avant tout viser à préserver leur épargne de l'effondrement rapide du rouble, plutôt qu'à des transactions internationales. Cependant, des usages spontanés ont aussi permis de contourner la cessation des services Visa et Mastercard pour les paiements

[296] À Irkoutsk, en Russie, au début du conflit, j'ai personnellement pu observer de longues files d'attente devant les banques de la ville, sous des températures de parfois -20°C, composées d'habitants qui essayer de retirer un maximum de leurs économies en urgence.
[297] MIGNON, Valérie, 2024. Russie : les sanctions occidentales commencent à faire effet. *The Conversation* [en ligne]. 22 février 2024. [Consulté le 23 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : http://theconversation.com/russie-les-sanctions-occidentales-commencent-a-faire-effet-221623
[298] CHAINALYSIS, 2022. Could Cryptocurrency Be Used For Russian Sanctions Evasion? *Chainalysis* [en ligne]. 28 mars 2022. [Consulté le 23 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.chainalysis.com/blog/cryptocurrency-ukraine-russia-sanctions/

internationaux vers et depuis la Russie début mars 2022, afin, par exemple, de payer des services de VPN[299]. Ainsi, dans la population russe, les cryptomonnaies apparaissent d'abord comme des outils de protection individuelle contre la volatilité monétaire, dans une très faible mesure en tant que moyen de paiement spontané pour des services étrangers, mais en aucun cas en tant que moyen de paiement sur le marché domestique[300].

L'hypothèse d'un usage à grande échelle des actifs numériques par des citoyens russes aisés pour contourner les interdits a été largement disqualifiée en raison du manque de liquidité des plateformes et de la traçabilité des transactions de certaines cryptomonnaies. Pour autant, des usages ponctuels, notamment par les élites économiques, ont bel et bien émergé. Plusieurs enquêtes convergent pour attester que certains oligarques russes et membres de la haute bourgeoisie ont eu recours aux cryptomonnaies afin d'exfiltrer des capitaux significatifs vers l'étranger, notamment en achetant des biens immobiliers à Dubaï directement en bitcoins[301]. Ce phénomène a été facilité par le recours à des plateformes d'échange peu regardantes en matière de KYC. En novembre 2023, l'OFAC sanctionne une citoyenne russe, Ekaterina Zhdanova, qui aurait mis en place des schémas de blanchiment d'argent et de contournement de sanctions pour des membres de l'élite russe, en ayant notamment recours à la plateforme Garantex.

Néanmoins, ces stratégies de contournement ont été freinées par les pressions exercées sur les grandes plateformes d'échange, sommées de bloquer ou de restreindre l'accès aux utilisateurs russes : Coinbase, par exemple, a gelé 25 000 comptes de ressortissants russes dès début mars 2022[302]. De surcroît, la transparence inhérente à la technologie blockchain, couplée aux outils de traçage utilisés par les autorités (comme Reactor de Chainalysis), rend ces transactions facilement détectables. Chez les élites russes, les cryptomonnaies ont donc agi comme des vecteurs de transition des capitaux à l'international, plutôt que comme des valeurs refuges durables. Cet usage s'est également manifesté dans la prolifération de plateformes d'échange instantané sans politique KYC stricte, qui ont permis, à une échelle plus réduite, de contourner certaines restrictions imposées aux banques russes sanctionnées. Ce sont donc les usages privés, individualisés et ponctuellement illégaux des cryptomonnaies qui se sont les plus distingués, révélant une asymétrie fondamentale dans leur accessibilité et leur efficacité.

[299] LEJNIECE, Aija, 2022. *Op. cit*
[300] DELAHAYE, Jean-Paul, 2022.
[301] *Ibid*.
[302] QUIROZ-GUTIERREZ, Marco, 2022. Coinbase blocks 25,000 Russian crypto wallets suspected of illicit activity. *Fortune* [en ligne]. 7 mars 2022. [Consulté le 23 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://fortune.com/2022/03/07/coinbase-blocks-25000-crypto-wallets-russians-sanctions/

Cette première sous-section se concentrait exclusivement sur les usages des cryptomonnaies à l'échelle individuelle. La récente législation russe sur les cryptomonnaies (2024), visant à encadrer et institutionnaliser cette activité sous supervision étatique, témoigne d'une volonté stratégique d'intégrer les cryptomonnaies à l'architecture financière du pays, notamment dans une perspective de résilience commerciale face à l'isolement international. En définitive, si les cryptomonnaies n'ont ni remplacé les monnaies fiduciaires, ni servi de véritable valeur refuge pour l'économie russe, elles ont offert une marge de manœuvre partielle pour l'exfiltration de capitaux par les élites, un canal alternatif pour les citoyens confrontés aux restrictions bancaires.

3.2. Bitcoin, entre risques d'affaiblissement et potentiel de consolidation de la souveraineté des États

Le contrôle de la monnaie utilisée au sein d'un territoire, et donc la souveraineté monétaire, est une composante essentielle à l'exercice du pouvoir et donc à la souveraineté de l'État sur ce dernier. L'émergence de Bitcoin et des cryptomonnaies est venue bousculer et diversifier la conception des formes et usages de la monnaie telles qu'elles étaient traditionnellement perçues, voire définies. En plus du rôle de monnaie, la dimension numérique du bitcoin et d'autres cryptomonnaies pourrait également venir empiéter sur la souveraineté numérique des États où elles sont utilisées, puisque leur usage se fait au travers du réseau Internet. Dans un premier temps, il est nécessaire de comprendre ce que nous entendons, dans ce travail, par souveraineté monétaire. Ensuite, nous analyserons comment, théoriquement, les cryptomonnaies viennent, par essence, bousculer, voire concurrencer, cette souveraineté monétaire et, par extension, la souveraineté globale de certains États sur leur territoire. Enfin, nous passerons en revue quelques-unes des réponses gouvernementales, de l'interdiction stricte à une tentative de régulation, à l'adoption et l'institutionnalisation croissante des cryptomonnaies.

3.2.1 Les cryptomonnaies, concurrentes théoriques des instruments de souveraineté monétaire

Cette mise en perspective de la conceptualisation et de l'exercice de la souveraineté des États face aux usages croissants des cryptomonnaies ouvre un immense potentiel de réflexions et de discussions. Dans le cadre de cette thèse de géographie, nous nous tenons à une approche très

synthétique, voire introductive, de ces problématiques, afin de les traiter avec une approche géopolitique par la suite.

A. La monnaie, instrument essentiel de la souveraineté de l'État

La souveraineté d'un État sur son territoire est intrinsèquement liée à sa souveraineté monétaire et donc au contrôle sur la monnaie qu'il exerce via, généralement, une banque centrale à qui revient l'émission de liquidité, la gestion des flux et la garantie de la stabilité de la monnaie. La banque centrale peut également influer sur sa valeur et l'État se réserve le droit d'instaurer une taxation, directe ou indirecte, via cette même monnaie, auprès des citoyens. En 1970, Dominique Carreau, écrivait par exemple que « *le droit de battre monnaie est l'apanage exclusif de l'État moderne. C'est à [l'État] — et à [l'État] seul — qu'il appartient de choisir l'unité monétaire, le signe, qui va circuler sur son territoire : il va lui donner cours légal, voire cours forcé. C'est à l'État territorial — et à lui seul — qu'il incombe de modifier la valeur de la monnaie qu'il émet et d'en prescrire les utilisations. En bref, la compétence monétaire se trouve au centre de la souveraineté de l'État. Cette souveraineté monétaire de l'État est illimitée dans l'ordre interne ; seul le droit international peut lui apporter des tempéraments* »[303].

Quelques années plus tôt, Carlo Cipolla rappelait que la souveraineté monétaire est un concept très récent, car avant la fin du XIXe siècle, aucun État occidental ne jouissait d'une souveraineté monétaire complète[304]. Dans les siècles précédents (1300 – 1700), la doctrine de base de l'organisation monétaire était que les pièces étrangères avaient les mêmes droits que les pièces nationales et qu'elles pouvaient entrer et circuler librement sans limitation particulière[305]. Jérôme Blanc, quant à lui, distingue plusieurs niveaux de souveraineté monétaire, dont un niveau primaire constitué de quatre éléments : (1) la présence d'une autorité qui s'affirme souveraine en matière monétaire dans un espace donné, une banque centrale ; (2) la définition par cette autorité d'une unité de compte au sens de l'établissement de son nom ainsi que de sa « valeur » ; (3) la possibilité de prélèvement par cette autorité d'un revenu de souveraineté, ce qui passe par la définition d'un ensemble de moyens de paiement dont l'émission est plus ou moins contrôlée et dont l'usage en paiement auprès des institutions de l'autorité souveraine est garanti ; (4) et l'établissement et la diffusion d'une symbolique monétaire constituant les

[303] CARREAU, Dominique. Souveraineté et coopération monétaire internationale, Cujas, Paris, 1970.
[304] CIPOLLA, Carlo M., 1977. *Clocks and Culture, 1300-1700*. Norton. ISBN 978-0-393-00866-1.
[305] *Ibid*.

marques de la souveraineté[306]. Toujours selon Blanc, la maîtrise du médium dans lequel se réalisent paiements et évaluations dans son espace de souveraineté peut lui permettre d'établir sa souveraineté comme horizon absolu des pratiques monétaires internes. La maîtrise des conditions dans lesquelles monnaie nationale et monnaies étrangères sont converties renforce cette souveraineté tout en donnant la possibilité de contrôler jusqu'aux flux d'entrée et de sortie de revenus et de capitaux[307].

Les cryptomonnaies viennent alors remettre en cause, du moins théoriquement, cette souveraineté telle que définie par Blanc, privant l'État d'un contrôle absolu des pratiques monétaires internes. Le bitcoin est en effet une monnaie, bien que cette définition soit au centre d'un important débat au sein de la discipline des économistes, utilisable via des services Web, et donc une connexion Internet, depuis n'importe quel territoire. Si l'utilisation des cryptomonnaies pour des transactions marchandes reste minoritaire, la démocratisation de son usage comme moyen de paiement remet en question la complétude des outils monétaires de l'État. Cette notion de complétude des instruments monétaires souverains, telle que théorisée par Jérôme Blanc, renvoie à l'idée que les instruments monétaires émis par l'État suffisent à couvrir l'ensemble des besoins et des usages monétaires au sein de l'économie. Autrement dit, ces instruments remplissent à eux seuls toutes les fonctions nécessaires, rendant superflu l'existence ou l'usage d'autres formes de monnaie[308]. Une complétude totale est purement théorique, l'auteur lui-même notait en 2002 que « *cette situation de complétude des instruments monétaires souverains apparaît comme utopique jusque dans les économies occidentales financièrement stables, puisqu'il existe en permanence un ensemble diversifié d'instruments monétaires au-delà des monnaies nationales* »[309].

Si le bitcoin et les autres cryptomonnaies empiètent sur le caractère unique de la monnaie étatique qui confère à l'État une grande partie de sa souveraineté, elles viennent également remettre en cause d'autres instruments qui y participent. Les États, du moins les banques centrales, ne peuvent pas, directement par seule décision politique, appliquer leurs droits régaliens sur les cryptomonnaies. L'une des raisons pour lesquelles Bitcoin a été créé est justement pour permettre l'existence d'une monnaie émancipée du contrôle des États. Ainsi, toujours théoriquement, l'État ne décide pas de l'émission ou de la politique monétaire d'une

[306] BLANC, Jérôme. « Principe et exercice de la souveraineté monétaire. Le cas de l'exclusivité monétaire nationale », Colloque Du franc à l'euro : changements et continuité de la monnaie, Centre Auguste et Léon Walras, 2001.
[307] *Ibid*.
[308] BLANC, Jérôme, 2002. Invariants et variants de la souveraineté monétaire. Réflexions sur un cadre conceptuel compréhensif. *Economies et sociétés*. février 2002. Vol. 4, pp. 193213.
[309] *Ibid*.

cryptomonnaie, ni de son taux de change. Les leviers de contrôle dont dispose une banque centrale sur la monnaie qu'elle émet et contrôle, et qui lui permet de faire face à des tumultes économiques, est de fait une prérogative régalienne à laquelle échappent les cryptomonnaies. La volatilité extrême des marchés de cryptomonnaies est à l'opposé de la recherche de stabilité par la plupart des banques centrales pour leur monnaie. Au-delà de l'utilisation de la monnaie pour mener certaines de ses politiques, l'État perdrait également, avec une adoption des cryptomonnaies par sa population, l'accès à certains outils et leviers de contrôle et certaines informations pourtant cruciaux à son fonctionnement. Il est également impossible pour les États, à moins d'un cadre juridique spécifique, de prélever l'impôt ou de taxer les transactions (le terme consacré est *FTT* pour *Financial Transaction Tax*) puisque ces dernières sont via des réseaux et infrastructures numériques qui échapperaient au contrôle étatique. Mais l'un des arguments les plus souvent mobilisés par les décideurs politiques afin de justifier leur opposition à Bitcoin et aux autres projets de cryptomonnaies est leur propriété d'anonymat qui permettrait leur utilisation dans une optique d'évasion fiscale, de blanchiment d'argent, de transactions sur des marchés illégaux, voire de financement d'activités terroristes[310]. Si cette assertion pouvait être vérifiable à l'apparition des premières cryptomonnaies, et si certains exemples comme l'« affaire Silk Road » confirmaient dans un premier temps cette hypothèse, les organes étatiques et certaines entreprises spécialisées ont développé des outils et techniques puissants afin de diminuer ces risques. Certains outils permettent, par exemple, de tracer des transactions en bitcoins et des accords avec des plateformes d'échange permettent de retrouver l'identité réelle des utilisateurs qui y sont associés (voir Chapitre 2). Les États ont également développé des cadres juridiques diversifiés et parfois évolutifs pour encadrer l'usage des cryptomonnaies au sein de leur territoire.

B. Entre interdiction et régulation, la complexe réponse étatique face à un paradigme monétaire nouveau

L'émergence des cryptomonnaies a donc imposé un paradigme financier et économique nouveau aux pouvoirs publics de la plupart des pays. Certains États ont opté pour une interdiction totale de l'usage et de l'achat de cryptomonnaies sur leur territoire, à l'instar de l'Équateur (2014), du Bangladesh et du Nigéria (2017), du Qatar et de l'Ouzbékistan (2019) ou

[310] Focus 10 : *Les dangers liés au développement des monnaies virtuelles : l'exemple du bitcoin*, 2013. [en ligne]. Focus. Banque de France. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://publications.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/focus-10_2013-12-05_fr.pdf

encore de la Chine (2021)[311]. D'autres États ont opté pour un encadrement légal des cryptomonnaies plus ou moins strict. Au fil des années, et de l'adoption croissante des cryptomonnaies ainsi que de leur valeur, les positions et propositions juridiques ont grandement évolué. Généralement, les cryptomonnaies sont définies par les pouvoirs publics comme des actifs (ou cryptoactifs) ; c'est donc aux autorités de régulation des marchés que revient la compétence de contrôler le secteur. La complexité de définition juridique des cryptomonnaies reviendrait à l'absence de définition juridique préalable de la monnaie[312]. En le qualifiant d'actif, et donc d'« objet » immatériel d'une certaine valeur, les autorités retirent au bitcoin et consorts une quelconque dimension de monnaie. Ainsi, dans la plupart des pays, les cryptomonnaies ne peuvent pas être considérées, juridiquement, comme concurrentes à la monnaie nationale.

Les premières réflexions de cadres juridiques sont développées avec l'essor et la médiatisation de Silk Road, en 2014[313]. Le premier cadre juridique national pour les cryptomonnaies est celui des États-Unis en 2014, où le *Internal Revenue Service* donnait un statut juridique au bitcoin afin de pouvoir prélever des taxes sur les détenteurs états-uniens. La même année, la banque centrale de la République populaire de Chine interdisait, pour l'heure seulement à ses institutions financières, d'acheter et d'utiliser des cryptomonnaies. L'affaire Silk Road a été un catalyseur de volonté de cadre juridique, et dans la plupart des pays souhaitant, non pas un bannissement ou une interdiction, mais une régulation appropriée, les projets d'encadrement ont été tournés vers les plateformes d'échanges. Ainsi, à l'instar de l'AMF (Autorité des Marchés Financiers) en France, les régulateurs des marchés financiers demandent aux plateformes qui souhaitent opérer au sein de leur territoire de juridiction de répondre à certaines prérogatives. La principale de ces caractéristiques demandées aux plateformes est d'appliquer des politiques de *KYC*. Si cette collaboration entre acteurs de l'écosystème des cryptomonnaies et pouvoirs publics est très éloignée de l'idéal cypherpunk derrière Bitcoin, elle permet aux institutions étatiques, dont les forces de police et de sécurité, une grande visibilité sur l'usage et les usagers des cryptomonnaies.

[311] R., Corinne, 2023. Quels sont les pays ayant interdit les cryptomonnaies dans leurs juridictions ? *Cryptonews.com* [en ligne]. 26 juin 2023. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://cryptonews.com/fr/exclusives/les-pays-qui-ont-interdit-les-cryptomonnaies-sur-leurs-territoires/
[312] PERRIN, Amaury, 2019. Le bitcoin et le droit : problématiques de qualification, enjeux de régulation. *Gestion & Finances Publiques* [en ligne]. janvier 2019. N° 1, pp. 8493. [Consulté le 30 août 2023]. DOI 10.3166/gfp.2019.00014. Disponible à l'adresse : https://gfp.revuesonline.com/10.3166/gfp.2019.00014
[313] BRITO, Jerry et CASTILLO, Andrea, 2013. *Bitcoin: A Primer for Policymakers*. Mercatus Center at George Mason University, p. 48.

Encadré 6

EXTENSION DE LA PROBLEMATIQUE : LES CRYPTOMONNAIES D'ENTREPRISES PRIVEES DU NUMERIQUE

À partir de 2018, plusieurs grandes entreprises du numérique, dont Telegram et Facebook (Meta), ont tenté de lancer leur propre cryptomonnaie, respectivement Gram et Libra (puis Diem), suscitant une opposition immédiate et déterminée des États, en particulier des États-Unis. Ces initiatives ont marqué un tournant dans la perception des cryptomonnaies comme instruments pouvant concurrencer, voire menacer, la souveraineté monétaire des États.

Le projet TON (Telegram Open Network) porté par Telegram prévoyait de doter sa messagerie chiffrée d'une cryptomonnaie native, le gram, destinée à être utilisée par ses centaines de millions d'utilisateurs. Malgré une levée de fonds record de 1,7 milliard de dollars en 2018, le projet a été freiné par les autorités russes, officiellement pour des raisons de sécurité nationale, mais probablement en raison du risque qu'une telle monnaie privée représentait pour le monopole monétaire étatique. Finalement, c'est la SEC états-unienne qui a mis un terme au projet en 2020, imposant à Telegram de rembourser les investisseurs et d'abandonner le déploiement du gram, au motif qu'il s'agissait d'un titre financier non autorisé. Cette affaire a illustré la portée extraterritoriale du droit états-unien et la méfiance croissante envers les infrastructures numériques privées susceptibles de créer des espaces d'échange monétaire hors du contrôle des autorités publiques.

De son côté, Facebook a lancé le projet Libra au printemps 2018, en s'appuyant sur une fondation installée en Suisse et un consortium d'acteurs majeurs des secteurs financier et numérique. La cryptomonnaie devait être adossée à un panier de devises et intégrée à l'écosystème des applications de Facebook, menaçant potentiellement les équilibres monétaires internationaux. Face aux réactions hostiles des gouvernements, notamment après l'alerte lancée par le G7 en 2019 sur les risques systémiques liés aux stablecoins globaux, plusieurs partenaires (Visa, Mastercard, PayPal) se retirent du projet. La défiance s'exacerbe sur fond de crise de légitimité de Facebook, notamment après le scandale Cambridge Analytica, et de craintes concernant l'accès de l'entreprise aux données financières de ses utilisateurs. Malgré un *rebranding* (Libra devient Diem, Calibra devient Novi) et une tentative de relocalisation aux États-Unis, le projet est définitivement abandonné en 2021.

Ces deux initiatives ont révélé la ligne rouge infranchissable pour les États : l'appropriation par un puissant acteur privé du pouvoir régalien de battre monnaie. La réaction des autorités face à ces cryptomonnaies d'entreprise souligne la sensibilité géopolitique croissante des enjeux monétaires numériques. Ces échecs ont également renforcé l'intérêt de plusieurs gouvernements pour le développement de monnaies numériques de banque centrale (CBDC), perçues comme un moyen de répondre aux innovations du secteur privé tout en conservant le contrôle souverain sur les instruments monétaires.

Les différentes régulations ont dû s'adapter ensuite aux évolutions de l'écosystème. Toujours en ce qui concerne le cas de la France, la loi Pacte d'avril 2019 encadre les ICO et demande aux plateformes d'échange et autres acteurs de l'écosystème des cryptomonnaies d'être enregistrés en tant que PSAN (Prestataire de services sur actifs numériques)[314]. À l'échelle européenne, la loi MiCA (Markets in Crypto Assets), adoptée en avril 2023 et entrée en vigueur en septembre 2024, est applicable à l'ensemble des pays ressortissants de l'Union européenne. Ainsi, ce sont les textes de l'ESMA (Autorité Européenne des Marchés Financiers) qui prévaudront et seront appliqués par l'AMF. La loi MiCA prévoit un contrôle renforcé des PSAN et de leurs clients, mais ne s'applique pas aux ICO et aux plateformes décentralisées, le texte n'étant conçu que pour répondre à certaines formes précises d'utilisation des cryptomonnaies[315]. Mais, comme certains exemples dans les sous-parties suivantes en témoignent, l'entité de régulation à la portée la plus importante, puisqu'internationale, reste la SEC (*U.S. Securities and Exchange Commission*), équivalent états-unien de l'AMF en charge de la réglementation et du contrôle des marchés financiers. La portée extraterritoriale du droit états-unien, conféré entre autres par l'omniprésence du dollar sur les marchés internationaux, permet à cet organe une amplitude d'action globale.

Nous pouvons alors déceler quatre périodes distinctes dans l'évolution des réponses étatiques. S'il y a eu une période de flottement jusqu'en 2014 et l'explosion d'affaires comme Silk Road, la majorité des réponses gouvernementales par la suite ont été en faveur d'un encadrement juridique de ces nouveaux usages et marchés. C'est à partir de 2018, suite à une adoption de plus en plus importante des cryptomonnaies par les populations, qu'une polarisation des réponses devient visible : certains États, comme l'Inde, tentent une interdiction totale, alors que d'autres, à l'image de la Suisse ou de Singapour, mettent en place des cadres réglementaires extrêmement ouverts. L'année 2021 marque, quant à elle, un tournant et une nouvelle entrée dans notre tentative de typologie des réponses gouvernementales à l'émergence des cryptomonnaies. Si des interdictions complètes ou des resserrements importants sont visibles, comme en Chine ou au Nigéria, c'est surtout l'appropriation stratégique officialisée des cryptomonnaies par certains États qui marque une rupture, à l'instar du Salvador et de la

[314] *Vers un nouveau régime pour les crypto-ac fs en France*, 2019. [en ligne]. Autorité des Marchés Financiers. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.amf-france.org/sites/institutionnel/files/pdf/59874/fr/Vers_un_nouveau_regime_pour_les_crypto-actifs_en_France.pdf?1754984893

[315] FERRARI, Valeria, 2020. The regulation of crypto-assets in the EU – investment and payment tokens under the radar. *Maastricht Journal of European and Comparative Law* [en ligne]. juin 2020. Vol. 27, n° 3, pp. 325342. [Consulté le 27 août 2023]. DOI 10.1177/1023263X20911538. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1023263X20911538

Centrafrique, qui accompagne également une intensification du recours aux cryptomonnaies par certains pays pour contourner des sanctions, comme ce fut le cas avec l'Iran.

3.2.2. Les cryptomonnaies au service des États

Outre les crises, censures étatiques et les limites des réseaux traditionnels de la finance, que certains acteurs ont pu chercher à contourner via une utilisation de cryptomonnaies, elles ont également été utilisées pour justement renforcer la souveraineté d'un territoire. Si, comme nous l'avons vu, un recours aux cryptomonnaies peut être perçu comme une menace pour la souveraineté d'un État sur son territoire, certains États y voient justement une possibilité de renforcer leur souveraineté. Elles peuvent être perçues comme des solutions alors que la monnaie nationale perd grandement de sa valeur ou que cette dernière est visée par les sanctions financières émises par d'autres pays. Elles peuvent également être plébiscitées pour offrir une alternative à la monnaie *de facto* d'un territoire qui est émise par un autre pays, argument derrière l'adoption du bitcoin par le Salvador en 2021 ou la République centrafricaine en 2022. Il est important de noter ici un recours officieux aux cryptomonnaies de la part de certains États, à l'instar de la Corée du Nord dont les *hackers* étatiques sont spécialisés, entre autres, dans le vol de cryptomonnaies[316]. Cette stratégie revêt une dimension géopolitique d'autant plus que les *hackers* nord-coréens ciblent prioritairement des plateformes d'échanges sud-coréennes[317].

A. Du Salvador à la République centrafricaine, une recherche de souveraineté par l'adoption étatique de Bitcoin

En juin 2021, le jeune président du Salvador Nayib Bukele a annoncé l'adoption du bitcoin comme monnaie légale, aux côtés du dollar, devenue effective le 7 septembre 2021[318]. Dans ce pays d'Amérique centrale, la perte de confiance de la population dans ses institutions politiques a tellement dévalué la monnaie nationale, le colon, que le dollar étasunien l'a remplacé en 2001. Pendant 20 ans, le Salvador a alors exclusivement composé avec une monnaie et un système financier soumis à la juridiction états-unienne avec des coûts élevés par rapport au salaire moyen salvadorien. D'ailleurs, moins de 30% de la population du pays est bancarisée et le

[316] *CSNU, 2020. Rapport du CSNU sur l'application des sanctions contre la RDPC. Conseil de sécurité des Nations unies.*
[317] KIM, Heeu Millie, LEE, June et PAIK, Rachel, 2022. North Korean Cryptocurrency Operations: An Alternative Revenue Stream. . 2022.
[318] PARMENTIER, Audrey, 2021. Pourquoi le Salvador a-t-il décidé de légaliser le bitcoin ? *Geo.fr* [en ligne]. 18 décembre 2021. [Consulté le 24 janvier 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.geo.fr/geopolitique/pourquoi-le-salvador-a-t-il-decide-de-legaliser-le-bitcoin-207529

système bancaire est généralement utilisé par la population uniquement pour des transferts coûteux avec la diaspora installée aux États-Unis. De plus, les autorités salvadoriennes ont connu une perte totale d'autonomie dans la conduite de leur politique économique, complètement subordonnée à celle des États-Unis et de leur banque centrale (la « Fed »)[319]. Ainsi, le président Bukele voit dans le bitcoin l'occasion d'émanciper son pays et sa population des États-Unis, bien que la cryptomonnaie peine à être adoptée par les Salvadoriens. Le projet de Bukele comprend également « Bitcoin city », une ville développée au pied d'un volcan dont l'énergie doit être utilisée pour alimenter des fermes de minage de cryptomonnaies. D'une part, le Président Bukele défendait l'idée que l'adoption du bitcoin allait améliorer l'inclusivité financière salvadorienne, d'autre part, que cette décision allait permettre d'attirer des capitaux et des entrepreneurs étrangers.

L'investissement du président salvadorien, en ce qui concerne la deuxième dimension de sa politique, était très visible. L'annonce de la légalisation du bitcoin a été faite à une conférence d'entrepreneurs du secteur des cryptomonnaies et du Web3. Dans sa forme, la mise en scène du lancement de « Bitcoin city » s'inspirait plus des codes des concerts de *boys band* qu'à ceux d'une allocution présidentielle officielle. Bukele était apparu coiffé d'une casquette à l'envers, sur une scène ambiancée de hard rock, précédé d'une version numérique de lui-même, reprenant le style d'un avatar de métavers projetée sur écran géant. Par la suite, les promesses faites par Bukele n'ont pas, pour le moment, réellement abouties, bien qu'une communication importante du gouvernement et des promoteurs du secteur des cryptomonnaies se concentre sur El Zonte. Cette plage touristique est censée être un territoire où l'économie locale serait le reflet d'une économie portée par le bitcoin. Dans les faits, seuls quelques touristes et *digital nomads* paient certaines fois en bitcoins et les quelques baraques à churros de cette plage peinent à composer une puissance économique faite de cryptomonnaies rêvées par « El Presidente ». Comme le révèle le sociologue Antulio Rosales, l'adoption du bitcoin par la population reste faible, cela malgré la mise en place d'un portefeuille numérique national via l'application Chivo et le virement initial de 30 dollars en bitcoins à chaque Salvadorien[320].

---

[319] COUPPEY-SOUBEYRAN, Jézabel, 2021. Pourquoi le Salvador a-t-il décidé de légaliser le bitcoin ? *France Culture* [en ligne]. 5 novembre 2021. [Consulté le 24 janvier 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.franceculture.fr/emissions/le-pourquoi-du-comment-economie-et-social/pourquoi-le-salvador-a-t-il-decide-de-legaliser-le-bitcoin

[320] ROSALES, Antulio, VAN ROEKEL, Eva, HOWSON, Peter et KANTERS, Coco, 2023. Poor miners and empty e-wallets: Latin American experiences with cryptocurrencies in crisis. *Human Geography* [en ligne]. 15 août 2023. pp. 19427786231193985. [Consulté le 24 août 2023]. DOI 10.1177/19427786231193985. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/19427786231193985
MONTOYA, Angeline, 2021. Au Salvador, bitcoin et dérives autoritaires. *Le Monde* [en ligne]. 8 septembre 2021. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/international/article/2021/09/08/au-salvador-bitcoin-et-derives-autoritaires_6093859_3210.html

Moins de 24 heures après, la valeur du portefeuille bitcoin des Salvadoriens n'était déjà plus que de 26 dollars. Outre les risques de la volatilité de la cryptomonnaie, l'importante méconnaissance technique et l'analphabétisme numérique de la population ont grandement freiné l'adoption du bitcoin dans le pays. Mais si le bitcoin n'a pas, pour le moment, permis aux Salvadoriens de mieux nourrir leur famille, il aura permis à leur président de nourrir son discours politique anti-États-Unis. Car une grande partie de la rhétorique de Bukele, outre la volonté de développer le Salvador, est de marquer une volonté d'émancipation du dollar états-unien, et donc des États-Unis. Nous observons donc une récupération de Bitcoin et des idées d'émancipation qui lui sont associées, pensées d'abord pour émanciper l'individu de l'État, par le dirigeant d'un pays qui souhaite justement l'émanciper du pouvoir et du contrôle d'un État tiers. Ici, l'indépendance, ou « souveraineté individuelle », que peut apporter Bitcoin à l'individu, est adaptée à un État dans le discours géopolitique de son dirigeant.

Cette clé de lecture semble également pouvoir être appliquée à la République centrafricaine. L'ancienne colonie française (1889-1960) a adopté le bitcoin comme monnaie légale en 2022[321]. La faible pénétration du numérique au sein de la population locale semble n'apporter que peu de pertinence à cette décision. Mais, la décision semble davantage nourrir un discours géopolitique qu'une politique nationale. Comme beaucoup d'anciennes colonies françaises d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale, la monnaie officielle de la Centrafrique est le franc-CFA, en grande partie toujours contrôlé par le Trésor français. Ainsi, au-delà d'un discours anti-impérialiste, c'est un également discours d'émancipation qui est soutenu par l'appropriation des idées et possibilités de Bitcoin[322]. D'autant plus que le pays a entrepris, une politique de distanciation avec la France, notamment en se rapprochant symboliquement de la Russie via le recours au groupe de mercenaires Wagner (puis Africa Corps).

[321] 2022. Le bitcoin, adopté comme monnaie officielle en Centrafrique, n'est pas une « panacée », avertit le FMI. [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/afrique/article/2022/04/29/le-bitcoin-adopte-comme-monnaie-officielle-en-centrafrique-n-est-pas-une-panacee-avertit-le-fmi_6124157_3212.html

[322] Avant 1960, le « franc CFA » signifiait « franc des Colonies Françaises d'Afrique ». L'expression désigne désormais « franc de la Communauté financière africaine », pour les pays de l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA) : Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Guinée-Bissau, Mali, Niger, Sénégal et Togo. Elle désigne également, pour les pays de la CEMAC (Coopération économique et monétaire en Afrique centrale), le « franc de la Coopération financière en Afrique centrale » : Cameroun, Gabon, Guinée équatoriale, République centrafricaine, République du Congo, Tchad.

EXTENSION DE LA PROBLEMATIQUE : LES MONNAIES NUMERIQUES DE BANQUE CENTRALE (MNBC)

Face à l'essor des paiements dématérialisés, à la numérisation croissante de l'économie et à la perspective de cryptomonnaies privées accessibles mondialement, comme le projet Libra de Facebook, de nombreux États ont accéléré leurs efforts de recherche et développement en matière de monnaies numériques de banque centrale (MNBC). Ces monnaies, émises et contrôlées directement par les banques centrales, visent à préserver la souveraineté monétaire dans un contexte de disruption technologique et à répondre à des enjeux variés, à la fois internes (inclusion financière, efficacité des paiements, lutte contre l'économie informelle) et géopolitiques (dédollarisation, affirmation de puissance).

Deux types de MNBC coexistent : les MNBC de gros, destinées aux institutions financières, et les MNBC de détail, accessibles aux citoyens. Les premières visent surtout à moderniser les infrastructures interbancaires, tandis que les secondes ont pour ambition de proposer un équivalent numérique de la monnaie fiduciaire, sans risque de crédit ou de liquidité, utilisable facilement et à faible coût. Si certaines MNBC reposent sur des registres distribués (blockchains), leur gouvernance reste strictement centralisée, ce qui les distingue fondamentalement des cryptomonnaies privées. En 2023, plus de 90 banques centrales dans le monde menaient des expérimentations, mais seules quatre (Bahamas, Caraïbe orientale, Jamaïque, Nigeria) avaient lancé une MNBC en phase opérationnelle.

Le e-yuan chinois constitue l'un des projets les plus avancés. Développé dès 2014 et testé à grande échelle à partir de 2021, il répond à une volonté de l'État chinois de reprendre le contrôle sur les moyens de paiement numériques, jusqu'alors dominés par les géants privés Alibaba et Tencent. Le yuan numérique s'inscrit dans une architecture plus large de surveillance sociale, participant au système de crédit social et renforçant la capacité de l'État à contrôler les comportements économiques de ses citoyens. De manière générale, les projets de MNBC visent souvent à renforcer la traçabilité des flux financiers, avec des justifications variées : lutte contre la fraude, financement du terrorisme, ou encore maîtrise des outils de politique monétaire.

Au-delà des enjeux domestiques, les MNBC apparaissent de plus en plus comme des instruments géopolitiques. Leur internationalisation permettrait à certaines puissances de réduire leur dépendance au dollar états-unien dans les transactions transfrontalières. C'est particulièrement le cas de la Chine, qui espère utiliser le e-yuan comme levier dans les échanges internationaux, notamment en proposant des incitations tarifaires. Cette ambition s'inscrit dans une dynamique de dédollarisation, également revendiquée par la Russie ou encore au sein de l'Union européenne avec le projet d'euro numérique. En ce sens, les MNBC s'affirment comme de nouveaux outils de projection de puissance monétaire, au croisement des souverainetés économiques, technologiques et financières.

B. Un renforcement de la souveraineté étatique par le bitcoin dans les « Suds » : un discours émergent dans les pays émergents ?

Un discours qui associe Bitcoin et souveraineté étatique apparaît de plus en plus dans certains pays émergents. Si ces propos ne proviennent pas toujours des autorités, ils sont souvent portés par des acteurs privés de l'innovation numérique, en quête d'émancipation pour leur pays d'origine face à l'inaction de leur gouvernement dans ce domaine[323]. Sur le continent africain, notamment dans d'anciennes colonies, des voix militent pour une adoption populaire de Bitcoin, à l'image de son cours légal en République centrafricaine. Fodé Diop, signataire d'une lettre ouverte sur l'utilité des cryptomonnaies pour les droits humains adressée au gouvernement états-unien, milite activement pour leur adoption au Sénégal, puis en Afrique de l'Ouest. Selon lui, Bitcoin pourrait permettre de rompre avec le franc CFA, perçu comme un outil néocolonial, et d'ouvrir l'accès à des services financiers dans des zones peu bancarisées, mais largement connectées à Internet mobile[324].

Si la maîtrise partielle des cryptomonnaies par l'État est le principal frein à une adoption nationale et qu'elle est vectrice d'opposition des banques centrales, l'une des possibilités pour un État serait de créer sa propre cryptomonnaie. Le petro constitue un exemple emblématique de tentative de cryptomonnaie étatique. Annoncé en 2017 par le gouvernement vénézuélien, le petro (« pétromonnaie ») est une cryptomonnaie émise par l'État, adossée au cours du pétrole et à d'autres ressources naturelles. Cette initiative survient alors que le Venezuela, sous sanctions états-uniennes depuis 2017, est exclu des marchés financiers internationaux et voit la valeur de sa principale source de revenu, le pétrole, chuter drastiquement[325]. Reprenant une idée d'Hugo Chavez, le président Maduro lance en février 2018 le petro, censé remplacer progressivement le bolivar fort, en forte dévaluation[326]. Indexée sur le prix du baril, sa valeur

[323] LIU, Ankun, GONI, Orria et MITHA, Aiaze, [sans date]. *Cryptocurrency in Africa. Alternative Opportunities for Advancing the Sustainable Development Goals?* [en ligne]. United Nations Development Programme. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-01/UNDP-DFS-Cryptocurrency-in-Africa_0.pdf

[324] 2021. Univers Bitcoin Podcast #41 : Bitcoin en Afrique avec Fodé Diop. *Bitcoin.fr* [en ligne]. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://bitcoin.fr/univers-bitcoin-podcast-41-bitcoin-en-afrique-avec-fode-diop/

[325] 2022. Le Venezuela invite les entreprises françaises à venir extraire du pétrole. *Le Figaro* [en ligne]. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.lefigaro.fr/flash-eco/le-venezuela-invite-les-entreprises-francaises-a-venir-extraire-du-petrole-20220628

[326] HAMLADJI, Samir, 2018. Que Vaut (Vraiment) Le Petro ? La Cryptomonnaie Du Venezuela - Forbes France. *Forbes* [en ligne]. 2 mai 2018. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.forbes.fr/finance/que-vaut-vraiment-le-petro-la-cryptomonnaie-du-venezuela/

initiale est fixée à 60 dollars[327]. En août, une nouvelle monnaie, le bolivar souverain, est introduite et adossée au petro, entraînant une dévaluation de 96 %.

La crise économique s'aggrave : fin 2018, l'hyperinflation atteint 1 000 000 %. Le petro échoue à relancer les exportations pétrolières, en chute libre depuis plusieurs années. En mars 2023, une vaste opération anticorruption conduit à l'arrestation de dizaines de responsables, incluant des membres de la compagnie pétrolière nationale, des cadres du petro, et des agents de la Sunacrip, l'autorité créée en 2018 pour encadrer le secteur des cryptoactifs, alors très dynamique[328]. Cette cryptomonnaie, dont la valeur dépendait d'une ressource que le pays ne pouvait plus exporter, n'a pas permis de contourner les sanctions ni de restaurer la confiance des partenaires internationaux. L'expérience fut un échec et ne fut pas répliquée. D'autres États ont alors préféré s'appuyer sur des cryptomonnaies déjà existantes, moins exposées aux risques géopolitiques nationaux, comme dans les exemples mentionnés précédemment.

3.3. Étude de cas de l'usage des cryptomonnaie par la Russie : d'un risque pour la souveraineté à un outil stratégique

La Russie s'est dotée à l'été 2024 d'une législation qui encadre le secteur des cryptomonnaies, de leur utilisation à leur minage. Ce cadre juridique est le fruit de plusieurs années de débats entre différents organes étatiques aux visions et idées parfois complètement opposées. Plusieurs acteurs publics influents, en premier lieu la Banque centrale russe, étaient formellement opposés à une juridiction favorable aux monnaies numériques. Pourtant, au gré des bouleversements géopolitiques récents, et en premier lieu de la guerre en Ukraine (2022), les autorités russes ont désormais déclaré le secteur des cryptomonnaies comme stratégique pour la Russie à l'international, tout en restreignant leur utilisation à l'échelle nationale. L'objectif de cette sous-section est d'explorer les différents enjeux liés au recours aux cryptomonnaies en prenant pour étude de cas la Russie.

[327] 2018. Le Venezuela dévalue sa monnaie de 96 %. *Le Monde* [en ligne]. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/ameriques/article/2018/08/21/la-banque-centrale-venezuelienne-devalue-le-bolivar-de-96_5344725_3222.html

[328] 2023. Venezuela arrests: an anti-corruption crusade or political purge? *France 24* [en ligne]. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.france24.com/en/live-news/20230407-venezuela-arrests-an-anti-corruption-crusade-or-political-purge

3.3.1. Entre risque souverain et levier de développement économique

Les pérégrinations des autorités russes pour développer un cadre juridique adapté sont représentatives des difficultés d'appréciation et de consensus entre différents appareils d'un même État autour de l'encadrement des cryptomonnaies. Les cryptomonnaies y étaient perçues, notamment par la Banque centrale et les services de sécurité, comme des outils qui pouvaient concurrencer à la fois la souveraineté monétaire et la souveraineté numérique russes. Le cas russe est révélateur des différentes visions sur les cryptomonnaies que peuvent avoir les diverses administrations d'un même État, selon leur mission.

A. L'impossible consensus entre acteurs étatiques

Le 10 octobre 2017, le président russe Vladimir Poutine approuvait la mise en place d'une législation sur les cryptomonnaies et les « actifs financiers numériques », incluant les ICO, mais aussi le financement participatif, affirmant que ces derniers comportaient des risques[329]. Il a fallu attendre juillet 2024 pour qu'un tel texte soit ratifié, dont la création a été un enjeu d'opposition, de par les visions conflictuelles des différents organes étatiques russes participant à son élaboration. Les principaux acteurs impliqués, la Banque centrale russe, le ministère des Finances (MinFin) et le ministère du Développement économique, avaient des approches foncièrement différentes des cryptomonnaies, selon le juriste spécialisé Artiom Tolkachev[330]. Selon lui, *« une forme de conflit est d'abord née entre la position plus conservatrice de la Banque centrale russe et la volonté du ministère du Développement économique d'adopter une nouvelle technologie dans l'espoir d'attirer davantage d'entreprises dans le pays* »[331]. Une première version du texte de loi a d'abord été présentée par le ministère de la Finance, dont la position semblait faire le compromis entre la volonté d'interdiction proclamée par la Banque centrale et la souplesse prônée par le ministère du développement économique.

[329] « Перечень поручений по итогам совещания по вопросу использования цифровых технологий в финансовой сфере », Kremlin.ru, 21 octobre 2017. URL : http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/55899 NIKHILESH, De, 2021. Vladimir Putin: Cryptocurrency Poses « Serious Risks ». *CoinDesk* [en ligne]. 13 septembre 2021. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.coindesk.com/markets/2017/10/10/vladimir-putin-cryptocurrency-poses-serious-risks

[330] ZUCKERMAN, Molly Jane, 2018. Russia's 'Disappointing' Cryptocurrency Legislation: Why Experts Consider the Bill a Failure. *Cointelegraph* [en ligne]. 29 septembre 2018. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://cointelegraph.com/news/russias-disappointing-cryptocurrency-legislation-why-experts-consider-the-bill-a-failure

[331] *Ibid*.

Cette première opposition est surtout révélatrice du rapport de ces différents acteurs aux cryptomonnaies : la Banque centrale, qui conduit pourtant des recherches de solutions blockchain pour améliorer l'efficience de ses infrastructures depuis 2016, reste totalement opposée à l'utilisation de cryptomonnaies sur le territoire russe, de par leur utilisation potentielle à des fins malveillantes[332]. Ainsi, les représentants de la Banque centrale se proclament contre la proposition de loi portée par le MinFin au début de l'année 2018. Pour cette dernière institution, c'est justement l'interdiction ou l'absence d'encadrement de l'utilisation des cryptomonnaies qui est une source de danger, car aucune mesure ne serait alors prise pour empêcher une utilisation de cryptomonnaies à des fins illicites (trafic d'armes ou de drogues, par exemple).

Malgré les divergences de vision des différentes parties prenantes à sa construction, la loi n° 259 entre en vigueur en janvier 2021 et autorise le minage de cryptomonnaies et leur utilisation à des fins spéculatives, mais exclut leur utilisation pour les paiements de biens et services. Et un an plus tard, en janvier 2022, à l'aube de l'offensive russe en Ukraine, la Banque centrale russe durcit le ton, en publiant un rapport appelant à une interdiction totale des cryptomonnaies sur le territoire russe. Les arguments avancés par l'institution en leur défaveur de leur utilisation se concentrent sur les risques potentiels pour les utilisateurs, entre instabilité des cours, arnaques ou encore cyberattaques[333]. Le document mentionne également explicitement les risques pour la souveraineté monétaire russe, et donc pour l'exercice du pouvoir de la Banque centrale sur le territoire de la Fédération, induits par la « cryptoïsation » (« *криптоизация* » dans le texte) des finances des citoyens russes.

La difficulté à trouver une ligne directrice gouvernementale pour statuer sur les cryptomonnaies est révélatrice de la puissance de la Banque centrale russe dans l'appareil étatique de la Fédération. Cette administration, légitime sa position en invoquant les possibles usages illicites de ces monnaies numériques, une représentation et un discours qui sont alors également partagés par les structures de force russes, comme l'a montré la tentative de blocage de Telegram par le FSB en 2018.

[332] Press Service. « Bank of Russia and market participants have developped masterchain prototype ans successfully made first test transactions », Cbr.ru, 5 octobre 2016. URL : https://www.cbr.ru/eng/press/event/?id=643

[333] *КРИПТОВАЛЮТЫ: ТРЕНДЫ, РИСКИ, МЕРЫ Доклад для общественных консультаций*, 2022. [en ligne]. Banque centrale de Russie. [Consulté le 7 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://cbr.ru/Content/Document/File/132241/Consultation_Paper_20012022.pdf

B. La tentative de blocage de TRON (Telegram) ou la convergence entre enjeux de souverainetés numérique et monétaire

Le premier de ces projets sur lequel une communication officielle a été faite a été le gram de l'entreprise Telegram, une application de messagerie chiffrée. En janvier 2018, l'entreprise annonçait officiellement son projet de cryptomonnaie et d'infrastructure numérique basée sur un réseau de blockchains, le Telegram Open Network (TON). La cryptomonnaie native du projet, le gram, a été pensée pour être utilisable par les 200 millions d'utilisateurs (en 2018, en juillet 2023 le service comprend plus de 800 millions d'usagers mensuels) de l'application[334]. La conception technique de TON est dirigée par Nikolaï Durov, cofondateur de Telegram avec son frère Pavel en 2013, suite à leur exil de Russie. Dans plusieurs livres blancs, ils expliquent comment cette cryptomonnaie devait reposer sur un ensemble de blockchains qui pouvaient permettre la validation de millions de transactions par seconde[335]. Ainsi, des millions d'usagers à travers le monde auraient pu échanger une cryptomonnaie directement depuis leur application mobile Telegram. Pour financer TON, Nikolaï et Pavel Durov ont lancé une ICO en mars 2018, qui est devenue la levée de fonds en cryptomonnaies la plus importante de l'histoire, permettant à Telegram de récolter 1,7 milliard de dollars. Le 1er avril de la même année, la justice russe décidait du blocage de l'application de messagerie sur le territoire de la Fédération de Russie. Officiellement, parce que les frères Durov n'ont pas répondu positivement à la demande du FSB concernant l'installation de *backdoors* au sein de l'application, qui devaient permettre un accès aux contenus des messages pour les services de renseignements russes. L'entreprise devait s'y conformer de par son statut de « diffuseur d'information » dans le droit russe, les régulateurs russes argumentant en plus avec l'utilisation faite de l'application de messagerie par les auteurs de l'attentat à la bombe dans le métro de Saint-Pétersbourg en avril 2017.

Mais la raison de cette tentative de blocage de l'application pourrait être directement liée au, ou du moins avoir été accélérée par le projet TON et à la cryptomonnaie gram. Le média russe RBC affirmait, le 20 avril 2018, avoir récupéré une lettre écrite et diffusée à ses collègues par un employé du FSB, Roman Antipkin, dans laquelle il explique les « vraies raisons » du blocage de l'application. Il y aurait écrit, selon RBC, que « *le blocage ne concerne, ni les clés [d'accès à l'application] ni le terrorisme [mais] Pavel Durov qui a décidé de devenir un nouveau*

[334] DUROV, Pavel, 2018. 200,000,000 Monthly Active Users. *Telegram* [en ligne]. 22 mars 2018. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://telegram.org/blog/200-million
SINGH, Manish, 2023. Telegram raises $210 million through bond sales. *TechCrunch* [en ligne]. 18 juillet 2023. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://techcrunch.com/2023/07/18/telegram-raises-210-million-through-bond-sales/

[335] DUROV, Nokolaï. *The Open Network* [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://docs.ton.org/ton.pdf

Mavrodi [avec] un système financier incontrôlable »[336]. Dans la suite de ses écrits, l'employé du FSB explique que ce service est bien plus « *démocratisé que Bitcoin, mais également plus simple d'utilisation et fiable, et qu'il facilitera grandement le commerce illégal de drogues ou encore d'organes dans le pays* ». Cette lettre est probablement une fuite intentionnelle du FSB pour justifier la tentative peu fructueuse du blocage de l'application Telegram par les autorités russes. Toujours est-il que cette supposée fuite intervient un peu plus d'un mois avant le début du blocage, en date du 13 mai 2018, qui s'est soldé par un échec pour les censeurs russes, le blocage technique ayant été peu efficace[337]. Ce ne sont pas les autorités russes qui ont apporté le coup de grâce au projet de Telegram, mais les régulateurs états-uniens comme résumé dans l'Encadré 6. L'acharnement du FSB contre Telegram et les efforts considérables déployés pour bloquer l'application en Russie dénotent une volonté gouvernementale de contrôler les informations que peuvent consulter et s'échanger les citoyens, mais également de les empêcher d'accéder aisément à une monnaie sur laquelle ils n'auraient eu que peu d'emprise, rejoignant la position de la banque centrale russe sur les cryptomonnaies. Cet épisode du combat mené par les régulateurs et structures de force russes contre le projet de l'application de messagerie chiffrée permet de prendre la mesure de la proximité entre les enjeux de souveraineté numérique et de souveraineté monétaire entraînés par l'usage des cryptomonnaies.

3.3.2. Les cryptomonnaies, comme atout stratégique pour la Russie et ses acteurs de pouvoir

Au-delà des débats préliminaires internes aux autorités russes et aux tentatives de blocage de projets de cryptomonnaies jugés indésirables par les organismes russes de sécurité et de censure, il y a eu une récupération des cryptomonnaies pour servir les intérêts de la Russie. D'une part, certains usages informels de cryptomonnaies pour soutenir les stratégies d'influence russes à l'étranger ont été documentés, d'autre part, les autorités russes ont elles-mêmes récupéré le sujet des cryptomonnaies pour nourrir un discours géopolitique tout en essayant d'en faire un atout stratégique.

---

[336] Sergueï Mavrodi était un ancien député de la Douma (parlement russe), accusé de blanchiment d'argent. https://www.rbc.ru/technology_and_media/20/04/2018/5ad8c53a9a7947ec8d8c1ed5

[337] DEPREZ, Fabrice, 2018. Ce que le fiasco Telegram révèle de l'État russe. *Le Grand Continent* [en ligne]. 5 juin 2018. [Consulté le 27 août 2023]. Disponible à l'adresse : https://legrandcontinent.eu/fr/2018/06/05/ce-que-le-fiasco-telegram-revele-de-letat-russe/

ERMOSHINA, Ksenia, LOVELUCK, Benjamin et MUSIANI, Francesca, 2023. Surveillance et censure des infrastructures Internet en Russie : marchés, régulation et boîtes noires. In : DAUCÉ, Françoise, LOVELUCK, Benjamin et MUSIANI, Francesca (éd.), *Genèse d'un autoritarisme numérique* [en ligne]. Presses des Mines. pp. 5171. [Consulté le 27 août 2023]. ISBN 978-2-35671-972-0. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/pressesmines/9073

A. De la mobilisation stratégique informelle des cryptomonnaies pour servir les intérêts russes

L'affaire de la plateforme Wex est un très bon exemple de l'intérêt d'acteurs de pouvoir russes pour les cryptomonnaies, afin de servir et soutenir des stratégies et dessins géopolitiques, étatiques, mais aussi criminelles, et est représentative des dynamiques de pouvoir que nous souhaitons analyser. Avant de s'appeler Wex, cette plateforme était connue sous le nom de BTC-e. Créé en 2011, BTC-e était l'une des plus anciennes et utilisées plateformes d'échange de cryptomonnaies russophones, fondée et dirigée par Alexander Vinnik, un célèbre hackeur russe. Elle était techniquement administrée par un ingénieur nommé Alexeï Bilyuchenko. Offrant peu de transparence, BTC-e était devenue une plateforme importante pour le blanchiment d'argent, notamment pour des fonds issus de ransomwares tels que Locky ou CryptoLocker, ou encore du hack de Mt.Gox[338]. En juillet 2017, alors que Vinnik est arrêté en Grèce à la demande des autorités états-uniennes, la plateforme est fermée par le FBI, avant de réapparaitre en septembre de la même année, sous le nom de WEX (pour World EXchange)[339]. Le projet a été relancé par un certain Dmitri Vasiliev, épaulé par Bilyuchenko, qui a répliqué l'infrastructure de la plateforme. WEX est rapidement devenue populaire, figurant un temps parmi les dix plateformes d'échange les plus utilisées au monde.

Afin de récupérer des fonds supplémentaires pour le fonctionnement de WEX, Vasiliev a été introduit auprès de personnalités russes influentes et notamment de Konstantin Malofeïev, un oligarque russe proche de l'Église orthodoxe russe[340]. Grâce à sa présence importante dans le secteur russe des médias, ses propres réseaux médiatiques Tsargrad et ses projets d'outils numériques de censure de contenus en ligne, Malofeïev participe activement à la promotion d'un Internet russe souverain fondé sur ce qu'il considère comme les valeurs traditionnelles russes. Il participe ainsi à des campagnes de désinformation destinées à l'Occident, tout en ayant financé des combattant irréguliers dans le Donbass dans la deuxième partie des années 2010[341]. Début 2018, Malofeïev reprend la main sur WEX et écarte Vasiliev de la gestion de la plateforme, lequel est contraint de la céder à un certain Dmitri Khavchenko, commandant de

[338] THIERRY, Gabriel, 2020. « Les victimes sont dépitées » : pourquoi le délibéré du procès de « Mr Bitcoin » surprend. *Numerama* [en ligne]. 14 décembre 2020. [Consulté le 6 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.numerama.com/cyberguerre/675938-les-victimes-sont-depitees-pourquoi-le-delibere-du-proces-de-mr-bitcoin-surprend.html

[339] ZAKHAROV, Andrey, 2017. ФБР против BTC-e: как рухнула крупнейшая русская криптобиржа. *Журнал РБК* [en ligne]. 13 décembre 2017. [Consulté le 6 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rbc.ru/magazine/2018/01/5a2f1e0d9a7947f2b3ae49dc

[340] ZAKHAROV, Andrei, 2018. Биткоины для ДНР: ополченец Морячок покупает скандальную криптобиржу. *Журнал РБК* [en ligne]. 4 juillet 2018. [Consulté le 6 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rbc.ru/magazine/2018/07/5b3b9ed99a79475f83b4f168

[341] *Ibid*.

troupes irrégulières dans le Donbass. Khavchenko, dit le « *Mariatchok* » (le « Marin ») sur le front, est proche d'Alexander Borodine, l'ancien dirigeant de la République autoproclamée de Donestsk (DNR), lui-même proche conseiller de Malofeïev. Khavchenko affichait publiquement sa volonté d'utiliser les cryptomonnaies pour développer les secteurs de la finance dans le Donbass, en Crimée (exclue du réseau SWIFT et des principaux réseaux bancaires depuis 2014) ainsi que dans d'autres États *de facto* prorusses d'ex-URSS (Transnistrie, Abkhazie et Ossétie du Sud)[342].

Khavchenko, qui gagne en pouvoir grâce l'écartement progressif de Vasiliev, finit par enregistrer WEX au nom de sa fille. En parallèle, l'informaticien Bilyuchenko devient la cible d'un groupe de personnes qui semblent vouloir réellement tirer profit de l'infrastructure conçue pour WEX, héritée de BTC-e. En avril 2018, Bilyuchenko est amené de force dans un hôtel moscovite par un ancien agent du FSB, Anton Nemkin, puis dans un bureau du FSB, où il est interrogé, surveillé pendant deux jours et deux nuits, et obligé de donner les accès aux fonds des portefeuilles des clients de WEX. Craignant pour sa vie, il enverra l'équivalent de 450 millions de dollars, dont 350 millions en cryptomonnaies (30 000 bitcoins et 700 000 litecoins), vers des portefeuilles constituant des fonds du FSB. Alors que des clients de WEX commençaient à se rendre compte qu'ils ne pouvaient plus retirer leurs fonds, ils ont créé un site web pour dénoncer une spoliation de leurs actifs et la plateforme a rapidement chuté dans le classement mondial[343]. Khavchenko a rejeté publiquement la faute sur la Vasiliev et sa mauvaise gestion d'alors, sur le dos duquel l'ensemble des charges reposeront jusqu'à ce qu'il soit arrêté à la demande d'Interpol en juillet 2019[344].

En juin 2018, un journaliste sous couverture a contacté WEX pour acheter une somme importante de bitcoins contre de l'argent liquide ; il lui a été répondu qu'il était nécessaire que la transaction se fasse en présentiel dans un immeuble, au sein duquel se trouve le groupe de médias Tsarsgrad de Malofeïev. L'implication directe de Malofeïev est ensuite entérinée par un rendez-vous entre l'oligarque et Bilyuchenko, que l'administrateur technique de WEX a pris soin d'enregistrer à l'insu de son interlocuteur. Il est ainsi possible d'entendre Malofeïev sur un ton menaçant, affirmer qu'il est le réel propriétaire de WEX et qu'il sait que davantage de fonds sont accessibles par Bilyuchenko. Il le somme de remettre la base de données des utilisateurs

[342] *Ibid*.
[343] www.wex-scam.com
[344] DZHESS, Lena, 2019. Экс-владелец биткоин-биржи WEX Дмитрий Васильев объявлен в межгосударственный розыск. *ForkLog* [en ligne]. 11 avril 2019. [Consulté le 6 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://forklog.com/news/eks-vladelets-bitkoin-birzhi-wex-dmitrij-vasilev-obyavlen-v-mezhgosudarstvennyj-rozysk

de WEX à Nemkin et surtout, il annonce qu'il compte se servir de ces informations et de ces fonds pour alimenter sa future plateforme d'échange de cryptomonnaies.

Cette plateforme est dénommée Vladex, enregistrée en mars de la même année au nom de Kirill Malofeïev, fils de Konstantine, à Vladivostok[345]. À la suite de cet entretien, Bilyuchenko est approché par deux agents du FSB, toujours en service, qui lui demandent de nouveau les informations des clients de WEX ainsi que les clés d'accès à la plateforme, lui indiquant que c'est parce que le FSB le veut bien qu'il est toujours en liberté. Après être rentré chez lui à Novossibirsk, en Sibérie occidentale, Bilyuchenko a reçu la visite de ces deux agents qui ont saisi la totalité de son matériel informatique sans qu'ils réussissent, apparemment, à obtenir les clés de déchiffrage donnant accès au cœur de la plateforme. Il n'est pas possible de savoir si le FSB et Malofeïev ont finalement eu accès aux informations de la plateforme WEX, toujours est-il qu'en septembre 2018 la plateforme Vladex a été officiellement présentée au Forum économique de l'Est, où Anton Nemkin tenait le stand dédié. En avril 2019, ce sont Khavchenko et ses hommes qui arrivent à Novossibirsk pour forcer Biluychenko à lui remettre les accès à WEX.

Ainsi, la plateforme WEX, issue du milieu criminel russe, est devenue l'objectif symbole d'une stratégie de captation de la part d'un oligarque. Il a mis à contribution sa proximité avec des acteurs des services russes de renseignement pour obtenir, à la fois, une somme d'argent conséquente afin de satisfaire une volonté personnelle d'enrichissement, ainsi que l'architecture technique d'une plateforme d'échange de cryptomonnaies qui aurait pu lui permettre de financer et faciliter ses opérations à l'international ou dans le Donbass, tout en pouvant la mettre à disposition d'autres acteurs formels ou informels russes. Outre des gains financiers, l'acquisition de WEX lui a permis de consolider ses liens avec des combattants sur son terrain d'opération et notamment Khavchenko, et de créer Vladex afin de mener à bien ses propres opérations. Les chercheurs Limonier et Laruelle définissent Malofeïev, aux côtés d'autres acteurs politico-économiques russes, comme un « entrepreneur d'influence », c'est-à-dire un acteur qui investit ses propres ressources (financières et humaines) afin de promouvoir et renforcer les intérêts russes à l'étranger, pour s'attirer les faveurs du gouvernement et des

[345] GROMOV, Platon, 2019. Антон Немкин, новый «криптоМавроди» из ФСБ. *Компромат* [en ligne]. 15 novembre 2019. [Consulté le 6 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20241113160438/https://vkurse.pro/investigations/znakomtes-anton-nemkin-novyj-kriptomavrodi-iz-fsb/

services russes, ce que l'affaire WEX semble démontrer[346]. L'intérêt stratégique de Vladex a, par la suite, été repéré par l'OFAC, qui a émis des sanctions à son encontre en avril 2022[347].

L'affaire WEX est un exemple de captation d'un point d'accès stratégique aux infrastructures numériques de cryptomonnaies que nous pourrions comparer à une stratégie de « territorialisation » de ces espaces numériques. Elle permet de reprendre les réflexions amorcées lors du chapitre précédent et de montrer que les cryptomonnaies peuvent être utilisées pour servir les intérêts russes. En effet, si la surveillance et le contrôle des transactions en cryptomonnaies se font majoritairement au travers des plateformes d'échange, Malofeïev a opté pour une prise de contrôle directe d'une de ces plateformes plutôt que pour le développement de stratégies de contournement. En d'autres termes, plutôt qu'essayer d'entrer de manière dissimulée dans des réseaux de cryptomonnaies, comme dans l'exemple suivant, le choix a été fait de s'accaparer une porte d'entrée déjà existante.

Outre cette stratégie ultime de récupération d'une plateforme, d'autres acteurs de cet entreprenariat d'influence russe ont pu mobiliser des cryptomonnaies pour leurs opérations, non pas via une plateforme dont ils auraient pris le contrôle, mais via des plateformes d'échanges classiques, grâce à des identités volées. L'affaire Artem Lifshits constitue un cas emblématique de ce mode opératoire. Le 10 septembre 2020, le Département du Trésor des États-Unis annonçait des sanctions contre quatre individus (trois Russes et un Ukrainien) accusés d'avoir participé à des campagnes d'influence liées à l'élection présidentielle états-unienne de 2016[348]. Parmi eux, Artem Lifshits, employé au sein du projet Lakhta, directement impliqué dans les opérations de désinformation menées par l'Internet Research Agency (IRA), structure souvent qualifiée de « ferme à trolls » russe et appartenant à la holding d'influence russe Patriot d'Evguéni Prigojine[349] .

---

[346] LARUELLE, Marlene et LIMONIER, Kevin, 2021. Beyond "hybrid warfare": a digital exploration of Russia's entrepreneurs of influence. *Post-Soviet Affairs* [en ligne]. 4 juillet 2021. Vol. 37, n° 4, pp. 318335. [Consulté le 27 septembre 2024]. DOI 10.1080/1060586X.2021.1936409. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1060586X.2021.1936409

[347] U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY, 2022. U.S. Treasury Designates Facilitators of Russian Sanctions Evasion. *U.S. Department of the Treasury* [en ligne]. 20 avril 2022. [Consulté le 1 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0731

[348] POMPEO, Michael R., 2020. United States Sanctions Russian Actors and Proxies for Efforts To Interfere in Elections. *United States Department of State* [en ligne]. 1 septembre 2020. [Consulté le 6 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20200911020211/https://www.state.gov/united-states-sanctions-russian-actors-and-proxies-for-efforts-to-interfere-in-elections/

[349] AUDINET, Maxime et GÉRARD, Colin, 2024. Sous les radars: Crise, recomposition et clandestinisation du dispositif d'influence informationnelle de la Russie après l'invasion de l'Ukraine. *Réseaux* [en ligne]. 30 septembre 2024. Vol. N° 244, n° 3, pp. 113152. [Consulté le 22 octobre 2024]. DOI 10.3917/res.245.0113. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/revue-reseaux-2024-3-page-113?site_lang=fr

Lifshits dirigeait le département de traduction du projet Lakhta, chargé d'adapter les contenus destinés à la polarisation de l'opinion publique états-unienne, en exploitant les tensions sociales locales via les réseaux sociaux. Selon l'enquête du Secret Service des Etats-Unis (USSS), il aurait utilisé l'identité dérobée de citoyens états-uniens, achetées sur le *darknet*, pour ouvrir des comptes bancaires et des portefeuilles de cryptomonnaies sur des plateformes enregistrées aux États-Unis. Ces comptes ont ensuite servi à dissimuler des flux financiers opaques et notamment à transférer des fonds vers ses propres portefeuilles numériques et à alimenter les opérations du projet Lakhta, en contournant les circuits financiers traditionnels. L'USSS a notamment établi des correspondances d'adresses IP entre les comptes utilisés par Lifshits et ceux d'autres membres identifiés de l'IRA. Mais surtout, des transferts en bitcoins depuis des portefeuilles numériques ouverts avec les identités usurpées vers un portefeuille numérique au nom de Lifshits ont constitué la preuve centrale de son identification.

Ainsi, les cryptomonnaies ont pu être un outil supplémentaire pour financer des opérations clandestines et soutenir, indirectement, des stratégies d'influence russe en Ukraine ou en l'« Occident ». Les stratégies déployées par les acteurs concernés, que ce soit par l'acquisition frauduleuse d'une plateforme d'échange ou par l'ouverture de portefeuilles numériques sous des identités volées, indiquent qu'ils avaient conscience de la surveillance des réseaux classiques d'échanges de cryptomonnaies par les services de renseignements et de police occidentaux, notamment états-uniens, qu'ils ont essayés de contourner.

B. L'affirmation des cryptomonnaies comme atout stratégique dans le discours russe : vers l'outil géopolitique

Outre ces usages officieux et clandestins de cryptomonnaies par des entrepreneurs d'influence ou par leurs employés pour remplir l'agenda politique russe à l'étranger, les autorités russes ont également commencé à officiellement s'approprier ces outils. Dès juin 2021, Alexander Shokhin, président du groupe de *lobbying* « Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs », avait en premier évoqué l'idée d'utiliser les bitcoins pour diversifier les moyens de paiement transnationaux de la Russie, mais également ses réserves qui devaient être dédollarisées[350]. Lors d'une réunion sur les conséquences des nouvelles sanctions imposées à la Russie après l'empoisonnement de l'opposant Alexeï Navalny, Shokhin a suggéré d'utiliser le bitcoin et d'autres devises similaires comme un moyen d'échapper aux manœuvres « occidentales ». En

[350] GAYTE, Aurore, 2022. Les cryptomonnaies peuvent-elles permettre à la Russie d'échapper aux sanctions économiques ? *Numerama* [en ligne]. 25 février 2022. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.numerama.com/tech/866471-les-crypto-monnaies-peuvent-elles-permettre-a-la-russie-dechapper-aux-sanctions-economiques.html

octobre 2021, le vice-ministre au Ministère russe des Affaires étrangères, Alexander Pankin, expliquait également que le pays souhaitait diversifier ses réserves pour être le moins dépendant possible du dollar, n'excluant pas les cryptomonnaies[351].

Depuis le début de l'invasion en Ukraine en 2022 et l'importance des nouvelles sanctions, l'idée a été de nouveau soulevée. Pavel Zavalny, président du comité sur l'Énergie à la Douma, partage un avis favorable à un recours à Bitcoin pour le commerce extérieur russe[352]. Il appuie surtout l'idée qu'à cause des sanctions, les paiements en euros et dollars états-uniens n'intéressent plus le secteur énergétique russe pour l'export de ses ressources. Ainsi, il propose une diversification des méthodes de paiements acceptées : pour les pays « inamicaux », les transactions pourraient se faire en rouble (ce qui obligerait ces pays à acheter des roubles pour ensuite acheter des ressources russes), ou encore en or ; pour d'autres pays, leurs devises nationales pourraient être acceptées et que cette option peut être « *déclinée avec plusieurs autres devises étrangères […] que même si ça devait être en bitcoin, ce serait en bitcoin* »[353]. Il y a, avec ces propos, un effet d'annonce recherché et la volonté de construire l'image d'une économie russe pragmatique et agile dans l'adaptation face aux sanctions. Ce discours tend également à afficher une réduction de l'importance du dollar, en montrant que d'autres alternatives, dont les cryptomonnaies, peuvent être mobilisées par la Russie. Cette position sur le bitcoin, rejoint le discours général de la Russie, mais également des BRICS (Brésil, Russie, Inde, Chine, Afrique du Sud), sur les stratégies de dédollarisation et de création d'un nouveau pôle qui rivaliserait avec l'Occident[354].

Afin de faire bloc, l'idée d'une Monnaie Numérique de Banque Centrale (MNBC) a à plusieurs reprises été envisagée. C'était, par exemple, un objectif évoqué par l'Union économique eurasiatique (UEEA), une union douanière politico-économique pilotée par la Russie et composée de la Biélorussie, du Kazakhstan, de l'Arménie et du Kirghizstan, dès 2018. Outre un projet de réseau d'échange interbancaire (une alternative à SWIFT) et la généralisation régionale du système de paiement par carte russe Mir (alternative à Visa et Mastercard), le

[351] 2021. Александр Панкин: считать РФ бенефициаром ситуации на газовом рынке Европы, мягко говоря, преувеличение. [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.interfax.ru/interview/798034

[352] LEROUX, Alex, 2022. Bitcoin : Des paiements en Bitcoin pour le gaz et pétrole russe ? *Coin Academy* [en ligne]. 24 mars 2022. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://coinacademy.fr/actu/russie-bitcoin-gaz/

[353] 2022. Russia may accept local currencies or Bitcoin as payment for oil and gas exports. *ANews* [en ligne]. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.anews.com.tr/economy/2022/03/25/russia-may-accept-local-currencies-or-bitcoin-as-payment-for-oil-and-gas-exports

[354] L'acronyme « BRICS » désigne un groupe réunissant le Brésil, la Russie, l'Inde, la Chine et l'Afrique du Sud, visant à renforcer la coopération entre grandes puissances émergentes et à offrir une alternative à l'ordre mondial dominé par l'Occident.

président de la Banque eurasienne de développement Andreï Belianinov expliquait que sa structure était « *prête à lancer sa cryptomonnaie commune à l'ensemble de l'UEEA, et que les sanctions semblaient avoir joué un rôle déterminant dans [leurs] efforts pour consolider [leurs] ressources internes* »[355] Un projet qui aurait été accessible aux trois partenaires commerciaux de l'Union de libre-échange : l'Iran, la Chine et le Vietnam, les deux premiers étant sujets à des sanctions occidentales.

Le projet de MNBC de l'UEEA ne verra sans doute jamais le jour, bien qu'en 2018, le directeur du département des Stratégies de politiques économiques de l'UEEA, Andreï Panteleev, en présentait les contours devant l'UNECE (Commission Économique pour l'Europe des Nations Unies)[356] Il a tout de même a ouvert la voie à de nombreux autres projets qui semblent répondre à une nécessité stratégique de plus en plus présente dans le discours de certains pays. Une solution de cryptomonnaie commune à l'UEEA était également soutenue par Olga Skorobogatova, la présidente de la Banque centrale russe, bien qu'elle restait opposée à une utilisation des cryptomonnaies sur le territoire russe et au projet gouvernemental de MNBC russe, le cryptorouble, mais elle a émis l'idée d'une cryptomonnaie commune pour l'ensemble des BRICS[357]. Ce sujet était au centre des discussions lors du Sommet des BRICS en août 2023, dont le nombre de « membres » s'élève désormais à 11, alors que la volonté de mettre en place une monnaie commune aux pays membres était clairement affichée[358]. Avec une croissance de l'institutionnalisation des BRICS, un projet de monnaie numérique commune paraît tout à fait probable[359].

En 2024, malgré l'impossible consensus entre les acteurs gouvernementaux évoqués dans la sous-section précédente, le contexte de la guerre en Ukraine semble avoir accéléré l'adoption officielle des cryptomonnaies dans la stratégie gouvernementale russe. Le 8 août 2024,

[355] « Eurasian Economic Union Ready To Develop A Regional Settlement Currency », Greater Europe, 7 septembre 2018. http://greater-europe.org/archives/5873 [Consulté le 26 juin 2019].
[356] PANTELEEV, Andrey, 2018. Eurasian Economic Union Sustainable Development. *North and Central Asian Forum on Implementation of the Sustainable Development Goals* [en ligne]. Tbilisi, Géorgie. 3 septembre 2018. Disponible à l'adresse : https://www.unescap.org/sites/default/files/Session%201%20-%20%282%29%20Panteleev%20-%20EAEU%20SDGs%20implementation%20at%20subregional%20level.pdf
[357] HELMS, Kevin, 2018. Cryptoruble Delayed - Russian Central Bank Worried It Could Bypass Regulations. *Bitcoin.com* [en ligne]. 19 janvier 2018. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://news.bitcoin.com/cryptoruble-delayed-russian-central-bank-worried-bypass-regulations/
[358] SAVAGE, Rachel, 2023. Explainer: What is a BRICS currency and is the U.S. dollar in trouble? *Reuters* [en ligne]. 24 août 2023. [Consulté le 12 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.reuters.com/markets/currencies/what-is-brics-currency-is-us-dollar-trouble-2024-12-17/
[359] DANIÉLOU, Maxime, 2023. BRICS : la fabrique d'un ordre international post-occidental - AOC media. *AOC media - Analyse Opinion Critique* [en ligne]. 4 septembre 2023. [Consulté le 4 septembre 2023]. Disponible à l'adresse : https://aoc.media/analyse/2023/09/04/brics-la-fabrique-dun-ordre-international-post-occidental/

Vladimir Poutine a signé une loi qui légalise complètement le minage de cryptomonnaies à partir du 1er novembre 2024. Elle reconnaît les cryptomonnaies comme des « biens » et instaure un cadre juridique expérimental pour les paiements transfrontaliers[360].

Si les entreprises et entrepreneurs du minage numérique doivent s'enregistrer auprès des autorités et payer des impôts sur le revenu de 13 % à 15 % sur les transactions et les revenus de minage, l'usage des cryptomonnaies en tant que moyen de paiement est proscrit sur le territoire de la Fédération et il devient interdit d'en faire une quelconque publicité.

Ainsi, ce cadre légal semble surtout servir les intérêts des autorités russes, qui souhaitent contourner les effets des sanctions, notamment pour le secteur russe des énergies[361]. D'une part, cette loi permet de tester des moyens de paiement transfrontaliers pour vendre des hydrocarbures à l'étranger, comme Zavalny le suggérait en 2021. D'autre part, elle permet également d'instaurer un régime juridique clair pour le minage numérique, décrit comme une industrie énergivore qui peut acheter et consommer cette énergie de plus en plus difficilement commercialisable à l'international, une fois convertie en électricité, directement sur le sol russe.

L'analyse du potentiel du minage de cryptomonnaies en tant qu'important consommateur domestique d'énergie est au centre de la partie suivante et il est trop tôt, au moment de la rédaction de ce chapitre, pour avoir des informations fiables sur l'usage à grande échelle de paiements transfrontaliers officiels de la part de la Russie ou de ses industries.

Toujours est-il qu'un usage institutionnel russe des cryptomonnaies pour les transactions transnationales semble apparaître. Un rapport du *Center for Information Resilience* analyse l'émergence d'un *stablecoin* baptisé A7A5 lancé en janvier 2025, indexé sur le rouble, émis par l'entreprise russe « A7 » et enregistré à Bichkek au Kirghizstan[362]. L'entreprise A7 est majoritairement détenue par Ilan Shor, un homme d'affaires moldave et la banque russe nationalisée Promsvyazbank, sous sanctions depuis février 2022[363].

---

[360] ELTOVSKIY, Vladislav et PETROVETS, Ksenia, 2024. *New regulation for digital assets*. Birch Legal.
[361] SAVIC, Bob, 2024. Russia's new crypto-mining laws challenge Western sanctions. *GIS Report Online* [en ligne]. 21 novembre 2024. [Consulté le 30 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.gisreportsonline.com/r/russia-crypto-mining/
[362] *A7A5: Circumventing Sanctions with Stablecoin Cryptocurrency*, 2025. [en ligne]. Center for Information Resilience. [Consulté le 28 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.info-res.org/app/uploads/2025/06/A7A5-Report-June-2025-Final-Draft-1.pdf
[363] MARCUS, Anthony, 2022. US Treasury released sanctions against Russian banks VEB, Promsvyazbank and subsidiaries. *Eurasia Business News* [en ligne]. 22 février 2022. [Consulté le 6 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://eurasiabusinessnews.com/2022/02/22/us-treasury-released-sanctions-against-russian-banks-veb-promsvyazbank-and-subsidiaries/

Encadré 8

BICHKEK, KIRGHIZSTAN, PLAQUE TOURNANTE DES CONTOURNEMENTS DE SANCTIONS PAR STABLECOINS ?

À Bichkek, capitale du Kirghizstan où j'ai séjourné plusieurs mois entre 2022 et 2024, j'ai fait la rencontre d'une source (pour laquelle je choisi de garder l'anonymat), l'ancien directeur d'une agence publique du Kirghizstan, qui m'a indiqué avoir des informations précises sur l'implication de banques kirghizstanaises dans des schémas de transactions entre des entreprises russes et européennes impliquant des stablecoins.

Le rendez-vous auquel il m'avait convié en mai 2022, pour me faire part de ses informations, avait tout d'une scène d'un roman de John Le Carré. Je devais me rendre dans son « bureau », en réalité une chambre au deuxième étage d'un hôtel désert, qui semblait abandonné, en périphérie de Bichkek. Si, une fois sur place, il m'a promis de pouvoir me remettre « des informations qui pourraient faire tomber le secteur bancaire du Kirghizstan », il ne me les donnerait qu'en échange de la somme de 1000 USD (un « *discount* », selon lui), que je devais investir dans son projet de plateforme d'échange de cryptomonnaies. Je n'ai pas donné suite, refusant de récupérer des données de la sorte, parce que je ne pouvais pas avoir la certitude de la pertinence des informations qu'il me partagerait par la suite et surtout parce que je ne souhaitais pas passer par ce type de transaction pour nourrir cette thèse. Malgré mon refus, il m'a tout de même partagé des informations intéressantes concernant de potentiels contournements des sanctions via des banques kirghizstanaises.

La source m'a expliqué avoir été contacté par un agent du FSB basé à Dubaï, qui souhaitait un appui local au Kirghizstan pour échanger d'importantes sommes en roubles contre des USDT, le stablecoin indexé sur le dollar américain. Selon lui, l'agent lui aurait expliqué les schémas mis en place par son service pour faciliter les paiements de la Russie à l'Union européenne (voir Schéma 4). Une entreprise russe qui souhaitait payer une entreprise au sein de l'Union européenne envoyait un premier virement en roubles, via sa banque en Russie, à une banque au Kirghizstan. Celle-ci échangeait les roubles contre des dollars au sein du marché de change national (ForEx). La banque bichkekoise changeait cette somme en USDT, et la transférait vers une banque au sein de l'UE, qui changeait à son tour ces USDT en dollars, puis en euros afin de finaliser la transaction. Ce que semblait rechercher l'agent du FSB, c'est une plateforme locale, au Kirghizstan, qui permettrait de réaliser le premier échange des dollars vers des USDT. Je n'ai jamais eu plus d'informations de la part de cette personne. Il a été arrêté en septembre 2023, après avoir tenté d'extorquer 300 000 dollars à un fonctionnaire en le faisant chanter.

Dès la création d'A7 à la fin 2024, l'ambition que l'A7A5 soit utilisé pour contourner les sanctions occidentales en facilitant les paiements internationaux depuis la Russie, est clairement affichée[364]. Le choix d'installer le projet à Bichkek, au Kirghizstan, n'est pas non plus anodin ; le pays serait un important carrefour de flux financiers, via certaines de ses banques, entre la Russie et l'Occident, grâce à des virements en monnaies fiduciaires changées temporairement en stablecoins (voir Encadré 8 ; Schéma 3). Le Schéma 11 illustre la supposée stratégie de contournement des sanctions en faisant transiter de l'argent en stablecoin via des banques kirghizstanaises.

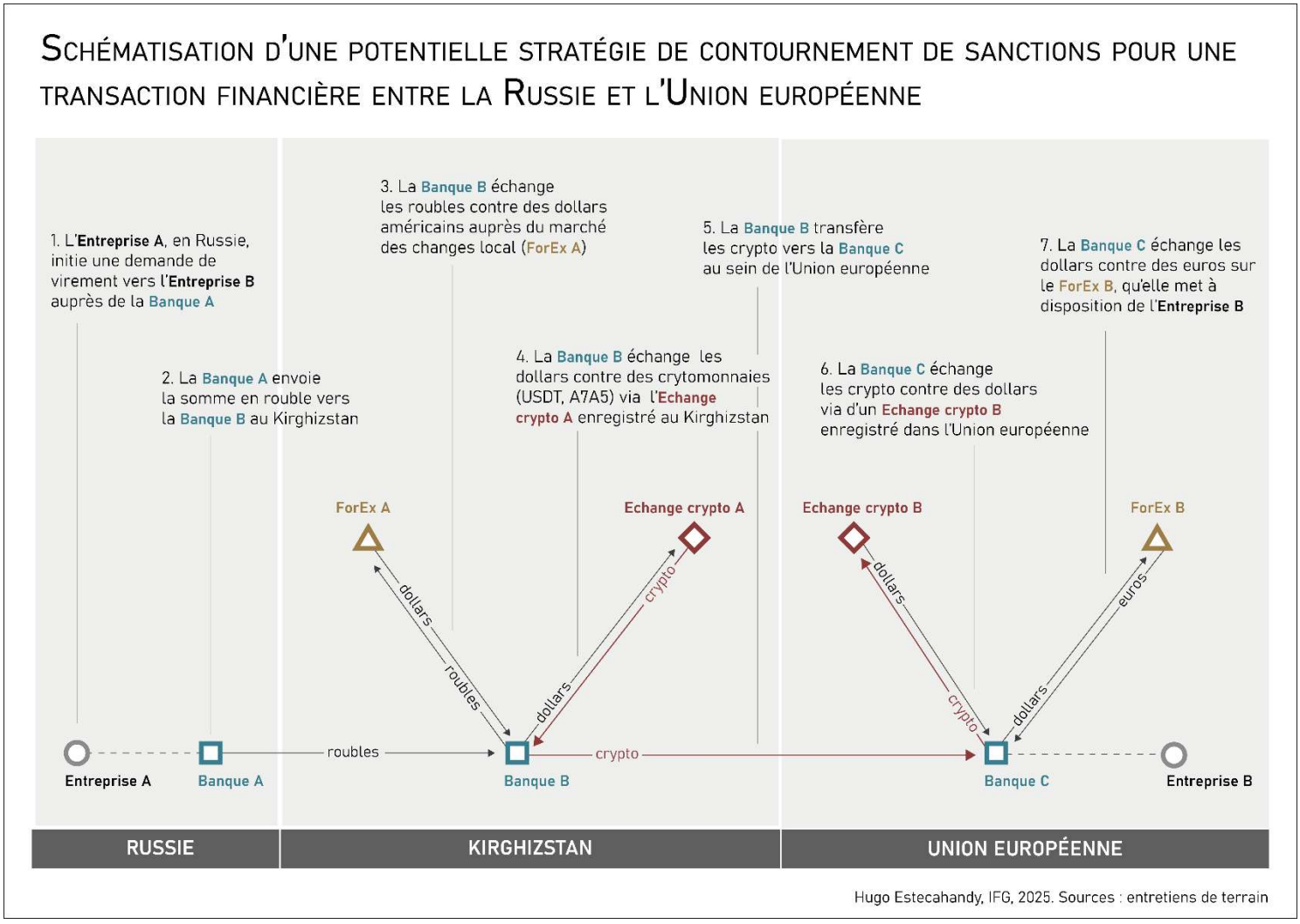


Schéma 3 Schéma d'une transaction de la Russie vers l'UE via le Kirghizstan. Hugo Estecahandy, 2025.

Étant donné le contexte dans lequel ont été obtenues ces informations et les méthodes employées par la source pour obtenir de l'argent (Encadré 8), il est nécessaire de rester prudent quant à la véracité de ses propos. Mais en juillet 2025, un rapport publié par l'entreprise TRM

[364] Center for Information Resilience, 2025. *Op cit.*

Labs, spécialisée dans le traçage de transactions en cryptomonnaies, atteste de l'usage de cette méthode par les Russes au Kirghizstan pour contourner les sanctions, rôle que remplissait aussi bien l'USDT que A7A5[365].

Si le nouveau cadre juridique russe vise à soutenir le secteur de l'énergie en convertissant l'énergie russe difficile à vendre en bitcoins, il semble déjà permettre des transferts transfrontaliers de capitaux, des usages déjà réalisés de manière opaque précédemment.

Conclusion du Chapitre 3

Cette exploration des usages géopolitiques du bitcoin et des cryptomonnaies, à l'échelle individuelle comme institutionnelle et étatique, révèle toute la dualité d'un outil technique initialement pensé pour émanciper les individus du contrôle centralisé sur la monnaie, de plus en plus réapproprié par des logiques de pouvoir, y compris étatiques.

Dans un premier temps, les cryptomonnaies sont donc érigées en outils de contournement des réseaux financiers classiques. Elles offrent une solution pragmatique à des populations enclavées financièrement, que ce soit pour des raisons structurelles (diasporas, absence d'infrastructure bancaire) ou politiques (sanctions internationales, répression étatique). Ces usages révèlent que la désintermédiation monétaire peut reconfigurer les territoires d'exercice de la souveraineté étatique, d'autant plus lorsque les transferts de cryptomonnaies servent au financement d'acteurs de l'opposition politique locale, d'organisations qualifiées de terroristes ou de groupes armés irréguliers. En se diffusant dans des espaces d'instabilité, les cryptomonnaies sont alors vectrices de financements transfrontaliers, bien que parfois partiellement opaque, et apparaissent comme des d'outils qui s'intègrent dans des stratégiques géopolitiques.

Cette dynamique interroge la résilience des instruments monétaires classiques face à la montée d'objets techniques non étatiques. Pourtant, comme l'a montré l'analyse du cas russe, l'efficacité des cryptomonnaies pour contourner les sanctions ou comme valeur refuge se heurte à de fortes limites structurelles : traçabilité des transactions, manque de liquidité, dépendance aux plateformes d'échange centralisées souvent sous juridiction occidentale. Ainsi, les usages

[365] TRM LABS, 2025. Russia Leveraging Kyrgyzstan's Crypto Ecosystem to Evade Sanctions | TRM Blog. *TRM Labs* [en ligne]. 21 juillet 2025. [Consulté le 28 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.trmlabs.com/resources/blog/russia-leveraging-kyrgyzstans-crypto-ecosystem-to-evade-sanctions

de ces cryptomonnaies révèlent une asymétrie d'accès et d'efficacité. En sus, les cryptomonnaies ne suppriment pas les logiques de pouvoir, mais les reconfigurent.

Parallèlement, l'adoption croissante des cryptomonnaies par les États eux-mêmes bouleverse l'objectif originel de ces technologies. Initialement conçues pour se soustraire à la souveraineté des États, elles deviennent paradoxalement des leviers de consolidation de cette souveraineté dans certains contextes. Les cas du Salvador et de la République centrafricaine, qui ont adopté le bitcoin comme monnaie légale, illustrent à la fois une tentative d'autonomisation étatique par l'intégration d'un outil perçu comme extérieur aux sphères d'influence monétaire dominantes, et l'instrumentalisation de Bitcoin en faveur d'un discours anti-impérial.

Cette appropriation étatique s'inscrit aussi dans une dynamique plus large de réponse juridique et réglementaire. De l'interdiction pure et simple à l'institutionnalisation via certaines lois (MiCA) ou les MNBC, les réponses gouvernementales aux cryptomonnaies témoignent de leur intégration croissante dans les circuits classiques. Les États cherchent aussi à encadrer, voire à réorienter et contrôler, les usages de ces outils. L'étude de cas sur la Russie est révélatrice de la dualité des cryptomonnaies et des gouvernements face à leur émergence, considérées comme un risque à la souveraineté dans un premier temps par les institutions publiques avant d'être érigées en outils stratégiques par l'État, fonctions qu'elles remplissaient déjà de manière dissimulée. Toutes ces tendances confirment que l'irruption des cryptomonnaies n'a pas provoqué une rupture nette avec les pratiques monétaire existantes, mais a plutôt entraîné une recomposition de ses formes de contrôle.

Dès lors, plusieurs conclusions peuvent être formulées. Premièrement, les cryptomonnaies n'érodent pas indubitablement la souveraineté étatique : elles peuvent, dans certains cas, la renforcer, à condition d'être encadrées ou intégrées à une stratégie nationale. Ensuite, le pouvoir monétaire n'est plus uniquement dû à l'émission monétaire ou à un monopole d'usage, mais aussi au contrôle des infrastructures numériques, ou du moins d'une « porte d'entrée » dans leur couche des applications, qui permettent l'usage de ces monnaies.

Conclusion de la Partie I

Avec cette première partie de la thèse, nous avons établi un cadre conceptuel et analytique fondamental pour appréhender le minage de cryptomonnaies, les cryptomonnaies elles-mêmes, et les réseaux qui les sous-tendent, notamment le réseau Bitcoin. L'objectif était de les examiner sous le prisme de la géographie et de la géopolitique, une démarche qui nécessite de s'affranchir d'une vision purement physique de l'espace pour y intégrer les dimensions sociales, les pratiques humaines, les dynamiques économiques et politiques, ainsi que les réseaux et flux qui le structurent. En réinsérant le minage de cryptomonnaies dans un espace composé d'interactions entre acteurs, composantes techniques ou encore institutions, nous avons montré la circulation et l'exercice du pouvoir qui en découlent. Cette démarche introductive, centrée sur le réseau Bitcoin, le premier et le plus influent des réseaux de cryptomonnaies, constitue une étape indispensable avant d'aborder les études de cas territoriales du minage dans les parties suivantes.

Le premier chapitre a démontré que Bitcoin est, dès sa conception, un projet profondément politique. Créé en 2009, il se présente comme un réseau financier alternatif pair-à-pair, né d'une vision critique des rapports de force centralisés sur la monnaie et le cyberespace. Son émergence est indissociable du contexte de la crise financière des *subprimes* de 2007-2008, que le message du « genesis block » de Bitcoin dénonce explicitement. Ce projet s'inscrit également dans l'héritage des contre-cultures numériques états-uniennes des années 1970-90, en particulier le mouvement cypherpunk, qui prônait l'émancipation de l'individu face à la surveillance étatique et au contrôle des flux financiers. La décentralisation technique de Bitcoin, basée sur la blockchain et la preuve de travail, était censée garantir cette émancipation en remplaçant la confiance en des tiers centralisés par le chiffrage et le minage. Cependant, l'évolution de Bitcoin a rapidement montré les tensions avec ces idéaux initiaux. La spéculation financière et l'apparition de plateformes d'échange ont réintroduit des logiques de centralisation et d'intermédiation, contredisant cette vision pair-à-pair. L'utilisation du bitcoin sur des marchés illicites a également attiré l'attention des autorités, menant au développement d'outils de traçabilité qui ont fragilisé la promesse d'anonymat. La multiplication des cryptomonnaies, certaines conservant une ambition de souveraineté numérique individuelle, d'autres s'intégrant aux logiques financières classiques, a fragmenté l'écosystème et posé de nouveaux enjeux géopolitiques.

Le deuxième chapitre a approfondi l'analyse de Bitcoin en le conceptualisant comme un espace géopolitique à part entière. En nous appuyant sur les STS, nous avons défini Bitcoin comme une infrastructure sociotechnique complexe, caractérisée par une « matérialité continue ». Cette infrastructure est imbriquée dans le cyberespace, lui-même visualisé en couches (matérielle, logique, applicative). L'analyse a révélé que, malgré son idéal de décentralisation, Bitcoin a connu d'importants phénomènes de centralisation. Ceci se manifeste dans la gouvernance du protocole, où une minorité de développeurs exerce une influence disproportionnée, dans la concentration des richesses, avec une « aristocratie de Bitcoin » détenant une part significative des actifs, et dans les moyens de production, avec la domination des « *pools* » de minage qui mutualisent la puissance de calcul. Les plateformes d'échange centralisées (CEx) incarnent cette recentralisation, gérant une grande majorité des transactions. Elles détiennent l'« énergie » (les flux financiers) et l'« information » (les identités des utilisateurs via les politiques KYC) pour appliquer à notre objet d'étude les termes employés par le géographe Raffestin, ce qui en fait des acteurs territorialisant l'espace des applications de Bitcoin. Des faillites comme celle de FTX ont mis en lumière la vulnérabilité accrue des utilisateurs face à ces intermédiaires centralisés.

La matérialité du réseau Bitcoin est tangible à travers ses fermes de minage et les millions de processeurs qui les composent, ancrant l'infrastructure dans des territoires physiques spécifiques. Bien qu'une cartographie mondiale précise du minage soit complexe en raison de données fragmentaires et de la volatilité des localisations, des facteurs de localisation tels que le coût de l'électricité, la connexion Internet stable, certaines caractéristiques climatiques et la stabilité politique déterminent son implantation. Ces dynamiques illustrent comment Bitcoin, loin d'être déterritorialisé, est profondément enraciné dans l'espace physique et constitue un terrain de rivalités et de stratégies d'acteurs.

Enfin, le troisième chapitre a exploré les cryptomonnaies en tant qu'outils et enjeux géopolitiques, à la fois à l'échelle individuelle et étatique. Elles ont prouvé leur capacité à contourner les limites et la censure des réseaux financiers traditionnels. Des populations isolées financièrement (diasporas, sous sanctions) ont utilisé les cryptomonnaies pour les transferts de fonds. Elles ont également servi d'outil de contre-pouvoir et de dissidence, comme l'a illustré l'exemple de WikiLeaks, permettant de contourner les blocus financiers ou le financement de mouvements d'opposition au Nigéria. Le conflit en Ukraine a mis en évidence leur potentiel en temps de crise, permettant des collectes de fonds rapides et massives pour l'aide humanitaire et l'effort de guerre ukrainien. Côté russe, les cryptomonnaies ont été utilisées par des citoyens pour protéger leur épargne face à la chute du rouble et par des élites pour l'exfiltration de

capitaux, bien que l'efficacité de ces contournements ait été limité par la traçabilité et la coopération des plateformes avec les sanctions.

Les cryptomonnaies posent alors un défi théorique et pratique à la souveraineté monétaire des États. En offrant une alternative à la monnaie nationale, elles remettent en question le monopole étatique sur l'émission, la valeur et la taxation de la monnaie, ainsi que la capacité des États à contrôler les flux financiers et à lutter contre les activités illicites. Les réponses étatiques ont varié, allant de l'interdiction totale (Chine, Nigéria) à une régulation plus ou moins stricte (États-Unis, France via la loi Pacte, Union européenne via MiCA), souvent en collaboration avec les plateformes d'échange pour renforcer la traçabilité et le contrôle. Paradoxalement, certaines nations perçoivent les cryptomonnaies comme un levier de consolidation de leur souveraineté, notamment dans les « Suds », pour réduire leur dépendance aux monnaies dominantes comme le dollar états-unien ou le franc CFA. Les cas du Salvador et de la République centrafricaine, qui ont adopté le bitcoin comme monnaie légale, en sont des illustrations. Le petro vénézuélien ou les projets de Monnaies Numériques de Banque Centrale (MNBC), comme le e-yuan chinois, reflètent également cette volonté de reprendre le contrôle monétaire et d'affirmer une puissance géopolitique en interne.

Le cas de la Russie a servi de révélateur à cette dualité des cryptomonnaies. Initialement perçues comme un risque pour la souveraineté monétaire et numérique par la Banque centrale russe, les cryptomonnaies ont progressivement été intégrées dans la stratégie étatique en réponse aux sanctions internationales. La légalisation du minage et l'expérimentation des paiements transfrontaliers en cryptomonnaies visent à contourner les restrictions et à monétiser l'énergie de plus en plus difficilement exportable. Des acteurs informels, qualifiés d'« entrepreneurs d'influence », ont également mobilisé des cryptomonnaies pour financer des opérations clandestines et des stratégies d'influence russes, comme l'affaire de la plateforme WEX et le rôle de Konstantin Malofeïev. Le développement du stablecoin A7A5 et son usage pour contourner les sanctions via le Kirghizstan confirment cette instrumentalisation.

En synthèse, cette première partie a démontré que Bitcoin, et l'écosystème des cryptomonnaies dans son ensemble, sont bien passés d'un projet politique alternatif à un espace géopolitique traversé par des dynamiques de pouvoir complexes et des processus de territorialisation. Loin d'être purement décentralisées ou apolitiques, ces technologies sont devenues le théâtre de confrontations entre des intérêts divergents : ceux des développeurs, des mineurs, des plateformes d'échange, des utilisateurs, mais aussi et surtout des États. La souveraineté monétaire n'est plus uniquement définie par l'émission de la monnaie, mais également par le contrôle des infrastructures numériques et des plateformes d'échange. En révélant les frictions

réglementaires, les stratégies d'appropriation et les enjeux de sécurité, cette analyse a posé les bases indispensables à la compréhension de la place et de l'impact du minage numérique dans les dynamiques géopolitiques contemporaines, notamment dans les territoires que cette thèse explorera plus en détail.

Partie II. De la matérialisation de l'infrastructure numérique en Russie : miner des bitcoins sur l'héritage industriel soviétique et ses réseaux d'acteurs

Cette deuxième partie permet d'amorcer notre analyse géopolitique du minage de cryptomonnaies, avec des études de cas réalisées et localisées dans l'*oblast'* d'Irkoutsk, en Sibérie orientale. Cette région de Russie est devenue l'épicentre du minage numérique dans le pays, grâce à la présence de conditions techniques, climatiques et politiques favorables que nous allons détailler dans cette partie.

L'activité y est développée à toutes les échelles, notamment à l'échelle industrielle avec des acteurs tels que BitRiver qui ont émergé comme d'importants acteurs économiques de premier plan en profitant tout d'abord des caractéristiques favorables disponibles dans la région. Cette société russe, désormais dans le collimateur de l'OFAC (Office of Foreign Assets Control), l'agence états-unienne chargée d'émettre des sanctions financières et économiques dans le monde, est spécialisée dans le minage commercial de cryptomonnaies. *Via* ses nombreuses filiales à travers la Fédération, BitRiver est devenu un acteur majeur de cette industrie numérique, hébergeant des processeurs de clients du monde entier et détenant la plus puissante ferme de minage de cryptomonnaies du pays, dans la région sibérienne d'Irkoutsk. Le 20 avril 2022, quelques semaines après le début de l'invasion de l'Ukraine par l'armée russe, qui commençait à l'époque à s'enliser dans une longue guerre totale, l'OFAC a commencé à cibler BitRiver, indiquant que le minage numérique « *aide la Russie à monétiser ses ressources naturelles* » et pourrait devenir un « *mécanisme permettant au régime de Poutine de compenser l'impact des sanctions* »[366]. Cette représentation du minage numérique par l'OFAC semble partagée par des représentants officiels de l'État russe en 2024. Le 30 juillet 2024, la Douma d'État russe ratifiait la loi qui légalise le minage de cryptomonnaies, qui a pris effet en novembre de la même année, entérinant le minage de l'activité comme un secteur stratégique.

[366] U.S. TREASURY, 2022. U.S. Treasury Designates Facilitators of Russian Sanctions Evasion. *U.S. Department of the Treasury* [en ligne]. 20 avril 2022. [Consulté le 1 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0731

L'un des co-auteurs du texte, Anton Gorelkin, affirmait que la Russie considérait désormais les « *cryptomonnaies comme un outil permettant de contourner les sanctions et un [secteur] d'exportation de haute technologie »* avant d'ajouter que *« la Russie occup[ait] la deuxième place dans le secteur [du minage de cryptomonnaies] et [qu'il était] sûr qu'après l'apparition de la réglementation dans ce domaine [ils devanceront] les États-Unis »*[367].

En parallèle de l'émergence, selon les discours officiels états-uniens et russes, du minage de cryptomonnaies comme secteur stratégique en Russie, de fortes restrictions ont commencé à être décidées à l'encontre de l'activité dans le pays[368]. L'*oblast'* d'Irkoutsk fait partie des trois sujets de la Fédération de Russie (avec les deux autres régions sibériennes de Transbaïkalie et de Bouriatie) où le minage numérique est interdit l'hiver (entre novembre et mars) depuis 2025 jusqu'en 2031 au moins, afin d'épargner les réseaux électriques locaux d'une charge trop importante lors des pics de consommation hivernaux. Cette interdiction temporaire en Sibérie est par contre totale dans dix autres régions russes, dans le Nord-Caucase (Daguestan, Ingouchie, Kabardino-Balkarie, Karatchaïévo-Tcherkessie, Ossétie du Nord et Tchétchénie) et dans les territoires ukrainiens annexés et occupés depuis 2014 ou 2022 (Républiques populaires de Donetsk et de Lougansk, régions de Zaporijjia et de Kherson). Cette décision a été prise en décembre 2024 pour prévenir des dommages potentiels entraînés par l'activité et sa consommation énergétique sur des réseaux électriques déjà fragiles.

Cette interdiction partielle dans la région d'Irkoutsk fait écho à plusieurs alertes lancées par des acteurs politiques et énergétiques locaux. Dès octobre 2021, le gouverneur régional d'Irkoutsk interpelait les autorités fédérales quant à l'explosion du minage de cryptomonnaies non déclaré et la surcharge des réseaux électriques qui en découlait depuis le bannissement de l'activité en Chine, attestant d'une hausse de 7% de la consommation électrique dans l'*oblast'* par rapport à l'année précédente[369]. En février 2022, le directeur d'une des principales compagnies régionales d'électricité affirmait, quant à lui, que plus d'un millier d'installations non déclarées de minage de cryptomonnaies avaient été découvertes dans la région et que le coût total de l'impact sur le réseau électrique s'élevait à plus de 20 millions d'euros[370].

---

[367] 2024. Принят закон о легализации майнинга. *Государственная Дума* [en ligne]. [Consulté le 4 août 2024]. Disponible à l'adresse : http://duma.gov.ru/news/59800/

[368] TASS, 2024. Russia bans cryptocurrency mining in 10 regions until 2031, restricts in three more. [en ligne]. 24 décembre 2024. [Consulté le 4 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://tass.com/economy/1892261

[369] VOLOBOUIEV, Alexandr, KAKTOV, Matveï et STEPANOV, Vladimir, 2021. Президенту и правительству пожаловались на майнеров криптовалют. *Vedomosti* [en ligne]. 13 octobre 2021. [Consulté le 14 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/10/13/890912-prezidentu-pravitelstvu/

[370] ИА «ТЕЛЕИНФОРМ», 2022. Фермы ставят даже в будках: иркутские энергетики оценили ущерб от майнеров в 1,8 миллиарда рублей. *Информационное агентство «Телеинформ», г. Иркутск* [en ligne]. 2

Ces dynamiques révèlent la tension entre, d'un côté, la valorisation stratégique du minage numérique par les autorités russes, et de l'autre, les contraintes imposées par les infrastructures énergétiques locales. Elles soulignent également à quel point une industrie pouvant être perçue comme largement dématérialisée, demeure non seulement ancrée dans l'espace physique, dépendante des ressources énergétiques et de l'exercice du pouvoir au sein des territoires où elle est déployée, tout en l'impactant. Ces événements permettent aussi de rendre compte du caractère multiscalaire de la matérialisation des infrastructures numériques de cryptomonnaies : de l'échelle globale avec les sanctions internationales, à l'échelle locale avec les impacts sur les réseaux électriques et des interdictions circonscrites à l'*oblast'*, en passant par l'échelle nationale avec une légitimation d'un outil économique et stratégique dans le discours des autorités russes.

Cette relation dialectique entre industries du minage numérique et espace physique, et notamment son environnement direct, est généralement étudiée, voire critiquée, par sa consommation de ressources et les impacts qui en découlent, sur l'environnement lui-même ou sur les infrastructures énergétiques locales et les populations qui en dépendent (voir Chapitre 2). L'interdiction du minage en Chine en 2021 a été justifiée par sa forte consommation d'énergie issue du charbon et par des préoccupations environnementales. L'impact écologique du minage constitue en effet la critique majeure relevée dans la littérature académique (de Vries, 2022 ; Stoll, 2023)[371]. Toutefois, malgré l'importante quantité de données numériques générées par le fonctionnement de ces réseaux et leur accessibilité, leur absence de précision sur la localisation des machines empêche d'établir une cartographie mondiale fiable de ses effets énergétiques et environnementaux[372].

---

février 2022. [Consulté le 9 février 2022]. Disponible à l'adresse : https://i38.ru/obichnie-ekonomika/fermi-stavyat-dazhe-v-budkach-irkutskie-energetiki-otsenili-uscherb-ot-maynerov-v-1-8-milliardov-rubley

[371] DE VRIES, Alex, GALLERSDÖRFER, Ulrich, KLAASSEN, Lena et STOLL, Christian, 2022. Revisiting Bitcoin's carbon footprint. *Joule* [en ligne]. 16 mars 2022. Vol. 6, n° 3, pp. 498-502. [Consulté le 28 avril 2023]. DOI 10.1016/j.joule.2022.02.005. Disponible à l'adresse : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435122000861

STOLL, Christian, KLAASSEN, Lena, GALLERSDÖRFER, Ulrich et NEUMÜLLER, Alexander, 2023. Climate Impacts of Bitcoin Mining in the U.S. . 2023.

[372] ZOOK, Matthew et MCCANLESS, Michael, 2022. Mapping the uneven geographies of digital phenomena: The case of blockchain. *Canadian Geographies / Géographies canadiennes* [en ligne]. mars 2022. Vol. 66, n° 1, pp. 23-36. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1111/cag.12738. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cag.12738

J'ai notamment abordé le sujet dans : ESTECAHANDY, Hugo, 2022. Apports et limites des données numériques pour l'analyse géopolitique de l'infrastructure Bitcoin. *Hérodote*. 29 septembre 2022. N° 186, pp. 17, doi : 10.3917/her.186.0135

SAI, Ashish Rajendra et VRANKEN, Harald, 2024. Promoting rigor in blockchain energy and environmental footprint research: A systematic literature review. *Blockchain: Research and Applications* [en ligne]. mars 2024. Vol. 5, n° 1, pp. 100169. [Consulté le 17 avril 2024]. DOI 10.1016/j.bcra.2023.100169. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2096720923000441

Pourtant, comme les exemples cités précédemment le montrent, certaines externalités négatives entraînées par la matérialisation des réseaux de cryptomonnaies qui reposent sur une preuve de travail permettent de voir émerger des espaces spécifiques où l'activité est déployée. Cette relation de réciprocité entre le minage numérique et l'infrastructure électrique et les ressources préexistantes localement sur lesquelles il fonctionne est au cœur de l'idée de « parasite computationnel » développée par Lally, Kay et Thatcher (2019)[373]. Dans leur approche par la *political ecology* de l'impact du minage de cryptomonnaies sur le réseau électrique du comté de Chelan, dans l'état états-unien de Washington, ils présentent un développement de cette industrie numérique facilité par un ensemble de facteurs naturels, techniques et climatiques[374]. L'énergie électrique y est disponible à un tarif avantageux grâce à des barrages hydroélectriques construits sur le fleuve Grand Coulee, conséquence des politiques étasuniennes d'aménagement de la « Big Dam Era » (1930 - 1960), et la mise en place d'une grille tarifaire avantageuse par les instances politiques et énergétiques locales[375]. Branché sur cet écosystème sociotechnique aux tarifs attractifs, le minage numérique en tirerait bénéfice tout en le fragilisant et serait dommageable pour le territoire local et ses habitants. Enfin, pour les auteurs, la grande mobilité du minage numérique pourrait amener à une disparition soudaine d'une importante consommation d'électricité, et entraîner une déstabilisation du réseau électrique.

Dans l'*oblast'* d'Irkoutsk, en Sibérie orientale, où le minage de cryptomonnaies est le plus développé en Russie et où se trouvent de puissantes fermes de minage comme celles de BitRiver, l'électricité est la moins chère de tout le pays, notamment grâce à une importante production hydroélectrique disponible grâce à de puissants barrages hérités de l'ère soviétique. C'est le principal facteur de localisation de l'industrie dans la région. Comme pour le fleuve Grand Coulee à Washington, les barrages qui bardent la rivière Angara en Sibérie sont également le fruit de politiques d'aménagement du territoire national par le pouvoir central à partir des années 1940. En plus de la nature politique radicalement différente des autorités de

[373] LALLY, Nick, KAY, Kelly et THATCHER, Jim, 2022. Computational parasites and hydropower: A political ecology of Bitcoin mining on the Columbia River. *Environment and Planning E: Nature and Space* [en ligne]. mars 2022. Vol. 5, n° 1, pp. 18-38. [Consulté le 5 février 2024]. DOI 10.1177/2514848619867608. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2514848619867608

[374] Je garde ici le terme « *political ecology* » en anglais, puisque sa traduction en français est chargée d'un autre sens. Voir : BENJAMINSEN, Tor A. et SVARSTAD, Hanne, 2009. Qu'est-ce que la "political ecology "? *Natures Sciences Sociétés* [en ligne]. janvier 2009. Vol. 17, n° 1, pp. 3-11. [Consulté le 11 mars 2024]. DOI 10.1051/nss/2009002. Disponible à l'adresse : http://www.nss-journal.org/10.1051/nss/2009002

[375] Big Dam Era : période d'une trentaine d'années marquée par de nombreuses politiques d'aménagement et énergétiques afin de développer l'hydroélectricité aux États-Unis. Voir : LEE, Gabriel, 2023. "Overview: The Big Dam Era." *Energy History Online. Yale University* [en ligne]. 2023. Disponible à l'adresse : https://energyhistory.yale.edu/the-big-dam-era/.

chaque pays à ces époques, la gouvernance de cet héritage technique l'est également aujourd'hui.

Comme en Sibérie, le minage de cryptomonnaies s'est développé dans les territoires de l'ex-URSS où l'électricité est généralement bon marché et disponible grâce aux centrales et réseaux électriques développés à l'époque soviétique, notamment au Kazakhstan et au Kirghizstan, comme nous le verrons dans la partie suivante. Le minage de cryptomonnaies a été déployé à grande échelle au Kazakhstan, en particulier après qu'il a été officiellement interdit en Chine voisine, et une part importante de cette puissance de calcul a été branchée sur le réseau national de manière opaque. Au Kirghizstan, pays déficitaire en électricité, des cas de corruption impliquant des personnes liées au réseau public d'électricité ont été révélés en 2023, suggérant que l'exploitation minière informelle se poursuivrait alors que l'électricité était rationnée pour une partie de la population. Si la disponibilité et le prix de l'électricité sont les principaux facteurs de localisation du minage de cryptomonnaies, l'installation de fermes de minage sur un territoire est également le résultat d'une relation entre les mineurs de cryptomonnaies et/ou les propriétaires de fermes et les acteurs locaux qui permettent le développement de l'activité, comme l'écrivent les auteurs Wyeth, Rella et Atkins (2023) dans leur étude de cas sur l'entreprise néerlandaise de minage de cryptomonnaies Bitfury en Géorgie[376]. Au-delà des facteurs de localisation traditionnels (coût de l'électricité, connectivité électrique et numérique, coût de la main-d'œuvre) attractifs pour une entreprise de minage numérique qui cherche à s'installer sur un nouveau territoire, les auteurs montrent que l'implantation de Bitfury est également le fruit de relations créées et entretenues avec les autorités géorgiennes[377].

Mais l'une des particularités du développement du minage numérique à Irkoutsk est que l'activité ne se limite pas à une échelle industrielle, mais a également été développée de manière informelle à une échelle plus petite, parfois individuelle, et non déclarée. La consommation d'électricité engendrée par cette forme de minage provoque des tensions sur le réseau électrique d'Irkoutsk, entraînant officiellement une hausse du prix et un rationnement de l'électricité, ainsi qu'un rapport de force entre producteurs d'électricité et mineurs de bitcoins.

L'objectif de cette partie est alors d'étudier la géopolitique matérielle de Bitcoin et des réseaux de cryptomonnaies soutenus par une preuve de travail dans des territoires où le minage a été développé, à des échelles différentes, à la faveur, entre autres, d'une électricité bon marché

[376] WYETH, Ryan, RELLA, Ludovico et ATKINS, Ed, 2023. The material geographies of Bitfury in Georgia: Integrating cryptoasset firms into global financial networks. *Environment and Planning A: Economy and Space* [en ligne]. 30 novembre 2023.Vol. 53, n°3, pp. 816-832 pp., DOI 10.1177/0308518X231211789.
[377] *Ibid.*, p. 11.

produite grâce à un conséquent héritage industriel soviétique. Car c'est d'abord cette caractéristique qui a fait émerger l'activité dans ces espaces postsocialistes, où le coût de l'électricité est généralement faible, autre héritage des précédents régimes. Pour autant, le minage numérique n'a pas émergé à des échelles similaires dans chacune des anciennes républiques soviétiques, des facteurs climatiques, techniques et sociaux, ont également influencé l'amplitude de son développement. L'activité a pu être développée au travers de relations politiques, parfois avec les autorités des espaces et territoires concernés, mais également, et surtout, avec des entités qui contrôlent les principales ressources nécessaires au minage de cryptomonnaies, notamment l'électricité.

La démarche mobilisée ici, la géopolitique matérielle du réseau numérique Bitcoin par sa puissance de calcul, permet d'étudier à la fois les caractéristiques géographiques ainsi que les acteurs et enjeux de pouvoir qui interagissent avec la construction du réseau au sein de l'espace physique. Cette approche est dans la continuité des « géographies matérielles » du minage de cryptomonnaies mentionnées par Wyeth, Rella et Atkins (2023), qui analysent les aspects physiques et les « infrastructures tangibles » qui sous-tendent des entreprises de minage numérique en Géorgie, aux activités souvent perçues comme « virtuelles » ou « immatérielles »[378]. Ils intègrent également les liens perceptibles entre les acteurs politiques locaux et ceux du minage dans leur étude du développement de l'activité. Ainsi, si nous nous intéressons à la géographie du minage de cryptomonnaies en Sibérie, nous y intégrons également une dimension politique dans notre démarche qui permet d'approcher l'influence des enjeux et stratégies de pouvoir de certains acteurs locaux.

L'argument principal de cette partie est que, si le minage de cryptomonnaies a été développé dans l'ex-URSS grâce à la présence d'un héritage industriel soviétique, les formes, échelles et impacts de cette activité numérique alternative dépendent de plusieurs facteurs intrinsèques au territoire concerné, qu'ils soient d'ordres techniques, climatiques, socio-économiques et socio-politiques. Ils dépendent également des agissements et stratégies des acteurs locaux de pouvoir et de leurs réseaux. Si ces acteurs peuvent être les autorités locales, comme le montre l'interdiction de la Chine en 2021, ce sont aussi les compagnies d'électricité, qui détiennent la principale ressource nécessaire au minage et, bien entendu, les mineurs de cryptomonnaies eux-mêmes.

[378] WYETH, Ryan, RELLA, Ludovico et ATKINS, Ed, 2023. *op.cit.*

Pour Atkins & al. (2021), dans leur étude sur le minage de cryptomonnaies au Québec, l'émergence de l'industrie au sein de territoires particuliers serait également le fruit de discours et de stratégies de certains de ces acteurs[379]. Ils développeraient une représentation, ou un « imaginaire » pour reprendre le terme des auteurs, d'un territoire qui tirerait bénéfice du développement du minage numérique. Cette stratégie et ces discours de promotion du développement de fermes de minage sur un territoire particulier sont alors qualifiés de « cryptorégionalisme », et donneraient naissance à une « cryptorégion », expression également consacrée par Atkins & al., un imaginaire industriel fortement lié à un espace particulier :

> « Dans la lignée des travaux sur les géographies de la "*cloudfrastructure*" (Pickren, 2018 ; Furlong, 2020), nous considérons que les cryptorégions, à l'instar d'autres imaginaires spatiaux, sont activement produites, même si le produit s'éloigne des possibilités économiques envisagées et promues par ses architectes. En ce sens, la cryptorégion est co-construite par de puissants discours d'investissement et de croissance économique, sociale et technologique. »[380]

Il est ici nécessaire de discuter de ce terme de « cryptorégion », dont la définition d'Atkins & al. est pertinente pour le cas nord-américain, mais semble restreinte à une dynamique de développement de l'activité à une échelle importante qui implique des acteurs économiques comme des entreprises d'une part, et « par le haut », d'autre part, c'est-à-dire par des acteurs qui détiennent soit un capital et donc un pouvoir, financier et technologique, et d'autres qui détiennent un pouvoir politique. Comme nous l'observons dans le premier chapitre de cette deuxième partie, le minage de cryptomonnaies peut également être développé « par le bas », c'est-à-dire par des individus sans pouvoirs financiers, politiques ou techniques particuliers, qui se sont appropriés l'activité. Cette spécificité au minage de cryptomonnaies, en comparaison avec d'autres industries du numérique, est particulièrement perceptible dans le territoire que nous étudions principalement dans cette partie : la région d'Irkoutsk, dans la partie orientale de la Sibérie, en Russie.

Pour autant, le minage de cryptomonnaies a été développé dans ce territoire qui concentre d'importants facteurs de localisation pour l'activité. Si le terme consacré par Atkins & al. ne

---

[379] ATKINS, Ed, FOLLIS, Luca, NEIMARK, Benjamin David et THOMAS, Vanessa, 2021. Uneven development, crypto-regionalism, and the (un-)tethering of nature in Quebec. *Geoforum* [en ligne]. juin 2021. Vol. 122, pp. 63-73. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1016/j.geoforum.2020.12.019. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718520303031

[380] *Ibid.*, p. 70.
PICKREN, Graham, 2018. 'The global assemblage of digital flow': Critical data studies and the infrastructures of computing. *Progress in Human Geography* [en ligne]. avril 2018. Vol. 42, n° 2, pp. 225-243. [Consulté le 13 août 2025]. DOI 10.1177/0309132516673241. Disponible à l'adresse : https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132516673241
FURLONG, Kathryn, 2020. Geographies of infrastructure 1: Economies. *Progress in Human Geography* [en ligne]. juin 2020. Vol. 44, n° 3, pp. 572-582. [Consulté le 11 mars 2024]. DOI 10.1177/0309132519850913. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132519850913)

peut pas y être appliqué sans être adapté, nous sommes tout de même en présence de ce que nous pourrions qualifier d'un « bassin cryptominier », du fait de la concentration importante de l'activité. Grâce à ces caractéristiques avantageuses a émergé la plus importante entreprise de minage de cryptomonnaies de Russie, BitRiver, qui y a également installé la plus puissante ferme du pays d'une capacité d'une centaine de mégawatts. Mais également, la région a connu un important développement du minage de cryptomonnaie informel et non déclaré, du fait d'habitants qui installent parfois un ou deux processeurs sur leur propriété afin de créer un revenu de subsistance, ce qui entraînerait une surconsommation importante sur les réseaux électriques résidentiels et une récente nécessité de rationner cette énergie pour la population depuis 2024. Bien que le minage ait émergé, comme nous allons le voir, comme une activité numérique alternative en Sibérie et que l'informalité d'une partie de cette puissance de calcul engendrerait des problématiques énergétiques, la récente loi russe qui l'encadre et sa légitimation politique en font une industrie aujourd'hui stratégique pour l'État russe.

L'objectif de cette partie est alors, en mobilisant la méthode géopolitique, de comprendre quels facteurs techniques, naturels et politiques ont entraîné l'émergence du minage de cryptomonnaies à Irkoutsk. Nous allons voir comment ces facteurs ont ensuite influencé la mutation d'une activité numérique alternative vers une industrie stratégique pour l'État russe. Et, plus largement, nous allons pouvoir analyser comment l'ancrage territorial du minage de cryptomonnaies, dans des contextes politiques et énergétiques spécifiques, révèle les relations de pouvoir et de dépendance entre infrastructures numériques, ressources et acteurs politico-économiques, à plusieurs échelles.

Afin d'y répondre, nous mobilisons deux terrains de recherche réalisés dans la région d'Irkoutsk en 2019 et en 2022. Le premier a été réalisé dans le cadre d'un mémoire de Master 2, durant un échange universitaire à Moscou. Ce premier séjour d'un mois dans l'*oblast'* d'Irkoutsk, plus exactement dans sa capitale régionale éponyme, a permis de rencontrer des mineurs de cryptomonnaies et de poser les premiers jalons de ce qui deviendra cette thèse. Dans le cadre de ce doctorat, un second terrain a été réalisé dans l'*oblast'* d'Irkoutsk, qui devait initialement courir de début février à fin juin 2022. Mais l'invasion de l'Ukraine par l'armée russe le 24 février 2022 a obligé à écourter ce terrain et à quitter le territoire de la Fédération, ce qui a pu être possible au début du mois de mars de la même année.

Dans cette partie divisée en deux chapitres, nous explorons à la fois les caractéristiques propres à la région d'Irkoutsk qui ont facilité l'émergence massive du minage de cryptomonnaies par des entrepreneurs et individus locaux et les impacts et rapports de force qui sont apparus sur le

réseau électrique local, ainsi que l'émergence d'une industrie du minage numérique qui devient de plus en plus stratégique pour le secteur énergétique et pour l'État russe.

Dans le premier chapitre, nous prenons l'*oblast'* russe d'Irkoutsk comme « laboratoire géopolitique du minage de cryptomonnaies ». Nous comprenons, par cette formulation, que l'envergure et la diversité d'échelles du déploiement du minage numérique, ainsi que les acteurs et leurs réseaux qui sont concernés, constituent une formidable opportunité pour appliquer la méthode géopolitique afin de cerner les caractéristiques et enjeux du développement de l'activité. Tout d'abord, nous revenons sur les origines de la présence de certains facteurs de localisation, notamment celle d'une électricité abondante et peu chère. Nous soutenons également que la marginalisation de la région d'Irkoutsk des centres économiques et politiques de la Russie a entraîné la construction, sur un temps long, de caractéristiques sociopolitiques propres au territoire qui en ont fait un terreau fertile pour l'émergence de cette activité numérique alternative. Ensuite, nous nous concentrons sur les acteurs impliqués dans le minage de cryptomonnaies à Irkoutsk. Nous mettons en lumière le caractère alternatif du minage numérique, qui a émergé « par le bas », en nous intéressant également aux individus devenus mineurs de cryptomonnaies par principe de subsistance économique. Puis, nous mettons en avant l'apparition d'un rapport de force et de conflits autour de la ressource électrique, entre les compagnies d'électricité d'Irkoutsk et les mineurs de cryptomonnaies non déclarés.

Le deuxième chapitre de cette partie est dans la continuité du précédent, mais en prend aussi le contrepied. Nous nous intéressons alors au minage de cryptomonnaies développé à l'échelle industrielle, et à l'essor d'un modèle économique particulier, qui satisfait certains mineurs de cryptomonnaies ou opérateurs de fermes de minage, mais également les compagnies d'électricité. Afin d'introduire cette analyse, nous prenons l'exemple de la ferme de minage d'Oussolie-Sibirskoïe, avec une enquête qui a duré près de cinq ans (2019 – 2024) et montrons que sa seule existence permet de mettre en évidence une relation complexe entre mineurs de cryptomonnaies, secteur de l'énergie et acteurs politiques locaux. Cette section est l'occasion d'introduire la complémentarité entre le terrain de recherche physique et le terrain numérique.

Ensuite, nous nous intéressons à des projets plus visibles qui permettent de mettre en lumière la participation active des compagnies locales d'électricité dans le développement et l'alimentation de fermes de minage, certaines étant directement installées dans certains de leurs territoires et infrastructures. Ainsi, nous pouvons développer le principal argumentaire de ce chapitre, qui est que le développement du minage de cryptomonnaies à Irkoutsk est le résultat de relations politico-économiques entre les entreprises de minage et les acteurs de l'énergie.

Nous revenons sur l'émergence de l'entreprise BitRiver, plus importante entreprise de minage numérique de Russie, fruit d'une relation privilégiée avec le groupe EN+ qui maîtrise la totalité de l'électricité de la région. Ainsi, nous démontrons que le minage industriel en Russie, et notamment en Sibérie, est une coproduction entre un « energopouvoir », un acteur qui tire son pouvoir économique et politique de la maîtrise des énergies, et un « technopouvoir », un acteur qui a su se rendre indispensable au premier par sa maîtrise technique et technologique[381]. Nous clôturons cette partie en montrant comment le minage de cryptomonnaies a émergé comme une industrie stratégique pour le secteur énergétique russe, lui-même incontournable pour l'État russe.

[381] C'est deux notions sont présentées plus en détails par la suite. Pour le concept d'« energopouvoir », voir : BOYER, Dominic, 2014. Energopower: An Introduction. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 309-333. [Consulté le 20 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0020. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545589
Pour le concept de « technopouvoir », voir la référence sur la « technopolitique », à partir duquel je construis ce terme : HECHT, Gabrielle, 1998. *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge, MA, USA : MIT Press. Inside Technology. ISBN 978-0-262-08266-2.

Chapitre 4. Irkoutsk, Sibérie, laboratoire géopolitique du minage de cryptomonnaies

Le début de ce premier terrain de thèse à Irkoutsk, le 2 février 2022, coïncide avec une déclaration importante du directeur d'une des compagnies d'électricité de la région qui alertait sur les dangers du développement massif du minage de cryptomonnaies informel[382]. Selon Oleg Pritchko, directeur de la Compagnie énergétique du Baïkal, 1 200 foyers hébergeant frauduleusement des processeurs de minage avaient été découverts dans l'*oblast'*, un chiffre que les forces de l'ordre estimaient supérieur de dix voire 100 fois, et que ces « mineurs clandestins » avaient consommé une puissance estimée entre 350 et 400 mégawatts (MW) en 2021, contre 250 MW pour les mineurs « légaux ». Toujours d'après la déclaration de Pritchko, ce minage informel commençait à représenter un risque pour l'intégrité du réseau électrique de la région, avec une multiplication par quatre de la consommation d'électricité de la part des particuliers, qu'il corrèle au bannissement du minage de cryptomonnaies en Chine. Cet événement aurait entraîné une accélération du développement opaque de l'activité en Russie par le redéploiement local des processeurs auparavant utilisés par des mineurs en Chine. De plus, rien que le mois précédent, en janvier 2022, 53 affaires de vols de processeurs avaient été déclarées. En ce début d'année 2022, les effets de la matérialisation de Bitcoin à Irkoutsk par son minage semblaient s'accélérer et entraîner des répercussions de plus en plus importantes.

Comme nous le verrons dans ce chapitre, le minage de cryptomonnaies a émergé à Irkoutsk à plusieurs échelles. Si la région accueille de puissantes fermes de minage de cryptomonnaies qui appartiennent à des entreprises spécialisées ou des entrepreneurs locaux, une importante partie de l'activité est développée de manière informelle, parfois même à l'échelle individuelle, comme c'est le cas pour plusieurs contacts rencontrés sur place (voir Encadré 9).

[382] ИА «ТЕЛЕИНФОРМ», 2022. Фермы ставят даже в будках: иркутские энергетики оценили ущерб от майнеров в 1,8 миллиарда рублей. *Информационное агентство «Телеинформ», г. Иркутск* [en ligne]. 2 février 2022. [Consulté le 9 février 2022]. Disponible à l'adresse : https://i38.ru/obichnie-ekonomika/fermi-stavyat-dazhe-v-budkach-irkutskie-energetiki-otsenili-uscherb-ot-maynerov-v-1-8-milliardov-rubley

[382] https://wise.com/fr/currency-converter/rub-to-eur-rate/history/02-02-2022

Encadré 9

À IRKOUTSK, UN MINAGE NUMERIQUE DEMOCRATISE ET UNE ACTIVITE DE SUBSISTANCE

Deux jours après mon arrivée à Irkoutsk, je reçois les résultats négatifs de mon test PCR, précieux sésame qui met fin à ma mise en quarantaine débutée lors de mon arrivée, procédure encore standard en Russie à l'époque. Je viens de passer 48 heures enfermé au rez-de-chaussée de l'*obchchejite* (dortoir) décrépis d'un quartier excentré de la capitale régionale, dont je pouvais observer les barres d'immeubles soviétiques et les quelques passants qui bravaient la neige et le froid à travers les barreaux de ma chambre. Malgré la chute brutale de la température à -35°C, je me suis empressé de sortir, après 3 ans d'attente, dans les rues d'Irkoutsk. Cette première sortie fut brève ; le froid m'a rapidement poussé à entrer dans un pub de quartier pour m'abriter. Ce terrain, qui devait durer jusqu'en juin, a commencé dès le premier échange que j'ai pu avoir dans la ville, avec la serveuse de l'établissement. Lorsque je lui ai expliqué les raisons de ma présence, elle m'a très vite montré à quel point ce terrain s'annonçait prolifique.

> « Tu as raison de venir ici, à Irkoutsk il y a plein de minage [de cryptomonnaies]. Moi aussi j'ai un [ASIC] chez-moi, dans mon salon. [elle me montre plusieurs clichés sur son *smartphone*, dévoilant un processeur dans une petite caisse en bois]. C'est un ami qui est venu l'installer, moi je n'ai pas grand-chose à faire, il faut juste le laisser branché à un ordinateur tout le temps. On a construit un caisson pour y mettre [l'ASIC], pour atténuer le son, il est extrêmement bruyant. Ça me permet d'avoir un petit peu d'argent en plus chaque mois, mais certains mois je me dis que ça ne rapporte pas assez par rapport au bruit que ça fait, et j'hésite à le débrancher ». Témoignage de Sniéjana (prénom modifié), le 5 février 2022, à Irkoutsk, Russie.

Alors qu'elle conclut sa dernière phrase, elle détourne le regard vers l'un des seuls autres clients et me dit que lui aussi « est dans le minage ». Ce dernier m'explique qu'il a créé une petite ferme de minage avec des amis, dont il me montre quelques photos, mais qu'il s'est surtout spécialisé dans la revente de processeurs. Il a eu une formation en informatique à l'université locale, ce qui lui a permis de faire un échange en Chine où il a commencé à apprendre le mandarin. Il retourne plusieurs fois par an en Chine, il y achète des ASICs et des GPU qu'il revend ensuite à Irkoutsk. Il me montre également les photos de ses réserves de processeurs, empilés dans des cartons, qu'il propose à la vente via des canaux Telegram dédiés. Il me propose de me faire rencontrer ses amis, avec qui il a créé la ferme de minage, et de les rejoindre lors de leur prochain week-end « sur le Baïkal ». À la vue d'une vidéo de leur dernière escapade sur le lac, où lui et ses amis prennent de la cocaïne avant de partir en trombe en motoneiges sur l'immensité gelée du Baïkal, j'ai préféré remettre une telle rencontre au printemps, ce qui n'arrivera donc jamais.

S'il ne faut pas surinterpréter ce moment qui relève de l'anecdote, cette première demi-heure à Irkoutsk souligne tout de même l'importante diffusion du minage numérique parmi la population. Au cours de mes terrains, une vingtaine de personnes rencontrées en dehors de ma recherche (journalistes, étudiants, chauffeurs de taxi ou clients de pubs) m'ont ainsi partagé leurs expériences personnelles avec le minage de cryptomonnaies. Certains avaient des proches impliqués dans le minage numérique non déclaré, d'autres avaient de petites fermes dans des conteneurs ou un garage avec des amis. Ces échanges me rappellent que le minage numérique et les activités annexes qui lui sont liées sont parfois développés comme activité de subsistance par des individus parfois précaires, dans une région marginalisée de Russie.

Si le minage de cryptomonnaies a émergé à Irkoutsk, c'est surtout parce que la région propose des principaux « facteurs de localisation », pour reprendre le terme d'Henry Bakis déjà présenté dans le Chapitre 2[383]. Effectivement, Irkoutsk dispose de l'électricité la moins chère de Russie, d'un climat froid et sec, et d'une bonne connexion Internet (voir la Carte 4), autant de facteurs de localisation, qui permettent de comprendre pourquoi, techniquement, l'activité a été développée sur place. Mais, comme nous le montrons avec ce chapitre, ces facteurs de localisation ne sont pas seulement techniques ou climatiques, ils sont aussi sociopolitiques, et vont influencer la diversité d'échelles de l'activité. Si, comme l'écrit Kathryn Furlong , « il important de s'intéresser [aux] infrastructures pour comprendre comment le numérique s'articule avec l'utilisation de l'espace et des ressources », une démarche amorcée dans le Chapitre 2 de cette thèse, nous allons dorénavant nous intéresser à l'espace et aux ressources de l'*oblast'* d'Irkoutsk, afin de mieux cerner les logiques de développement de la puissance de calcul qui permet le fonctionnement de l'infrastructure Bitcoin[384].

Au-delà de tous les enjeux que pose la consommation électrique des mineurs de cryptomonnaies non déclarés, il y avait en 2022 une soixantaine de mineurs déclarés dans la région et parmi eux plusieurs entreprises commerciales d'hébergement de processeurs dont on a pu localiser, au moins à l'échelle de la municipalité, l'emplacement des fermes (Carte 5)[385]. Ces fermes, d'une puissance comprise entre 10 et 100 mégawatts, se trouvent toutes à proximité des principaux bassins industriels de l'*oblast'* d'Irkoutsk, proches donc des principales sources d'électricité. Comme cela apparaît clairement par la suite, c'est l'important héritage industriel de la région qui a joué dans l'attractivité de la région pour le développement de l'activité.

L'*oblast'* d'Irkoutsk une région, de Sibérie marquée par une forte industrialisation à partir des années 1950, et se trouve dans la partie orientale du District fédéral sibérien (voir Carte 6), l'un des huit districts qui divisent le territoire de la Fédération de Russie[386]. Avec une population en

[383] BAKIS, Henry, 2013. Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres. *Netcom. Réseaux, communication et territoires* [en ligne]. 1 octobre 2013. N° 27-3/4, pp. 351-384. [Consulté le 21 septembre 2020]. DOI 10.4000/netcom.1473. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/netcom/1473

[384] FURLONG, Kathryn, 2021. Geographies of infrastructure II: Concrete, cloud and layered (in)visibilities. *Progress in Human Geography* [en ligne]. février 2021. Vol. 45, n° 1, pp. 190-198. [Consulté le 11 mars 2024]. DOI 10.1177/0309132520923098. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132520923098

[385] ИА «ТЕЛЕИНФОРМ», 2022. Фермы ставят даже в будках: иркутские энергетики оценили ущерб от майнеров в 1,8 миллиарда рублей. *Информационное агентство «Телеинформ», г. Иркутск* [en ligne]. 2 février 2022. [Consulté le 9 février 2022]. Disponible à l'adresse : https://i38.ru/obichnie-ekonomika/fermi-stavyat-dazhe-v-budkach-irkutskie-energetiki-otsenili-uscherb-ot-maynerov-v-1-8-milliardov-rubley

[386] La région d'Irkoutsk est un « oblast' », une des 89 divisions administratives du territoire russe, aussi appelées « sujets de la Fédération », aux côtés des 22 républiques, neuf kraïs, quatre districts autonomes, trois « villes-

berne depuis la chute de l'URSS, la région comptait environ 2 344 000 habitants en 2023. La capitale régionale, dénommée également Irkoutsk, est la ville la plus peuplée de la région avec plus de 617 000 habitants (2021), suivie par des centres urbains bâtis à partir des années 1950 pour développer des bassins industriels, dont Bratsk (224 000 habitants), Angarsk (221 300) ou encore Oust-Ilimsk (80 000). Ce terrain de thèse, pensé pour durer de février à juin 2022, devait permettre d'explorer ces différents bassins industriels et la manière dont le minage numérique avait été greffé sur cet héritage soviétique. Si Irkoutsk était le principal laboratoire de notre analyse, ce devait également être une base de projection vers le reste de la Sibérie, notamment Novossibirsk, mais également jusqu'à Moscou. Loin d'imaginer la tournure prochaine des événements, avec le début de la guerre en Ukraine une vingtaine de jours après le début de ce terrain, ce mois de février 2022 avait surtout été dédié à la reprise de contact avec des acteurs rencontrés en 2019. Un rendez-vous était également prévu avec des représentants de l'entreprise BitRiver et une potentielle visite de leur ferme de Bratsk, mentionnée plus haut, prévue courant mars lorsque la levée des restrictions sanitaires le permettrait, ce qui ne fut donc jamais possible[387].

Ce chapitre est divisé en deux sections. Dans la première, nous explorons les différentes caractéristiques, qu'elles soient techniques, climatiques, politiques ou sociétales, de la région d'Irkoutsk, qui ont favorisé l'émergence du minage de cryptomonnaies. Nous nous concentrons tout d'abord sur les caractéristiques techniques héritées du passé industriel de la région, puis sur sa marginalité dans la géographie et l'économie russes.

Ensuite, dans une deuxième section, nous nous intéressons aux acteurs qui participent au développement du minage de cryptomonnaies dans la région d'Irkoutsk. Grâce à des entrevues réalisées en mars et avril 2019 et en février 2022, nous interrogeons le rôle et les motivations d'entrepreneurs locaux qui ont été parmi les premiers à faire émerger le minage numérique à Irkoutsk ; ainsi que celle des acteurs d'un minage informel, et généralement non déclaré, qui a émergé comme une activité de subsistance pour de nombreux habitants, jusqu'à créer des frictions avec les compagnies d'électricité et les autorités locales.

région », un oblast autonome et 45 autres oblasts. Nombre qui inclut des territoires (anciennement) ukrainiens à l'intégration ou annexion contestée : la Crimée en 2014 et, depuis 2022, la République de Donetsk, la République de Lougansk, l'oblast' de Kherson et l'oblast' de Zaporijjia.

[387] Lorsque mon terrain a débuté en Russie en février 2022, de nombreuses mesures anti-COVID étaient encore en place, ce qui m'a limité dans mes déplacements et certaines prises de contact.

4.1. Entre héritage énergétique soviétique et marginalisation politico-économique : la fabrique du « bassin cryptominier » d'Irkoutsk

L'*oblast'* d'Irkoutsk constitue une réserve abondante de ressources naturelles, incluant hydrocarbures, bois, houille, métaux et énergie hydroélectrique. Il abrite notamment le plus important gisement d'or mondial, représentant plus de 25 % des réserves nationales de ce précieux métal. Ce territoire, qui s'étend le long des rives ouest du lac Baïkal et compte 2,4 millions d'habitants, soutient tant l'économie russe que le bassin industriel local, lequel a connu une expansion significative sous le régime soviétique avant de décliner après la chute de l'URSS, et semble jouir d'un redéveloppement progressif. Les activités d'extraction minière et de transformation des ressources, telles que l'aluminium et le papier, demeurent le pilier de l'économie régionale, bien que cette région soit géographiquement éloignée des principaux centres économiques et politiques du pays[388]. Depuis quelques années, ces industries traditionnelles sont complétées par une activité touristique en croissance, attirant à la fois des Russes et des étrangers désireux de découvrir la « Perle de Sibérie », le lac Baïkal[389].

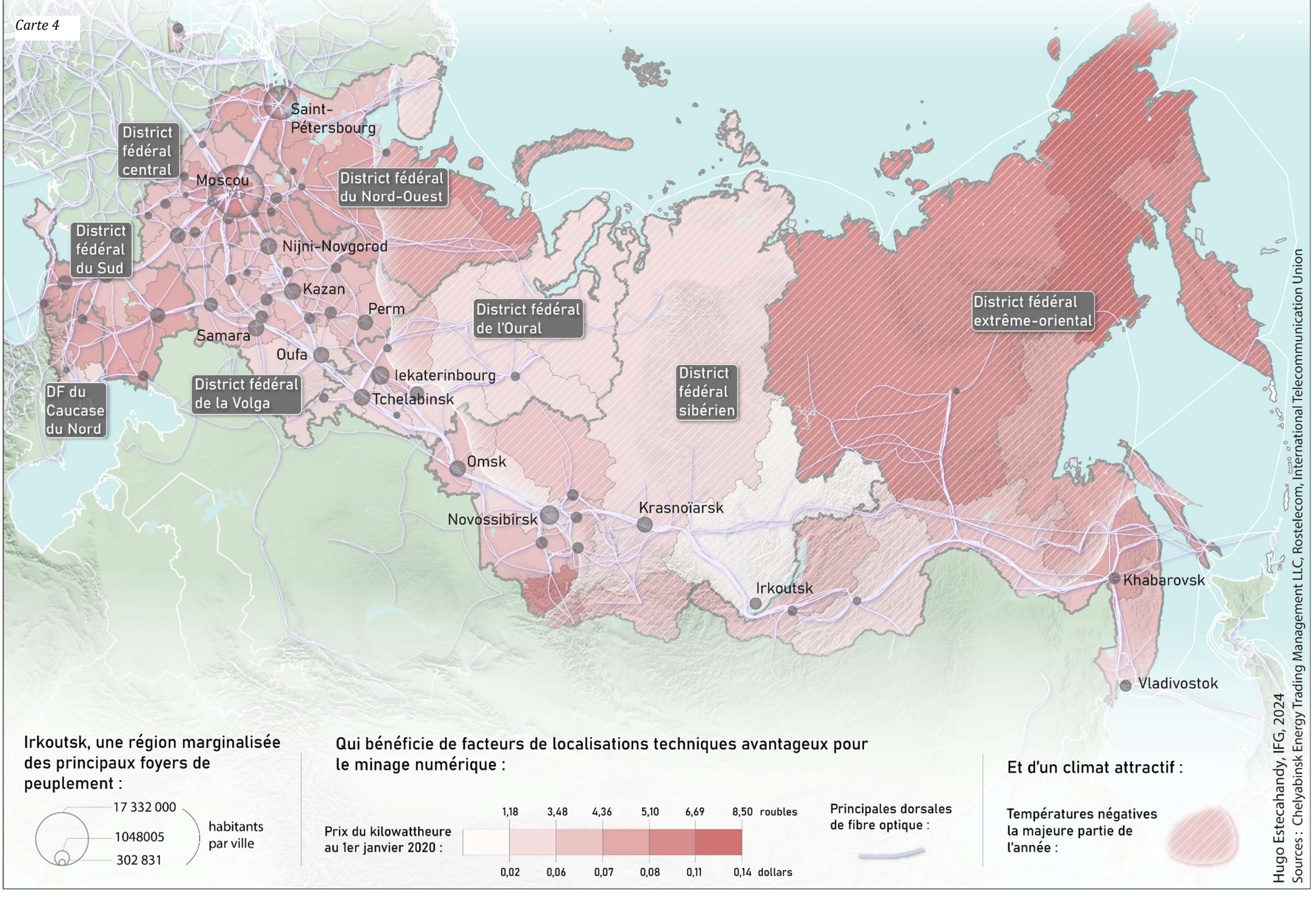
Cette longue histoire industrielle et la localisation géographique de l'*oblast'* d'Irkoutsk font de cette région un important réceptacle de facteurs de localisation d'industries numériques. Le minage de cryptomonnaie a émergé à Irkoutsk à une échelle inégalée en Russie et dans des formes et envergures variées. C'est dans cette région que se trouve la plus puissante ferme de minage de Russie, celle de BitRiver à Bratsk, ville qui accueille d'autres infrastructures d'importantes entreprises du secteur, comme CryptoReactor, également originaire de la région. Outre ces deux entreprises, deux autres groupes classés parmi les huit entreprises de minage numériques les plus importantes de Russie ont élu domicile dans l'*oblast'*, BitCluster et Promminer. En croisant des articles de presse, de l'imagerie satellite et des éléments de communication de ces entreprises, plusieurs de ces fermes ont pu être localisées (voir Carte 5 ; Annexe 1).

[388] AGAPITOVA, Olga, 2019. Social and economic development of Irkutsk region. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en ligne]. 1 novembre 2019. Vol. 667, n° 1, pp. 012002. [Consulté le 11 août 2024]. DOI 10.1088/1757-899X/667/1/012002. Disponible à l'adresse : https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/667/1/012002

[389] ZABORTSEVA, T. I., KUZNETSOVA, A. N. et VIOLIN, S. I., 2017. The potential of a "green" economy in the socioeconomic development of Irkutsk Oblast. *Geography and Natural Resources* [en ligne]. octobre 2017. Vol. 38, n° 4, pp. 379-385. [Consulté le 19 septembre 2025]. DOI 10.1134/S1875372817040102. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1134/S1875372817040102

La fabrique d'un « bassin cryptominier » I : des caractéristiques techniques et climatiques attractives dans l'oblast' d'Irkoutsk

Carte 4



Pourtant, le développement d'infrastructure physique d'industries numériques dans la région d'Irkoutsk ne relève pas de l'évidence. La plupart des projets numériques développés en Sibérie le sont dans l'*oblast'* de Novossibirsk, dans la partie occidentale de la Sibérie, suivant une dynamique gouvernementale. Cette marginalisation d'Irkoutsk des politiques gouvernementales du numérique, et plus globalement de l'économie nationale, semble avoir joué un rôle moteur dans l'apparition du minage. Car, avant qu'apparaissent les puissantes fermes de BitRiver ou BitCluster, le minage de cryptomonnaies est apparu dans la région comme une activité alternative, développée par quelques entrepreneurs locaux au milieu des années 2010, puis approprié par la population elle-même. Aux antipodes des logiques de développement d'autres industries du numérique, comme les centres de données, fruits de décision centralisée par des acteurs précis (gouvernements, entreprises), le minage numérique a d'abord émergé à Irkoutsk « par le bas ».

4.1.1. L'héritage énergétique et technique soviétique

Irkoutsk fait partie de ces régions du monde qui répondent à la plupart des besoins du minage. L'*oblast'* dispose surtout d'une électricité, qui peut représenter jusqu'à 90 % des dépenses des mineurs, la moins chère de Russie (1,1 rouble le kilowattheure en 2020, soit 0,1 euro)[390]. Cette énergie est utilisée pour alimenter les processeurs, qui doivent tourner sans interruption, mais également pour faire fonctionner un système de ventilation et de refroidissement afin d'entretenir le matériel informatique qui produit beaucoup de chaleur. Grâce au bas coût de l'électricité, disponible en très grande quantité, les mineurs peuvent maximiser leur retour sur investissement. Irkoutsk est la première région de Russie en termes d'énergie électrique produite par habitant (Hou, 2013), grâce à trois barrages hydroélectriques massifs (70 % de la production électrique régionale) installés sur le large fleuve Angara, prenant sa source dans le lac Baïkal, et à plusieurs centrales à charbon[391]. Le grand nombre de centres de production

[390]Interview de Sébastien Gouspillou, cofondateur d'une entreprise de minage de cryptomonnaies : BLOCH, Raphaël et RICHAUD, Nicolas, 2019. Blockchain : le français Bigblock Datacenter délocalise ses fermes de minage au Kazakhstan. *Les Echos* [en ligne]. 11 mars 2019. [Consulté le 13 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.lesechos.fr/tech-medias/hightech/blockchain-le-francais-bigblock-datacenter-delocalise-ses-fermes-de-minage-au-kazakhstan-999360
Energo 24. URL : https://energo-24.ru/news/13438.html
À titre de comparaison, le kilowattheure est vendu 4,75 roubles à Saint-Pétersbourg et 5,47 à Moscou.
[391] HOU, Sophie, 2013. La Gazéification De L'oblast D'Irkoutsk : Entre Volontarisme et Échec Annoncé ? *Revue d'études comparatives Est-Ouest* [en ligne]. juin 2013. Vol. 44, n° 02, pp. 109-139. [Consulté le 2 novembre 2021]. DOI 10.4074/S0338059913002052. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-revue-d-etudes-comparatives-est-ouest1-2013-2-page-109.htm
Liste des centrales électriques de la région : www.globalenergyobservatory.org

électrique est intimement lié à l'histoire industrielle particulièrement riche de la région, et devait fournir en énergie d'imposants combinats d'industries chimiques, papetières et surtout d'aluminium. Elles étaient les composantes d'une industrie lourde transouralienne massivement développée par le régime soviétique à partir des années 1940. La grande majorité de l'électricité régionale est d'ailleurs produite par des barrages installés pour alimenter les villes industrielles de Bratsk et d'Oust-Ilimsk, à l'ouest de l'*oblast'*, loin du principal foyer de population autour de la capitale régionale Irkoutsk (voir Carte 5). À la chute de l'URSS, le déclin d'une partie de cette industrie régionale a entraîné une baisse drastique de la consommation électrique, et donc, de grandes quantités de surplus énergétiques dorénavant vendues à un faible prix.

A. Un épicentre énergétique

La région d'Irkoutsk dispose d'un puissant parc électrique, surtout développé à partir des années 1950 pour alimenter une industrie lourde alors en plein développement, qui a également entraîné l'émergence de certaines des principales villes de l'*oblast'*. Si la ville d'Irkoutsk existe depuis le XVIIe siècle, et a principalement prospéré par le commerce, la plupart des grandes villes de l'*oblast'* ont été fondées à partir des années 1950 pour justement abriter une industrie lourde et ses ouvriers. Lors de la Seconde Guerre mondiale, restée dans la postérité comme la Grande Guerre patriotique de 1941 – 1945 en (ex-)URSS, les autorités soviétiques déménagent en urgence leurs industries à l'est de l'Oural pour les éloigner du front qui avance d'abord rapidement en Russie occidentale. Cette importante et rapide croissance de l'industrialisation des régions de Sibérie, qui avait commencé à partir des années 1920, entraîne une production massive d'électricité afin de répondre aux besoins énergétiques. Selon l'historien Igor Naumov, en 1928, avant le début de l'industrialisation rapide, la Sibérie produisait 15 millions de kilowatts-heures (kWh) d'électricité, 320 millions en 1940, plus de 10 milliards en 1950 et enfin 200 milliards à la fin du XXe siècle[392]. Dans la région d'Irkoutsk, les importants besoins énergétiques et les ressources hydroénergétiques offertes par le puissant fleuve Angara qui traverse l'*oblast'* ont amené les autorités soviétiques à construire trois puissants barrages hydroélectriques sur ce dernier. Le premier est entré en service à Irkoutsk en 1956, régulant le flux du fleuve Angara, le deuxième à Bratsk en 1961, dans cette ville fondée dix années auparavant au début de la construction de l'édifice qui est resté pendant quelques années l'un des barrages les plus puissants au monde et est toujours le deuxième de Russie, et enfin à Oust-Ilimsk, qui ne fut commissionné qu'en 1974 bien que la construction ait débuté lors de la fondation de la ville en 1966.

[392] NAUMOV, Igor V., 2006. *The history of Siberia*. London : Routledge/Taylor & Francis Group. Routledge studies in the history of Russia and Eastern Europe, 6. ISBN 978-0-415-36819-3. DK761 .N34 2006

Le barrage de Bratsk constitue la plus puissante source d'électricité de la région, avec une capacité installée de 4,5 gigawatts (GW), soit 4 500 MW, érigée pour alimenter les très énergivores industries d'aluminium panifiées par le gouvernement soviétique[393]. L'édifice d'Oust-Ilimsk est également puissant, puisqu'il possède une capacité installée de 3 840 MW, pensé pour alimenter les industries de transformation du bois, alors que le barrage d'Irkoutsk ne produit que 662 MW. Bien qu'il soit le plus « faible » des trois barrages, celui d'Irkoutsk mesure tout de même 1 kilomètre de long, et constitue l'un des quatre axes qui permettent le franchissement de l'Angara au sein de la municipalité d'Irkoutsk, reliant les deux rives de la capitale régionale. L'hiver, l'immense réservoir du barrage gèle.

*Tableau 5 Infrastructures de génération d'électricité dans l'*oblast' *d'Irkoutsk en 2024[394]. Hugo Estecahandy, 2025.*

Infrastructures de génération d'électricité dans l'*oblast'* d'Irkoutsk en 2024					
	Centrale électrique	**Ville**	**Capacité installée (en MW)**	**Année de mise en service**	**Ressource utilisée**
1	Centrale hydroélectrique de Bratsk	Bratsk	4500	1961	Hydro
2	Centrale hydroélectrique d'Oust-Ilimsk	Oust-Ilimsk	3840	1974	Hydro
3	Centrale électrique Irkoutsk-10	Angarsk	1110	1959	Charbon
4	Centrale électrique Novo-Irkoutsk	Irkoutsk	708	1987	Charbon
5	Centrale hydroélectrique d'Irkoutsk	Irkoutsk	662	1956	Hydro
6	Irkutsk-9 power station	Angarsk	540	1980	Charbon
7	Ust-Ilimskaya CHP power station	Oust-Ilimsk	515	1990	Charbon
8	Irkutsk-11 power station	Oussolié-Sibirskoïe	279,3	1971	Charbon
9	Irkutsk-6 power station	Bratsk	270	1965	Charbon
10	Novo-Ziminskaya power station	Pérézov (proche de Zima)	260	1982	Charbon
11	Mamakan hydroelectric plant	Mamakan	86	1961	Hydro

[393] NOZDRACHEV, A. D., 2015. *ВЕЛИКАЯ РОССИЯ. РОССИЙСКАЯ БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИ*. Sankt-Peterburg : Nauchnoe izdatel′stvo « Gumanistika ». Velikai͡a Rossiia. Rossiĭskai͡a biograficheskai͡a ėntsiklopediia, 22. ISBN 978-5-86050-338-0.
QP26.P35 N69 2015

[394] Source : www.globalenergyobservatory.org



Photographie 2 La station hydroélectrique d'Irkoutsk. Février 2022. Hugo Estecahandy.



Photographie 3 Vue depuis le barrage d'Irkoutsk, la route qui passe sur l'édifice est visible sur la gauche, alors que sur la droite un enfant se jette en luge sur la pente de neige qui descend jusqu'au réservoir d'eau gelée. Février 2022. Hugo Estecahandy



Photographie 4 Vue sur le barrage d'Irkoutsk depuis le réservoir gelé. Février 2022. Hugo Estecahandy.

En plus de ces trois centrales hydroélectriques, plusieurs centrales à charbon ont été construites, pour suppléer aux turbines ou pour répondre aux besoins énergétiques de zones industrielles spécifiques. Ainsi, les industries de bois d'Oust-Ilimsk et de Bratsk sont chacune pourvues d'une centrale à charbon. Le bassin industriel d'Angarsk, proche de la ville d'Irkoutsk, est quant à lui alimenté par deux centrales à charbon, dans la plus puissante de l'*oblast'* avec ses 1 110 mégawatts (MW). Les zones industrielles de Zima et Oussolie-Sibirskoïe sont également alimentées par des centrales électriques à charbon, et proches de la ville minière isolée de Bodaïbo, dans le nord-est de la région, où se trouve le petit barrage hydroélectrique (86 MW) nommé Mamakan.

La capacité de génération d'électricité de l'*oblast'* d'Irkoutsk, qui représente entre 6 % et 8 % à l'échelle de la Russie, compte de manière importante dans l'économie régionale d'après Filatov[395]. Près de 20% de l'électricité produite à Irkoutsk est exportée vers des territoires voisins, principalement en République de Bouriatie et au kraï de Transbaïkalie, sujet dont l'électricité irkoutskoise couvre 20% des besoins.

La particularité du réseau électrique d'Irkoutsk est que, hormis le barrage hydroélectrique de Mamakan et le réseau électrique associé isolé au nord de la région, la totalité des centrales, transformateurs et lignes électriques de l'*oblast'* appartiennent à des filiales du groupe EN+. L'importance de cet acteur, qui a joué un rôle primordial dans le développement du minage de cryptomonnaies à l'échelle industrielle, ainsi que l'important pouvoir interne et externe à la région que lui apporte cet écosystème énergétique, est discutée en détail dans le chapitre suivant (voir Chapitre 5). Mais il est nécessaire, pour aborder les enjeux géopolitiques du développement du minage à Irkoutsk, de connaître les acteurs régionaux de l'électricité, ainsi que leur rôle.

Toutes les centrales à charbon de l'*oblast'* sont opérées par la « *Baïkalaskaïa Energuitchétskaïa Kompaniïa* » ou « Compagnie énergétique du Baïkal », elle-même filiale d'« Irkutskenergo ». La compagnie d'électricité régionale Irkutskenergo opère directement les barrages hydroélectriques et le réseau électrique de la région. La filiale commerciale qui permet la mise en vente de l'électricité d'Irkoutsk aux particuliers et aux entreprises est, quant à elle, dénommée « *Irkutskenergo-sbyt* ». Irkutskenergo, et donc ses filiales, font partie d'« *EvroSibEnergo* » (« EuroSibEnergie »), qui opère dans plusieurs régions de Russie et qui fait partie intégrante d'EN+.

[395] FILATOV, Evgeniy, 2023. Analysis of profitability of production of energy companies of the Irkutsk region. STENNIKOV, V., SENDEROV, S., MICHALEVICH, A. et GULIEV, H. (éd.), *E3S Web of Conferences* [en ligne]. 2023. Vol. 461. [Consulté le 16 juin 2024]. DOI 10.1051/e3sconf/202346101045. Disponible à l'adresse : https://www.e3s-conferences.org/10.1051/e3sconf/202346101045

B. Une région historiquement tournée vers l'industrie lourde, puis l'extractivisme

Tout comme le développement du minage numérique dans l'état de Washington a bénéficié d'héritages sociotechniques, fruits d'une histoire longue comme le rappellent Lally & al., les facteurs de localisation de l'activité à Irkoutsk sont à remettre en perspective avec l'histoire particulière de la région[396]. Avant d'accueillir les industries lourdes soviétiques et le développement des centrales électriques qui en ont fait la première région de Russie en termes d'énergie électrique produite par habitant, Irkoutsk est longtemps resté un territoire des marges de l'Empire, avec une économie principalement tournée vers le commerce. Ce n'est qu'au XVIIe siècle que l'actuelle région d'Irkoutsk est intégrée à ce qui était alors l'Empire russe. Lors de la conquête de l'est de l'Eurasie, le lac Baïkal est atteint en 1643, et la forteresse d'Irkoutsk est érigée entre 1652 et 1661[397]. À cette époque, les forces coloniales russes devaient le contrôle de ces territoires à d'âpres combats contre l'ethnie mongole locale, les Bouriates, et la dynastie mandchoue Qing, alors à la tête de la Chine. À la suite des accords de Nerchinsk, en 1689, les frontières sino-russes furent établies, la conquête russe de l'extrême-est eurasien continua, et Irkoutsk devint le point de départ des forces expéditionnaires. Au début du XVIIIe siècle, sous le règne du tsar, puis empereur, Pierre le Grand, l'intégration forcée des peuples autochtones de Sibérie fut entreprise, appuyée par des conversions à l'Orthodoxie. Puis, avec l'appui de l'Église orthodoxe, la ville d'Irkoutsk se développa grâce au commerce[398].

Stratégiquement située dans l'est de l'Empire, elle devint la plaque tournante des échanges commerciaux entre la Mongolie, la Chine et l'Empire russe. Au milieu du XVIIIe siècle, une route commerciale fut construite, et l'envoi de courrier de Saint-Pétersbourg à Irkoutsk ne prenait alors que 34 jours. La base logistique de la Compagnie russe d'Amérique, fondée en 1799 pour entreprendre l'exploration et l'exploitation de l'Alaska, était située à Irkoutsk[399]. Au fil du développement d'Irkoutsk et de sa région, grâce à l'amélioration constante des échanges commerciaux et des voies de communication, les premiers bateaux à vapeur entrent en service sur l'Angara en 1844 et Irkoutsk est reliée par le Transsibérien dans les années 1890, de nombreuses populations de l'ouest de l'Europe vinrent s'installer, de grès ou de force, à Irkoutsk et dans ses environs, à partir de la moitié du XIXe siècle et au début du XXe siècle.

---

[396] LALLY, Nick, KAY, Kelly et THATCHER, Jim, 2022. Computational parasites and hydropower: A political ecology of Bitcoin mining on the Columbia River. *Environment and Planning E: Nature and Space* [en ligne]. mars 2022. Vol. 5, n° 1, pp. 18-38. [Consulté le 5 février 2024]. DOI 10.1177/2514848619867608. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2514848619867608

[397] NAUMOV, Igor V., 2006. *The history of Siberia*. London : Routledge/Taylor & Francis Group. Routledge studies in the history of Russia and Eastern Europe, 6. ISBN 978-0-415-36819-3. DK761 .N34 2006

[398] PORTAL, Roger, 1958. Les Russes en Sibérie au XVIIe siècle. *Revue d'Histoire Moderne & Contemporaine* [en ligne]. 1958. Vol. 5, n° 1, pp. 5-38. [Consulté le 13 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/rhmc_0048-8003_1958_num_5_1_2648

[399] NAUMOV, Igor V., 2006. *Op. cit.*

La majorité des Sibériens étaient des paysans installés dans la région depuis près d'une génération et avaient émigré des régions agricoles de la Russie occidentale et de l'Ukraine entre 1885 et 1914, à la suite de la construction du chemin de fer transsibérien. Par exemple, grâce au Transsibérien, des fermiers allemands auparavant installés sur les territoires actuels de l'Ukraine et de la Pologne, ont élu domicile dans la région, en quête de terres fertiles.

Si l'agriculture représentait l'un des secteurs les plus développés et les plus prometteurs de la région, la Révolution d'octobre 1917 a entraîné une « dékoulakisation » massive dans toute la Sibérie, qui s'est traduite par la liquidation ou la déportation de plus de 150 000 familles de koulaks, ces riches agriculteurs ayant fait fortune du temps de l'Empire. La collectivisation extrême et violente du secteur agricole a grandement ruiné l'agriculture dans la région, qui ne fut jamais réellement rétablie[400].

L'héritage technique dont bénéficie le minage de cryptomonnaies à Irkoutsk est surtout issu de cette période. Les répressions du régime soviétique concernèrent grandement le secteur industriel, mais contribuèrent à le développer et non pas à l'étouffer. Comme vu précédemment, plusieurs bassins industriels furent pensés et développés dans la région d'Irkoutsk à partir des années 1930, et surtout 1950, en même temps que des villes entières et d'importantes infrastructures de génération d'électricité qui devaient les alimenter. Le développement de ce secteur industriel a largement bénéficié d'une main-d'œuvre de forçats, composés de criminels et d'opposants politiques. Entre les années 1930 et 1960, plusieurs camps de travail du GOuLag (« *Glavnoïé Oupmvlénié Lagareï* », « Administration Principale des Camps ») ont été implantés dans l'actuel *oblast'* d'Irkoutsk, continuation d'une dynamique d'envoi et d'emploi de forçats en Sibérie déjà mise en place sous l'Empire. Parmi les principaux camps de la région, nous pouvons citer le Taïchetlag (Taïchet), l'Angarlag et l'Ozerlag dans la région de Bratsk, réputés pour l'atrocité de leurs conditions de détention et de travail, le Bodaïbinlag dans la région minière de Bodaïbo ou encore les camps de travail d'Angarsk, dont le Kitoïlag[401]. En plus de construire les imposantes industries soviétiques et d'extraire les ressources nécessaires, l'une des tâches les plus pénibles et mortifères de ces forçats fut la construction d'infrastructures ferroviaires, notamment une continuation du Transsibérien d'Irkoutsk à Oulan-Oudé (la ligne « Baïkal »), mais, surtout, la pose de la ligne Taïchet – Komsomolsk qui reliait les principaux bassins industriels et miniers du nord (voir Carte 5), et connectait plusieurs îlots de l' « archipel

[400] *Ibid*.
[401] AFANASOV, Oleg V., 2002. Documents on the history of the Lake Camp in the Irkutsk *oblast'* (1948–63). *The Journal of Slavic Military Studies* [en ligne]. mars 2002. Vol. 15, n° 1, pp. 145-164. [Consulté le 26 juillet 2024]. DOI 10.1080/13518040208430515. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13518040208430515

du Goulag » [402]. Chacun des bassins industriels d'Irkoutsk était de fait un îlot de l'archipel, et l'histoire du développement industriel est intrinsèquement liée à celle de l'administration pénitentiaire soviétique.

La planification soviétique qui s'appuyait sur l'emploi d'une main-d'œuvre fournie par le Goulag, les importantes quantités d'électricité générées et l'extraction et la transformation des ressources de la région (hydrocarbures, charbon, fer, or) a fait d'Irkoutsk une importante région industrielle à partir des années 1950. Des bassins industriels ont été décidés, autour des infrastructures de génération d'électricité ou à proximité des zones d'extraction de certaines ressources. Par exemple, les usines de sidérurgie de Jeleznogorsk-Ilimsk sont situées à proximité directe d'une mine de fer, et les industries du bois (pâte à papier, cellulose, contreplaqué) au sein de villes érigées au milieu des immenses forêts du centre de la région, telles qu'Oust-Ilimsk, Oust-Kout ou encore Bratsk. Le bassin industriel d'Angarsk a, quant à lui, été pensé pour abriter des industries pétrochimiques, et notamment le raffinage du pétrole pompé au nord de la région transporté au travers d'un oléoduc, ainsi que le raffinage d'uranium. Dans la continuité de ce bassin, un peu plus au nord, le long des rives de l'Angara, se trouve la ville monofonctionnelle d'Oussolie-Sibirskoïe, qui abritait des usines chimiques (voir la troisième section de ce chapitre).

Mais l'industrie qui a représenté le secteur le plus stratégique pour la région, dont l'implantation a été rendue possible grâce au barrage hydroélectrique de Bratsk, est celle de l'aluminium, qui compte encore grandement dans l'économie de l'*oblast'*. Bezrukov voit la formation de plusieurs « complexes territoriaux de production »[403], hérités de la panification territoriale industrielle soviétique ou formés suite à la chute de l'URSS en Sibérie, dont trois dans l'*oblast'* d'Irkoutsk. Le premier suit l'axe « Irkoutsk – Tchéremkhovo », le deuxième est formé autour de Bratsk et Oust-Ilimsk et le troisième se retrouve plus au nord, et semble avoir émergé dans les années 2000 avec un tournant de l'industrie régionale vers l'extractivisme. Ces bassins industriels ont préfiguré l'émergence du minage de cryptomonnaies et d'Irkoutsk en tant que « bassin cryptominier ».

---

[402] BRUNET, Roger, 1981. Géographie du Goulag. *L'Espace géographique* [en ligne]. 1981. Vol. 10, n° 3, pp. 215-232. [Consulté le 26 juillet 2024]. DOI 10.3406/spgeo.1981.3657. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/spgeo_0046-2497_1981_num_10_3_3657
Voir les mémoires de Soljénitsyne, internés dans différents camps du Goulag à partir de 1945 : SOLJÉNITSYNE, Alexandre, 2023 [1974]. *L'Archipel du Goulag*. Points.

[403] BEZRUKOV, L. A., 2020. Transformation of the structures of the economy and population of Siberia at the post-Soviet stage. *Geography and Natural Resources* [en ligne]. novembre 2020. Vol. 41, n° 4, pp. 327-337. [Consulté le 29 juillet 2024]. DOI 10.1134/S1875372841040034. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1134/S1875372841040034

Les années 2010 ont marqué, pour les chercheuses Ippolitova et Grigoryeva, une transformation structurelle de l'industrie dans l'*oblast'* d'Irkoutsk. Ces mêmes transformations expliquant en partie l'émergence du minage numérique. Selon elles, entre 2010 et 2019, la part du secteur des matières premières dans l'économie régionale a été multipliée par quatre, contrairement aux diminutions des parts des secteurs de l'ingénierie mécanique (divisée par quatre), de la production chimique (divisée par deux), des énergies et de la métallurgie[404]. Cela s'explique par deux facteurs : un développement conséquent du secteur extractiviste, surtout gazier, dans les années 2010, et un déclin de certaines industries historiques, développées sous l'URSS, mais qui n'ont pas survécu au XXIe siècle.

Le développement des projets gaziers à Irkoutsk, de l'extraction de gaz à la construction de gazoducs pour le distribuer jusqu'en Chine, en passant par la volonté de gazéifier l'*oblast'* d'Irkoutsk et d'y développer des industries gazochimiques, a fait l'objet de recherches majeures de la part de la géographe française Sophie Hou qui y a consacré sa thèse de doctorat[405]. Elle y montre notamment la dualité de ces projets, entre volonté affichée du gouvernement et de la compagnie gazière Gazprom de faire bénéficier les populations locales d'infrastructures gazières fiables pour augmenter leur niveau de vie, et des intentionnalités qui semblent donner priorité à l'export de cette matière première sur le marché international tout en permettant à Gazprom de devancer sur certains points son concurrent Rosneft. Cela a entraîné un tournant stratégique de la région, sous l'impulsion d'acteurs « externes » à la région que sont le gouvernement fédéral et Gazprom, qui se traduit donc par une hausse de la part du secteur extractif dans l'économie régionale. Ainsi, les territoires d'extraction au nord de Bodaïbo et d'Oust-Kout comptaient en 2019 pour 89,1 % des produits expédiés dans le cadre de l'extraction de minéraux, contre 50,6 % en 2010[406]. Dans le même temps, certaines villes mono-industrielles ont vu leur secteur d'activité diminuer grandement, voire disparaître, notamment Touloun, Zima et Oussolie-Sibirskoïe[407]. Ce sont notamment ces centres industriels, pour lesquels des capacités de génération d'électricité avaient été conçues, qui ont commencé à accueillir des fermes de minage.

[404] IPPOLITOVA, N. A. et GRIGORYEVA, M. A., 2021. The Current Territorial Differentiation of the Industry of Irkutsk Oblast. *Geography and Natural Resources* [en ligne]. décembre 2021. Vol. 42, n° 4, pp. 370-376, p. 375. [Consulté le 25 juillet 2024]. DOI 10.1134/S1875372821040077. Disponible à l'adresse : https://link.springer.com/10.1134/S1875372821040077

[405] HOU, Sophie, 2015. *Transport et distribution du gaz naturel en Russie orientale: enjeux économiques, politiques et territoriaux*. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I.

[406] IPPOLITOVA, N. A. et GRIGORYEVA, M. A., 2021, *op. cit.*

[407] *Ibid.*

La fabrique d'un « bassin cryptominier II » : l'important héritage énergétique et industriel soviétique dans l'oblast' d'Irkoutsk

1. complexe territorial de production «Irkoutsk - Tchéremkhovo»

2. complexe territorial de production «Bratsk / Oust-Ilimsk»

3. zone d'extractivisme

Des fermes de minage commerciales qui bénéficient :

Ferme de minage commerciale dont la localisation a pu être trouvée

1. d'une importante infrastructure de génération et de distribution de l'électricité...

Lignes électriques très haute-tension

Pop. villes > 10 000 hab.
611 2015
82 455
11 310

4500 MW
1100 MW
86 mégawatts (MW)

2. ...développée pour alimenter une industrie soviétique énergivore...

Aluminium
Bois / Papier
Métallurgie
Pétrochimie
Principaux camps du Goulag

3. ...progressivement tournée vers l'extractivisme

Mines d'or
Puits pétrogaziers
Gazoducs
Mine de fer
Oléoducs
Gazoducs en projet
Mine de charbon
Puits gaziers
Projet d'industrie gazochimique

Kraï de Krasnoïarsk
République de lakoutie
République de Bouriatie
République de Touva
MONGOLIE
LaC Baïkal
Angara
ligne « Taïchet - Komsomolsk »
zone touristique

Oust-Ilimsk
Jeleznogorsk - Ilimski
Bratsk
Oust-Kout
Taïchet
Vikhorevka
Touloun
Saïansk
Zima
Tchéremkhovo
Oussolié-Sibirskoïe
Angarsk
Irkoutsk

1
2
3

Oussolié-Sibirskoïe
Angarsk
Irkoutsk
N
20 km

Carte 5
100 km

Hugo Estecahandy, IFG, 2024
Sources : OPen Infra Map, Irkutskenergo, gulag.online, mairie d'Oust-Ilimsk, Sophie Hou (2015, 2017)

La région bénéficie d'une importante infrastructure de génération et de distribution d'électricité, pensée et créée pour alimenter une industrie soviétique qui a été métamorphosée depuis la chute de l'URSS. Le déclin de certains secteurs industriels et le tournant vers l'extraction de gaz ont entraîné une baisse des besoins locaux en énergie électrique. Le commerce de ce surplus d'électricité représente un atout important pour la région, puisque 20% de la génération totale d'électricité est exportée à des régions voisines. Mais il a également été l'une des raisons de l'attractivité de la région pour le minage numérique. En plus de disposer de l'électricité la moins chère du pays, Irkoutsk a d'importants surplus qui peuvent être utilisés. Et ces surplus sont disponibles à moindre coût dans des régions industrialisées où un foncier et des infrastructures électriques adaptées au développement d'une industrie numérique sont disponibles.

Si le premier facteur de localisation du minage de cryptomonnaies à Irkoutsk est un héritage industriel soviétique, ce n'est pas la seule caractéristique qui explique son émergence et l'importance de son développement à Irkoutsk. Avant de devenir un secteur d'activité formalisé autour d'entreprises qui proposent des modèles économiques clairement établis, le minage est apparu à Irkoutsk de manière informelle et par des acteurs locaux, du fait de certaines caractéristiques sociopolitiques de la région. Ces caractéristiques peuvent expliquer l'émergence plus importante du minage numérique à Irkoutsk que dans d'autres territoires qui présentent des facteurs de localisation similaires.

4.1.2. Une région marginalisée en Sibérie et en Russie

Bien qu'Irkoutsk dispose de l'électricité la moins chère de Russie, la plupart des caractéristiques et ressources qui ont permis le développement du minage à Irkoutsk sont également présentes dans d'autres régions de Sibérie. Les oblasts de Novossibirsk, en Sibérie occidentale, et d'Irkoutsk possèdent, en plus de ressources adéquates, certaines prédispositions aux activités numériques. Elles ont, par exemple, chacune accueilli dans leur capitale régionale des structures de recherche en cybernétique à partir des années 1960. Cet héritage universitaire a été maintenu au fil des décennies, chacune des capitales régionales proposant des cursus d'études supérieures formant aux métiers de l'ingénierie informatique[408].

[408] MARTIN, C. Dianne, 1988. Awareness of the social impact of computers in the USSR. *ACM SIGCAS Computers and Society* [en ligne]. octobre 1988. Vol. 18, n° 4, pp. 11-13. [Consulté le 30 juillet 2024]. DOI 10.1145/57124.57126. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/57124.57126
LIMONIER, Kevin, 2018. *L'archipel des savants : Histoire des anciennes villes d'élite du complexe scientifique soviétique*. Paris : Editions B2. ISBN 978-2-36509-078-0.

Pourtant, la géographie du développement des infrastructures et projets numériques révèle une dualité de l'espace sibérien. La plupart des projets, financements et recherches dans le secteur du numérique sont installés, en Sibérie, vers l'*oblast'* de Novossibirsk. A contrario, c'est principalement à Irkoutsk que sont concentrées les industries de cryptomonnaies, qui ont évolué en dehors de tout cadre légal jusqu'en 2024.

A. Irkoutsk, marginalisée dans les politiques fédérales de développement du numérique

C'est la capitale éponyme de la région de Novossibirsk, troisième ville la plus peuplée de Russie (1 625 631 habitants en 2020), que le pouvoir central russe a choisi en 2006 pour un important pôle de recherche et développement dans le secteur des nouvelles technologies (voir Carte 6)[409]. Ainsi naissait Akadempark, un imposant technoparc réunissant près de 130 millions d'euros d'investissements publics-privés (2018) et plus de 300 entreprises et centres de recherche dédiés à l'innovation (cryptographie, Internet des objets, nanotechnologie, biotechnologie)[410]. Le technoparc est sorti de terre au milieu d'Akademgorodok (littéralement « cité des sciences »), un quartier de Novossibirsk dédié à la recherche fondé par la branche sibérienne de la puissante Académie des Sciences dans les années 1950[411]. Akademgorodok illustre alors l'émergence d'un système d'innovation russe, grandement développé par l'ancien président russe Dmitri Medvedev (2008-2012), érigé sur les bases d'anciennes villes scientifiques soviétiques et désormais pensé pour répondre aux impératifs d'une économie de marché (Longhi & Rochhia, 2016)[412].

De plus, le développement d'Akadempark a entraîné dans son sillage l'apparition d'autres *clusters* d'innovations, qui valent aujourd'hui au faubourg de la capitale régionale le sobriquet de Silicon Taïga, en référence à la Silicon Valley californienne. Novossibirsk est ainsi devenu le point de chute, en Sibérie, de grands projets d'innovation du gouvernement central russe. Lors du départ forcé de Russie en mars 2022 pendant ce terrain de recherche, alors que

[409] *Rosstat*, « *Otsenka chislennosti postoïannogo nacelenia na 1 ianvaria 2020 »* [« Population résidente estimée au 1er janvier 2020], 2020.
[410] KRASNOVA Y., ZEMLYANSKAYA., GORDEEVA. et AFANASYEVA Y. (2018), «Novosibirsk region. A look at the region's business and innovation potential», Deloitte CIS Research Centre, Novossibirsk.
Site Internet d'Akadempark : https://academpark.com/about/
[411] LIMONIER, Kevin, 2018. *L'archipel des savants : Histoire des anciennes villes d'élite du complexe scientifique soviétique*. Paris : Editions B2. ISBN 978-2-36509-078-0.
[412] BERTRAN, Marie-Gabrielle, 2020. La place des logiciels libres et *open source* dans les nouvelles politiques du numérique en Russie. *Hérodote* [en ligne]. 2020. Vol. N°177-178, n° 2, pp. 235. [Consulté le 6 avril 2021]. DOI 10.3917/her.177.0235. Disponible à l'adresse : http://www.cairn.info/revue-herodote-2020-2-page-235.htm?ref=doi

tous les vols internationaux au départ d'Irkoutsk avaient été annulés, il fut possible de quitter le territoire depuis Novossibirsk. Ainsi, début mars 2022, après avoir passé la nuit sur un couchage de fortune au premier étage d'un restaurant tenu par un chef français, il fut possible de découvrir Novossibirsk pendant quelques heures, à défaut d'y faire un terrain de plusieurs jours comme prévu initialement.



Photographie 5 Policiers russes dans les rues de Novossibirsk. 5 mars 2022. Hugo Estecahandy.

Outre le centre-ville de Novossibirsk, saturé de policiers en tenues antiémeute dont les couleurs sombres contrastaient grandement avec le sol immaculé de cet immense espace urbain, le temps fut pris pour se rendre à Akademgorodok. L'endroit était très peu fréquenté lors de cette visite qui, faute d'autre possibilité, était tombée un samedi, qui plus est en période de vacances. Mais il était tout à fait possible de de rendre compte de l'importance du lieu, en naviguant au travers de cet immense campus, surplombé par l'emblématique immeuble-arche orange (voir Photographie 6), et ses différents pôles d'innovation.



Photographie 24 Vue d'Akademgorodok. 5 mars 2022. Hugo Estecahandy.

Cette importance donnée à Novossibirsk est due à plusieurs facteurs, à la fois historiques et politiques. Tout d'abord, le pôle universitaire développé sous l'URSS via la branche sibérienne de l'Académie des sciences était de loin le plus important de la région, bien qu'elle ait eu des antennes dans d'autres villes de l'actuel District Fédéral sibérien à Omsk, Tomsk, Krasnoïarsk, Kemerovo et Irkoutsk. Ce terreau fertile pour des projets de recherches et de développement, qui plus est dans la troisième ville de Russie, a sûrement été le facteur le plus déterminant dans ce choix de localisation.

Si la préexistence d'un important pôle universitaire et de recherche explique pourquoi Novossibirsk est aujourd'hui privilégié par Irkoutsk pour le développement de la recherche dans le numérique, la plus grande proximité, à la fois politique et géographique, de la première région avec le pouvoir central peut être un autre facteur avantageux pour Novossibirsk. Depuis l'élection présidentielle de 2012, absolument toutes les élections régionales ont amené, dans l'*oblast'* de Novossibirsk, la victoire au premier tour du parti présidentiel Iedinaïa Rossiïa (ER) et l'actuel gouverneur de l'*oblast'* a été directement nommé par Vladimir Poutine en 2017.

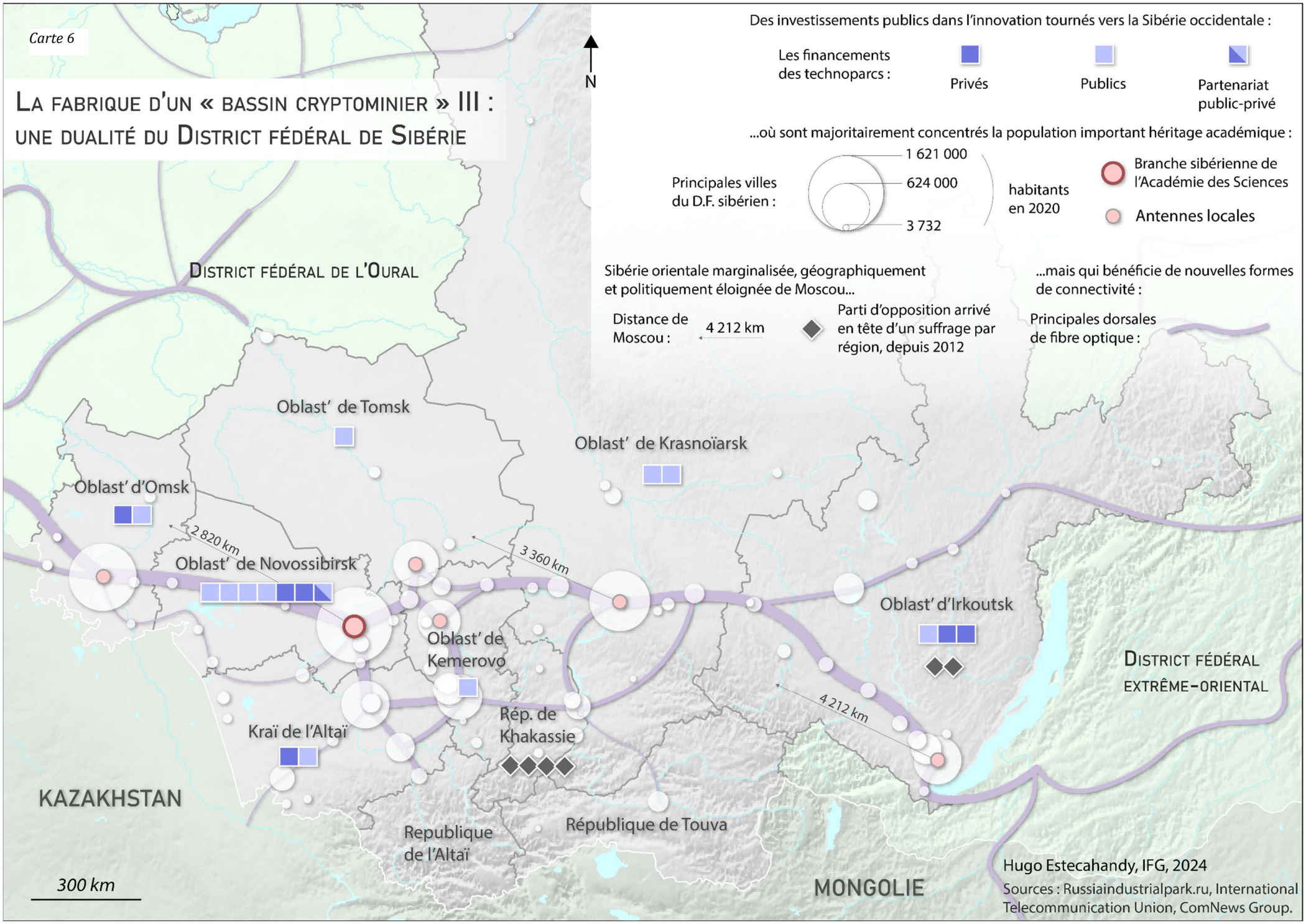
De l'autre côté de la Sibérie, à l'échelle de l'*oblast'* d'Irkoutsk, le Parti communiste de la Fédération de Russie (ou « *KPRF* » pour « *Kommounistitcheskaïa partia Rossiskoï Federatsii* ») est arrivé en tête de deux suffrages depuis 2012 : les élections gouvernorales de 2015 et les législatives régionales de 2018. Ainsi, à partir de 2015, l'*oblast'* d'Irkoutsk était

gouverné par le communiste Sergueï Levtchenko. Seule une autre région du District fédéral sibérien, la République de Khakassie, a vu un parti d'opposition, en l'occurrence également le *KPRF*, arriver en tête des suffrages sur cette même période, et ce par quatre fois (élections gouvernorales de 2018 et 2023 et législatives régionales de 2018 et 2023). Au printemps 2019, Sergueï Levtchenko a été contraint à la démission, officiellement pour sa mauvaise gestion des feux de forêt.

La région d'Irkoutsk est alors pourvue d'une offre limitée d'environnements propices à l'innovation, entraînée par le délaissement de la région par les politiques publiques dans ce domaine, exception faite du technoparc IrNITU (Université technique d'Irkoutsk), construit en 2010 au sein du campus de l'université éponyme, dont 15 % des coûts de construction ont été pris en charge par l'État russe (25 millions de roubles)[413]. Elle représente la seule institution universitaire réellement en lien avec le secteur de l'innovation[414]. La faiblesse des structures d'innovation à Irkoutsk, en comparaison avec d'autres régions sibériennes, est également due au fait que les grands acteurs industriels présents dans la région, le géant de l'aluminium Rusal et l'avionneur Irkut par exemple, appartiennent à des entreprises extérieures à la région. Les décisions liées à l'innovation de ces deux entreprises sont prises en dehors d'Irkoutsk, et peu d'interactions existent avec les acteurs locaux[415].

Cette double distance d'Irkoutsk des centres économiques et politiques du pays, qui entraîne un faible développement institutionnel des secteurs de l'innovation et se matérialise lors des élections locales, est particulièrement visible sur la Carte 6. Comme certaines rencontres avec les premiers mineurs de cryptomonnaies d'Irkoutsk le laissaient entendre, cette marginalisation d'Irkoutsk, la pauvreté du développement du champ de l'innovation par les autorités, mais la présence locale de personnes formées aux secteurs du numérique a contribué à l'émergence du minage numérique dans l'*oblast'* (voir Carte 6).

[413] Environ 580 000 euros au 1er janvier 2010.
Site internet de l'IrNITU : istu.edu/deyatelnost/innovatsii/tekhnopark
[414] RUDNEVA, Vera, 2019. Innovation Potential for the Reindustrialisation of Eastern Siberia (Example of Krasnoyarsk and Irkutsk). *Studies of the Industrial Geography Commission of the Polish Geographical Society* [en ligne]. 31 décembre 2019. Vol. 33, n° 4, pp. 165-175-165-175. [Consulté le 24 novembre 2020]. DOI 10.24917/20801653.334.10. Disponible à l'adresse : https://prace-kgp.up.krakow.pl/article/view/5741
[415] *Ibid.*


Carte 6
La fabrique d'un « bassin cryptominier » III : une dualité du District fédéral de Sibérie
N
Des investissements publics dans l'innovation tournés vers la Sibérie occidentale :
Les financements des technoparcs :
Privés
Publics
Partenariat public-privé
...où sont majoritairement concentrés la population important héritage académique :
Principales villes du D.F. sibérien :
1 621 000
624 000
3 732
habitants en 2020
Branche sibérienne de l'Académie des Sciences
Antennes locales
Sibérie orientale marginalisée, géographiquement et politiquement éloignée de Moscou...
Distance de Moscou :
4 212 km
Parti d'opposition arrivé en tête d'un suffrage par région, depuis 2012
...mais qui bénéficie de nouvelles formes de connectivité :
Principales dorsales de fibre optique :
District fédéral de l'Oural
Oblast' de Tomsk
Oblast' de Krasnoïarsk
Oblast' d'Omsk
2 820 km
Oblast' de Novossibirsk
3 360 km
Oblast' de Kemerovo
Oblast' d'Irkoutsk
District fédéral extrême-oriental
4 212 km
Rép. de Khakassie
Kraï de l'Altaï
KAZAKHSTAN
Republique de l'Altaï
République de Touva
MONGOLIE
300 km
Hugo Estecahandy, IFG, 2024
Sources : Russiaindustrialpark.ru, International Telecommunication Union, ComNews Group.

B. La marginalisation d'Irkoutsk des centres économiques et politiques

L'exclusion d'Irkoutsk des grandes politiques gouvernementales pour le développement de la recherche et de l'innovation a facilité l'émergence de projets numériques alternatifs, tels que le minage de cryptomonnaies. La mise à l'écart de la région de projets étatiques peut s'expliquer par la relation singulière qu'entretiennent, depuis plusieurs décennies, ses autorités et sa population avec le pouvoir central russe, *« réputées pour affirmer leur différence avec le reste du pays* »[416]. L'*oblast'* d'Irkoutsk, de par son éloignement géographique des centres russes de pouvoir successifs, et par la diversité d'origines de ses habitants, a connu une construction d'identité politique collective particulière. La région a été un foyer de contestation politique et administrée par des entités politiques discordantes avec le pouvoir central. Cette distance politique avec le Kremlin s'est traduite, en septembre 2015, par la victoire d'un candidat du Parti communiste russe au poste de gouverneur régional, contrastant avec l'écrasante victoire du parti du pouvoir, Russie unie, dans le reste du pays[417]. Aux élections régionales de 2018, le Parti communiste russe a remporté le suffrage contre le parti politique de Poutine, Russie unie, majoritaire dans le pays, avec 34 % des voix contre 27,8 %[418]. Si ce résultat ne fait pas exception dans le pays, le Parti communiste russe ayant battu Russie unie dans l'*oblast'* d'Oulianovsk et la République de Khakassie, il fait suite à une opposition politique régionale vis-à-vis du gouvernement russe, qui trouve racine aux origines mêmes d'Irkoutsk et de ses environs.

Cette opposition politique d'Irkoutsk, qui a également joué un rôle moteur dans le développement du minage, s'est construite sur un temps long et trouve d'abord ses racines dans l'éloignement géographique de la région avec les capitales russes successives (Moscou et Saint-Pétersbourg) et la rudesse des conditions de vie locales. La nature de la colonisation prérévolutionnaire y a favorisé une « psychologie des marges » parmi les colons, avec de farouches attitudes d'indépendance et d'autogestion entre communautés rurales[419].

---

[416] MOSES, Joel, 2017. Political Rivalry and Conflict in Putin's Russia. *Europe-Asia Studies* [en ligne]. 3 juillet 2017. Vol. 69, n° 6, pp. 961-988. [Consulté le 30 juillet 2024]. DOI 10.1080/09668136.2017.1364700. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09668136.2017.1364700

[417] TUROVSKY, Rostislav, [sans date]. Systemic Opposition at Russia's Gubernatoral Elections. .

[418] PERTSEV, Andreï, [sans date]. «Единая Россия» провалила выборы? Теперь в некоторых регионах она потеряет власть? *Meduza* [en ligne]. [Consulté le 31 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://meduza.io/feature/2018/09/12/edinaya-rossiya-provalila-vybory-teper-v-nekotoryh-regionah-ona-poteryaet-vlast

[419] HUGHES, J. R., 1989. The Irkutsk affair: Stalin, Siberian politics and the end. *Soviet Studies* [en ligne]. avril 1989. Vol. 41, n° 2, pp. 228-253. [Consulté le 25 juillet 2024]. DOI 10.1080/09668138908411808. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09668138908411808

La région d'Irkoutsk fut peuplée par vagues successives de colons venus de l'ouest de la Russie et d'Europe, s'ajoutant aux peuples autochtones comme les Bouriates mongols. Dès 1736, la « province d'Irkoutsk » obtint une « indépendance administrative » en raison de son éloignement et de son importance stratégique, signe d'une reconnaissance implicite de sa singularité territoriale[420]. Cette autonomie relative fut toutefois limitée en 1803 par l'instauration d'un Gouvernorat général de Sibérie, destiné à contenir les initiatives politiques locales jugées excessives par le tsar. La composition migratoire, majoritairement volontaire (85 %), mais aussi marquée par l'arrivée d'exilés et de repris de justice, près de 400 000 pour la Sibérie entière aux XVIIIe et XIXe siècles, contribua à forger une culture politique de méfiance à l'égard du pouvoir central. Une bourgeoisie marchande et une présence cosaque durable renforcèrent l'ancrage local d'élites économiques et militaires, consolidant une identité régionale autonome. L'arrivée forcée des Décembristes après 1825 introduisit dans le tissu urbain d'Irkoutsk un courant intellectuel structuré autour d'idéaux anti-autoritaires[421]. Leur insertion dans l'administration et l'enseignement dès les années 1850 permit de diffuser sur plusieurs générations un discours valorisant l'autonomie et la résistance à l'arbitraire impérial.

L'année 1905 a été marquée par d'importants mouvements de grève de la population ouvrière, tandis que la minorité bouriate formait des assemblées en faveur d'un territoire autogéré[422]. L'émergence, dès l'année suivante, d'un nationalisme associant populisme et lamaïsme témoigne de la capacité locale à articuler des revendications culturelles et politiques distinctes de celles de Moscou. Ainsi, lorsque les bolcheviques prirent le contrôle en novembre 1917, ils se heurtèrent à un territoire déjà marqué par des traditions de contestation, Irkoutsk devenant le lieu des Congrès de Toutes-les-Sibérie des Soviets.

La réponse du pouvoir central fut une répression systématique. Les purges des années 1920-1930, intensifiées dans les années 1950, visèrent à briser les structures sociales locales. Lors de la crise céréalière de 1927, Staline imposa la collectivisation et l'augmentation forcée des rendements ; les koulaks réfractaires furent déportés, signe d'une volonté de neutraliser toute

[420] NAUMOV, Igor V., 2006. *The history of Siberia*. London : Routledge/Taylor & Francis Group. Routledge studies in the history of Russia and Eastern Europe, 6. ISBN 978-0-415-36819-3. DK761 .N34 2006
[421] Les Décembristes, ou Républicanistes, ont été exilés de force dans le territoire à la suite de l'échec de leur révolution de décembre 1825. Voir : GRANDHAYE, Julie, 2008. *La république des décembristes. Pour une histoire de la modernite politique en Russie (1760-1870).* Paris : Université Panthéon-Sorbonne - Paris I.
[422] KAPPELER, Andreas, 2001. *The Russian Empire: A Multiethnic History*. Longman. ISBN 978-0-582-23415-4.

autonomie économique perçue comme menace politique[423]. L'identité régionale d'Irkoutsk se consolida paradoxalement à travers la présence massive de camps du Goulag entre les années 1930 et 1960[424]. En accueillant des forçats venus de toute l'URSS et de pays étrangers (Allemagne, pays baltes, Japon), la région développa une mémoire partagée de l'exil et de la résistance à l'autorité centrale. Les grands chantiers industriels de Bratsk, Angarsk et Oust-Ilimsk, construits en partie par 600 000 Japonais et 250 000 Allemands après-guerre, illustrent la manière dont l'État tenta d'intégrer la région à son économie planifiée, tout en alimentant une conscience collective de différence et de distance politique vis-à-vis de Moscou[425].

Ainsi, le passé impérial, mais surtout soviétique de la région d'Irkoutsk laisse un héritage à la fois technique et politique très marqué qui compose un terreau, comme nous le montrons ensuite, très fertile pour l'émergence du minage numérique.

4.2. Une activité numérique alternative développée « par le bas », d'une communauté locale d'entrepreneurs à une démocratisation du minage de cryptomonnaies informel

4.2.1. Bienvenue dans la « Crypto stolitsa »

Si l'*oblast'* d'Irkoutsk est devenu le foyer des plus importantes entreprises de minage de cryptomonnaies, dont BitRiver, l'industrie a d'abord émergé « par le bas », par quelques entrepreneurs locaux qui ont perçu une opportunité de développer une nouvelle activité économique, dans une région généralement marginalisée dans l'économie nationale. Le 1er mars 2019, l'édition russe de *Forbes* publiait un photoreportage intitulé « Cryptodépression. Comment se porte le minage en Sibérie après la chute catastrophique du cours du bitcoin ? », signé et illustré par le photographe irkoutskois Anton Klimov[426]. L'auteur y partage le ressenti

[423] HUGHES, *op. cit*.
[424] AFANASOV, Oleg V., 2002. Documents on the history of the Lake Camp in the Irkutsk *oblast'* (1948–63). *The Journal of Slavic Military Studies* [en ligne]. mars 2002. Vol. 15, n° 1, pp. 145-164.
[425] NAUMOV, Igor V., 2006. *Op. cit.*
[426] KLIMOV, Anton, 2019. Криптодепрессия. Как майнят в Сибири после катастрофического падения курса биткоина [Cryptodépression. Comment se porte le minage en Sibérie après la chute catastrophique du cours du bitcoin ?]. *Forbes.ru* [en ligne]. 1 mars 2019. [Consulté le 19 juillet 2024]. Disponible à l'adresse :

de plusieurs mineurs de cryptomonnaies d'Irkoutsk face à la chute brutale de la valeur du bitcoin, et immortalise avec son appareil plusieurs aspects de cette activité numérique à l'époque encore peu documentée. C'est après avoir contacté Klimov, depuis Moscou à l'époque, et sa mise en contact avec les mineurs de cryptomonnaies qui ont participé à son reportage, que le terrain sibérien de Master 2 avait été initié. Ce fut le début de ce travail sur la géopolitique du minage de cryptomonnaies, le premier terrain sur le sujet et les premières rencontres avec des acteurs russes de l'industrie.

Il fut ainsi possible d'en apprendre davantage sur l'émergence de l'activité au sein de cette région de Sibérie, et surtout de découvrir une communauté locale d'entrepreneurs qui souhaitait promouvoir le développement de l'activité, attirer des capitaux étrangers et dynamiser l'économie locale par le minage numérique. Ce fut également l'occasion d'étudier comment ces individus, aux profils et idées variés, participaient au développement du minage de cryptomonnaies à Irkoutsk, mais également à la diffusion de sa représentation comme une opportunité pour la région. Cela fait écho à ce qu'Atkins et al. appellent le « crypto-régionalisme », c'est-à-dire les discours et imaginaires « produits pour justifier l'investissement et la mobilisation de ressources pour le [minage de cryptomonnaies] »[427]. Mais contrairement au Québec, étude de cas à partir de laquelle ce terme a été pensé, à Irkoutsk ce « cryptorégionalisme » semble contenu aux discours de quelques entrepreneurs, et n'est pas coproduit par les autorités locales qui ne cherchent en aucun cas à faire d'Irkoutsk un hub de minage numérique attractif.

A. Une industrie d'abord développée par des entrepreneurs locaux

Le principal représentant de cette communauté locale des mineurs de cryptomonnaies à Irkoutsk est Iouri Dromashko, un entrepreneur d'Irkoutsk très souvent interviewé dans les médias nationaux et internationaux, sorte de porte-parole autoproclamé du minage numérique dans la région. Iouri faisait partie des personnalités interrogées dans le reportage photographique de Klimov et est le premier mineur de cryptomonnaies d'Irkoutsk rencontré. Il était un des premiers entrepreneurs de la région à avoir fondé une ferme de minage et à avoir communiqué

https://www.forbes.ru/tehnologii-photogallery/372753-kriptodepressiya-kak-maynyat-v-sibiri-posle-katastroficheskogo?image=278907

[427] ATKINS, Ed, FOLLIS, Luca, NEIMARK, Benjamin David et THOMAS, Vanessa, 2021. *op. cit.*

dessus et était l'un des acteurs phares de cette communauté locale, avec une importante connaissance de l'écosystème d'acteurs étudié.

Iouri donne un premier rendez-vous le 23 mars 2019, au bar « Inkonito », dans le centre-ville d'Irkoutsk. À l'arrivée dans l'établissement, se distingue un autocollant avec le logo « Bitcoin » sur la porte d'entrée qui indique qu'il est possible de payer avec la cryptomonnaie. Ioura semblait habitué à l'exercice de l'*interview*. Il indique que s'il n'est pas le « mineur le plus important [de l'*oblast'*] d'Irkoutsk », il se définit comme le plus « médiatique et communicatif ». Il a su se créer un personnage d'entrepreneur à succès qu'il semble camper avec plaisir. Iouri explique qu'il a construit sa première ferme de minage en 2016 quand le cours du bitcoin augmentait, et que c'était pour lui une tentative supplémentaire de développer une affaire rentable après plusieurs projets infructueux.

> « Avant j'ai eu une expérience dans la comptabilité et dans le foncier, pour petites et moyennes entreprises à Irkoutsk. Puis, j'ai eu un bar karaoké , qui n'a pas survécu à la crise de 2014. Et comme le contexte était dépressif pour les affaires, ça l'était aussi pour les propriétés louées aux entreprises, c'était devenu difficile à vendre et à louer. J'étais en très mauvaise situation. J'ai essayé de trouver des idées pour avoir de l'argent. Et en 2016, j'ai décidé de me lancer dans le minage, après avoir été conseillé par 'ce mec à Oussolié' ». Entretien avec Iouri Dromachko, mars 2019, Irkoutsk.

S'il communique aisément sur son activité de mineur de cryptomonnaies et sur ce qu'il connaît des différents acteurs et projets de la région, il ne dit pas grand-chose des fermes qu'il possède. Il précise qu'en 2018, il a été victime d'un vol de processeurs, et que dorénavant, il reste prudent sur les informations qu'il partage et qu'il a fait installer un important système de sécurité sur les sites. Il insiste pourtant sur la facilité de se lancer dans l'activité.

> « J'en ai acheté 50 [des processeurs] au début, puis un peu plus et j'ai construit une ferme de 2 MW. La situation allait en s'améliorant. C'était vraiment simple de créer une ferme. J'ai tout fait par moi-même et des ingénieurs m'ont appuyé. Ça n'a rien de compliqué, la seule chose contraignante est de refroidir l'installation. Et de fournir de l'électricité. Le câblage et tout ça, ce n'est pas compliqué à planifier et construire ». Entretien avec Iouri Dromachko, mars 2019, Irkoutsk.

Si, pour lui, le développement du minage de cryptomonnaies dans la région est bien entendu lié au faible prix de l'électricité, il ajoute que c'est aussi lié à la présence d'une « population très éduquée », Irkoutsk ayant été une « ville étudiante très importante avant la *pérestroïka* ». Pour Iouri, le minage a été l'opportunité qu'il recherchait, une possibilité de développer une affaire rentable dans laquelle il avait investi son argent, afin de générer du profit. S'il partage un

discours d'indépendance personnelle, vis-à-vis de l'État et des banques, grâce à Bitcoin, c'est bien la valeur marchande des cryptomonnaies qu'il génère qui l'intéresse d'abord.

> « Je les transforme [les cryptomonnaies minées] généralement en roubles. J'ai l'opportunité de les changer en dollars. Mais mon activité est en Russie, alors je paye mes factures en roubles, je préfère les changer en roubles pour mes dépenses, sinon je les garde en BTC. C'est mieux que de les changer en dollars. Garder de l'argent en fiat n'est pas une bonne idée, car le dollar perd de la valeur avec le temps, et le rouble, la situation est pire. Je préfère [mon argent] en bitcoins. Je transforme l'argent en rouble seulement quand j'en ai besoin ! » Entretien avec Iouri Dromachko, mars 2019, Irkoutsk.

Ainsi, son rapport au minage est celui d'une industrie profitable, bien qu'instable et à la rentabilité aussi fluctuante que le cours du bitcoin. Il intègre complètement cette dimension dans son discours d'entrepreneuriat risqué. Il a notamment produit la réalisation d'un clip musical, dont la composition romance son expérience de mineur numérique, de la hausse de la valeur du bitcoin fin 2017 qui l'a rendu millionnaire, à sa brusque chute qui a mis son activité en péril[428]. Pour lui, l'absence de loi pour encadrer le minage à l'époque, et la « zone grise juridique » que le gouverneur régional d'Irkoutsk dénonçait encore en 2021 étaient une bonne opportunité[429] .

> « Le minage n'a jamais été interdit, mais il y a des débats. La situation n'a jamais été claire, maintenant il y a juste un vide dans la loi, il n'y a pas de loi, même pour l'utilisation des cryptomonnaies [l'usage des cryptomonnaies sera juridiquement encadré à partir de 2021]. Le gouvernement russe ne fait rien, je pense, parce que certaines personnes au gouvernement ne savent pas ce que c'est, et que d'autres membres, au contraire, possèdent des cryptomonnaies et font du minage aussi. Donc cela arrange tout le monde. Pas de loi, pas de règle […] La situation était la même il y a un an, et l'année d'avant également. Poutine a dit que dans deux mois ils vont faire une loi. Il y a deux ans il y avait la même situation. Je ne pense pas que la situation va bientôt évoluer. Mais c'est bien ! » Entretien avec Iouri Dromachko, mars 2019, Irkoutsk.

Pour Ilia Frolov, qui a également des petites fermes de minage aux environs d'Irkoutsk et qui a cofondé une entreprise pour développer du minage de cryptomonnaies qui permet également de chauffer des intérieurs, cette émergence du minage est d'abord due à des initiatives locales. Et elle répond à un certain enclavement économique de la région.

> « Ici, nous sommes au milieu de la Russie, loin de tout, à 5 500 kilomètres de Saint-Pétersbourg, et 5500 kilomètres de Vladivostok, notre port principal. Logistiquement, nous ne sommes pas intéressants, nous ne sommes pas compétitifs. Mais pour le numérique, pourquoi pas ? Nous

[428] *Артём Галанов - Крипта (А я вложился и не ссу!)*, 2019. [en ligne]. [Consulté le 22 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=2bvaEm_hkHM

[429] KORNEEV, Alexei, 2021. Иркутский губернатор предложил признать майнинг видом предпринимательства :: РБК.Крипто. *РБК Крипто* [en ligne]. 13 octobre 2021. [Consulté le 7 août 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.rbc.ru/crypto/news/6166e9829a7947a1d80f93d1

> sommes beaucoup moins dépendants des distances physiques. Donc, oui, le minage à Irkoutsk ce sont d'abord des initiatives locales. Et puis, avoir un business en Russie c'est aussi être confronté à des risques politiques. Quand tu as besoin d'importer et d'installer du *hardware* et que politiquement c'est aussi peu stable, tu ne viens pas en Russie, tu vas dans des endroits plus stables ». Entretien avec Ilia Frolov, mars 2019, Irkoutsk.

Si l'initiative d'Ilia est davantage liée à une volonté de proposer des innovations techniques que d'atteindre au plus vite des objectifs financiers, puisqu'il a découvert le minage de cryptomonnaies en cherchant une activité numérique qui pouvait permettre la récupération de chaleur produite par des processeurs et serveurs informatiques, son discours est également très politisé.

> « Je pense que les gens les plus hauts placés au gouvernement russe, comme le dirigeant de la Sberbank, sont les plus gros mineurs du pays. Parce qu'ils ont très bien compris ce qu'était le bitcoin, son potentiel immense, un système efficient depuis 10 ans. Mais ils ne veulent pas que cela se développe pour le peuple, la monnaie fiduciaire permet de garder le peuple dans une sorte d'esclavage. Tu n'as pas besoin d'être enchaîné pour être esclave, tu peux être esclave de ta banque ! Ici, pour un crédit [bancaire] régulier [les taux d'intérêt sont au] minimum 21.9 et au maximum de 25%. La semaine dernière, j'ai contracté un crédit dans une plus petite banque à 12,9 % et j'ai reçu un SMS qui m'a expliqué qu'il y avait eu une erreur et que le taux était passé à 21,9 %. ». Entretien avec Ilia Frolov, mars 2019, Irkoutsk.

Cette approche purement capitaliste et entrepreneuriale du minage de cryptomonnaies n'est pas du fait de tous les mineurs numériques qui ont été rencontrés dans la région. Konstantin Lagoutin, par exemple, gérait plus de 8 000 processeurs de minage lorsque rencontré en avril 2019 et se définissait avant tout comme cryptoanarchiste, cherchant davantage à soutenir le projet Bitcoin qu'à réaliser des plus-values en investissant dans le minage numérique. Devant l'évolution de l'activité, il se dit même prêt à cesser le minage.

> « Oui, le minage à la base est pour l'argent. Et malheureusement [les cryptomonnaies sont minées] pour être changées en fiat [en monnaie classique]. Dans la région, vous avez des personnes du gouvernement qui minent. Ils veulent juste faire du profit, ils ne comprennent rien au minage. Je suis devenu contre le minage, car c'est contre l'écologie, c'est mauvais pour l'environnement. J'ai des fermes, mais je suis en train de les fermer. Ici, nous avons des centrales électriques qui sont des centrales à charbon. Et cela pollue beaucoup, ça produit du carbone. La première raison [à ma volonté d'arrêter le minage] c'est l'écologie et la deuxième, c'est que j'ai analysé le fonctionnement de la technologie blockchain et différents fonctionnements de cryptomonnaies, et je préfère la Proof of Stake que la Proof of Work. »[430]. Entretien avec Konstantin Lagoutin, avril 2019, Irkoutsk.

[430] Rappel : La Proof of Work valide les transactions en exigeant que des mineurs dépensent de la puissance de calcul et de l'énergie pour résoudre des problèmes cryptographiques, tandis que le Proof of Stake sélectionne les validateurs en fonction de la quantité de cryptomonnaie qu'ils immobilisent en garantie, réduisant ainsi la consommation énergétique.

Ainsi, s'il partage les idées sous-jacentes au projet Bitcoin, Konstantin semble davantage investi par un but idéologique et souhaitait renoncer au maintien du réseau, puisque l'activité impliquait des répercussions sur l'environnement qui allaient à l'encontre de sa philosophie. Cet informaticien de formation a découvert Bitcoin en s'intéressant justement à la pensée chryptoanarchiste, un terme qu'il définit d'abord comme un courant de pensée.

> « Être cryptoanarchiste, c'est être complètement indépendant du gouvernement, mais pas forcément être contre celui-ci. Nous sommes pacifiques, nous souhaitons développer d'autres manières de penser ou d'agir. Nous ne voulons pas avoir de contact avec le gouvernement, mais nous ne souhaitons pas non plus de conflit ». Entretien avec Konstantin Lagoutin, avril 2019, Irkoutsk.

Il explique s'être intéressé à ce mouvement en 2014.

> « En 2014, le gouvernement m'a trompé ! Il m'a pris tout ce que j'avais, c'est habituel en Russie. Moins nous utilisons de monnaies fiat [c'est-à-dire de monnaie classique étatique], mieux on se sent en tant que cryptoanarchiste. Entretien avec Konstantin Lagoutin, avril 2019, Irkoutsk.

Les profils de Iouri, Ilia et Konstantin sont différents. Si Iouri s'est lancé dans le minage numérique pour développer une affaire prospère, Ilia l'a fait parce qu'il souhaitait créer une solution technique de chauffage à partir du fonctionnement de matériel informatique, et Konstantin s'est investi dans un projet qui correspond à ses idées politiques. Tous les trois affichent tout de même une certaine distance avec les autorités. Mais ils souhaitent développer le minage à l'échelle locale, et sont engagés dans une communauté d'entrepreneurs et de développeurs dont ils sont aussi le reflet.

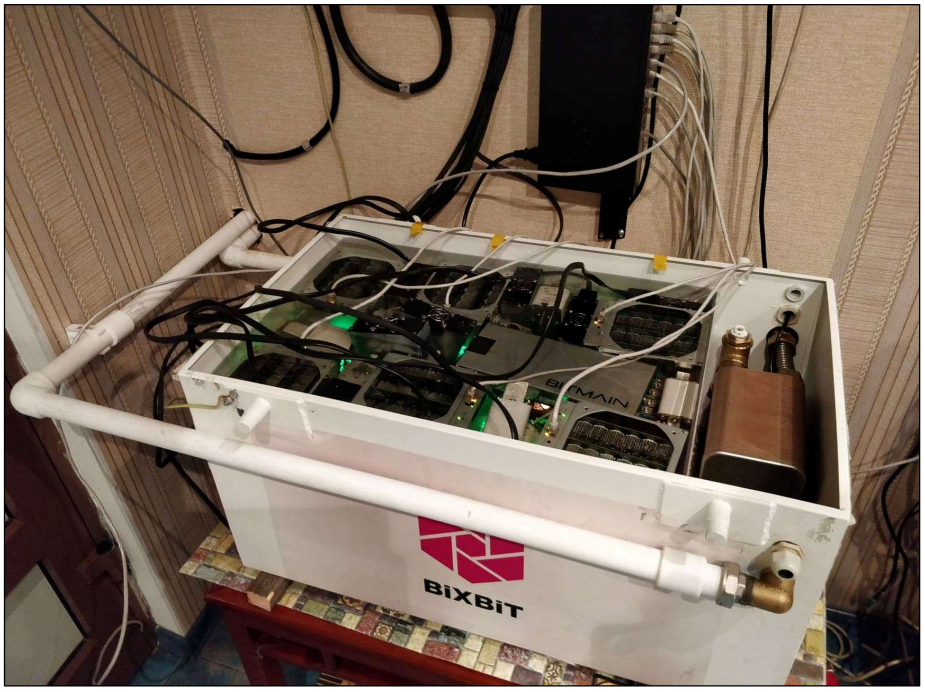
B. Un champ local de l'innovation portée par le minage numérique

Le développement du minage à Irkoutsk est donc en partie le reflet d'une communauté locale de programmeurs et entrepreneurs enclins aux projets numériques alternatifs et libertaires, et est devenu le moteur d'un secteur local de l'innovation. Plusieurs acteurs locaux du minage et du secteur des cryptomonnaies organisent, dans la ville d'Irkoutsk, des rencontres ouvertes au public pour présenter et discuter de leur travail et de leur recherche. Cette appropriation du champ de l'innovation par certains Irkoutskois et cette effervescence de débats autour de solutions numériques décentralisées, développées non pas par les autorités ou de grandes entreprises, mais par des citoyens, font écho à une volonté locale d'autonomie propre à la région que nous avons explorée dans la section précédente. Elle vient compléter une offre limitée

d'environnement propice à l'innovation entraînée par le délaissement de la région par les politiques publiques dans ce domaine.

Il y a une volonté de montrer l'existence d'une communauté dynamique pour attirer des capitaux étrangers, qui met en avant la spécificité du champ de l'innovation à Irkoutsk. L'énergivoracité du minage, et plus particulièrement les effets néfastes sur l'environnement qu'entraîne la production de son électricité, est souvent discutée par la communauté de mineurs d'Irkoutsk. Cela, alors même que près de trois quarts de l'électricité régionale produite est issue de l'hydroélectricité, aux répercussions environnementales mesurées. Si cette considération a amené Konstantin à arrêter d'opérer ses fermes de minage, elle amène Ilia Frolov à penser à des solutions de « *green mining* » (ou « *ecomining* »), c'est-à-dire un minage de cryptomonnaies à l'impact environnemental diminué. Son projet phare est la réutilisation de la chaleur produite par les processeurs pour chauffer des habitations. C'est dans les sous-sols d'un bâtiment du centre-ville d'Irkoutsk, qui jouxte l'Inkonito, qu'il a implémenté une première version de son idée. Son installation d'une demi-douzaine de processeurs en fonctionnement est reliée au système de chauffage central de l'immeuble. Les machines baignent dans un liquide qui emmagasine la chaleur qu'elles produisent. Ce liquide est ensuite acheminé à travers les conduits de chauffage de l'immeuble jusqu'aux appartements de ses occupants. Une fois refroidi, il est retransmis vers les processeurs pour les rafraîchir. Ce procédé permet de n'utiliser qu'une seule alimentation électrique pour faire fonctionner à la fois des processeurs informatiques et le chauffage de tout un immeuble, diminuant ainsi l'électricité consommée.

Ilia Frolov a installé ce système chez certains particuliers, et propose deux modèles économiques différents. Soit il facture l'installation du procédé technique qui permet au propriétaire d'installer ses propres processeurs et de payer qu'une seule facture d'électricité pour le chauffage et le minage, soit Frolov installe des processeurs qui minent seulement pour son propre compte chez une tierce personne, qui se voit déchargé de sa facture d'électricité pour le chauffage. Il aimerait appliquer ce processus à une échelle plus importante. Lors d'un trajet en voiture, il réalise un détour pour nous montrer une immense cuve de métal au milieu d'une zone résidentielle d'Irkoutsk, en expliquant que c'est une chaudière désaffectée qui auparavant chauffait l'eau de tout un quartier. Il a tenté de convaincre la municipalité qu'elle pourrait utiliser le minage de cryptomonnaies afin de chauffer l'eau des habitants des environs, mais n'a, selon lui, jamais été écouté.



Photographie 7 Installation de processeurs de minage reliés au système de chauffage central d'un immeuble d'Irkoutsk, le 6 avril 2019 Auteur : Hugo Estecahandy.

Il a pourtant plusieurs fois tenté de créer un dialogue avec les autorités locales, que ce soit à l'échelle municipale ou locale. En 2016, il a participé à un concours régional d'innovation, qui se déroulait sur les rives du lac Baïkal, loin de tout espace urbain. Déjà à l'époque, il avait démontré le fonctionnement de son habitat chauffé par le minage numérique en remorquant sur place un mobile home au sein duquel il avait installé son dispositif. Il avait pu démontrer qu'il était possible de chauffer une habitation en récupérant la chaleur des processeurs, bien que la connexion Internet satellitaire qu'il avait utilisée était trop faible pour que ses processeurs puissent être efficaces, mais sa démonstration n'a pas trouvé d'écho auprès des organisateurs. Frolov a ensuite commencé la fabrication de petites maisons, vouées à être louées par des vacanciers, chauffées par un système similaire. Il s'est associé avec un architecte de la région pour proposer des *kriptodom* (cryptomaisons) via leur société « Imagine8 ». En février 2022, lors d'un nouvel entretien avec Ilia Frolov après quasiment trois ans, il indique que les maisons sont fonctionnelles et qu'il a un projet commun avec Iouri Dromachko, de chauffer les espaces aquatiques d'un centre de thalasso avec le même processus.

Cet attrait d'informaticiens et d'entrepreneurs pour le respect de l'environnement n'est pas un phénomène nouveau dans la région. Un parfait exemple en est la lettre écrite dans les années 1980 par le professeur Goumar Khamitov, de l'Institut National d'Économie à Irkoutsk

(Martin, 1988). Dans sa proposition écrite de créer une association américano-russe intitulée International Association of Nature, Computers and Humans (NCH), et qui se veut méfiante à l'égard des possibles appropriations des sciences informatiques par le pouvoir soviétique, Khamitov énonce comme premier objectif *« l'humanisation de la relation entre l'homme et la nature, qui comprendra des activités préventives contre les tendances technocratiques croissantes dans les zones écologiquement sensibles de l'URSS et des États-Unis, en faisant progresser l'analyse informatique* »[431]. Cette tendance découle de la spécificité géographique d'Irkoutsk qui borde le lac Baïkal, point de concentration d'une conscience écologique régionale, établissant un environnement qui pourrait être propice aux projets écologisant[432]. Si Ilia soutient que le secteur numérique reste une alternative incontournable pour Irkoutsk, région qu'il considère comme marginalisée des secteurs économiques traditionnels, il s'engage pour un numérique « vert ». Et si les projets de Frolov n'ont pas trouvé d'échos auprès des autorités locales, il a pu attirer des capitaux étrangers, puisqu'un investisseur australien a commencé à financer les *kriptodom* en 2018.

C'est également l'objectif de cette communauté d'entrepreneurs, de communiquer sur leur activité, de créer des événements et des lieux de rencontres, pour attirer des capitaux extérieurs à Irkoutsk. Ioura Dromashko est l'un des principaux acteurs de cette communication. Il a, par exemple, créé le pseudonyme « Crypto Stolitsa » (« Capitale Crypto », en français) pour la ville d'Irkoutsk, qui lui confère ainsi une identité liée à l'activité de minage de cryptomonnaies. Ce sigle, Dromashko l'insère dans le contenu promotionnel de la ville qui publie sur Internet, ou dans la ville elle-même. C'est également le nom de sa chaîne YouTube, groupe Facebook et d'un canal Telegram, sur lesquels différents acteurs locaux du minage numérique échangent des informations. Cette communauté se retrouve lors de « meet-ups » ou autres conférences pour ce qui est des événements formels, ou à l'Inkonito, et semble assez soudée, malgré les divergences de vision que peuvent avoir ses membres.

[431] MARTIN, C. Dianne, 1988. Awareness of the social impact of computers in the USSR. *ACM SIGCAS Computers and Society* [en ligne]. octobre 1988. Vol. 18, n° 4, pp. 11-13. [Consulté le 30 juillet 2024]. DOI 10.1145/57124.57126. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/57124.57126

[432] BATSIUN, Natalia, JAKOBSON, Anatol et JAKOBSON, Yuri, 2020. Irkutsk as a Potential Growth Point of Greening Processes in Russia. *Studies of the Industrial Geography Commission of the Polish Geographical Society* [en ligne]. 28 septembre 2020. Vol. 34, n° 3. [Consulté le 19 septembre 2023]. DOI 10.24917/20801653.343.12. Disponible à l'adresse : https://prace-kgp.up.krakow.pl/article/view/7416

Konstantin Lagoutin, qui a une vision précise de ce que doivent être des projets de cryptomonnaies, reconnaît qu'il apprécie particulièrement les échanges possibles à Irkoutsk qui, contrairement aux événements auxquels il a pu assister à Moscou, permettent une réelle connexion entre les personnes et une concrétisation des projets. Il y trouve des personnes avec qui partager certains de ses projets, notamment sa propre plateforme d'échange de cryptomonnaies, accessible par tous et aux frais de transaction extrêmement faibles. Cette tendance à l'autogestion fait alors émerger une dynamique de l'innovation « par le bas », qui est particulièrement visible dans le secteur du minage de cryptomonnaies, orpheline d'objectifs émis par une autorité politique et de tout cadre administratif. Cette communauté d'entrepreneurs rencontrés à Irkoutsk est loin d'être représentative de la totalité des acteurs du minage de la région, tellement disparates en termes d'échelles et d'objectifs qu'en dresser une typologie précise n'est pas réellement possible. De plus, les projets de minage de ces entrepreneurs étant bien inférieurs en taille, puissance électrique demandée ou nombre de processeurs hébergés que les fermes des grandes entreprises, et ne représentent qu'une infime partie du minage numérique à Irkoutsk, la plupart étant développées de manière informelle. Mais la facilité d'accès à ces contacts et leur rôle dans le développement du minage numérique dans la région nous ont offert d'importants premiers apports pour notre analyse.

Comme les grandes fermes de minage, les entrepreneurs rencontrés à Irkoutsk ont déclaré leur activité aux autorités et paient un tarif d'électricité pour les professionnels, ce qui leur permet notamment d'être en conformité avec les lois de 2021 et de 2024 et de pouvoir continuer à faire fonctionner leurs installations dont la taille ne permettait pas une dissimulation, contrairement à une grande partie des installations qui sont développées de manière informelle et opaque.

4.2.2. Une activité informelle, vectrice de tensions sur la ressource électrique

Au-delà du groupe d'entrepreneurs d'Irkoutsk rencontrés pour la réalisation de cette thèse, qui se limite à la capitale régionale, les facteurs de localisation du minage ont permis à l'activité d'être développée à l'échelle domestique, par des habitants de la région désireux d'acquérir un revenu de subsistance. Cette forme de minage numérique, non déclarée aux autorités ou aux compagnies d'électricité, serait à l'origine de certains délits, comme la consommation abusive d'énergie électrique, et de dysfonctionnements des réseaux électriques.

A. Le minage de cryptomonnaies, extractivisme numérique démocratisé et informel

Durant le terrain de 2019, ou pendant les quelques jours supplémentaires passés à Irkoutsk en 2022, les rencontres fortuites avec notre objet d'étude et certains de ses acteurs, à l'instar des discussions inopinées avec des personnes rencontrées dans un contexte différent de celui de la thèse, furent fréquentes. Que ce soit des journalistes locaux, parfois rencontrés pour couvrir d'autres sujets, des individus croisés dans la rue ou dans un café ou même des étudiants au sein de l'université locale, il n'était pas rare qu'une personne réagisse en disant connaître quelqu'un impliqué dans le minage, si ce n'était qu'elle ne l'était elle-même. Et ce furent autant d'entretiens qui ne purent être menés ou prolongés, par refus de l'intéressé ou par manque de temps sur place, que ce soit à cause d'un départ précipité en 2019, suite aux événements sur lesquels nous revenons dans la première section du chapitre suivant, ou à cause d'un deuxième départ après le début de la guerre en Ukraine en 2022.

Rencontrée en avril 2019 pour un sujet tout autre que le minage de cryptomonnaies, Tatiana Postnikova, journaliste alors récemment reconvertie en guide touristique, expliquait que, par curiosité, et pour arrondir ses fins de mois, elle avait acheté un ASIC pour miner du bitcoin sur les conseils d'une de ses connaissances[433]. L'appareil était tellement bruyant qu'elle avait décidé de s'en débarrasser, avant qu'une autre de ses connaissances ne lui propose de l'installer dans une petite ferme qu'il avait aménagée dans un garage. Ces garages personnels, des boxes que l'on peut trouver à profusion dans tout espace urbain d'ex-URSS, sont devenus dans les années 2010 un haut lieu de l'économie informelle, en étant généralement transformés en place de commerce (café, réparation automobile, ventes de pièces détachées) et gagnant le sobriquet de « garajniki »[434] . Cette « économie de garage » intègre alors également le minage numérique, puisque de petites fermes peuvent être installées dans ces boxes. Tatiana indiquait avoir signé un contrat très détaillé pour l'hébergement de son processeur dans un garage de la ville

[433] Rencontrée le 3 avril 2019, à Irkoutsk, Russie.
[434] JURENKOV, Kirill et PORTNYAGINA, Maria, 2016. A Look Inside Russia's Booming Garage Economy. Worldcrunch [en ligne]. 3 juillet 2016. [Consulté le 18 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://worldcrunch.com/culture-society/a-look-inside-russiaas-booming-garage-economy
BARINOVA, Vera, SHESTOPEROV, Aleksey et TSAREVA, Yulia, 2023. Samozanjatye v Rossii: razvitie sfery MSP ili dviženie k «garažnoj èkonomike» [Self-Employment in Russia: The Development of the SME Sector or the "Garage Economy" Trend]. *Ekonomicheskaya politika* [en ligne]. 2023. Vol. 3. [Consulté le 18 juillet 2024]. DOI 10.18288/1994-5124-2023-3-136-163.

d'Irkoutsk, qui indiquait les différents coûts, de l'alimentation électrique à l'entretien des machines, et les remises en cas de déconnexion (électrique ou Internet) du site et d'inopérabilité temporaire de son ASIC. Le minage a alors émergé comme une activité informelle qui permettait à certains habitants d'Irkoutsk de gagner un petit revenu supplémentaire en plaçant un processeur chez eux comme la serveuse rencontrée en février 2022 (voir Encadré 9) ou par l'installation de fermes non déclarées dans des lieux spécialement aménagés, ce qui permet à ses propriétaires de créer une affaire informelle et de facturer leurs services à leurs clients, comme Tatiana[435].

Ces petites fermes sauvages sont également vectrices d'emplois, précaires, comme peut l'imager le témoignage d'Alexeï, étudiant en économie à l'université d'Irkoutsk lors de notre rencontre en février 2022[436]. Alexeï expliquait avoir monté une petite ferme de minage à Irkoutsk, avec des amis, sans en préciser le modèle économique. Il s'occupait de l'entretien de l'installation, et voyait cette activité comme un travail supplémentaire aux côtés d'autres activités professionnelles qu'il conjuguait : garagiste, ouvrier dans la construction ou encore chauffeur de taxi.

L'installation de processeurs dans un lieu aussi peu adapté qu'un garage nécessite un raccordement électrique spécifique, ce qui implique une connexion sauvage au réseau électrique public ou un raccordement réalisé par les techniciens des compagnies d'électricité, qu'il soit fait de manière déclarée ou non. Cela implique en tout cas une relation entre le propriétaire de l'installation et la compagnie d'électricité locale, Irkutskenergo.

[435] HOU, Jiaxi, 2023. Making Ends Meet by Mining on Blockchain: Subalternity, Materiality, and Yearnings of Chinise Amateur Crypto Miners. *JOURNAL OF DIGITAL SOCIAL RESEARCH*. 2023. Vol. 5, n° 2.

[436] J'ai rencontré Alexeï [son prénom a été modifié] à l'université, avec un groupe d'étudiants à qui une professeure m'avait présenté puisqu'ils avaient pour projet de rendre un devoir sur les cryptomonnaies. Comme tous mes autres contacts à Irkoutsk, j'ai cessé toute communication avec lui suite à la guerre en Ukraine, je n'ai jamais pu en apprendre davantage alors que nous avions prévus de nous revoir. J'ai notamment pu suivre certains contenus personnels qu'il partageait via le réseau social Instagram, notamment des vidéos d'avril 2022 où il se filmait, avec ses camarades en uniformes, sur un véhicule militaire blindé traversant la ville d'Irkoutsk. Outre des messages patriotiques de soutien à la guerre, Alexeï a commencé également à partager des sessions d'entraînement au tir où lui et d'autres jeunes hommes s'essayaient à la Kalashnikov, dans ce qui semblait être un camp d'entraînement informel, apparus en quantité en Russie en 2022, tenus par des anciens soldats professionnels, pour fournir une instruction militaire à de futures recrues qui a très vite fait défaut au sein de l'armée régulière. Plus tard dans l'année, Alexeï a supprimé la plupart des contenus de son compte Instagram, et n'a plus rien partagé, ce qui peut se traduire par un déploiement sur le front ukrainien. À l'été 2025, il n'avait toujours pas donné signe de vie.

B. Le « minage gris » et les tensions sur le réseau électrique

Le 2 février 2022, le directeur de la Compagnie énergétique du Baïkal (Baïkalaskaïa Energuitchétskaïa Kompaniïa), la filiale de l'opérateur électrique Irkutskenergo en charge de l'exploitation des centrales électriques à charbon de l'*oblast'*, alertait sur l'explosion du minage informel et les répercussions négatives sur le réseau électrique de la région[437]. Ainsi, Oleg Pritchko, de son nom, affirmait que ses ingénieurs électriciens avaient détecté 1 200 foyers dans lesquels se trouvaient des équipements de minage de cryptomonnaies.

Ces mineurs sont catégorisés en « mineurs gris », au contraire des « mineurs blancs » qui déclarent leur activité et leur consommation électrique réelle et qui se comptaient à l'époque à une soixantaine dans toute la région. Sur les 1 200 foyers détectés par la Compagnie, bien que les forces de l'ordre en estiment dix voire 100 fois plus, des poursuites ont été intentées contre 150 d'entre eux et des décisions d'indemnisation des dommages ont déjà été prises pour 20 d'entre eux. Les dommages engendrés par ce minage numérique non déclaré se chiffreraient, toujours d'après Pritchko, à 1,8 milliard de roubles (20 810 700 € au 2 février 2022[438]), puisque ces mineurs gris utiliseraient les réseaux domestiques ordinaires (de maisons, d'immeubles, ou de garages) qui n'ont pas été pensés pour supporter une charge électrique aussi importante en continu.

Cette déclaration fait suite à celle du gouverneur de l'*oblast'* d'Irkoutsk, Igor Kobzev, en octobre 2021, où il alertait les autorités fédérales sur la surcharge des réseaux électriques induite par le développement massif du minage illégal, accéléré par le redéploiement du minage récemment banni de Chine. Il demandait à l'époque une tarification spéciale pour les foyers qui consommaient plus d'électricité que les autres, affirmant que 1,4 % des foyers de l'*oblast'* consommaient 26 % de la consommation totale d'électricité de la population[439]. À cette même époque, un ingénieur électrique d'une compagnie locale témoignait d'une hausse des demandes de « raccordements techniques » au réseau électrique dans la région, et mentionnait une demande de raccordement électrique d'un garage d'une capacité de 220 kilowatts (kW), alors

[437] ИА «ТЕЛЕИНФОРМ», 2022. Фермы ставят даже в будках: иркутские энергетики оценили ущерб от майнеров в 1,8 миллиарда рублей. *Информационное агентство «Телеинформ», г. Иркутск* [en ligne]. 2 février 2022. [Consulté le 9 février 2022]. Disponible à l'adresse : https://i38.ru/obichnie-ekonomika/fermi-stavyat-dazhe-v-budkach-irkutskie-energetiki-otsenili-uscherb-ot-maynerov-v-1-8-milliardov-rubley

[438] https://wise.com/fr/currency-converter/rub-to-eur-rate/history/02-02-2022

[439] VOLOBOUIEV, Alexandr, KAKTOV, Matveï et STEPANOV, Vladimir, 2021. Президенту и правительству пожаловались на майнеров криптовалют. *Vedomosti* [en ligne]. 13 octobre 2021. [Consulté le 14 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/10/13/890912-prezidentu-pravitelstvu/

que la puissance des raccordements aux ménages est généralement de 15 kW. D'après lui, en septembre 2021, la consommation totale d'électricité dans le réseau électrique de la région d'Irkoutsk s'élevait à 4,47 milliards de kWh, soit 6,9 % de plus qu'en septembre 2020. Il expliquait, ensuite, que des opérations de police ont été régulièrement menées dans la région, mais que « *le problème des connexions illégales est si important qu'il nécessite une approche systématique [et] qu'après l'élimination d'une exploitation illégale, trois nouvelles apparaissent* ».

En avril 2024, Irkutskenergo rapportait que depuis 2019, 1 978 réclamations d'une valeur de plus d'un milliard de roubles ont été déposées devant les tribunaux et que 59 % des demandes ont été satisfaites : selon une décision de justice, les mineurs poursuivis ont dû payer plus de 506 millions de roubles pour l'électricité consommée. Environ 600 réclamations étaient toujours en attente.

Ainsi est né un rapport de force entre les compagnies d'électricité locales et les mineurs informels. Les cas de minage illégal rapportés par les compagnies d'électricité et la police sont en nette progression depuis 2019 et la presse locale est souvent le relai de ces affaires, parfois très originales.

En octobre 2018, une église évangélique de la ville d'Irkoutsk était condamnée par la justice pour avoir miné des bitcoins dans le « lieu saint ». Alertés par une forte consommation électrique, de la part d'une association religieuse (ces dernières bénéficient des mêmes tarifs électriques que ceux accordés aux particuliers), le fournisseur d'électricité et la justice n'ont pas été convaincus par la défense de l'église, prétextant que cette importante consommation d'électricité était due au système de chauffage central et à l'impression des textes de foi[440]. En 2023, les habitants d'un immeuble d'Irkoutsk ont eux-mêmes démantelé une installation de minage qui était installée au sous-sol, quand ils ont vu que la facture d'électricité commune aux locataires avait été multipliée par 20[441].

Le développement de ce minage informel entraîne parfois d'autres types de drames. Si les approches des STS mobilisées dans le Chapitre 2 mettent en avant l'étude des

[440] В Иркутске евангелистам подняли плату за электроэнергию из-за майнинга биткоинов, *TACC*, 9 octobre 2018 [en ligne]. [Consulté le 18 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://tass.ru/ekonomika/5653118
[441] РАХИМОВА, Регина, 2023. Странный гул, гигантские счета за свет: жильцы дома в Иркутске по трем признакам нашли спрятанную в подвале майнинг-ферму. *irk.kp.ru* - [en ligne]. 11 mai 2023. [Consulté le 18 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.irk.kp.ru/daily/27501/4761017/

dysfonctionnements d'une infrastructure pour mieux en cerner le fonctionnement, à Irkoutsk, l'étude du minage « gris » est aussi mise en exergue par les incidents liés à des installations sauvages. De nombreux articles de presse relatent notamment des incendies dans des garages, attribués à des installations électriques mal faites de petites fermes. En décembre 2023, un journal local en ligne titrait un de ses articles « […] *TOP 5 des incendies de [la région de l'Angara] provoqués par des mineurs [de cryptomonnaies]* », dans lequel on peut apprendre qu'en 2022, une maison a brûlé à cause du dysfonctionnement d'ASICs installés à l'intérieur, entraînant la mort d'une enfant de quatre ans, et qu'en 2023 un homme a trouvé la mort dans un incident similaire, à cause de branchements électriques mal réalisés la veille[442].

Malgré le caractère spectaculaire et marquant de ces incendies, qui généralement ne sont pas mortels puisqu'ils se déclarent dans des garages ou des *datchas* inoccupés l'hiver, ou d'autres faits divers comme l'écroulement du plafond d'un magasin en 2019 où le gérant avait installé des processeurs, le principal problème entraîné par le minage, selon les autorités locales, serait son importante consommation électrique. Au-delà du manque à gagner pour les compagnies, c'est également l'intégrité du réseau qui serait compromise. L'autre effet négatif de la présence de ces installations, qu'elles soient déclarées ou non, est la pollution sonore qu'elles engendrent, et représente la première cause des plaintes des Irkoutskois.

En parallèle des externalités négatives du minage de cryptomonnaies pour la population, les forces de l'ordre ont également été confrontées à un nouveau type de délits, avec l'apparition et la multiplication des plaintes pour cambriolages et vols de processeurs. Bien qu'ils ne représentent moins de 2% des délits, la région a été confrontée à une hausse du phénomène, avec 344 vols recensés en 2021 (54 ont été résolus et 66 personnes poursuivies) et 51 vols recensés rien qu'en janvier 2022[443].

En février 2022, lorsque Pritchko communiquait sur les impacts négatifs du minage sur le réseau électrique de la région, il mettait en avant le caractère universel de ces retombées négatives. Il affirmait alors qu'en 2021, la limite prévue de fourniture en électricité des logements de la région, qu'ils soient individuels ou collectifs, avait été dépassée, et que cela

[442] https://irkutskmedia.ru/news/1648784/?from=47
[443] ИА «ТЕЛЕИНФОРМ», 2022. Фермы ставят даже в будках: иркутские энергетики оценили ущерб от майнеров в 1,8 миллиарда рублей. *Информационное агентство «Телеинформ», г. Иркутск* [en ligne]. 2 février 2022. [Consulté le 9 février 2022]. Disponible à l'adresse : https://i38.ru/obichnie-ekonomika/fermi-stavyat-dazhe-v-budkach-irkutskie-energetiki-otsenili-uscherb-ot-maynerov-v-1-8-milliardov-rubley

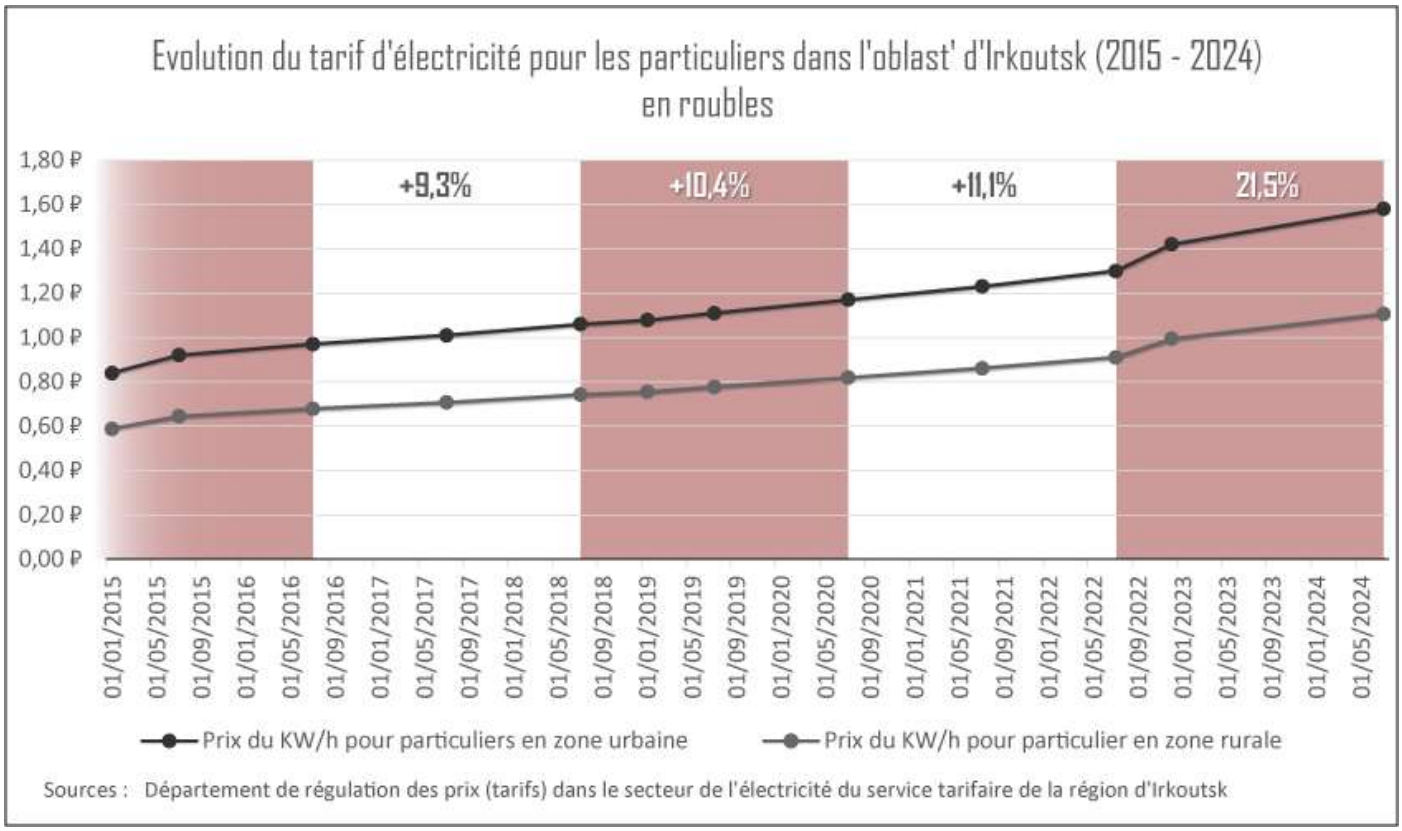


Figure 1Évolution du tarif d'électricité pour les particuliers dans l'oblast' d'Irkoutsk (2015 – 2024). Hugo Estecahansdy, IFG, 2024.

participerait à la hausse des tarifs d'électricité ultérieurement. S'il attribue la hausse de cette consommation d'électricité au minage de cryptomonnaies non déclaré, d'autres facteurs entrent en jeu, notamment l'étalement urbain et l'apparition de nouvelles habitations non connectées au système de chauffage central et chauffées avec des chauffages électriques.

Nous pouvons alors analyser la hausse du tarif entre 2015 et 2024 pour les particuliers des zones urbaines et rurales de l'*oblast'* d'Irkoutsk, que nous avons pu récupérer à partir des décrets régionaux qui fixent les prix de l'électricité (voir Figure 1). Si, entre janvier 2016 et janvier 2022, les augmentations de tarif, les variations, sont en moyenne de 4,43 %, au 1er janvier 2022, le prix augmente de 9,23% par rapport au 1er juillet 2021, passant de 1,3 à 1,42 rouble pour les zones urbaines et de 0,91 à 0,99 rouble pour les zones rurales. Le tarif reste inchangé jusqu'au 1er juillet 2024, où il augmente de 11,3 %.

Une accélération de la hausse du prix de l'électricité pour les particuliers est effectivement, et nettement, visible à partir de 2022 (Figure 1), ce que le directeur d'une des compagnies d'électricité régionales justifiait à cette époque par les dégâts et l'importante consommation des mineurs gris.

Pritchko estimait, début 2022, la part d'électricité consommée par le minage illégal entre 350 MW et 450 MW, contre 250 MW de consommés par la soixantaine de « mineurs blancs », à comprendre « mineurs déclarés ». Il est impossible de vérifier ces estimations, mais ces nombres importants justifieraient alors l'accélération de la hausse des tarifs d'électricité ces dernières années : +21,5 % entre juillet 2022 et juillet 2024, contre +11,1 % entre les mêmes mois de 2020 et 2022 et +10,4 % entre juillet 2018 et 2020. Les chiffres de la consommation des mineurs déclarés paraissent en revanche sous-estimés : la puissance combinée de 6 fermes de minage que nous avons localisées à Irkoutsk et dont l'installation était effective au moins en 2020 atteint les 285 MW.

Même si ces fermes, dont les chiffres de puissance datent pour certains de 2024, n'avaient pas encore atteint leur puissance référencée au début de l'année 2022, il paraît peu probable que la valeur de la puissance électrique consommée par la soixantaine de mineurs déclarés installés à Irkoutsk selon Pritchko soit aussi faible. Si ces chiffres sont invérifiables, il est tout à fait plausible que la compagnie d'électricité ait souhaité sous-estimer volontairement la part de l'électricité régionale consommée par les mineurs numériques déclarés puisque, comme nous le verrons dans le chapitre suivant, elle y trouve un intérêt financier, en vendant son électricité à des acteurs qui surchargent également le réseau.

C. Le complexe rapport de force entre fournisseurs d'électricité et mineurs numériques gris

Les différentes déclarations des compagnies d'électricité ou du gouverneur d'Irkoutsk mettent en avant l'existence d'un rapport de force entre les mineurs de cryptomonnaies, qui plus est non déclarés, et les fournisseurs d'électricité. Depuis 2021, Irkutskenergosbyt, la filiale commerciale d'Irkutskenergo qui vend l'électricité de la région aux consommateurs, et les autorités locales ont lancé des opérations de sensibilisation sur les risques liés au minage numérique ainsi que des moyens de dénoncer les installations repérées.

L'importance du sujet est notamment visible sur les sites Internet et les réseaux sociaux des compagnies d'électricité. Par exemple, sur le compte Instagram d'Irkutskenergosbyt, la première catégorie de contenus qui est proposée est dédiée au minage (« *Майнинг* », sur la l'Image 5).



Image 5 Capture d'écran des catégories de contenus présentées sur le compte Instagram d'Irkutskenergosbyt.

Les adresses courriel et numéros de téléphone mis en place par Irkutskenergosbyt pour permettre aux individus de dénoncer des installations de minage numériques jugées problématiques ont permis à l'entreprise de récolter, au 22 novembre 2023, 1 435 plaintes. Si des problèmes sur les réseaux électriques sont mentionnés par les plaignants, les principales raisons des plaintes sont liées à la pollution sonore des machines.

Malgré le nombre important d'affaires portées devant la justice, les employés d'Irkutskenergosbyt indiquent que le dépôt d'une plainte est un « dernier recours ». Trouver, puis prouver, des installations de minage non déclarées relève d'un processus long et fastidieux, d'après les témoignages des agents d'Irkutskenergosbyt, résumés dans un article d'IrkCity[444]. Tout d'abord, il est nécessaire pour les agents de relever une consommation d'électricité qui semble anormalement élevée. Ce constat est établi après des analyses réalisées pendant parfois plusieurs mois, tout en prenant en compte la période concernée ; une augmentation de la consommation électrique en hiver peut paraître justifiée si le lieu est chauffé électriquement. Les soupçons sont portés si cette consommation importante continue avec l'arrivée du printemps. Ensuite, les agents se rendent sur place. Dans certains cas, ils prennent rendez-vous avec le propriétaire pour inspecter les lieux, si ce dernier est coopératif, et s'assurer que les appareils de mesure, les compteurs électriques, ne sont pas défectueux. Parfois, la première étape de l'inspection est réalisée depuis l'extérieur de la propriété concernée. En restant à distance, il est possible pour les techniciens d'entendre le « bruit caractéristique des

[444] VLASSOVA, Ksenia, 2024. «Дайте людям спокойно дышать». Как в Иркутской области судят «серых» майнеров. *ИРСИТИ.ру - новости Иркутска* [en ligne]. 15 avril 2024. [Consulté le 2 août 2024]. Disponible à l'adresse : https://ircity.ru/text/economics/2024/04/15/73454174/

équipements miniers, le dégagement de vapeur d'une fenêtre ou d'une porte de garage ». S'ensuit un examen du bâtiment avec une caméra thermique pour identifier les points les plus chauds. Ensuite, les agents d'Irkutskenergosbyt rencontrent le propriétaire et visitent les lieux à la recherche de processeurs. Si, le plus souvent, les inspecteurs ne trouvent rien sur place, ils demandent tout de même un recalcul du contrat d'électricité quand la surconsommation est avérée.



Image 6 Affiche de sensibilisation d'Irkutskergosbyt contre le minage de cryptomonnaies non déclaré et d'information pour contacter la compagnie et dénoncer les installations irrégulières.

Mais les plus faibles prix d'électricité en milieu rural entraînent certaines installations de minage qui utilisent de l'électricité au tarif pour les particuliers dans les endroits isolés. Dans son reportage sur le minage de cryptomonnaies à Irkoutsk en décembre 2021, au titre douteux de « Mining Kampf », le journaliste de *Novaïa Gazeta* Irek Mourtazin est amené à visiter un village de *datchas* à une vingtaine de minutes de route de la capitale régionale, en compagnie d'un « entrepreneur local »[445]. Il témoigne d'une escapade hivernale au milieu de petites maisons inoccupées en cette période, mais sur les fenêtres desquelles il n'observe pourtant aucune trace de givre, ce qui le laisse comprendre qu'elles sont donc chauffées. Son guide, qui a une ferme de minage dans cette localité et qui souhaite rester anonyme, lui explique que « *quasiment tous [ses] voisins ont des chaudières électriques, dans lesquelles [la production de chaleur] est assurée par des ASICs* »[446]. Le témoignage du « guide » du journaliste éclaire sur un cas d'utilisation particulier de ces processeurs utilisés en priorité, selon lui, non pas pour créer une affaire rentable, mais pour « optimiser les coûts » :

> « L'année dernière, j'ai dépensé beaucoup d'argent pour chauffer [ma] maison. Et maintenant, j'ai acheté sept « ASICs ». La Chine a interdit l'exploitation minière ; elle a commencé à démanteler les fermes [de minage], à charger les « ASICs » dans des camions et à les envoyer en Russie. Beaucoup ont rapidement compris les bénéfices [et] je m'en suis rendu compte aussi. La consommation d'électricité n'a pas beaucoup augmenté, mais les « ASICs » extraient également des [bitcoins] qui rapportent de l'argent. […] Pour moi, il ne s'agit pas d'un *business*, mais d'une optimisation des coûts. Tout l'équipement […] m'a coûté environ un million et demi de roubles[447]. Dans un scénario réussi, si Bitcoin ne s'effondre pas, les coûts seront récupérés en un an. Peut-être un peu plus tôt. […] Je pense [qu'ici] presque chaque maison de campagne a 7 à 8 ASICs installés. C'est pour générer de la chaleur. Quiconque considère [le minage de cryptomonnaies] comme un [business] assemble des fermes avec 20 à 30 ASICs ou plus. Cela ne sert à rien d'en faire [avec] moins, vous ne pouvez même pas gagner suffisamment. »[448].

Ces installations, qui rappellent grandement le projet de *cryptodom* d'Ilia Frolov, ne sont pas déclarées par leurs propriétaires et pourraient donc être sanctionnées par Irkutskenergo. Mais, comme le note la personne interrogée dans l'article, la consommation d'électricité n'est pas forcément supérieure à celle du fonctionnement de la maison lorsqu'elle est utilisée et chauffée

---

[445] MOURTAZIN, Irek, 2021. Майнинг кампф. Как Иркутская область превратилась в столицу добычи криптовалюты, почему биткоины, добытые в России, утекают в Китай, и заплатят ли честные майнеры за жадность энергетиков? *Novaïa Gazeta* [en ligne]. 28 décembre 2021. [Consulté le 18 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://novayagazeta.ru/articles/2021/12/28/maining-kampf

[446] *Ibid*.

[447] Environ 16 600 € au 1er janvier 2021 : https://wise.com/fr/currency-converter/rub-to-eur-rate/history/01-01-2021

[448] MOURTAZIN, Irek, 2021. *Op. cit.*

par la chaudière électrique. Reste qu'ici l'électricité est consommée pour chauffer une maison vide.

Dans certains cas, trouver des fermes de minage fut assez simple pour Irkutskenergo. En avril 2022, le propriétaire d'un ranch de Baïandaï, un village à environ 120 kilomètres au nord d'Irkoutsk, a été sommé de rembourser à Irkutskenergo 28 millions de roubles d'électricité utilisée pour du minage numérique non déclaré, pour la seule année 2021[449]. La consommation en électricité des lieux était 847 fois supérieure à la moyenne des autres foyers du village et, parfois, représentait 75% de la consommation électrique de Baïandaï.

Une autre affaire de minage non déclaré a directement impliqué une employée d'Irkutskenergosbyt[450]. Alena Novikova a tiré profit de son poste de directrice de la branche locale de la compagnie, dans les environs de Slioudianka au bout de la pointe sud du lac Baïkal, pour tenter de dissimuler la consommation excessive induite par la ferme sauvage que son mari avait installée chez eux. La supercherie a tout de même été découverte par son entreprise en 2022 qui lui a infligé un blâme. Puis, Novikova a reçu une deuxième sanction professionnelle pour avoir demandé à l'un de ses ingénieurs de falsifier les relevés du compteur électrique d'un individu, afin que sa consommation électrique réelle ne soit pas visible par les techniciens d'Irkutskenergosbyt. Sur place, ses collègues ont découvert une ferme de minage non déclarée, et la valeur de l'électricité à rembourser a été calculée à 500 000 roubles[451]. Cette dernière affaire montre tout de même l'avantage stratégique que peut représenter l'accès technique au réseau électrique pour les employés des compagnies d'électricité.

Conclusion du Chapitre 4

Ce chapitre a permis de mettre en évidence, à la fois, les facteurs de localisations du minage de cryptomonnaies à Irkoutsk et certains de ses impacts sur le territoire et sa population. Cette

[449] Environ 310 000 € au 1er avril 2022 : https://wise.com/fr/currency-converter/rub-to-eur-rate/history/01-04-2022
GORINOVA, Anastasia, 2022. Суд взыскал с организатора майнинг-фермы в Приангарье 28,6 миллиона рублей за электроэнергию. *ИРСИТИ.ру - новости Иркутска* [en ligne]. 23 avril 2022. [Consulté le 3 août 2024]. Disponible à l'adresse : https://ircity.ru/text/incidents/2022/04/23/71280182/
[450] VLASSOVA, Ksenia, 2024. «Дайте людям спокойно дышать». Как в Иркутской области судят «серых» майнеров. *ИРСИТИ.ру - новости Иркутска* [en ligne]. 15 avril 2024. [Consulté le 2 août 2024]. Disponible à l'adresse : https://ircity.ru/text/economics/2024/04/15/73454174/
[451] Environ 5 520 € au 1er avril 2022 : https://wise.com/fr/currency-converter/rub-to-eur-rate/history/01-04-2022

première moitié de deuxième partie est déjà un apport important pour la mise en évidence de la relation dialectique entre un réseau numérique et l'espace physique, relation que la littérature scientifique, abondamment citée dans l'introduction générale ou dans l'introduction de cette Partie II, tend à réévaluer (Bakis, 2013 ; Furlong, 2021 ; Lally, Kay et Thatcher, 2022)[452]. Grâce à ce travail de terrain et les entretiens menés sur place avec des acteurs directement concernés, bien que l'expérience fût écourtée en 2022, ce chapitre livre un premier aperçu inédit de la matérialisation des infrastructures numériques de cryptomonnaies à diverses échelles, domestique et entrepreneurial, alors que l'échelle industrielle est l'objet du chapitre suivant.

Ce que révèle cette étude de cas sur Irkoutsk, au-delà de la multiscalarité de l'activité, c'est son double ancrage territorial : à la fois industriel et sociopolitique. En effet, si l'héritage industriel soviétique de la région a entraîné la présence des principaux facteurs de localisation du minage numérique, en premier lieu la disponibilité d'une électricité bon marché, l'éloignement d'Irkoutsk des grands centres politiques et économiques explique en partie le déploiement de processeurs par des particuliers et des entrepreneurs.

Si, comme nous l'avons vu, les faibles prix de l'électricité sont directement liés à l'histoire industrielle et soviétique de la Sibérie, ils ont également poussé des acteurs locaux à développer le minage de cryptomonnaies. L'activité a aussi émergé via des entrepreneurs qui comblaient, plus ou moins consciemment, un vide laissé par l'absence de secteur numérique réellement développé à Irkoutsk, une région qui a historiquement toujours été marginalisée des centres politiques et économiques russes. Quelles que soient les formes et les échelles dans lesquelles il a émergé, des grandes fermes de minage d'entreprises d'hébergement au processeur solitaire dans un appartement en passant par les installations non déclarées, le minage numérique est une activité singulière à Irkoutsk. Pourtant, il se trouve à la croisée de

[452] BAKIS, Henry, 2013. Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres. *Netcom. Réseaux, communication et territoires* [en ligne]. 1 octobre 2013. N° 27-3/4, pp. 351-384. [Consulté le 21 septembre 2020]. DOI 10.4000/netcom.1473. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/netcom/1473
FURLONG, Kathryn, 2021. Geographies of infrastructure II: Concrete, cloud and layered (in)visibilities. *Progress in Human Geography* [en ligne]. février 2021. Vol. 45, n° 1, pp. 190-198. [Consulté le 11 mars 2024]. DOI 10.1177/0309132520923098. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132520923098
LALLY, Nick, KAY, Kelly et THATCHER, Jim, 2022. Computational parasites and hydropower: A political ecology of Bitcoin mining on the Columbia River. *Environment and Planning E: Nature and Space* [en ligne]. mars 2022. Vol. 5, n° 1, pp. 18-38. [Consulté le 5 février 2024]. DOI 10.1177/2514848619867608. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2514848619867608

deux secteurs qui composent une part importante de l'économie de l'*oblast'* : l'industrie lourde de transformation des matières premières, comme celle de l'aluminium, très énergivore, et l'extractivisme, qui extrait de la matière, et donc de la valeur, des sols irkoutskois. Ces deux secteurs d'activité n'améliorent que peu le niveau de vie des habitants locaux, puisque la valeur et le capital générés par ces industries sont généralement externalisés vers les sièges des entreprises à Moscou ou Saint-Pétersbourg[453].

Le minage de cryptomonnaies, quant à lui, dans les formes que nous avons étudiées jusqu'à présent, consomme des ressources locales afin d'extraire une valeur numérique qui ne bénéficient qu'aux propriétaires de processeurs ou de fermes de minage. Si dans les cas de minage numérique à l'échelle individuelle et entrepreneuriale, les cryptomonnaies « produites » restent conscrites à un cercle très fermé d'acteurs locaux, celles qui sont générées dans des fermes de commerciales et industrielles, au centre du chapitre suivant, retombent directement dans le portefeuille numérique des propriétaires des processeurs qui se trouvent le plus souvent à des milliers de kilomètres d'Irkoutsk, voire de la Russie. L'externalisation de la valeur produite à partir des ressources locales est encore plus marquée que dans le secteur extractif classique.

En revenant sur les origines du minage de cryptomonnaies dans la région, ce chapitre permet de présenter un autre modèle de développement de l'activité, qui diffère grandement d'autres travaux menés en Amérique du Nord. À Irkoutsk, le minage de cryptomonnaies a émergé « par le bas », loin des logiques de « cryptorégionalisme » observées par Atkins et al. au Canada, où les autorités locales et des acteurs industriels préparait un terreau fertile au développement local de l'activité à renfort de communication politique[454].

Reste que, même s'il bénéficie tout de même à certains acteurs locaux, le minage de cryptomonnaies à ces petites échelles reste dans une position ambivalente. D'une part, le minage numérique a permis à une minorité d'acteurs locaux, de se constituer un secteur

[453] BEZRUKOV, L. A., 2020. Transformation of the structures of the economy and population of Siberia at the post-Soviet stage. *Geography and Natural Resources* [en ligne]. novembre 2020. Vol. 41, n° 4, pp. 327-337. [Consulté le 29 juillet 2024]. DOI 10.1134/S1875372841040034. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1134/S1875372841040034

[454] ATKINS, Ed, FOLLIS, Luca, NEIMARK, Benjamin David et THOMAS, Vanessa, 2021. Uneven development, crypto-regionalism, and the (un-)tethering of nature in Quebec. *Geoforum* [en ligne]. juin 2021. Vol. 122, pp. 63-73. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1016/j.geoforum.2020.12.019. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718520303031

d'activité rentable, bien qu'à la rentabilité fluctuante, voire fragile. D'autre part, il a été développé de manière informelle et non déclarée, venant, officiellement, surcharger les réseaux électriques prévus pour un usage de zones résidentielles. Cette dernière dynamique vient rappeler le concept de « parasite computationnel » de Lally & al., à la différence près que le prix et la disponibilité de l'électricité n'attirent pas, dans les cas étudiés, une industrie d'abord extérieure au territoire pour qu'elle vienne bousculer l'écosystème électrique d'Irkoutsk, mais que le parasitage du réseau électrique émerge directement du fait de la population elle-même[455].

Via l'apparition du minage de cryptomonnaies et la mise à disposition de quantités foisonnantes de processeurs de minage rendus disponibles sur des marchés parallèles par le bannissement de l'activité de Chine, une minorité de la population a commencé à exploiter de manière importante une ressource à laquelle elle avait accès depuis des décennies pour générer un revenu supplémentaire. La facilité d'opération de cette puissance de calcul et la grande possibilité de sa décentralisation qui permet une individualisation de l'activité ont amené, le minage numérique à être concentré au sein d'un territoire particulier qui dispose des ressources nécessaires à son fonctionnement, mais de manière très éclatée, au sein d'une multitude de petites installations. Il ne semble pas exister d'étude du développement de ce minage de cryptomonnaies informel à l'échelle individuelle dans d'autres régions du monde, si ce n'est quelques mineurs isolés comme en Chine (Hou, 2023), il n'est pas possible d'affirmer avec certitude que cette dynamique est spécifique à Irkoutsk[456]. Mais il est peu probable que le taux de pénétration du minage de cryptomonnaies dans une population soit égal ou supérieur dans une autre région du globe.

La consommation non déclarée de cette électricité a entraîné un rapport de force entre ces mineurs de cryptomonnaies et Irkutskenergo, ainsi que ses filiales, et par extension les autorités russes, régionales puis fédérales. L'absence de cadre juridique spécifique, et donc d'outils légaux pour mener une lutte efficace contre ce type de minage « gris », couplée à l'appel du

[455] Pour rappel, selon les auteurs, le concept de "parasite computationnel" appliqué au minage numérique entend qu'il se nourrit des systèmes électriques et de capitaux existants, comme les infrastructures hydroélectriques, en dépendent d'un hôte pour sa survie tout en offrant peu en retour et en ne contribuant pas à la construction ou à l'entretien de l'infrastructure qu'il exploite. Voir : LALLY, Nick, KAY, Kelly et THATCHER, Jim, 2022. Computational parasites and hydropower: A political ecology of Bitcoin mining on the Columbia River. *Environment and Planning E: Nature and Space* [en ligne]. mars 2022. Vol. 5, n° 1, pp. 18-38. [Consulté le 5 février 2024]. DOI 10.1177/2514848619867608. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2514848619867608

[456] HOU, Jiaxi, 2023. Making Ends Meet by Mining on Blockchain: Subalternity, Materiality, and Yearnings of Chinise Amateur Crypto Miners. *Journal of Digital Social Research*. 2023. Vol. 5, n° 2.

gouverneur régional depuis 2021, a sûrement été un élément structurant pour la rédaction de la loi de 2024[457].

Bien que la lutte contre le minage gris soit un objectif affiché de ce texte, ce n'est pas forcément la thématique qui a entraîné sa ratification, contrairement à la volonté de légaliser l'activité numérique pour l'intérêt du pays. Car, au-delà des entrepreneurs locaux et des mineurs non déclarés, le minage de cryptomonnaies est devenu une industrie importante en Russie. Le chapitre suivant explore justement comment le minage a émergé d'une activité numérique alternative, que nous venons d'étudier, pour être développé à une échelle industrielle, servir les intérêts d'acteurs importants et émerger en tant qu'industrie stratégique.

[457] KORNEEV, Alexei, 2021. Иркутский губернатор предложил признать майнинг видом предпринимательства :: РБК.Крипто. *РБК Крипто* [en ligne]. 13 octobre 2021. [Consulté le 7 août 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.rbc.ru/crypto/news/6166e9829a7947a1d80f93d1

Chapitre 5. Le minage de cryptomonnaies industriel et commercial, vers une industrie stratégique en Russie

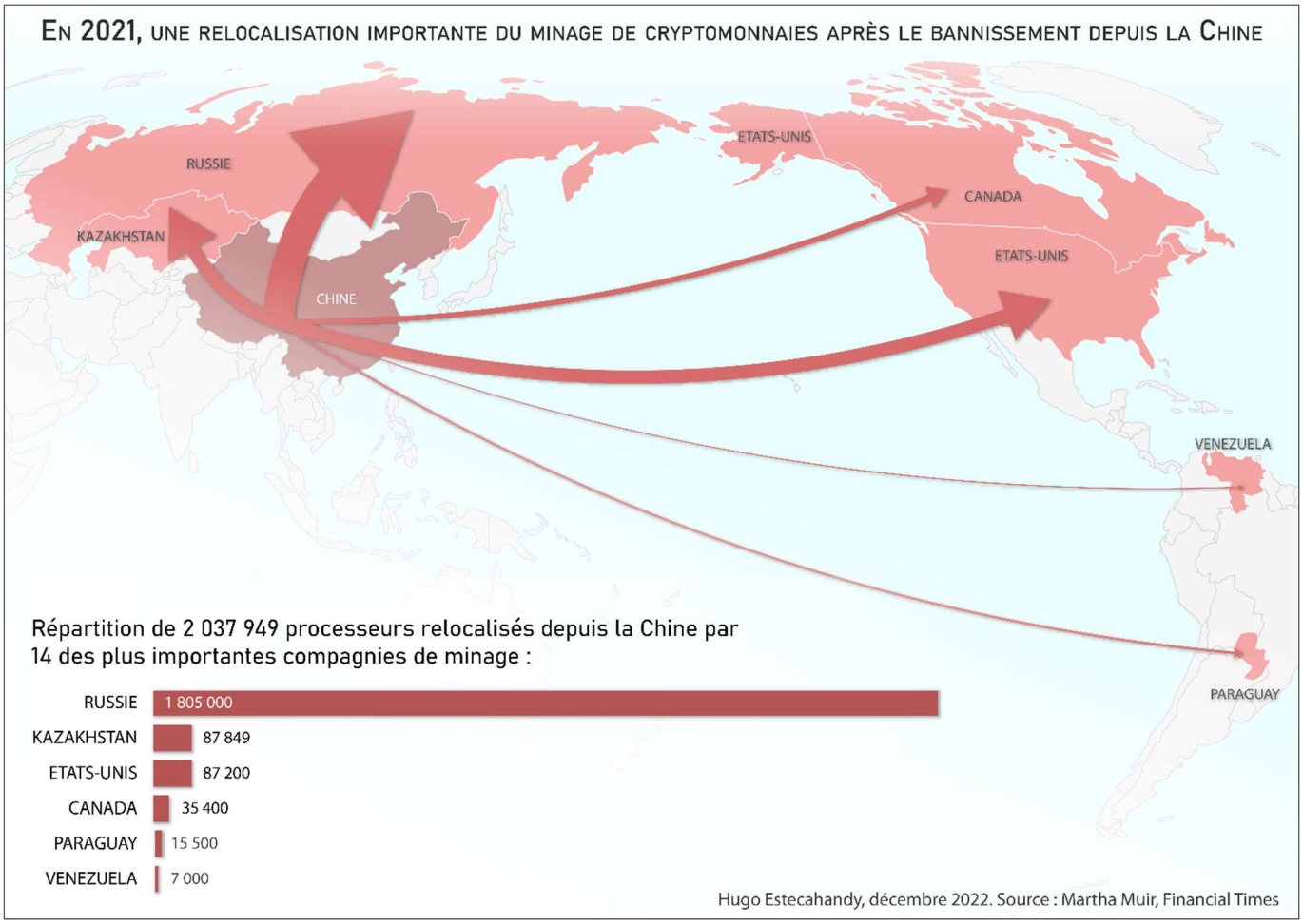
Dans la nouvelle loi qui régule le minage de cryptomonnaies en Russie, signée par la Douma le 30 juillet 2024, l'un des objectifs affichés est de pouvoir mieux encadrer le développement de l'activité sur le territoire russe et à fortiori lutter plus efficacement contre le minage non déclaré, qui mettrait à mal certains réseaux électriques comme celui d'Irkoutsk à partir novembre 2024. En revanche, la communication politique autour de la signature de ce texte, et notamment les propos de son co-auteur Anton Gorelkin, met en avant la volonté du pays d'en faire une industrie stratégique au service de la Fédération[458]. Ainsi, si le minage a au départ été développé « par le bas » en Sibérie, comme cela a été montré dans le chapitre précédent, et parfois de manière opaque et informelle, l'activité a également évolué en une industrie commerciale qui bénéficie aux acteurs concernés, en premier lieu aux compagnies d'électricité.

Certaines entreprises russes spécialisées dans le minage de cryptomonnaies sont devenues de grands groupes, à l'image de BitRiver. L'entreprise a émergé sur l'hydroélectricité bon marché d'Irkoutsk et ne possède en 2024 pas moins de 13 fermes numériques, en Sibérie, mais également dans l'Arctique et dans l'Oural. BitRiver semble disposer d'une capacité d'accueil de processeurs colossale. D'après un article du Financial Times, qui revient sur la relocalisation rapide et massive d'entreprises de minage chinoises après l'annonce du bannissement de l'activité par Pékin, sur les 2 037 949 processeurs appartenant à 14 des plus importantes entreprises chinoises de minage numérique dont les journalistes ont pu tracer le transfert, 1 805 000 (88,57 %) ont été envoyés vers la Russie, dont 1 800 000 vers des infrastructures de BitRiver[459]. Pour le reste, 87 849 (4,31 %) sont partis vers le Kazakhstan, 87 200 (4,28 %) vers

[458] DOUMA, 2024. Принят закон о легализации майнинга. *Государственная Дума [Douma]* [en ligne]. 30 juillet 2024. [Consulté le 4 août 2024]. Disponible à l'adresse : http://duma.gov.ru/news/59800/

[459] MUIR, Martha, 2021. China's exiled crypto machines fuel global mining boom. *Financial Times* [en ligne]. 22 novembre 2021. [Consulté le 22 novembre 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.ft.com/content/0dbe4f9f-a433-4288-858e-c4b852f4c340

les États-Unis, 35 400 (1,74 %) vers le Canada, 15 500 (0,76 %) au Paraguay et 7 000 vers le Venezuela (0,34 %). Si la Russie ressort comme une destination importante de cette liste de relocalisation de processeurs, loin d'être exhaustive, BitRiver semble s'imposer en tant que principal réceptacle.



Carte 7

D'autres entreprises commerciales de minage de cryptomonnaies ont émergé en Russie à partir de 2017/2018, et certaines ont ensuite même créé des projets à l'étranger. C'est le cas de BitCluster, qui a beaucoup communiqué sur l'installation de sa ferme dans la ville arctique russe de Norilsk, qui a une ferme de minage de 12 mégawatts au Paraguay, et une autre de 120 MW en Éthiopie depuis 2024, construite en coopération avec une entreprise chinoise. Mais aucune de ces entreprises n'égale BitRiver en termes de puissance électrique, de processeurs hébergés ou de revenus. En 2023, le média RBC réalisait un classement des huit entreprises russes de minage qui déclaraient le revenu le plus important. BitRiver arrivait en première

position avec 7 882 000 000 roubles (88 132 000 USD) déclarés en 2022, devant Intelion Data Systems (1 032 000 000 RUB), BitCluster (716 000 000 RUB), CryptoReactor (607 000 000), SibMain (408 000 000), GIS Mining (406 000 000 RUB), *Maïning Klaster* (349 millions RUB) et Promminer (121 000 000 RIB)[460].

Tableau 6 Les huit entreprises de minage numérique russes qui déclaraient le plus de revenus en 2022. Source : RBC Crypto

Entreprise	Année création	Revenus 2022 (RUB)	MW disponibles affichés en 2023
BitRiver	2017	7 882 000 000,00 RUB	300
Intelion Mine	2017	1 032 000 000,00 RUB	87
BitCluster	2017	716 000 000,00 RUB	60
CryptoReactor	2018	607 000 000,00 RUB	75
SibMain	2018	408 000 000,00 RUB	80
GIS Mining	2020	406 000 000,00 RUB	32
Maïning Klaster	2016	349 000 000,00 RUB	134
Promminer	2017	121 000 000,00 RUB	30

L'importance prise par ces entreprises, et surtout l'importance de leur consommation électrique (voir Tableau 6 ci-dessus), laisse supposer des partenariats privilégiés avec des fournisseurs d'électricité. Intelion et GIS Mining affichent notamment un partenariat avec Rosatom. Chacune des entreprises dispose d'une de ses fermes au sein d'une infrastructure physique commune, à proximité de la centrale nucléaire de Kalinin tout en bénéficiant de son électricité[461]. Comme le montre la Carte 5 du Chapitre précédent, les fermes de minage industrielles commerciales d'Irkoutsk que nous avons pu localiser se trouvent au sein de bassins et zones industrielles, car elles abritent également les infrastructures de production d'électricité. Si le développement du minage informel et illégal a pu fragiliser les réseaux d'Irkutskenergo et créer un conflit entre « mineurs gris » et la compagnie d'électricité, l'existence de ces fermes commerciales semble, quant à elle, être le fruit d'accords et d'une relation entre acteurs tout à fait officielle et mutuellement avantageuse.

[460] 2023. Рейтинг российских майнинг-компаний по выручке, объемам мощности :: РБК.Крипто. *RBC Crypto* [en ligne]. [Consulté le 5 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rbc.ru/crypto/news/64e5ba809a794753ddc0a810

[461] Intelion Data Systems : https://intelionmine.com/
Coordonnées de l'infrastructure commune aux fermes d'Intelion et GIS Mining: 57.89187264653772, 35.04916460847003

L'objectif de ce chapitre est justement de montrer comment l'émergence du minage de cryptomonnaies en tant que secteur stratégique en Russie est une co-construction , et donc le fruit d'une interaction dynamique, d'entreprises de minage de cryptomonnaies et de fournisseurs d'énergie électrique.

Dans un premier temps, nous revenons sur une enquête débutée en 2019 lors de la réalisation du mémoire de master et finalisée en 2024. Lors du premier terrain, plusieurs contacts avaient indiqué la présence d'une ferme de minage puissante installée au sein d'une zone industrielle fermée, à Oussolie-Sibirskoïe, à environ 75 kilomètres d'Irkoutsk, dont les propriétaires ne voulaient pas communiquer sur leur activité. Après un déplacement sur place et une arrestation par les forces de sécurité locales, la mise à jour des images satellites de Google Earth Pro en 2024 ont permis de relancer les recherches. Cette investigation permet de mettre au jour l'existence de liens politiques entre les propriétaires de cette ferme et les institutions qui ont autorité sur ce territoire et donc la politique très locale, la micropolitique, qu'implique la présence de cette ferme.

Ensuite, dans une deuxième section, nous amorçons une démonstration de la co-construction d'un secteur stratégique du minage de cryptomonnaies en nous appuyant sur l'analyse de la relation entre deux acteurs phares de la région d'Irkoutsk : EN+, premier producteur privé de Russie, et BitRiver, la plus importante entreprise de minage de cryptomonnaies. Nous montrons comment EN+ est devenu un « énergopouvoir » (« *energopower* »), concept emprunté à Dominic Boyer qui s'intéresse au pouvoir politique que peuvent acquérir certains États ou entreprises par le contrôle des énergies, notamment via les stratégies de « captures de l'État » déployées par son fondateur, l'oligarque Oleg Deripaska[462].

Enfin, nous nous focalisons sur le principal acteur du minage de cryptomonnaies en Russie, BitRiver, qui doit son émergence fulgurante aux ressources d'EN+ et à leur partenariat privilégié, lui permettant ensuite de développer ses propres stratégies au sein de l'économie russe. Ainsi, nous montrons comment BitRiver développe sa propre « technopolitique », pour reprendre le concept de Gabrielle Hecht qui le définit comme l'imbrication entre choix techniques et objectifs politiques, et pour qui les technologies servent et nourrissent des stratégies d'acteurs, des rapports de force et des logiques de domination[463]. L'étude de cette

[462] BOYER, Dominic, 2014. Energopower: An Introduction. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 309-333. [Consulté le 20 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0020. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545589

[463] HECHT, Gabrielle, 1998. *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge, MA, USA : MIT Press. Inside Technology. ISBN 978-0-262-08266-2.

relation entre EN+ et BitRiver permet de mettre en lumière les logiques économiques qui ont fait émerger le minage de cryptomonnaies industriel et commercial comme une industrie stratégique pour le secteur énergétique russe et, donc, pour l'État russe.

5.1. La géopolitique locale du minage numérique : la ferme d'Oussolie-Sibirskoïe

En parallèle des fermes de minage d'entrepreneurs locaux et des installations de petite échelle pas toujours déclarées, des projets de grande envergure ont également vu le jour, nécessitant des relations étroites avec les fournisseurs d'énergie et les pouvoirs publics locaux. Ces projets impliquent également des collaborations avec les autorités compétentes en matière de foncier et de sécurité des sites. Un exemple emblématique de telles relations politiques est la ferme numérique d'Oussolie-Sibirskoïe, qui illustre comment ces interactions peuvent prendre forme et influencer le développement et la gestion de grandes fermes de minage.

5.1.1. Un exemple d'économie politique de fermes numériques industrielles : Oussolie-Sibirskoïe

En avril 2019, plusieurs contacts locaux laissaient entendre qu'une puissante ferme de minage, d'environ 110 MW selon certains, était nichée dans la zone industrielle d'Oussolie-Sibirskoïe. Sa présence n'a pu être prouvée qu'en avril 2024 et sa localisation a tout d'un emplacement stratégique : une zone industrielle fermée, et donc protégée, et la proximité d'une centrale électrique à charbon installée pour alimenter une industrie qui a décliné depuis les années 1990 et qui pourrait donc disposer de capacités électriques disponibles à moindres coûts. La présence d'une telle installation dans une zone industrielle fermée, stratégique du temps de l'URSS du fait de la spécialisation de ses industries dans la chimie, soulève donc des questions de liens entre les propriétaires de cette ferme, le propriétaire de la centrale électrique et les autorités compétentes qui administrent cette zone. De plus, contrairement aux fermes de minage opérées par les grandes entreprises russes du secteur (BitRiver, BitCluster, Intelion, …) qui déploient des stratégies de communication pour attirer de nouveaux clients, les propriétaires de l'infrastructure d'Oussolie-Sibirskoïe ne communiquent pas publiquement sur leurs activités.

Ils semblent opérer de manière opaque, bien que l'ampleur de leur installation induise des relations avec le secteur de l'électricité ou avec les autorités locales. L'étude de cette installation au caractère particulier, qui évolue dans une certaine opacité, permet de révéler les intérêts des acteurs de pouvoir qui permettent le déploiement du minage numérique, au-delà des mineurs eux-mêmes ou des propriétaires de fermes.

A. Les modèles économiques des fermes de minage de grande capacité

Pour les grandes fermes de minage de cryptomonnaies, à l'instar de celle de BitRiver à Bratsk, des logiques industrielles sont appliquées, afin d'optimiser les coûts et répondre à des logiques de marché. Un modèle économique apparaît, entre les exploitants de fermes et leurs clients, via le modèle de cohabitation ou de *hosting*, mais aussi entre les exploitants de fermes et les propriétaires des ressources nécessaires à l'activité. Ici, nous entendons par ressource l'électricité, bien entendu, mais également le foncier dans certains cas. L'héritage industriel soviétique n'offre pas seulement une électricité bon marché pour le développement du minage numérique, il permet également de disposer d'espaces industriels, parfois abandonnés, qui ont été aménagés, transformés et équipés, « technicisés » en somme, pour une activité industrielle, notamment en ce qui concerne le transit d'électricité. Typiquement, certains de ces espaces sont déjà connectés ou proches d'une infrastructure de distribution d'électricité (ligne haute-tension, transformateur haute-capacité), voire sont à proximité directe d'une centrale électrique. Ces espaces disposent de facteurs de localisation idéaux pour de puissantes installations de minage de cryptomonnaies, car pensés en amont par le pouvoir soviétique pour accueillir une industrie nationale parfois très énergivore[464].

L'essor des installations de minage numérique de grande capacité a donc entraîné des logiques de localisation industrielles. Si l'*oblast'* d'Irkoutsk est la région de Russie (et une des régions du monde) où l'électricité est la moins chère, des logiques spatiales apparaissent également à l'intérieur de l'*oblast'*. Anton Klimov, l'auteur du photoreportage sur le minage de cryptomonnaies à Irkoutsk dans *Forbes Russia*, expliquait qu'en 2016, alors que le cours du bitcoin augmentait rapidement, plusieurs mineurs auparavant installés autour de la ville

[464] BAKIS, Henry, 2013. Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres. *Netcom. Réseaux, communication et territoires* [en ligne]. 1 octobre 2013. N° 27-3/4, pp. 351-384. [Consulté le 21 septembre 2020]. DOI 10.4000/netcom.1473. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/netcom/1473

d'Irkoutsk, avaient déménagé leurs processeurs dans de plus grandes installations[465]. Il mentionne notamment une ferme de minage à Oussolie-Sibirskoïe, ville industrielle à environ 75 kilomètres au nord-ouest de la capitale régionale. Ainsi, il devenait encore plus rentable pour les mineurs numériques d'installer leurs processeurs sur un même site et de se diviser les coûts de l'électricité entre eux. Iouri Dromashko précise que si le prix de l'électricité est similaire dans tout l'*oblast'* d'Irkoutsk, il est possible d'avoir des prix avantageux lorsqu'une quantité importante est achetée. Effectivement, le prix de l'électricité est moins élevé sur le marché de gros qu'à la vente aux particuliers. Il connaît certains des mineurs installés à Oussolie-Sibirskoïe, et même si Iouri précise qu'ils souhaitent rester dans le secret, il confie tout de même que leurs installations seraient dotées d'une capacité totale de 110 MW. C'est plus que la puissance affichée par la ferme BitRiver à Bratsk, pourtant présentée comme la plus puissante de Russie. Les logiques spatiales derrière cette recherche de rentabilité ont amené à une recentralisation d'une partie de la puissance de calcul de Bitcoin au sein d'espaces spécifiques de l'*oblast'*, et notamment les espaces industrialisés.

Notre investigation sur la présence de la ferme d'Oussolié-Sibirskoïe et ses possibles ramifications politiques et économiques est ici présentée de manière chronologique. Cela permet d'appuyer la complexité d'étudier des objets de recherche qui sont maintenus dans une certaine opacité dans des espaces fermés de Russie par des acteurs qui en ont le pouvoir ou bénéficient de l'engagement d'acteurs qui possèdent ce pouvoir. Cela permet également de présenter les différentes approches, méthodologies et outils mobilisés sur plus de cinq ans, de l'exploration par le terrain physique qui s'est soldée par un échec en 2019, à l'utilisation d'imagerie satellite en 2024, alors que la Russie était devenue inaccessible à partir de 2022.

B. Les mineurs fantômes d'Oussolié-Sibirskoïe

Lors des premières recherches en avril 2019, aucune information n'était disponible en accès libre sur Oussolie-Sibirskoïe et la possible présence d'une ferme de minage dans la zone industrielle. Celle-ci n'avait pas encore gagné son surnom le « Tchernobyl sibérien » dans la presse locale, à la suite de la révélation en 2021 du scandale écologique de la contamination des sols au mercure. La première étape de l'enquête en 2019 a été de questionner tous les contacts rencontrés sur l'existence de cette ferme, à partir des quelques informations partagées

[465] Rencontré en mars 2019 à Irkoutsk, Russie.

par Iouri. Cette démarche reste limitée, l'information récoltée pouvant être biaisée, volontairement ou non, par les personnes interrogées, mais elle a été essentielle pour débuter cette enquête.

Lors d'échanges avec le photographe Anton Klimov , ce dernier explique qu'il a plusieurs fois essayé d'obtenir une autorisation pour se rendre dans la zone industrielle, via une dizaine de contacts différents. Lui qui a pourtant pu photographier les salles de contrôle de la centrale électrique d'Irkoutsk n'a jamais obtenu de retour. Lors d'une deuxième rencontre, Iouri Dromashko, précise que c'est *via* « un gars d'Oussolié », un des mineurs installés dans cette zone industrielle, qu'il a acheté ses premiers processeurs en 2016, alors qu'ils étaient fraîchement installés.

> « Je ne suis jamais allé à Oussolié. Je ne sais pas grand-chose. Ils sont allés là-bas parce qu'il y a beaucoup de friches industrielles et de l'électricité. Je ne pense pas qu'ils aient eu de tarifs spécifiques sur l'électricité. Ces mineurs de cryptomonnaies ont essayé de trouver un endroit pour miner pendant une certaine période. Et les friches devaient leur convenir. Tu sais, l'électricité a besoin de transport, de câbles. C'était sûrement beaucoup plus simple de s'installer là-bas et [d'investir] certaines usines avec une connexion électrique déjà présente. Ils pouvaient se mettre en commun pour demander plus de 110 MW, et se partager une facture électrique moins chère. Le prix de l'électricité est sensiblement le même dans toute la région. Mais le prix au kilowatt est moins cher si l'on prend 110 MW plutôt que 10 MW. Cela dépend de la taille de l'installation, enfin plutôt de l'énergie qu'elle consomme. » Entretien n°2 avec Iouri Dromashko, avril 2019, Irkoutsk.

Mais, lorsque lui sont demandées des précisions sur les acteurs et les entreprises présentes et s'il était possible d'entrer en contact avec eux ou de se rendre sur place, Iouri reste évasif et semble vouloir décourager toute tentative de visite.

> « Non, je ne pense pas que ce soit ouvert [accessible]. Ce n'est pas très gros, les fermes d'ASICs ne sont pas si grandes. Je n'ai pas plus d'informations là-dessus, je connais les gens qui minent là-bas, mais je ne leur pose pas de question. Je les connais bien à Oussolié. Mais ils veulent du secret. Ils ne veulent pas de photos dans *Forbes*, par exemple. » Entretien n°2 avec Iouri Dromashko, avril 2019, Irkoutsk.

Konstantin Lagoutine, le cryptoanarchiste d'Irkoutsk, indique quant à lui avoir été en contact avec les propriétaires de la ferme. Il déplore que l'activité y soit faite seulement pour des raisons pécuniaires, pas pour soutenir l'idéal qu'il voit lui-même en Bitcoin, et qu'elle implique des personnalités de pouvoir.

> « Dans la zone industrielle, il y a beaucoup de fermes de différentes personnes. Ce sont plusieurs bâtiments qui datent de l'URSS. Moi non, je n'ai pas été accepté [d'aller] là-bas, alors que

> j'avais des mineurs [processeurs] à héberger. Oui, le minage, là-bas, c'est pour l'argent. Et malheureusement pour être changé en fiat [en monnaie fiduciaire, comme le rouble ou le dollar]. À Oussolie-Sibirskoïe, vous avez des gens du gouvernement qui minent. Ils veulent juste générer de l'argent, ils ne comprennent rien au minage. » Entretien avec Konstantin Lagoutine, avril 2019, Irkoutsk.

Il confirme également la capacité disponible de 110 MW des installations, information qu'il a recueillie lors de ses démarches pour y faire héberger ses processeurs. Konstantin indique aussi, la carte Openstreetmap représentant la totalité de la municipalité d'Oussolie-Sibirskoïe, imprimée et apportée lors de l'entretien, l'emplacement approximatif d'une autre ferme, de 6 MW, nichée quelque part dans une plus petite zone industrielle de la ville (voir Carte 8). Il n'y aura pas davantage de détails sur le minage à Oussolie-Sibirskoïe de la part des mineurs rencontrés à Irkoutsk, malgré les relances lors des entretiens. Ils ne semblaient pas vouloir partager leurs informations sur ce qui semblait être un minage numérique mené dans une opacité voulue et entretenue, consciemment ou non, par les personnes interrogées. À ce stade, à la fin du mois de mars 2019, il était quasi certain que des acteurs avaient pu installer une puissance de calcul énergivore dans une zone critique à accès restreint.

Un autre contact a, quant à lui, pu visiter cette fameuse zone industrielle. Igor Sherbakov est journaliste pour un média local d'informations généralistes, initialement rencontré pour parler d'un sujet totalement différent[466]. Alors que le sujet du minage et de la potentielle ferme de minage à Oussolie-Sibirskoïe est mentionné, il raconte qu'il a eu l'opportunité d'être invité, plus tôt en 2019 et avec d'autres journalistes, à visiter la zone industrielle afin qu'il puisse témoigner des chantiers en cours pour la dépolluer. Il ne travaillait pas directement sur l'actualité liée au minage de cryptomonnaies, mais avait entendu parler de potentielles fermes au sein de la zone industrielle. Il a pris une photographie de ce qu'il pense être une ferme de minage. Selon lui, l'état apparent de l'édifice, qui paraissait alors entretenu et fonctionnel tout de bleu peint, détonnait avec le reste de la zone industrielle constituée de bâtiments qui laissaient apparaître un abandon quasi certain.

[466] J'étais à l'époque aussi pigiste pour le média francophone *Le Courrier de Russie*, et je couvrais la contestation populaire de l'installation d'une usine chinoise sur les rives du Baïkal, qui devait ponctionner l'eau du lac, avant de l'embouteiller afin qu'elle soit commercialisée en Chine

C. Un emplacement stratégique pour le minage numérique, hérité de l'histoire industrielle soviétique locale

Quatre jours avant la fin de ce premier terrain, la décision fut prise de visiter Oussolie-Sibirskoïe. Un itinéraire est tracé depuis la gare d'arrivée et permet de passer devant la petite zone industrielle susceptible d'abriter la ferme de minage de 6 mégawatts (voir Photographie 8), et d'atteindre l'enceinte de la principale zone industrielle où seraient branchés 110 mégawatts de processeurs (voir Carte 8). L'objectif principal est de mieux comprendre et surtout visualiser, par la découverte réelle des lieux, les caractéristiques d'Oussolie-Sibirskoïe qui en ont fait un espace attractif pour des mineurs de cryptomonnaies.

La préparation de cette excursion permet de se rendre compte de l'organisation spatiale d'Oussolie-Sibirskoïe, typique des petites villes mono-industrielles soviétiques. Cette « *monogorod* » est composée d'un centre résidentiel, principalement des barres d'immeubles d'habitation, qui constitue le cœur de la ville, prolongé par des quartiers d'isbas, petites maisons individuelles en bois caractéristiques de Sibérie. Puis, séparée par un peu plus d'un kilomètre de distance, se trouve la principale zone industrielle, le deuxième cœur de la ville. La zone résidentielle et la zone industrielle sont reliées par un tramway, qui permet aux résidents de la première zone de devenir la force de travail de la seconde. Les caractéristiques qui font de cette ville un espace attractif pour le minage sont intimement liées à son passé industriel du temps de l'URSS.

Oussolie-Sibirskoïe est l'une des plus anciennes implantations russes dans la région d'Angara, d'abord fondée au XVIIe siècle par des cosaques qui colonisaient la région après avoir découvert un gisement de sel sur les berges de la rivière[467]. Oussolié et ses usines de sel sont très vite devenues le réceptacle de forçats exilés par l'Empire russe, notamment suite à la nationalisation de la ville et de ses industries dans la deuxième moitié du XVIIIe siècle. L'endroit fut également peuplé de quelques Décembristes. L'abolition du servage dans l'Empire au milieu du XIXe siècle a entraîné une augmentation du travail salarié à Oussolié, qui a obtenu le statut de ville en 1925, dans ce qui était désormais la République socialiste fédérative de Russie depuis la Révolution de 1917. Dans les années 1930, la principale zone

[467] Усолье-Сибирское: история. *PriBaikal* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.pribaikal.ru./usolye-sibirskoe/usole-sibirskoe-istorija.html

industrielle de la ville commence à être développée, avec la création d'Oussoliékhimprom (*Усольехимпром*), un complexe d'usines chimiques qui commence à être opérationnel en 1936. Avec le déclenchement de la Seconde Guerre mondiale, la Grande Guerre patriotique (1941 – 1945) comme désignée en (ex-)URSS, la zone industrielle chimique est devenue plus importante, prenant le relais de sites de production désormais trop proches du front. Ainsi, durant la guerre, Oussolié est devenue le seul lieu de production de chlore et de soude caustique à l'est de l'Oural et permettait également à l'Armée rouge d'être dotée en gaz moutarde[468]. Après le conflit, la ville a renoué avec son passé d'accueil de forçats, depuis l'apparition d'un camp du Goulag, Ouslag, de 1947 à 1953.

Mais c'est surtout à partir des années 1960 que la zone industrielle va prendre les formes spécifiques qui en feront une localisation attractive pour le minage de cryptomonnaies. Une centrale électrique à charbon est construite pour alimenter l'industrie chimique qui devient de plus en plus spécialisée : caoutchouc synthétique (1968), méthylcellulose (1969), hypochlorite de calcium neutre (1974), calcium métallique (1980) ou encore sodium métallique (1983)[469]. Certaines de ces productions sont les toutes premières sur le sol soviétique, Oussolkhimprom permet même la production de monocristaux de sel à la pureté spécifique, utilisés dans l'industrie nucléaire ou encore la médecine et la biologie de pointe. Mais comme beaucoup de secteurs en Russie, et plus globalement en URSS et dans les pays socialistes, les années 1990 marquent le début de la crise pour cette ville industrielle. Oussoliékhimprom, qui employait 11 000 personnes, soit plus de 10% de la population totale de la ville en 1990, passe à 7 700 employés, avant de définitivement fermer ses portes en 2002. Après avoir racheté Oussoliékhimprom et les usines de silicones adjacentes d'Oussol-Sibirskiï Silicone, la société Nitol lance la production de matériaux de pointe pour la confection de panneaux solaires, employant jusqu'à 4 500 personnes. Mais Oussol-Sibirskiï fait faillite en 2016, et Oussolekhimprom disparaît définitivement l'année suivante, chute suivie par celle de Nitol en 2019.

Ce serait au milieu d'une zone industrielle soviétique, à l'activité en berne, dont les sols sont désormais pollués par des décennies de production d'éléments chimiques en tous genres, que

[468] TIKHONOV, Sergey, Предприятия № 61-100. *Оборонпром* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://oboron-prom.ru/predpriyatiya-61-100.html
[469] ТЭЦ-11. *Global Energy Monitor* [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.gem.wiki/Irkutsk-11_power_station

des individus non-identifiables auraient installé l'un des plus puissants sites de minage numérique de Sibérie, si ce n'est de Russie. Ainsi, se dessinent peu à peu les logiques derrière la présence de cette ferme, dont les propriétaires ont tiré profit d'infrastructures, industrielles et énergétiques, planifiées et construites par les autorités soviétiques, rendues disponibles par la désindustrialisation consécutive à la chute de l'URSS. Cette étude de cas permet de prendre conscience du lien entre l'héritage industriel soviétique et le développement du minage de cryptomonnaies.

5.1.2. De la complémentarité des terrains physiques et numériques : une virée à Oussolie-Sibirskoïe

A. La visite sur site pour t'enter d'observer un minage de cryptomonnaies dissimulé dans les ruines de l'industrie soviétique

Le 16 avril 2019, l'*elektritchka*, un type de train électrique intercommunal présent dans de nombreux espaces postsoviétiques, arrive à Oussolie-Sibirskoïe. À la sortie de la gare, se découvre le centre-ville d'une cité industrielle sur le déclin. Avec le retour du froid, de la neige et du temps grisâtre qui entretiennent une atmosphère maussade et ne subliment pas la ville, l'impression qui frappe en premier est celle d'un espace urbain sinistré. Plusieurs bâtiments sont en ruines, et les barres d'immeubles décrépies, *khrouchtchevki* typiques des années 1960, ne rajoutent qu'une nuance de gris supplémentaire à ce paysage urbain morose[470].

[470] Les *khrouchtchevki* (*хрущёвки*) sont des immeubles d'habitation standardisés, construits massivement en URSS à partir de la fin des années 1950, sous Nikita Khrouchtchev. Ils sont caractérisés par leur architecture simple, économique et fonctionnelle pour loger rapidement la population urbaine.

L'itinéraire tracé le long des rails du tramway, donc les quelques rames qui l'empruntent semblent totalement vides, amène jusqu'à la première étape de cette excursion : une petite zone industrielle à l'est du centre-ville. Après une longue marche sur les restes éclatés et gelés de trottoirs et de pistes, le complexe censé renfermer des ateliers de transformation de bois est atteint. Cerné par des palissades de métal et de béton, l'endroit a l'air , comme une partie du reste d'Oussolié, abandonné. Pourtant, au sein d'un promontoire surélevé qui fait office de mirador au niveau de l'une des entrées, se distingue la silhouette d'une personne qui surveille l'entrée. La décision est prise de ne pas passer trop de temps à cet endroit et de seulement le photographier fugacement[471].



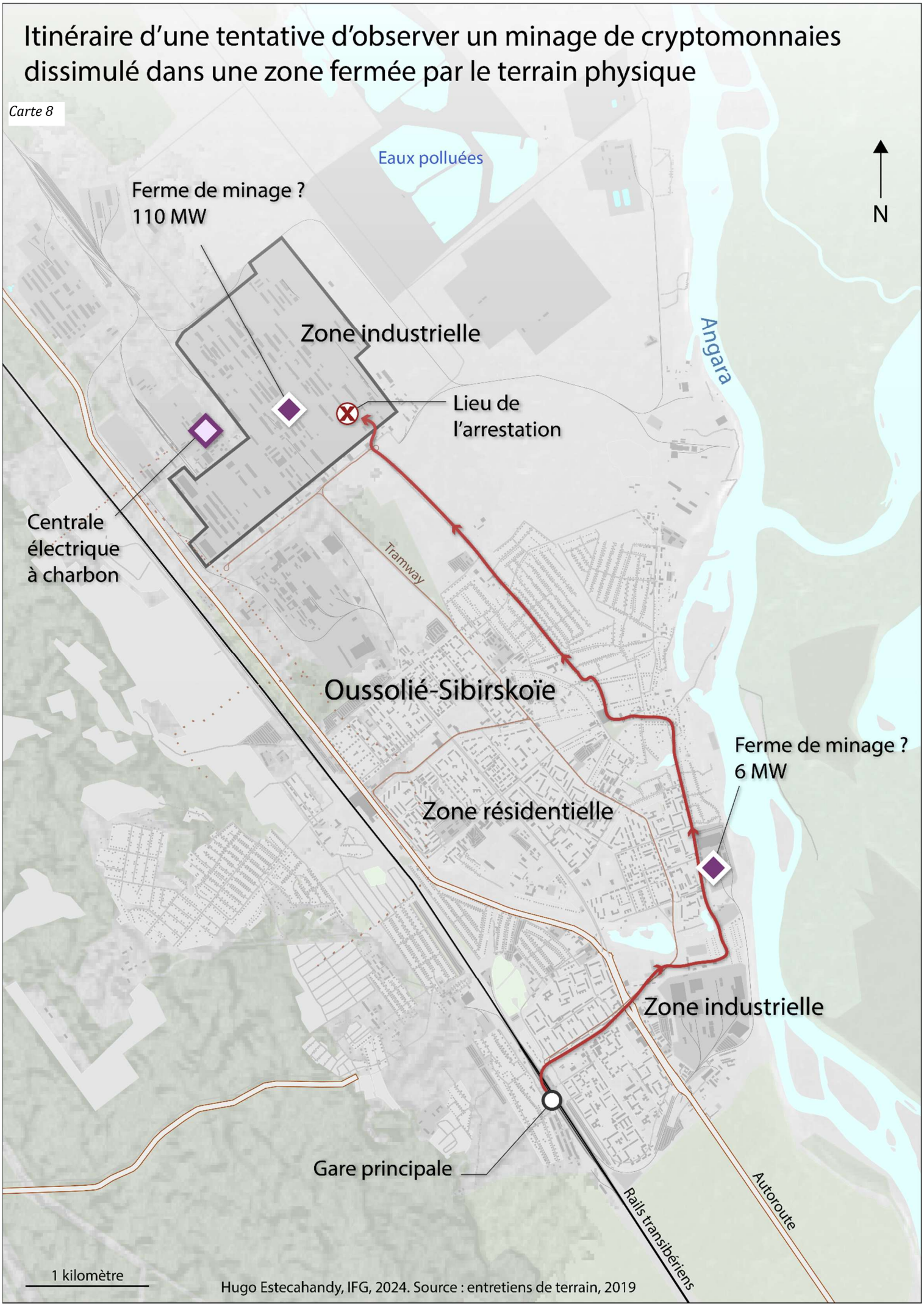
Photographie 8 Une des entrées de la petite zone industrielle à l'est d'Oussolie-Sibirskoïe. Hugo Estecahandy, avril 2019.

Après avoir traversé un quartier d'isbas, très sommaires, mais qui ont le mérite d'apporter un peu de couleur dans des espaces sinistrés et isolés aux relents postapocalyptiques, il ne reste plus qu'à arpenter, sous la neige et le vent, le dernier kilomètre de route qui sépare les zones résidentielles de la zone industrielle.

[471] L'idée était de ne pas attirer l'attention sur ma présence pour pouvoir continuer mon trajet jusqu'à la zone industrielle. J'en profite tout de même pour prendre une rapide photographie avec mon téléphone, laissant mon appareil photo dans mon sac pour ne pas paraître trop suspect.

Itinéraire d'une tentative d'observer un minage de cryptomonnaies dissimulé dans une zone fermée par le terrain physique

Carte 8



Hugo Estecahandy, IFG, 2024. Source : entretiens de terrain, 2019

Le caractère descriptif de ce passage permet, d'une part, de décrire l'espace étudié, en rendant compte des fragilités de zones industrialisées touchées de plein fouet par la disparition de l'URSS au sein desquelles certaines fermes de minage sont installées ; et d'autre part, de mettre en avant les limites de l'approche par le terrain physique, en ce qui concerne notre objet d'étude, dans des espaces industriels fermés de Russie. Malgré un déplacement physique vers les lieux concernés par notre étude, braver des conditions météorologiques épouvantables pendant deux heures de marche ne permet pas de vérifier les informations partagées par les contacts. Ces limites deviendront bien plus prégnantes une fois la zone industrielle atteinte.

Le territoire de la zone industrielle est fermé par une imposante palissade de béton, qui fait le tour de l'ancien complexe chimique. Au sein d'une bâtisse, abandonnée et en ruine, mitoyenne au mur d'enceinte, un trou béant permet d'accéder à l'intérieur de la zone. Une fois à l'intérieur, les lieux ont l'air complètement abandonnés, bien que le passage de camions de chantier ne vienne contredire cette idée première. Les quelques bâtiments présents ont l'air abandonnés depuis plusieurs années. Les pistes de la zone sont rectilignes et forment un quadrillage de bâtiments en ruines ou de terrains en friche.

Il n'y eut que quelques mètres de parcourus avant que les forces de sécurité qui surveillaient la zone industrielle n'interviennent (voir Encadré 10). Au-delà de signifier l'arrêt de cette exploration et par extension de ce terrain, à la fois à Oussolie-Sibirskoïe et en Sibérie, cette arrestation a permis de rendre compte d'un important dispositif de sécurité au sein d'une zone industrielle qui était censée être abandonnée. Outre les agents de ce qui semblait être une société privée, la présence d'hommes de la « Rosgvardïia » (« *Росгвардия* »), la garde nationale russe créée trois ans auparavant, apporte des interrogations supplémentaires. Bien que la vétusté de leurs Kalachnikovs et de leur *boukhanka* grise laisse supposer qu'ils n'appartenaient pas à l'élite de la troupe, ils traduisaient un intérêt des autorités fédérales pour la zone[472].

[472] *Boukhanka* : surnom qui signifie « miche de pain », donné au véhicule de type combi de la marque UAZ, typique de l'époque soviétique et encore très courant en ex-URSS, qui fut au départ une copie du Combi Volkswagen : https://www.uaz.ru/

Encadré 10

L'ARRESTATION

À peine avais-je parcouru quelques mètres dans la zone industrielle et pris deux ou trois photos, que vois soudain deux voitures foncer vers moi et s'arrêter en dérapant. Quatre hommes en sortent, m'interpellent en russe familier, jurons inclus, et m'expliquent que je suis dans une zone interdite. Je me présente comme étudiant en échange à Moscou, venu visiter Irkoutsk et le lac Baïkal, et m'invente soudainement une passion pour l'urbex afin de justifier ma présence. Devant mon russe volontairement maladroit et l'absence de connexion Internet mobile suffisante pour utiliser une application de traduction, ils m'invitent à monter dans leur voiture pour attendre à l'abri de la neige. Les deux gardes, originaires d'Oussolie-Sibirskoïe, comprennent que je ne représente pas une menace et se dirigent vers la sortie. Devant le portail, par lequel je pensais encore sortir quelques secondes plus tard, nous attendons certains de leurs « collègues » : un vieux fourgon *boukhanka* arrive, et deux hommes en uniforme de la Garde nationale russe, armés de kalachnikovs rouillées, en descendent. Après un bref échange pour conclure qu'aucun d'entre eux ne parlait assez bien anglais pour converser avec moi, et une tournée de cigarette offerte par mes soins pour détendre l'atmosphère, ils repartent. Mais au lieu de quitter la zone, les gardes m'emmènent voir leurs « patrons ».

Je n'ai malheureusement pas l'espace nécessaire pour décrire toute l'absurdité des heures qui ont suivi. Dans le bâtiment de la société de sécurité, l'une des seules pièces qui semblent subsister d'un immeuble en béton, on me sert du thé et des biscuits. Les gardes qui m'ont arrêté sont jeunes, originaires de la ville, c'est apparemment leur première rencontre avec un étranger, et l'ersatz de conversation que nous avons ne touche aucun sujet très élaboré. Soudainement, l'un d'eux reçoit un appel et ils se raidissent aussitôt : leurs « chefs » arrivent. En un clin d'œil, le thé et les biscuits ont disparu. Bons camarades, ils me conseillent de supprimer les photos que j'aurais pu prendre dans la zone. Je me précipite vers mon sac, supprime les derniers clichés de mon appareil et en profite pour écraser au fond de mon sac les cartes de la ville que j'avais imprimées, bariolées d'indications. Les deux supérieurs arrivent, le premier claque des doigts, et les jeunes gardes disparaissent sans mots dire. Ils ne parlent pas anglais non plus, l'interrogatoire ne peut jamais vraiment commencer et l'ambiance est aussi pesante que burlesque. Afin de faire dévier la conversation sur un autre sujet que ma présence dans la zone, je leur mentionne l'incendie de la cathédrale Notre-Dame survenu quelques jours avant, ce à quoi ils répondent en se croisant et par des mots d'une grande compassion. J'essaie de leur expliquer que le dernier train part pour Irkoutsk dans moins de deux heures, et qu'il ne faudrait pas que je tarde. Il me répond qu'ils ont encore des questions, et qu'ils attendent un autre de leurs collègues. Alors qu'ils insistent à nouveau, je change de sujet en leur partageant mon « étonnement » d'avoir vu « autant de Chinois à Irkoutsk », ce à quoi ils réagissent en partant dans un dialogue entre eux teinté d'énervement et de remarques racistes. Le troisième homme arrive, un colosse de deux mètres de haut qui remplit quasiment tout l'encadrement de la porte, uniforme militaire et coupe en brosse. Il se saisit d'une chaise en métal, la traîne sur le sol en béton jusqu'à mon niveau, la retourne et s'installe dessus en me fixant. Je pensais alors que l'arrivée de cet Action-man sibérien signifiait le début de mes réels problèmes. Mais il ne parlait pas anglais non plus. Finalement, las, l'un des deux supérieurs m'a ramené à Irkoutsk en voiture, se montrant assez amical. Je quittais la Sibérie le lendemain matin, avec le premier vol.

À ce stade de l'enquête, en avril 2019, peu de choses sont connues : il y a très probablement une ou plusieurs fermes de minage au sein de la zone industrielle d'Oussolie-Sibirskoïe et cette installation, si elle existe et est fonctionnelle, est opérée sein d'un espace très fermé, surveillé par la Garde nationale russe, un organe qui relève directement de la Présidence russe. Les propriétaires de cette ferme de minage semblaient alors disposer d'un accès privilégié.

B. Le terrain numérique pour compléter les limites du terrain physique : retour dans le « Tchernobyl de Sibérie »

L'arrestation et le départ de Sibérie, puis de Russie, en 2019 ont entraîné l'arrêt de cette enquête, l'acquisition d'informations supplémentaires étant peu probable. En 2024, lors de la rédaction de cette thèse, il fut décidé de revenir à Oussolie-Sibirskoïe, non pas physiquement, car le terrain n'était plus accessible, mais par le biais d'images satellites disponibles sur Google Earth Pro[473]. Lors de la comparaison des clichés satellites de la zone industrielle pris en juillet 2019 avec des images plus récentes, qui dataient de septembre 2023 à l'époque, il était clairement visible que la très grande majorité des bâtiments avaient été démolis, sauf quelques-uns. Et au milieu des terrains en friche, le peu de bâtit qui subsistait présentait toutes les caractéristiques d'installations de minage de cryptomonnaies (voir Planche 1).

En reprenant l'enquête en avril 2024, il a été possible de comprendre les raisons des profondes transformations subies par ce territoire en cinq ans, ainsi que de restituer le contexte dans lequel il se trouvait au moment de la visite de terrain. Surtout, l'examen des bâtiments subsistants a permis, cinq ans après le début de l'investigation, d'identifier les fermes de minage recherchées à l'époque. L'observation d'un premier bâtiment a ainsi révélé les principales caractéristiques propres à une ferme de minage, reconnaissable notamment aux transformateurs électriques installés à l'extérieur et à un mur d'enceinte destiné à protéger les processeurs d'éventuelles intrusions (voir Planche 1).

[473] Google Earth Pro est un logiciel de cartographie qui permet de visualiser la surface de la Terre grâce à des images satellites. L'une des options permet de comparer différents clichés d'un même emplacement pris à des époques différentes.

A Oussolié-Sibirskoïe, un minage numérique installé dans une zone industrielle fermée et sinistrée

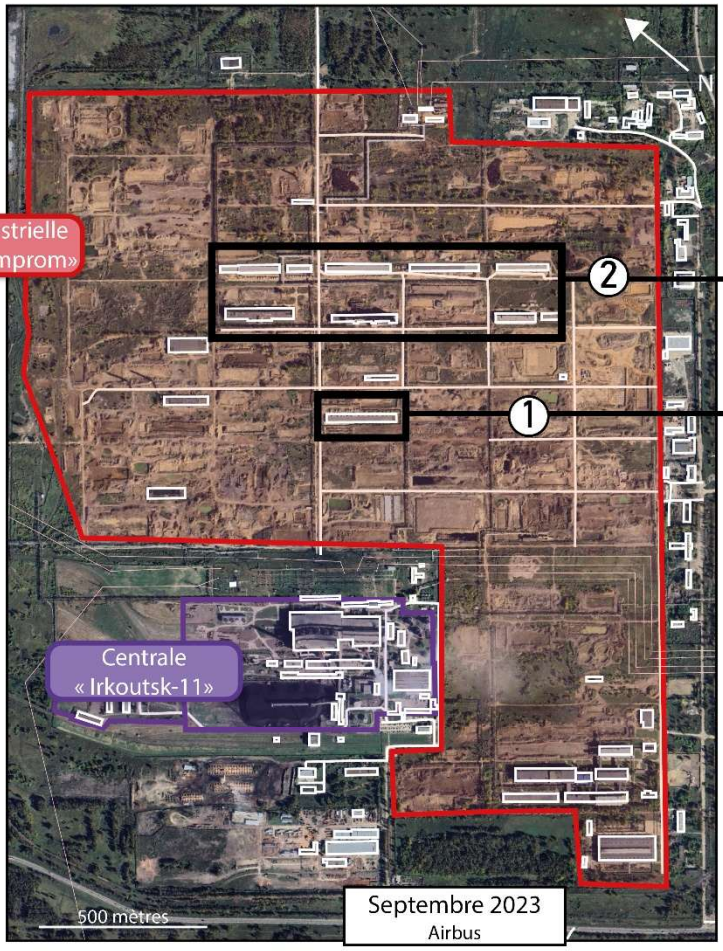
Planche 1

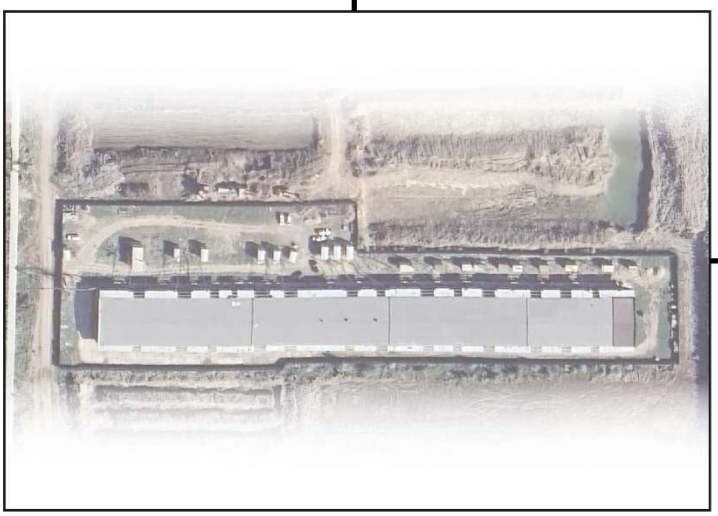
① Ferme de minage 1

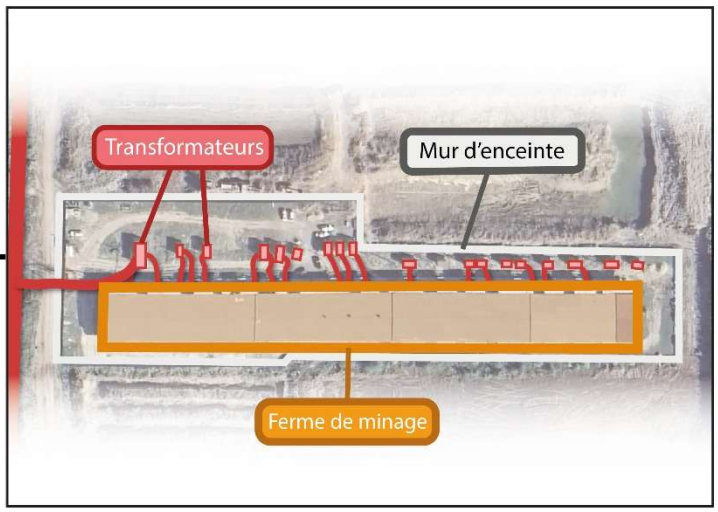
② Ferme de minage 2











Hugo Estecahandy, IFG, 2025. Sources : Google Earth

Puis, en continuant à « survoler » la zone industrielle d'Oussolie-Sibirskoïe, vers le nord, un ensemble de bâtiments industriels semble avoir connu le même type de réhabilitation que le premier (voir « Ferme 2 » sur la carte « Planche 1 »). Si la présence de ces fermes n'avait pas été relevée en 2019, perdues au milieu de plusieurs autres bâtiments, l'image satellite capturée en juillet 2019 confirme qu'elles étaient déjà installées. En revanche, les transformateurs périphériques semblent absents sur une capture satellite précédente d'avril 2018. Ainsi, la mise en route de la ferme de minage devait être récente lors du terrain de 2019.

Des recherches complémentaires ont permis de confirmer qu'il s'agissait bien de fermes de minage de cryptomonnaies, et de comprendre plus en détail l'évolution de cet espace industriel entre 2019 et 2024. Cela faisait depuis 2018 que le gouvernement régional d'Irkoutsk demandait à ce que le site soit décontaminé du mercure qui était présent en grandes quantités dans les sols, mais la zone industrielle étant une propriété fédérale, le pouvoir régional ne pouvait intervenir directement. La région a porté par deux fois sa requête au niveau du ministère des Ressources naturelles, qui ne pouvait pas accepter tant qu'Oussoliékhimprom n'avait pas officiellement fait faillite. En juillet 2019, la directrice du Rosprirodnadzor, l'agence de régulation du Ministère, Svetlana Radionova, qualifiait Oussoliékhimprom de « second Tchernobyl »[474]. En plus de la pollution entraînée par le fonctionnement des usines, d'importantes quantités de produits chimiques ont été enterrées sur site dans des containers peu étanches, dont le contenu s'est ensuite infiltré dans le sol. Le 30 juillet 2020, Vladimir Poutine annonçait personnellement l'urgence de décontaminer le site d'Oussoliékhimprom et confiait la tâche « au ministère de la Défense, au ministère des situations d'urgence, à la garde nationale » et à tout autre ministère nécessaire[475]. Ainsi, la protection de la zone par la Rosgvardiïa devenait instantanément officielle et le 20 août 2020, bien qu'elle était déjà effective en avril 2019, un décret chargeait l'Opérateur fédéral pour l'Environnement, une agence de l'entreprise d'État Rosatom, de mener la décontamination du site. Cette décontamination consiste surtout en une démercurisation, une dépollution des sols contaminés au mercure.

[474] *Чернобыль номер два*. (2019, July 25). Коммерсантъ. https://www.kommersant.ru/doc/4040685
[475] *Катастрофа в Усолье-Сибирском: как ртуть, свинец и фосфаты стали неотъемлемой частью жизни людей, 2021. [en ligne]. [Consulté le 24 mai 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=_4DqTkFKpBA*
2020. Путин поручил срочно изолировать промышленную площадку в Усолье-Сибирском. Коммерсантъ [en ligne]. [Consulté le 24 mai 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.kommersant.ru/doc/4435070

Au-delà de la seule décontamination du site d'Oussoliékhimprom, Rosatom a de grands projets pour le futur post-industriel de ce site. La construction d'un Centre fédéral chimique est notamment prévue, il devrait permettre le recyclage de déchets dangereux provenant de tout l'*oblast'*[476]. Aussi ambitieux que symbolique, ce centre sera la pièce maîtresse de l'écotechnoparc « Vostok », qui devait ouvrir en 2024, mais dont aucune trace d'activité n'avait pu être détectée en 2024[477]. Le nettoyage complet est prévu pour 2027. Plusieurs reportages ont été réalisés par des journalistes et créateurs de contenus russes, dont le très complet papier de *Komsomol'skaïa Pravda* qui est complété par de nombreuses photographies[478]. Mais c'est surtout un reportage vidéo de la chaîne Youtube *Sortirovotchnaïa* qui apporte la preuve du fonctionnement des fermes de minage. Entre des interviews de résidents d'Oussolie-Sibirskoïe et quelques plans sur les liquidateurs qui décontaminent des blocs de béton, images qui rappellent les archives de la catastrophe de Tchernobyl, l'objectif de la caméra est tourné vers de grands ventilateurs en fonctionnement incrustés dans un mur au-delà d'une palissade surmontée de fils barbelés[479]. Le présentateur explique qu'une ferme de minage de cryptomonnaies fonctionne au sein de la zone industrielle, et qu'elle permettrait la survie de la centrale électrique adjacente, entrée en banqueroute avec la disparition de l'activité industrielle.

C. Une géopolitique locale du minage

C'est une première confirmation de la présence de la ferme ; le documentaire a été tourné et publié en 2021 ; en dehors des images satellites, qui sont visibles vers le début de la sixième minute. Ces images révèlent, en plus du barbelé au-dessus de la palissade, des caméras de vidéosurveillance placées sur les façades extérieures. Une mesure de protection classique pour ce type d'installations, parfois soumises aux vols comme le rappelle le témoignage de Iouri Dromachko dans le chapitre précédent. En février 2022, à Oussolié justement, ont été arrêtés plusieurs jeunes âgés de 18 à 25 ans qui ont volé de l'équipement de minage dans plusieurs quartiers de la ville d'Irkoutsk, pour une valeur de 1,5 million de roubles.

---

[476] VARSEGOVA, Natalia, 2021. Усольехимпром: прошлое, настоящее и будущее [Usoliekhimprom: past, present and future]. *Komsomolskaya Pravda* [en ligne]. 2021. [Consulté le 24 mai 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.kp.ru/putevoditel/spetsproekty/usolekhimprom/

[477] KUZEVANOV, Victor, 2023. Usolye-Sibirskoe: From risky nature management to an eco-logical city. Relevance of the 24th session. Scientific adviser of the 24th session. In : *Conference: USOLYE-SIBIRSKOYE – INDUSTRIAL ECO-CITY OF THE FUTURE, 13th Feb - 11th March, 2023*. 13 février 2023.

[478] VARSEGOVA, Natalia, 2021. *Op. cit.*

[479] *Катастрофа в Усолье-Сибирском: как ртуть, свинец и фосфаты стали неотъемлемой частью жизни людей, 2021. [en ligne]. [Consulté le 24 mai 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=_4DqTkFKpBA*

La présence de la ferme de minage à Oussolie-Sibirskoïe soulève des questions sur le type de partenariat et de relations nouées par les propriétaires. Située dans une zone d'exclusion, elle bénéficie probablement de relations au niveau fédéral. Les propriétaires de cette ferme doivent entretenir des relations politiques solides, tant avec la municipalité d'Oussolie-Sibirskoïe qu'avec les autorités fédérales, ou encore Rosatom qui n'est pas étranger à l'industrie du minage de cryptomonnaies (des fermes sont alimentées à partir de certaines de ses centrales nucléaires, dans l'ouest de la Russie).

Certains cas de minage de cryptomonnaies non déclarés réalisés sans autorisation et soutien politique ont entraîné des affaires judiciaires à Oussolie-Sibirskoïe et illustrent la nécessité de nouer de solides partenariats locaux. En avril 2023, un homme d'affaires local a été condamné à payer plus de 500 000 roubles pour utilisation illégale de l'électricité[480]. En novembre 2023, une autre arrestation a eu lieu dans un lotissement près d'Oussolié, où un individu a été sanctionné pour une consommation excessive d'électricité tout en payant le tarif domestique. Il a dû payer une amende de 140 000 roubles, ce qui renforce l'idée que des relations adéquates sont essentielles pour miner légalement dans cette zone[481].

Mais surtout, au-delà des propriétaires de la ferme, c'est la centrale électrique locale qui tire profit de cette situation. En effet, la centrale électrique, autrefois en banqueroute suite à la chute de l'activité industrielle de la zone, est aujourd'hui une infrastructure clé pour la ferme numérique. Cette centrale, comme toutes les autres centrales à charbon de l'*oblast'* d'Irkoutsk, appartient au groupe EN+, via la Baikal Energy Company et Irkutskenergo, qui devient directement l'un des principaux bénéficiaires de la ferme, la relation directe entre les propriétaires de la ferme et le fournisseur d'électricité ne faisant plus aucun doute. Nous allons désormais voir comment EN+ est devenue un acteur incontournable du minage numérique à Irkoutsk, et comment le groupe a participé à l'émergence de l'*oblast'* en « bassin cryptominier ».

[480] 2023. Полмиллиона рублей заплатил бизнесмен из Усолья-Сибирского за незаконную майнинг-ферму. *ИРСИТИ.ру* [en ligne]. [Consulté le 29 septembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://ircity.ru/text/business/2023/04/18/72230162/

[481] 2023. Житель СНТ под Усольем-Сибирским полгода занимался майнингом. *IRK.ru* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.irk.ru/news/20231107/mining/

5.2. La co-construction d'un secteur stratégique I : EN+, l'empire énergétique qui alimente les infrastructures numériques de l'*oblast'* d'Irkoutsk

EN+, de par ses possessions, est l'acteur le plus important des énergies à Irkoutsk, l'entreprise y détient toutes les centrales de génération d'électricité[482]. Cette maîtrise des infrastructures électriques découle d'une stratégie dite de « capture de l'État », et donc de prise de possession, par des acteurs privés, qui profitèrent de la déliquescence de l'Union soviétique pour s'accaparer des industries et infrastructures auparavant étatiques[483]. Cette mainmise sur l'énergie électrique a permis à EN+, et donc à son fondateur Oleg Deripaska, d'à la fois assurer la sécurité d'alimentation énergétique des usines d'aluminium de Rusal, qu'il a également capturée, mais aussi d'assurer un certain pouvoir sur l'*oblast'* d'Irkoutsk, un pouvoir que nous qualifions d' « énergopolitique », un pouvoir politique que peuvent acquérir certains États ou acteurs privés par le contrôle des énergies. En 2011, Dominic Boyer porte ce concept qu'il juge nécessaire en anthropologie pour compléter des approches qui se raccrochent trop, selon lui, à une approche biopolitique développée par Michel Foucault, c'est-à-dire à l'analyse des formes d'exercice du pouvoir qui se concentrent davantage sur les individus et les populations que sur les territoires qu'ils habitent[484]. Pour Boyer, à l'ère de l'Anthropocène, où les activités humaines exploitent et impactent profondément et durablement la nature, il est nécessaire de compléter l'approche biopolitique en intégrant l'analyse d'un exercice du pouvoir qui repose sur la maîtrise des énergies. Cette approche permet de mieux comprendre comment, par la maîtrise

[482] . Toutes, sauf une : la petite centrale hydroélectrique de Mamakan (86 MW), proche de la petite ville isolée de Bodaïbo, construite dans le nord de l'oblast' pour opérer les mines d'or de la région. En 1912, sur l'un des sites d'extraction d'or de la Lenzoloto, entreprise propriétaire de plusieurs mines d'or dans la région de la Léna, une grève ouvrière est violemment réprimée. L'armée tire sur les grévistes et tue, selon, les sources, entre 150 et 500 mineurs.

[483] Sur la « capture de l'État », terme sur lequel nous revenons par la suite, voir : HELLMAN, Joel S, JONES, Geraint et KAUFMANN, Daniel, 2003. Seize the state, seize the day: state capture and influence in transition economies. *Journal of Comparative Economics* [en ligne]. Décembre 2003. Vol. 31, n° 4, pp. 751-773. [Consulté le 30 mai 2024]. DOI 10.1016/j.jce.2003.09.006. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147596703001021

[484] BOYER, Dominic, 2011. Energopolitics and the Anthropology of Energy. *Anthropology News* [en ligne]. Mai 2011. Vol. 52, n° 5, pp. 5-7. [Consulté le 8 avril 2024]. DOI 10.1111/j.1556-3502.2011.52505.x. Disponible à l'adresse : https://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1556-3502.2011.52505.x
BOYER, Dominic, 2014. Energopower: An Introduction. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 309-333, p. 321. [Consulté le 20 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0020. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545589

de l'électricité dans une région propice au fonctionnement de matériel informatique, EN+ est devenu acteur privilégié pour le développement d'industries numériques. Avant de nous pencher sur la relation symbiotique entre EN+ et le minage de cryptomonnaies, nous allons voir comment cette « énergopouvoir » de Deripaska et sa proximité avec Vladimir Poutine, a amené le Président russe à faire d'EN+ le principal acteur du développement de centres de données censés poser les premiers jalons techniques de la souveraineté numérique russe.

5.2.1. De la capture de l'État à la consolidation d'une position politico-économique forte : l'ascension de Deripaska et d'EN+

A. Aux origines d'un empire énergétique

Beaucoup d'oligarques ont constitué leur richesse directement à la chute de l'URSS, avec le rachat à bas prix des biens de l'État, qui cherchait alors à renflouer ses caisses. Ainsi est apparue une prédation des possessions de l'État par des acteurs privés. Ce phénomène, que Hellman & al. qualifient de « capture de l'État », entraîne des stratégies d'acteurs privés pour influencer les cercles étatiques et « la formation des règles de base du jeu (c'est-à-dire les lois, les règles, les décrets et les règlements) »[485]. Selon eux, si les entreprises n'exercent pas de pouvoir direct sur les hommes politiques, la collusion entre les deux et les traitements préférentiels accordés aux premiers par les seconds crée des rentes qui sont ensuite partagées.

Comme le rappelle clairement Kinyakin, c'était lors des mises aux enchères des industries publiques entre 1993 et 1995 que la majorité de l'État russe fut capturée[486]. Ainsi, sont nés parmi les plus grands groupes russes privés durant cette période d'enchères, dont Lukoil, Yukos et Sibneft dans le secteur des hydrocarbures ou encore Norilsk Nickel (ou NorNickel depuis 2016) dans le secteur minier, pour ne citer qu'eux. Cédric Durand voit, quant à lui, deux phénomènes supplémentaires à l'émergence des oligarques en Russie : « le développement de pratiques prédatrices dans les stratégies d'acquisition des entreprises nouvellement privatisées », entraînée par « la désorganisation des relations interentreprises

[485] HELLMAN, Joel S, JONES, Geraint et KAUFMANN, Daniel, 2003. *Op. cit.*
[486] KINYAKIN, Andrey A., 2014. Les oligarques dans la Russie contemporaine : de la « capture » de l'État à leur mise sous tutelle: *Revue internationale de politique comparée* [en ligne]. 21 février 2014. Vol. Vol. 20, n° 3, pp. 115-131. [Consulté le 2 avril 2024]. DOI 10.3917/ripc.203.0115. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-internationale-de-politique-comparee-2013-3-page-115.htm?ref=doi

résultant du démantèlement de la hiérarchie » induite par la planification étatique ; puis, à partir de 1997, et jusqu'en 2002, « une stabilisation des relations commerciales et un important mouvement de concentration industrielle » qui impliquent « une consolidation des nouveaux rapports de propriété » [487] .

Mais en 1993, lors de la mise aux enchères des propriétés de l'État russe, Oleg Deripaska est encore doctorant en physique. En 1994, alors les financements de l'université disparaissent, il décide trouver un travail et fonde avec certains de ses camarades et des professeurs de physique la « Military Investment and Trade Company », spécialisée dans l'export de métal à travers un port en Lettonie. Il devient directeur administratif et financier de l'entreprise Aluminprodukt. Via ce poste, il prend le contrôle de l'usine d'aluminium de Saïanogorsk, en Khakassie, d'une manière totalement légale, mais qui semble contrarier les anciens propriétaires au point qu'ils en viennent à le menacer avec un lance-grenade[488].

En 1997, un an après avoir tout de même soutenu sa thèse, il fonde Basic Element (nommé Siberian Aluminum, ou SibAl, jusqu'en 2001), une holding qu'il dirige pour gérer ses parts et investissements dans différents secteurs et entreprises. Basic Element, également appelé BasEl, est installé sur l'île de Jersey et appartient elle-même à l'entreprise A-Finance, propriété de Deripaska, enregistrée sur les Îles Vierges britanniques. Via BasEl, Deripaska se constitue un empire économique.

Bien qu'il n'ait pas participé à la première vague de privatisation au début des années 1990, Deripaska se crée rapidement un important capital, en diversifiant ses activités, ce qui lui permet de racheter des entreprises qui ont déjà été privatisées. En 2000, il diversifie ses activités en acquérant GAZ (*Gorkoski Avtomobilny Zovod*), un important constructeur automobile russe (le 2e en Russie et le 1er sur le marché national des camions). Mais surtout, en cette première année de XXIe siècle, il fonde Rusal (*Ruskiï Aluminium*), un groupe spécialisé dans la transformation d'aluminium. Rusal devient de plus en plus important au fil des rachats d'autres groupes, pour devenir le 1er producteur mondial d'aluminium en 2006, position conservée jusqu'en 2015. En 2024, Rusal possède 14 fonderies d'aluminium, neuf raffineries

[487] DURAND, Cédric, 2004. De la prédation à la rente, émergence et stabilisation d'une oligarchie capitaliste dans la métallurgie russe (1991-2002). *Géographie, économie, société* [en ligne]. 19 mars 2004. Vol. 6, n° 1, pp. 23-42, p. 26. [Consulté le 7 juin 2024]. DOI 10.3166/ges.6.23-42. Disponible à l'adresse : http://ges.revuesonline.com/article.jsp?articleId=6599

[488] Rich in Russia . How to Make a Billion Dollars - Oleg Deripaska. *FRONTLINE/World* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.pbs.org/frontlineworld/stories/moscow/deripaska.html

d'aluminium, neuf chaînes de production, cinq mines de bauxite, ainsi que des usines de silicone et mines de charbon, réparties dans une douzaine de pays, mais dont la majorité est en Russie et même en Sibérie[489]. Rusal devient également l'une des parties d'un premier partenariat public-privé, l'autre étant Rus Hydro (RusGuidro), à l'origine de la construction d'un barrage hydroélectrique : la centrale Bogoutchanskaïa près de Kodinsk dans le kraï de Krasnoïarsk. Commissionné en 2012 avec une puissance installée de près de 3000 MW, il alimente l'immense fonderie de Bogoutchanski qui transforme le minerai (la bauxite) en aluminium.

L'énergie électrique est un enjeu de taille pour l'industrie de l'aluminium ? Ce secteur est très énergivore à cause des processus d'électrolyse, du broyage de la bauxite et de l'alimentation des fours dont la température atteint près de 1 000 °C. La production d'aluminium primaire consommerait 4 % de l'électricité mondiale (2022)[490]. Afin de gérer à la fois ses industries d'aluminium et d'accaparer les moyens de production et de distribution d'électricité, Deripaska intègre Rusal à un nouveau groupe qu'il crée en 2002, EN+, et avec lequel il commence à acquérir des centrales électriques. Deripaska se constitue à la fois un empire de la métallurgie, avec Rusal, et un empire énergétique via En+. L'entreprise est très vite devenue un géant de la production et de la distribution d'électricité en Sibérie, et notamment à Irkoutsk. Le groupe détient alors un pouvoir considérable sur l'*oblast'* d'Irkoutsk, qui se transforme peu à peu en régime énergopolitique. Les multiples activités de ses industries confèrent à Oleg Deripaska un immense pouvoir économique qui se transforme en pouvoir politique, entraînant une relation de patronage privilégiée avec Vladimir Poutine.

B. L'énergopouvoir de Deripaska

Ainsi, EN+ commence à faire l'acquisition de plusieurs centrales électriques et des sociétés qui les exploitent. Selon un rapport publié en avril 2024 par EN+ qui présente des chiffres de 2023, le groupe possède cinq barrages hydroélectriques, 15 centrales électriques à charbon et une centrale solaire, pour une capacité totale installée de 19,5 GW (19 500 MW). Parmi les cinq centrales hydroélectriques qui produisent en tout 15,2 GW, sont comptés le petit barrage sur la

[489] Rusal exploite une partie de la mine de charbon d'Ekibastouz, où mon terrain de thèse m'a ensuite amené. Voir Partie III.
Carte de la localisation des opérations de Rusal à travers le monde : https://rusal.ru/en/about/geography/
[490] *Net-Zero Industry Tracker 2023 Edition*, 2023. [en ligne]. Geneva : World Economic Forum. Disponible à l'adresse : https://www3.weforum.org/docs/WEF_Net_Zero_Tracker_2023_REPORT.pdf

rivière Onda en Carélie (80 MW), l'immense barrage de Krasnoïarsk (6 000 MW) et les trois barrages de l'*oblast'* d'Irkoutsk. Sur les 15 centrales à charbon mentionnées dans le rapport, qui produiraient au total 4,3 GW, seulement 11 ont pu être retrouvées en préparant cette thèse. Hormis deux centrales installées en Arménie et une à Nijni Novgorod (pour alimenter l'usine de GAZ), toutes les centrales sont au sein de l'*oblast'* d'Irkoutsk.

À partir du début des années 2000, EN+ a pris progressivement le contrôle des compagnies d'électricité de la région, en prenant des parts de plus en plus importantes dans les entreprises. Contrôlé à 100 % par EN+, EuroSibEnergo asîre la compagnie qui gère le barrage de Krasnoïarsk en 2022. Un an plus tard, EN+ contrôle, 100 % d'Irkutskenergo à qui appartiennent toutes les centrales électriques de l'oblast, exception faite de la petite station hydroélectrique de Mamakan, et les réseaux de distribution d'électricité. Irkutskenergosbyt est la partie commerciale d'Irkutskenergo via laquelle est vendue cette électricité aux consommateurs.

EN+ est ainsi devenue le premier producteur d'électricité privé au monde en termes d'énergie électrique générée, et le deuxième producteur de Russie (le premier étant Rus Hydro, entité publique) en produisant approximativement 9% de toute l'électricité de Russie. Cette part monte à 40% pour la seule Sibérie. Si cela découle d'abord d'une stratégie visant à contrôler la ressource électrique pour ses industries de métallurgie, EN+ accapare une nouvelle forme de pouvoir, plus localement, en devenant un acteur incontournable pour tout l'*oblast'* d'Irkoutsk, que ce soit pour ses habitants, ses industries ou pour les autorités locales.

Le groupe métallurgique et énergétique peut être défini comme un « énergopouvoir », puisqu'il en vient à exercer un pouvoir « énergopolitique ». Cette approche par l'énergopolitique que Boyer lui-même qualifie de « généalogie alternative du pouvoir moderne », couplée avec l'historique de Deripaska, permet de mieux comprendre l'émergence d'EN+ en tant qu'important acteur des énergies et acteur politique influent[491]. C'est en un sens une approche similaire à la sociologie de l'infrastructure, puisque Boyer explique que l'étude du pouvoir moderne va bien au-delà de l'étude de l'exercice du pouvoir sur les populations par les outils traditionnels, mais qu'il faut aussi se rendre compte de l'existence d'infrastructures énergétiques « invisibles » indispensables à ces populations. La maîtrise de ces infrastructures et des énergies qu'elles produisent et distribuent constitue également une forme de pouvoir.

[491] *Ibid*, p. 325

Douglas Rogers récupère ce concept pour l'appliquer à l'entreprise Lukoil dans le kraï de Perm au début des années 1990, sur le piémont occidental de la chaîne montagneuse de l'Oural, où il voit la « formation d'un régime énergopolitique postsocialiste plutôt que d'un État postsocialiste »[492]. L'analyse de la construction du pouvoir politique de Lukoil sur la région et la population de Perm permet également de mieux comprendre l'influence que peut exercer EN+ sur la région d'Irkoutsk. À une époque, Lukoil Perm était même devenu presque trop visible et invasif pour l'administration régionale qui craignait que l'entreprise privée ne soit perçue comme un acteur équivalent en termes de pouvoir politique. En 1995, dans un contexte de dévaluation et de crise de confiance dans le rouble, Lukoil a commencé à émettre des lettres de change qui pouvaient être échangées contre des produits pétroliers raffinés, et qui sont devenues une quasi-monnaie en étant échangées dans toute la région, permettant même de payer ses impôts régionaux en 1999. Sans jamais entrer en conflit direct avec le gouvernement fédéral russe, Lukoil a commencé à être perçu par l'administration régionale comme un potentiel concurrent, le groupe s'attirant également la sympathie de la population en finançant un grand nombre d'initiatives et d'infrastructures locales.

Sans forcément risquer de devenir un substitut des pouvoirs locaux, et devenir un « régime » énergopolitique local, EN+ est tout de même extrêmement visible dans la région d'Irkoutsk et notamment dans sa capitale régionale. Outre les panaches de fumée qui sortent de la centrale à charbon et de l'immense barrage qui connecte les deux rives de la ville d'Irkoutsk, une virée dans le centre en plein hiver permet par exemple d'observer des installations, dont une patinoire et un labyrinthe de glace et plusieurs décorations à l'effigie d'EN+[493]. Sans compter que chaque Irkoutskois doit la chaleur et l'éclairage de son foyer aux activités du groupe.

[492] ROGERS, Douglas, 2014. Energopolitical Russia: Corporation, State, and the Rise of Social and Cultural Projects. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 431-451, p. 435. [Consulté le 8 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0017. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545594

[493] BOUTE, Anatole, 2015. *Russian electricity and energy investment law*. Leiden Boston : Brill Nijhoff. Law in Eastern Europe, 65, 803 p., p. 82. ISBN 978-90-04-20327-3.
343.470 929



Photographie 9 Matérialisation de l'énergopouvoir d'EN+ dans la ville d'Irkoutsk. Hugo Estecahandy, février 2022.

Si le groupe ne peut être défini comme un « régime énergopolitique » à l'échelle de l'*oblast'*, comme pouvait l'être Lukoi Perm selon Rogers, dans le sens où il ne vient pas, et ne cherche pas à, se substituer au gouvernement régional, il y conserve tout de même un pouvoir conséquent en contrôlant et opérant l'un des seuls réseaux électriques indépendants de Russie, dans une région où l'accès à l'électricité pour les populations s'avère vital face à la gigueur des hivers..

En 1992, le pouvoir russe craignait la privatisation des compagnies d'électricité et de leurs réseaux de distribution, et donc que la dissolution de ce qui était le Système électrique russe n'entraîne d'importantes problématiques énergétiques à l'échelle nationale. Ainsi, le président russe Boris Eltsine créait la même année le Système énergétique unifié de Russie, aujourd'hui dénommé Inter RAO, une structure publique quasi monopolistique qui commença à prendre le contrôle de la plupart des centrales électriques, exception faite des centrales nucléaires qui tombaient sous le contrôle de Rosatom, des lignes très hautes-tensions (plus de 220 kV) ainsi que des infrastructures de routage de l'énergie électrique à travers la Fédération. Sur les 74 compagnies régionales d'électricité qui existaient alors, seules quatre sont restées indépendantes, dont Irkutskenergo[494]. Cet héritage pré-Deripaska, couplé au contrôle privé de toute cette énergie, pèse grandement dans l'énergopouvoir d'EN+ qui, en exerçant un important

[494] *Ibid*, p. 83.

pouvoir sur l'*oblast'* d'Irkoutsk et sa population, devient un acteur incontournable pour l'exercice local du pouvoir. Ainsi, l'oligarque Oleg Deripaska détient indirectement cet énergopouvoir, qu'il met au service, comme nous allons désormais le voir, du sommet du pouvoir russe, Vladimir Poutine, afin de s'attirer les faveurs de ce dernier. Cet pouvoir tiré de la maîtrise des énergies, EN+ et Deripaska le mobilisent également pour favoriser l'émergence d'un minage de cryptomonnaies de grande capacité, qui leur permet d'acquérir un nouveau marché et de développer un secteur qui sera ensuite présenté comme stratégique par l'État russe.

5.2.2. EN+, un acteur stratégique pour le numérique russe par la maîtrise des énergies

Afin de maintenir sa position politique privilégiée, d'abord issue du succès de ses entreprises, Oleg Deripaska a su mettre une partie de sa fortune et de son empire énergétique au service des projets du pouvoir russe, notamment dans le numérique. Cette dynamique est révélatrice de la relation de « patronage », ou relation « patron-client » entre Poutine et Deripaska, qui se formalise ici en tant que mode d'intégration et de contrôle des oligarques par le chef de l'État, au sein d'un système où la loyauté prime sur l'indépendance économique ou politique[495]. Mais elle permet également la visibilisation de l'importance d'EN+ pour le développement d'infrastructures numériques dans l'*oblast'* d'Irkoutsk, et notamment du minage de cryptomonnaies.

A. L'instrumentalisation du positionnement stratégique d'EN+ en faveur de la relation de patronage entre Poutine et Deripaska

Grâce à ses groupes florissant dans les énergies et la métallurgie, Deripaska a émergé comme une personnalité influente dans l'économie russe. Il a su s'attirer les faveurs du président russe Vladimir Poutine, qu'il maintient notamment en mettant à profit son électricité pour satisfaire les stratégies souveraines russes dans le secteur du numérique. Il faut bien comprendre que cet

[495] VOLKOV, Roman, 2017. *La Russie de Vladimir Poutine : sociologie politique d'un État néopatrimonial* [en ligne]. These de doctorat. Bordeaux. [Consulté le 18 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://theses.fr/2017BORD0808

engagement dans de tels projets est censé permettre de maintenir une position politique parfois très fragile, dans une pure logique de patronage, que nous venons de définir, une méthode d'exercice du pouvoir par le chef de l'État russe que Ledeneva qualifie de « *sistiema* » et à laquelle Deripaska est de fait intégré[496].

Le début de la présidence de Vladimir Poutine, à partir de 2000, a été caractérisé par une affirmation franche du nouveau pouvoir présidentiel. Cela s'est traduit par une centralisation du pouvoir au sein du Kremlin et de la constitution par Poutine d'un cercle restreint de personnalités triées sur le volet pour occuper les postes à responsabilité, ce que le politiste Jean-Robert Raviot définit comme un « kremlinocentrisme » qui a entraîné la formation d'une garde prétorienne par et autour de Vladimir Poutine[497]. Une des conséquences de cette transformation du paysage politique du pays a été la suppression, par le pouvoir, de toute potentielle concurrence et opposition politique. Cette répression a d'abord visé les oligarques, dont le cas le plus emblématique fut l'emprisonnement de Mikhaïl Khodorkovski, alors première fortune russe et propriétaire du groupe pétrolier Youkos, que Raviot voit comme « l'acte fondateur du poutinisme »[498]. Oleg Deripaska ne fut pas concerné par ces répressions, car, pour Chris Miller, « *contrairement aux autres hommes d'affaires de l'élite que Poutine a emprisonnés ou exilés, Deripaska ne s'est pas engagé dans des activités dissidentes* »[499]. Comme cela est décrit au début de cette section, l'oligarque Deripaska s'est constitué à la fin des années 1990, échappant de peu à la période la plus violente de la décennie. Dans les faits, il n'a jamais acheté directement des biens à l'État (hormis 10% des parts de l'usine d'aluminium de Saïansk) et a « tout acheté à des particuliers qui, eux, avaient profité de la première vague de privatisation »[500]. Il appliqua tout de même des stratégies similaires aux oligarques des premières heures, de la prédation de biens anciennement publics à un mariage politique[501].

---

[496] LEDENEVA, Alena V., 2013. *Can Russia Modernise?: Sistema, Power Networks and Informal Governance* [en ligne]. 1. Cambridge University Press. [Consulté le 18 août 2025]. ISBN 978-0-521-12563-5. Disponible à l'adresse : https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9780511978494/type/book

[497] RAVIOT, Jean-Robert, 2017. Le prétorianisme russe : l'exercice du pouvoir selon Vladimir Poutine. *Hérodote* [en ligne]. 2017. Vol. 166-167, n° 3, pp. 9-22. [Consulté le 2 novembre 2021]. DOI 10.3917/her.166.0009. Disponible à l'adresse : http://www.cairn.info/revue-herodote-2017-3-page-9.htm

[498] *Ibid*., p. 12.

[499] MILLER, Chris, 2018. *Putinomics: power and money in resurgent Russia*. Chapel Hill : The University of North Carolina Press, 217 p., p. 98. ISBN 978-1-4696-4066-2.

[500] ACKERMAN, Galia, 2004. Un oligarque heureux - Entretien avec Oleg Deripaska, grand industriel russe, magnat de l'aluminium, directeur du holding RUSAL. *Politique internationale* [en ligne]. Printemps 2004. N° 103. [Consulté le 19 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://politiqueinternationale.com/revue/n103/article/un-oligarque-heureux

[501] En 2001, il épouse Polina Ioumacheva, la fille du principal conseiller de Boris Eltsine et ancien chef du cabinet présidentiel Valentin Ioumachev, qui a personnellement présenté Vladimir Poutine à Eltsine en tant que potentiel successeur . Voir : 2020. Совещание об экологической ситуации в городе Усолье-Сибирском.

Si Déripaska ne s'est pas attiré les foudres du Kremlin pour des visions politiques jugées subversives, il s'est retrouvé sur la sellette à la fin des années 2000 et, depuis, il semble mettre ses industries et son capital au service des projets de l'État lorsque cela lui est demandé. La crise financière de 2008 et la chute brusque et importante du cours de l'aluminium ont fortement impacté ses activités et ont entraîné une réprimande publique de la part du président lui-même. Entre 2008 et 2009, l'oligarque aurait perdu près de 25 milliards de dollars ainsi que sa place de 9e personne la plus riche du monde. Son empire d'aluminium est au bord de la banqueroute. L'une des usines d'aluminium de Deripaska, à Pikalevo dans l'*oblast'* de Leningrad, a dû fermer ses portes. Les employés n'ont pas été payés et n'ont eu aucune compensation financière, ce qui les a poussés à manifester dans la rue. Craignant une contagion à d'autres villes industrielles de Russie, Vladimir Poutine, alors Premier ministre, se rend sur place pour rencontrer les manifestants[502]. Devant les caméras de télévision de Russie, il conspue les dirigeants des usines de la *monogorod* de Pikalevo en les traitant de « cafards »[503].

Cet épisode semble décisif dans la relation entre Poutine et Deripaska, l'ascendant du premier sur le second se faisant plus visible. Peu après l'humiliation publique du magnat de l'aluminium, la VEB, la banque d'investissement d'État dont le conseil de surveillance est présidé par Vladimir Poutine, accorde son soutien à Rusal. Ce soutien quasi direct de l'État russe au groupe de Deripaska rassure les investisseurs et les créanciers, ce qui permet à Rusal de subsister. En parallèle, Oleg Deripaska devient l'un des acteurs les plus importants du développement des Jeux olympiques d'hiver de Sotchi[504], prévus pour février 2014, pour lesquels Basic Element est en charge du développement et du financement de plusieurs infrastructures. Notamment, Deripaska fonde Basel Aero en 2012, qui commence à opérer et rénover les aéroports de Sotchi, Anapa, Gelendzhik et Krasnodar, par lesquels atterrissent la majorité des spectateurs des Jeux olympiques. Cette matérialisation de la proximité entre

Президент России [en ligne]. [Consulté le 24 mai 2024]. Disponible à l'adresse : http://kremlin.ru/events/president/news/63769

[502] ZARAKHOVICH, Yuri, 2009. Putin Resolves Protest in Pikalevo. [en ligne]. 9 juin 2009. [Consulté le 19 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://jamestown.org/program/putin-resolves-protest-in-pikalevo/

[503] MILLER, Chris, *op. cit.*

[504] Les Jeux olympiques de Sotchi étaient une composante essentielle de la stratégie de l'État russe pour influencer l'opinion publique internationale et diffuser une image positive de la Russie et de Vladimir Poutine, ce que le chercheur Lukas Aubin qualifie de « sport power ». Voir : AUBIN, Lukas, 2018. Quel sport power pour la Russie ?: *Hérodote* [en ligne]. 15 janvier 2018. Vol. N° 166-167, n° 3, pp. 189-202. [Consulté le 20 juin 2024]. DOI 10.3917/her.166.0189. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2017-3-page-189.htm?ref=doi

Poutine et Deripaska amène la presse occidentale à qualifier ce dernier d'« *industriel préféré de Vladimir Poutine* ». Deripaska commence à accompagner le chef d'État dans la plupart de ses déplacements à l'étranger[505].

Afin de maintenir sa position au sein du « *sistiema* » de Poutine, Deripaska a également mis les infrastructures d'Irkutskenergo à profit de l'alimentation des projets de centres de données russes afin de servir la stratégie russe de contrôle des données numériques qui amènera à la loi sur « l'Internet souverain » de 2019[506]. Suite aux révélations d'Edward Snowden, le gouvernement russe a décidé d'une série de mesures destinées à renforcer son contrôle sur une partie de l'Internet et a fait adopter la loi fédérale n° 242 le 4 juillet 2014. Entré en vigueur le 1er janvier 2016, ce texte « oblige les sites Internet à stocker sur le territoire russe [et donc dans des datacenters situés en Russie] les données relatives aux citoyens de la Fédération, et ce quelle que soit la nationalité du site en question »[507].

Ce nouveau et soudain besoin de centres de données numériques doit alors être comblé par Deripaska. En 2015, il est officialisé qu'EN+ devait s'occuper de fournir l'électricité et le foncier pour le futur premier bâtiment. N'ayant aucune expérience dans le domaine des datacenters, EN+ trouve plusieurs partenaires pour développer le projet, dont l'entreprise chinoise Huawei pour la partie technologique, comme annoncé lors de la visite de Vladimir Poutine à Pékin en septembre 2015. Maxim Sokov, un proche de Deripaska que ce dernier a utilisé pour le remplacer en tant que P.D.G. d'EN+, expliquait que le datacenter serait placé près de la centrale à charbon d'Irkoutsk et légitimait le choix de l'*oblast'* par les mêmes facteurs d'attractivité que nous énumérions pour le minage de cryptomonnaies : « *une électricité bon marché, combinée à un climat froid qui réduit les coûts énergétiques pour le refroidissement, aidera le centre de données à être compétitif sur le marché asiatique en pleine croissance* »[508].

---

[505] REGULY, Eric, 2011. At home with Russian oligarch Oleg Deripaska. *The Globe and Mail* [en ligne]. 11 février 2011. [Consulté le 20 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.theglobeandmail.com/report-on-business/careers/careers-leadership/at-home-with-russian-oligarch-oleg-deripaska/article573998/?page=all

[506] Loi 90-FZ. Voir : LITVINENKO, Anna, 2021. Re-Defining Borders Online: Russia's Strategic Narrative on Internet Sovereignty. *Media and Communication* [en ligne]. 21 octobre 2021. Vol. 9, n° 4, pp. 5-15. [Consulté le 20 juin 2024]. DOI 10.17645/mac.v9i4.4292. Disponible à l'adresse : https://www.cogitatiopress.com/mediaandcommunication/article/view/4292

[507] DOUZET, Frédérick, LIMONIER, Kévin, ROBINE, Jérémy, SALAMATIAN, Kavé, GÉRAUD, Rémi et CAMPIGOTTO, Romain, 2017. Les nouveaux territoires stratégiques du cyberespace : le cas de la Russie. *Stratégique* [en ligne]. 2017. Vol. 117, n° 4, pp. 169-186, p. 173. [Consulté le 28 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-strategique-2017-4-page-169.htm?ref=doi

[508] « недорогая электроэнергия в сочетании с холодным климатом, уменьшающим энергозатраты на охлаждение, помогут дата-центру конкурировать на растущем азиатском рынке ». Voir : 2015. Компания

Cela marque « un changement notable dans l'attitude de la Russie » analyse le politiste russe Alexander Lukin, pointant une méfiance affichée de Vladimir Poutine à l'égard des partenariats technologiques avec la Chine lors de la décennie précédente[509]. En 2017, EN+ annonce que le premier datacenter « pilote » est lancé[510].

La maîtrise des énergies par EN+ en fait un acteur incontournable pour le développement d'infrastructures numériques énergivores à Irkoutsk. La proximité de patronage entre Vladimir Poutine et Oleg Deripaska a entraîné la mobilisation de certains actifs énergétiques d'EN+ pour satisfaire les plans des autorités russes dans le développement de leurs datacenters et la tentative d'affirmation de leur projet de Runet souverain[511]. Ainsi, si la capture des infrastructures énergétiques d'Irkoutsk par Deripaska a d'abord été pensée pour satisfaire les besoins en électricité de ses propres entreprises, cette électricité a été également mobilisée pour satisfaire les besoins du Kremlin afin que Deripaska puisse maintenir sa position privilégiée auprès du président russe. EN+ est également devenu un acteur de premier plan dans le minage de cryptomonnaies, comme nous allons le voir maintenant, ce qui montre que le groupe mobilise également ses infrastructures pour développer d'autres projets en parallèle de ses activités historiques ou de son investissement dans les projets étatiques.

B. EN+ et ses filiales, des acteurs proactifs dans le développement du minage numérique

L'exemple précédent illustre la manière dont le contrôle des ressources énergétiques par Oleg Deripaska ne se limite pas à une simple dimension économique, mais s'inscrit dans une logique de patronage au service du pouvoir politique. Cette maîtrise ne concerne pas uniquement l'énergie : elle s'étend également au territoire, à travers la possession de bâtiments ou l'exercice

Олега Дерипаски, Huawei и «Ланит» построят дата-центр. *Ведомости* [en ligne]. [Consulté le 20 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2015/09/04/607475-dannie-soshlyut-sibir

[509] LUKIN, Alexander, 2021. Have We Passed the Peak of Sino-Russian Rapprochement? *The Washington Quarterly* [en ligne]. 3 juillet 2021. Vol. 44, n° 3, pp. 155-173, p. 158. [Consulté le 16 juin 2024]. DOI 10.1080/0163660X.2021.1970904. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0163660X.2021.1970904

[510] 2017. En+ Group Launches Pilot Data Centre in Siberia. *EN+ Group* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://enplusgroup.com/en/media/news/esg/en-group-launches-pilot-data-centre-in-siberia/

[511] DOUZET, Frédérick, LIMONIER, Kévin, ROBINE, Jérémy, SALAMATIAN, Kavé, GÉRAUD, Rémi et CAMPIGOTTO, Romain, 2017. Les nouveaux territoires stratégiques du cyberespace : le cas de la Russie. *Strategique* [en ligne]. 2017. Vol. 117, n° 4, pp. 169-186. [Consulté le 28 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-strategique-2017-4-page-169.htm?ref=doi

d'un pouvoir sur le foncier, permettant l'implantation et le développement d'infrastructures spécifiques. Le cas de la centrale à charbon Novo-Irkoutskaïa, exploitée par Irkutskenergo, à proximité de laquelle sont censés avoir été développés les datacenters mentionnés précédemment, confirme cette orientation. La recherche de débouchés pour l'électricité produite a été tournée vers les activités numériques, et plus particulièrement vers le minage de cryptomonnaies. En 2018, l'entreprise publie ainsi un appel d'offres pour la location d'un terrain disponible dans l'enceinte de la centrale à charbon, située au sud-ouest de la municipalité, présenté comme « idéal pour le minage de cryptomonnaies »[512]. L'analyse croisée des documents associés à cet appel d'offres et des images satellites disponibles sur Google Earth Pro permet d'identifier avec précision l'emplacement du terrain concerné, situé dans l'enceinte de la centrale à charbon d'Irkoutsk (voir Planche 2).

Il s'agit d'un espace en friche, dépourvu de toute infrastructure préalable, proposé à la location. En avril 2019, Ilia Frolov commentait cette offre en soulignant que, pour les « supposés » 14 MW annoncés, le prix de l'électricité « *n'apparaissait pas particulièrement compétitif* »[513]. Toutefois, il relevait que « *des économies pouvaient être réalisées en matière de raccordement électrique et d'accès aux infrastructures de transmission* », le site se trouvant au sein même de la centrale. Ces mêmes arguments étaient d'ailleurs mis en avant dans l'appel d'offres. Cet appel d'offres révèle la stratégie d'EN+ et de ses filiales, qui perçoivent comme attractive la clientèle de l'industrie du minage numérique dès 2019, en parallèle de leur engagement dans la construction des datacenters gouvernementaux. Elles affirment également, indirectement, leur position de pouvoir sur ce secteur. Ce pouvoir repose non seulement sur la maîtrise des ressources énergétiques, mais également sur le contrôle des espaces où le déploiement du minage s'avère le plus rentable : à l'intérieur même des centrales électriques ou dans des zones industrielles déjà connectées à un réseau à haute capacité.

Les vérifications ultérieures effectuées à partir des images satellites confirment cette dynamique. Un cliché de mai 2024 révèle l'apparition d'une petite installation de minage de cryptomonnaies sur le site proposé par Irkutskenergo (voir Planche 2).

[512] « Оптимально для майнинга криптовалют. » Originellement publié sur le site d'Irkutskenergo. L'appel d'offres n'est plus disponible en ligne, mais est archivé ici : https://web.archive.org/web/20190420200243/https://www.irkutskenergo.ru/asp/qa.aspx?noparma=ziwk&Gid=8556

[513] Entrevue réalisée en mars 2022.



Planche 2

Même si les compagnies d'électricité locales dénoncent le fait que le développement du minage numérique peut fragiliser, dans certaines configurations, l'intégrité du réseau électrique régional, entraînant un rapport de force entre les acteurs des énergies et les mineurs de cryptomonnaies (Chapitre 4), ces mêmes compagnies cherchent simultanément à en tirer un bénéfice direct. D'autres cas observés au sein de l'*oblast'* d'Irkoutsk confirment cette tendance.

Dans le *« Mining Kampf »* consacré au minage numérique dans la région d'Irkoutsk, un journaliste et un photographe se rendent à proximité d'un poste de transformation électrique situé à l'est de la capitale régionale, au sein duquel une ferme de minage apparaît de manière

explicite (voir Photographie 10) [514]. L'analyse croisée des clichés publiés dans ce reportage avec les images satellites disponibles sur Google Earth Pro permet de localiser précisément l'installation, dont la construction semble avoir débuté en 2019[515]. Bien que l'identité des propriétaires de cette ferme demeure inconnue, l'implication directe d'acteurs du secteur électrique dans le développement de l'industrie du minage apparaît, dans ce cas, aussi manifeste que dans celui de la centrale à charbon d'Irkoutsk.



Image 7 À gauche, une photographie tirée du reportage « Maïning kampf ». À droite, la même ferme dans un transformateur retrouvée en croisant des images satellites et des informations des reportages. Sources Google Earth, MOURTAZIN, Irek, 2021.op. cit.

Cette proximité entre exploitants de fermes de minage et entreprises de production ou de distribution d'électricité ne se limite pas aux infrastructures implantées à l'intérieur même des centrales ou des postes de transformation. Elle s'observe également pour des sites qui, sans être directement situés dans l'enceinte de telles infrastructures, sont implantés à proximité immédiate de nœuds du réseau électrique public, ce qui favorise des interconnexions à la fois techniques (facilité de raccordement) et économiques (réduction des coûts d'infrastructure et d'acheminement).

L'exemple de la société Baikal Mining Company est, à cet égard, révélateur. L'entreprise dispose de deux fermes de minage dans l'*oblast'* d'Irkoutsk. Dans une vidéo promotionnelle consacrée à l'une d'entre elles, elle met explicitement en avant l'avantage compétitif de sa

[514] MOURTAZIN, Irek, 2021. Майнинг кампф. Как Иркутская область превратилась в столицу добычи криптовалюты, почему биткоины, добытые в России, утекают в Китай, и заплатят ли честные майнеры за жадность энергетиков? *Novaiïa Gazeta* [en ligne]. 28 décembre 2021. [Consulté le 18 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://novayagazeta.ru/articles/2021/12/28/maining-kampf

[515] Aux coordonnées : 52.273282780510414, 104.48282487973445

localisation, à proximité directe d'un transformateur électrique dénommé *Vostotchnaïa*[516]. Le recours à la télédétection, par recoupement entre les images de cette vidéo et celles publiées sur le compte Instagram de l'entreprise, permet d'identifier avec précision l'emplacement de ce transformateur ainsi que celui de la ferme de minage associée, située dans la banlieue orientale de la ville d'Irkoutsk (voir planche 3)[517].

L'EMPLACEMENT STRATÉGIQUE DE LA FERME DE MINAGE DE BAÏKAL MINING, À PROXIMITÉ DIRECTE D'UN TRANSFORMATEUR ÉLECTRIQUE DANS LA BANLIEUE DE LA VILLE D'IRKOUTSK

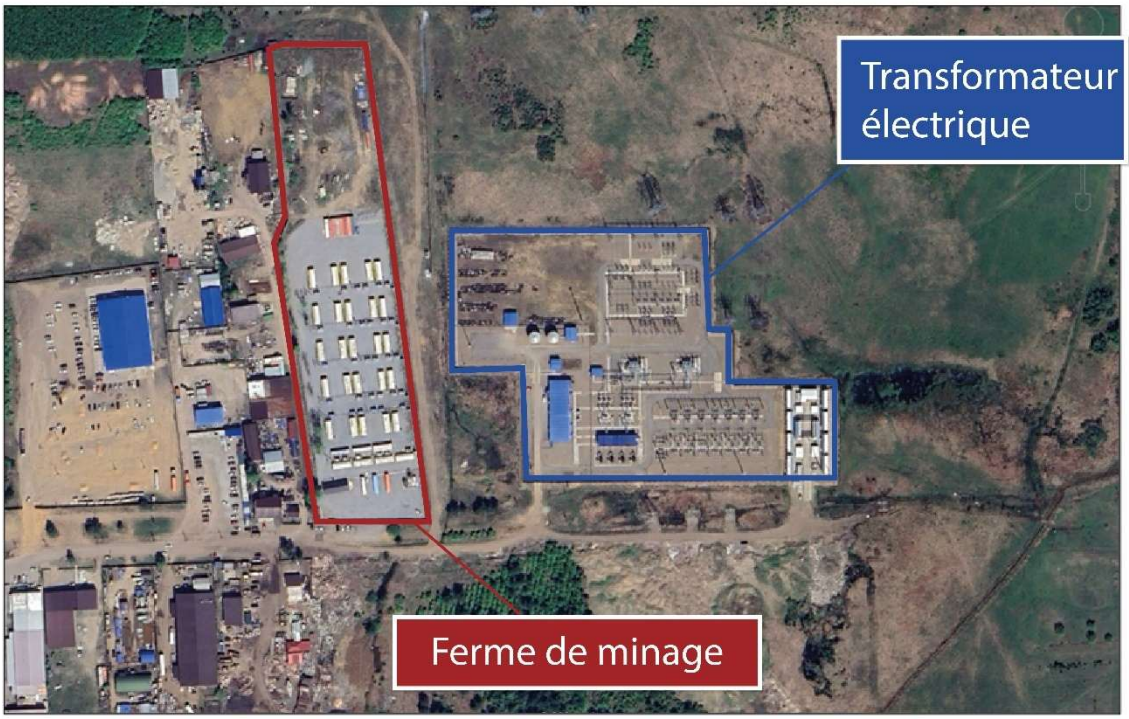


Planche 3

La stratégie de communication de Baikal Mining Company présente une particularité notable : elle repose en grande partie sur Instagram[518]. Si les publications ne fournissent aucun détail exact sur la localisation des fermes, elles combinent régulièrement des images des infrastructures avec des photographies de mannequins posant à l'intérieur des installations, dans une mise en scène atypique. Ces contenus permettent néanmoins d'observer plusieurs aspects du fonctionnement concret de ces infrastructures.

[516] BMC LLC, *Baikal Mining Company Data Center*, 2020. [en ligne]. [Consulté le 9 août 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=A4fuwASBX4U
[517] Un transformateur électrique est un dispositif qui change la tension du courant alternatif entre deux lignes électriques au voltage différent.
[518] Compte Instagram de Baikal Mining Company : https://www.instagram.com/bmcirk/

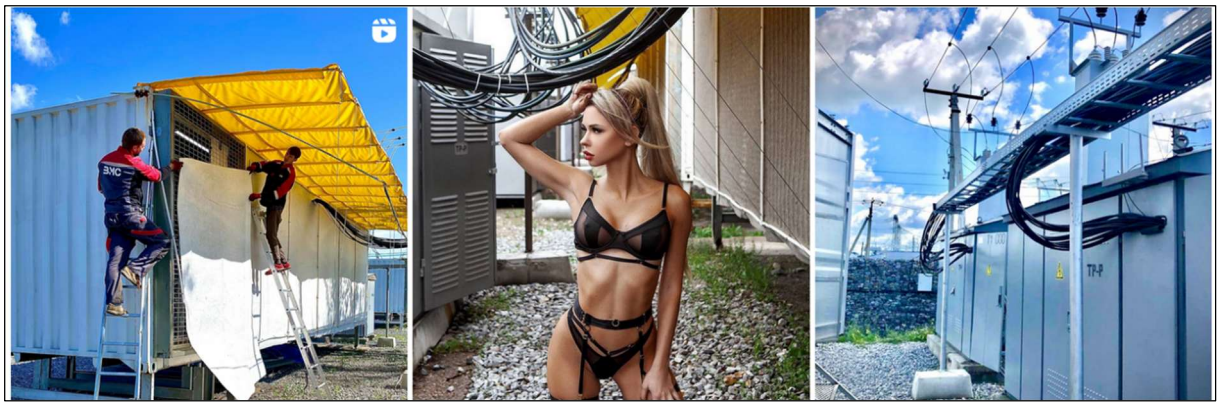


Image 8 Capture d'écran n°1 du compte Instagram de Baikal Mining Company

Commentaire de l'Image 7 : Sur l'image de gauche, est visible la pose de filtres anti-poussières afin de protéger les ventilateurs et le matériel informatique à l'intérieur du conteneur. Sur l'image de droite, nous pouvons apercevoir l'arrivée des lignes électriques depuis le transformateur électrique à proximité duquel est installée la ferme.



Image 9 Capture d'écran n°2 du compte Instagram de Baikal Mining Company

Commentaire de l'image 8 : Sur l'image de gauche, une garde armée d'une arme à feu est visible et permet de prendre conscience du degré de sécurité au sein de la ferme. Sur l'image centrale, une vidéo montre un électricien de l'entreprise en train de faire passer des câbles électriques, eux-mêmes branchés aux conteneurs dans lequel le matériel de minage fonctionne, dans un transformateur électrique au sein de l'enceinte de la ferme. Sur l'image de droite, l'intérieur d'un des conteneurs est visible, révélant les racks de minage, leurs connexions électriques et Internet raccordés aux emplacements d'ASICs.

Outre des visuels sur le fonctionnement d'une ferme de minage, la stratégie de communication de Baikal Mining Company offre deux types d'informations qui permettent d'étoffer notre analyse. D'une part, l'utilisation de mannequins peu vêtues et dans des positions explicites couplée à l'usage de l'anglais sur le compte Instagram permet de comprendre que le public visé,

et donc le client potentiel, est masculin et pas nécessairement russe. C'est une communication à l'échelle internationale qui est mise en place par l'entreprise. D'autre part, la proximité affichée de l'installation et de l'entreprise avec les acteurs locaux des énergies et leurs infrastructures est présentée comme un atout, une caractéristique technique qui renforce la représentation d'une alimentation électrique continue et fiable pour le client potentiel qui souhaiterait y installer ses processeurs.

Ce dernier point accentue l'idée d'interdépendance entre acteurs des énergies et du minage numérique. Les premiers y voient un secteur stratégique qui permet de vendre leur électricité en continu à des clients qui peuvent se déplacer directement sur leurs sites de production ou de distribution de l'énergie, quitte à les attirer directement au sein de leur propre infrastructure électrique. Les seconds, quant à eux, sont complètement dépendants de l'énergie produite par les compagnies d'électricité et se doivent s'assurer, ne serait-ce que pour rassurer leurs clients, de la solidité du partenariat avec le fournisseur d'électricité. Ils ont su, pour cela, se présenter comme des clients importants et incontournables qui répondent aux besoins des acteurs des énergies, en consommant une quantité importante de leur électricité, tout en étant extrêmement flexibles sur les quantités et les lieux de consommations. Cette interdépendance croissante entre les acteurs du minage et les compagnies d'électricité d'Irkoutsk , et donc les filiales du groupe EN+, et d'autant plus visible dans la relation désormais affichée de manière transparente entre EN+ et BitRiver, la plus importante entreprise de minage numérique en Russie.

5.3 La co-construction d'un secteur stratégique II : la technopolitique de BitRiver, d'une industrie alternative à stratégique

5.3.1. Bratsk, épicentre et origine du partenariat stratégique entre EN+ et BitRiver

A. Miner du bitcoin sur les épaules d'un géant : la ferme de BitRiver à Bratsk

Le rôle et le pouvoir prépondérant d'EN+ et ses filiales énergétiques dans le développement du minage sont d'autant plus visibles du point de vue de la géographie et , *in fine*, de la géopolitique de la plus puissante des fermes de minage de Russie. Cette installation aurait donc une puissance d'une centaine de mégawatts et se trouve à Bratsk, une importante ville industrielle de plus de 225 000 habitants, à 480 kilomètres au nord-ouest de la ville d'Irkoutsk, le long de la rivière Angara.

D'une part, Bratsk constitue, un parfait exemple de cette géographie particulière au minage de cryptomonnaies, puisque les principaux facteurs de localisation de l'industrie sont présents, mais également des relations politico-économiques sur lesquelles cette industrie peut reposer. À Bratsk, l'électricité est principalement produite par un barrage hydroélectrique, la plus puissante centrale électrique de l'*oblast'* (4 500 mégawatts), familier des superlatifs : deuxième centrale hydroélectrique la plus puissante de Russie, barrage hydroélectrique le plus puissant du monde de son achèvement en 1966 jusqu'en 1971 et dont le réservoir d'eau artificiel est le deuxième plus large au monde[519]. Ce puissant ouvrage a été érigé pour alimenter les très énergivores industries d'aluminium, de métaux et de bois installées dans les environs. Et c'est d'ailleurs dans une de ces anciennes usines qu'est installée la ferme de BitRiver ou plus exactement dans une ancienne usine qui servait à la maintenance du barrage de Bratsk, propriété d'EN+. Environ 75 % de l'électricité du barrage est consommée par les industries d'aluminium, qui appartiennent à Rusal[520]. EN+ jouit d'un pouvoir extrêmement important dans la ville,

[519] Site Internet de l'exploitant du barrage de Bratsk, Irkutsknergo. URL: www.irkutskenergo.ru/
[520] Aluminium. *L'Élémentarium* [en ligne]. [Consulté le 21 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://lelementarium.fr/element-fiche/aluminium/

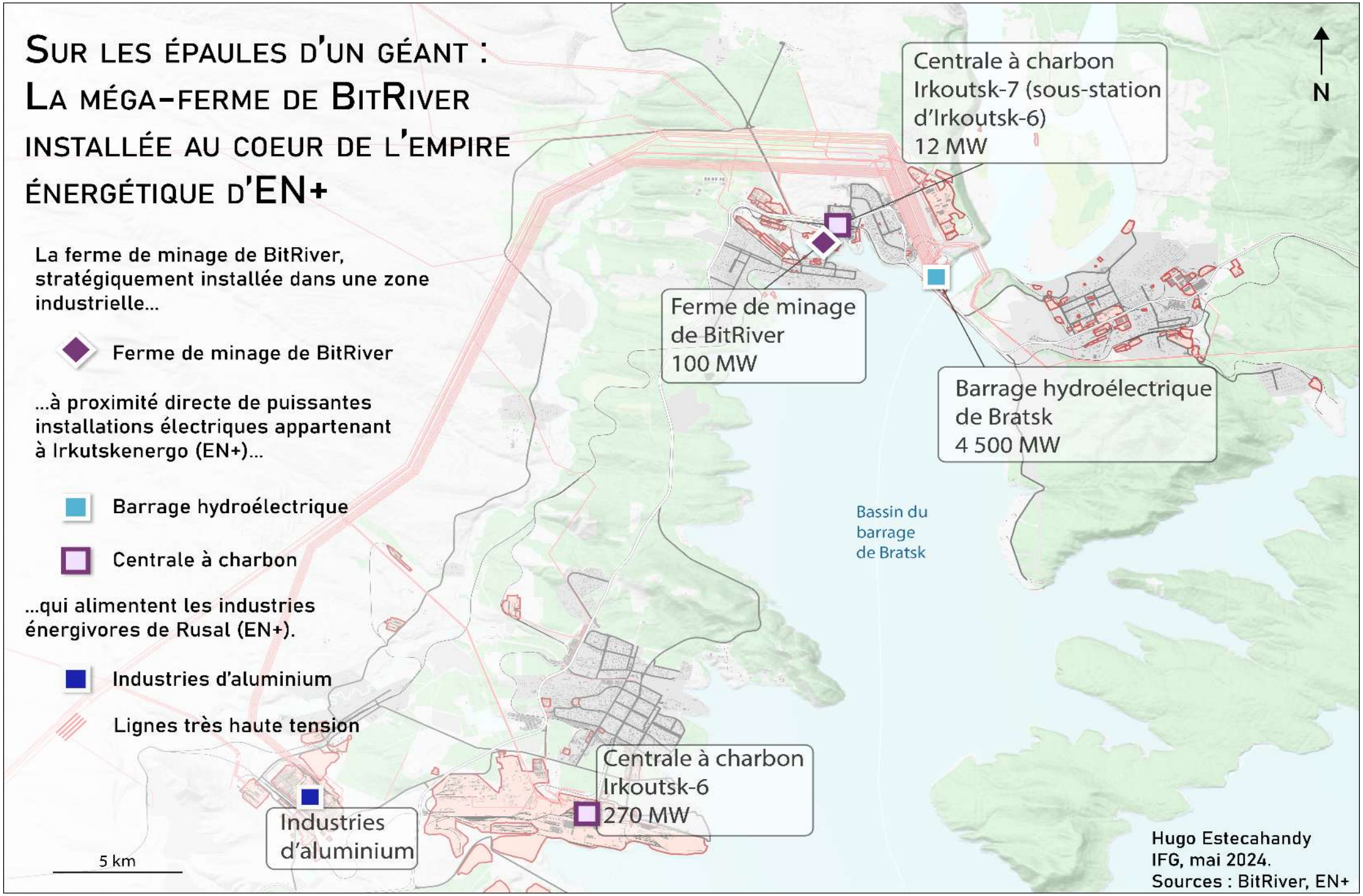
puisque le groupe contrôle les deux principales activités de Bratsk : la production d'électricité et l'industrie d'aluminium.

L'étude de l'implantation de la ferme met en avant deux choses. La première, est qu'elle est située au sein d'une zone industrielle déjà pourvue d'une connexion électrique puissante, à proximité directe du barrage hydroélectrique et d'une dorsale de fibre optique, qui suit les rails du transsibérien sur le barrage. En ce sens, cette ferme vient réhabiliter un espace dont l'activité industrielle avait périclité, et consommer une électricité surproduite et non stockable. L'ancienne usine au sein de laquelle est installée la ferme a été créée afin de fournir des pièces d'acier au barrage de Bratsk, et était donc un sous-traitant d'EN+. La ferme de BitRiver à Bratsk propose les services d'hébergement de processeurs de minage à très grande échelle. La rationalisation industrielle de l'activité fait écho aux caractéristiques techniques d'infrastructure de l'industrie numérique, notamment des datacenters commerciaux.

Si BitRiver a construit sa première ferme sur l'une des positions les plus stratégiques qu'offrait la région, l'entreprise l'a aussi implantée au sein d'un territoire sur lequel EN+ exerce un contrôle important, tout en bénéficiant de ressource que le groupe contrôle. EN+ est donc devenu un partenaire privilégié de BitRiver, et le groupe d'Oleg Deripaska accueillait par la même un nouveau type d'industrie qui pouvait consommer de grandes quantités d'électricité produites, mais de moins en moins consommées avec la déliquescence des industries de la région. De plus, BitRiver proposait de développer une industrie dans un secteur qu'EN+, comme l'a montré le projet de datacenters mentionnés plus haut, ne maîtrisait pas. Cette première ferme de BitRiver à Bratsk, mise en service en 2018, a été le début d'une relation étroite entre les deux entreprises. Comme nous le montrons ensuite, BitRiver a pu bénéficier de sa relation privilégiée avec EN+ pour multiplier les projets grâce à l'électricité d'Irkutskenergo, devenant très vite la plus importante firme de minage numérique de Russie, avant de commencer à développer des centres de calcul dans d'autres régions de la Fédération. Cette proximité entre EN+ et BitRiver, a été d'autant plus concrétisée qu'en 2020, les deux groupes ont créé une « coentreprise » (*joint-venture*) dénommée Bit+, qui opère une ferme de minage d'une trentaine de mégawatts dans la ville de Bratsk[521].

[521] 2020. En+ Group and BitRiver Announce JV for Low-Carbon Cryptocurrency Mining: Bit+. *EN+ Group* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.enplusgroup.com/en/media/news/press/en-group-and-bitriver-announce-jv-for-low-carbon-cryptocurrency-mining-bit/

Carte 9


Sur les épaules d'un géant : La méga-ferme de BitRiver installée au coeur de l'empire énergétique d'EN+
La ferme de minage de BitRiver, stratégiquement installée dans une zone industrielle...
Ferme de minage de BitRiver
...à proximité directe de puissantes installations électriques appartenant à Irkutskenergo (EN+)...
Barrage hydroélectrique
Centrale à charbon
...qui alimentent les industries énergivores de Rusal (EN+).
Industries d'aluminium
Lignes très haute tension
Centrale à charbon Irkoutsk-7 (sous-station d'Irkoutsk-6) 12 MW
Ferme de minage de BitRiver 100 MW
Barrage hydroélectrique de Bratsk 4 500 MW
Bassin du barrage de Bratsk
Centrale à charbon Irkoutsk-6 270 MW
Industries d'aluminium
5 km
N
Hugo Estecahandy
IFG, mai 2024.
Sources : BitRiver, EN+

Même une ferme très puissante comme celle de BitRiver à Bratsk ne bénéficie qu'à un petit cercle d'acteurs, BitRiver facture l'hébergement de processeurs à des clients venant du monde entier, qui ne se déplacent généralement jamais sur le site, mais touchent des revenus de l'activité à distance. Ce système permet à Irkutskenergo de facturer une électricité qui est consommée en continu. Si l'implantation du minage dans des territoires particuliers entraîne des mouvements de matériel informatique (la plupart des processeurs viennent de Chine), il n'entraîne que peu de dynamiques spatiales de personnes. De plus, une ferme de minage nécessite peu de personnel, mais qualifié, pour être opérée. Ainsi, la ferme de minage de cryptomonnaie la plus puissante de Russie ne mobilise qu'environ 50 salariés (2019), dont 35 hautement qualifiés[522]. Si réhabilitation d'espaces industriels il y a, ce n'est pas le cas pour les bassins d'emplois qui y étaient originellement rattachés. Certains impacts ultra-locaux viennent quelque peu nuancer ce tableau. La mairie de Bratsk y trouve une opportunité intéressante, des dires de son maire qui qualifie la ferme de BitRiver « d'un des plus importants projets d'investissement dans sa ville », de rente financière sous forme de taxes. Un accord a également été signé entre BitRiver et l'Université d'État de Bratsk, via lequel l'entreprise s'engage à prendre quelques étudiants en stage.

L'implantation de la ferme de BitRiver à Bratsk illustre l'articulation des différentes échelles dans l'industrie du minage de cryptomonnaies. À l'échelle locale, elle s'inscrit dans un territoire industriel hérité de la période soviétique, valorisant une électricité excédentaire, mais sans recréer d'emplois comparables aux anciennes industries. À l'échelle de l'*oblast'*, voire de la Russie, elle renforce la position d'EN+, qui contrôle à la fois l'hydroélectricité et une partie importante du foncier industriel, qui émerge en tant qu'acteur clé pour le développement du minage numérique tout en trouvant, avec BitRiver et les autres entreprises spécialisées, des partenaires de prédilection pour écouler sa production électrique. Enfin, à l'échelle globale, BitRiver héberge et opère le matériel de clients parfois étrangers qui captent à distance les bénéfices. Ce cas met en lumière un paradoxe : le minage numérique repose sur des ancrages territoriaux précis (infrastructures, énergie, héritage industriel), mais les retombées locales restent marginales, tandis que les profits sont largement déterritorialisés.

[522] MAÏOROVA, Ekaterina, 2019. Сергей Серебренников посетил братское предприятие по производству криптовалюты — Твой Братск. *https://bratsk.irk.today/* [en ligne]. 19 août 2019. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://bratsk.irk.today/2019/08/19/sergej-serebrennikov-posetil-bratskoe-predprijatie-po-proizvodstvu-kriptovaljuty/

B. Extension du domaine de la lutte : des sanctions états-uniennes contre BitRiver

En avril 2022, moins de deux mois après le début de l'invasion de l'Ukraine par la Russie, l'OFAC (U.S. Office of Foreign Assets Control), ajoutait BitRiver à sa liste de cibles[523]. L'OFAC est une agence du département du Trésor des États-Unis chargée de la mise en œuvre et de l'application des sanctions économiques et commerciales décidées par le gouvernement états-unien. Elle gèle les avoirs, restreint les transactions financières et interdit aux entreprises ou citoyens états-uniens de commercer avec des individus, organisations ou États inscrits sur ses listes de sanctions. L'administration étasunienne déclarait alors :

> « En exploitant de vastes fermes de serveurs qui vendent des capacités de minage de monnaies virtuelles à l'international, ces entreprises aident la Russie à monétiser ses ressources naturelles. La Russie dispose d'un avantage comparatif dans le domaine du minage de cryptomonnaies grâce à ses ressources énergétiques et à son climat froid. Cependant, les sociétés de minage dépendent d'équipements informatiques importés et de paiements en monnaie fiduciaire, ce qui les rend vulnérables aux sanctions. Les États-Unis sont déterminés à faire en sorte qu'aucun actif, aussi complexe soit-il, ne devienne un mécanisme permettant au régime de Poutine de compenser l'impact des sanctions »[524].

Le fondateur de BitRiver, Igor Runets, déplore une décision qu'il juge « injuste » et qu'il accuse d'être une manœuvre anti-compétitive qui bénéficiera aux fermes de minage installées aux États-Unis[525]. Il explique également que ses entreprises n'ont jamais bénéficié ni travaillé avec des officiels du régime russe ou des personnalités russes visées par des sanctions états-uniennes.

Pourtant, EN+, Rusal ou encore Oleg Deripaska ont bien été visés par des sanctions états-uniennes. Dès juin 2018, Oleg Deripaska est personnellement sanctionné tout comme, par extension, ses entreprises dont Basic Element, EN+, Gaz Group, EuroSibEnergo et Rusal[526].

---

[523] U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY, 2022. U.S. Treasury Designates Facilitators of Russian Sanctions Evasion. *U.S. Department of the Treasury* [en ligne]. 20 avril 2022. [Consulté le 1 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0731

[524] "By operating vast server farms that sell virtual currency mining capacity internationally, these companies help Russia monetize its natural resources. Russia has a comparative advantage in crypto mining due to energy resources and a cold climate. However, mining companies rely on imported computer equipment and fiat payments, which makes them vulnerable to sanctions. The United States is committed to ensuring that no asset, no matter how complex, becomes a mechanism for the Putin regime to offset the impact of sanctions". Dans : U.S. TREASURY, 2022. U.S. Treasury Designates Facilitators of Russian Sanctions Evasion. *U.S. Department of the Treasury* [en ligne]. 20 avril 2022. [Consulté le 1er novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0731

[525] GKRITSI, Eliza, 2022. BitRiver Calls OFAC Sanctions 'Unfair' Anti-Competitive Move to Benefit US Miners. [en ligne]. 21 avril 2022. [Consulté le 24 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.coindesk.com/policy/2022/04/21/bitriver-calls-ofac-sanctions-unfair-anti-competitive-move-to-benefit-us-miners/

[526] OFAC, 2018. Ukraine-/Russia-related Designations and Identification Update; Syria Designations; Kingpin Act Designations; Issuance of Ukraine-/Russia-related General Licenses 12 and 13; Publication of New FAQs

Ses avoirs à l'étranger sont gelés, ses déplacements restreints et ses activités commerciales avec l'étranger sont fortement limitées. Son nom est ajouté à la liste des personnalités sanctionnées en mars 2014 à la suite de l'annexion de la Crimée[527]. Sa proximité avec Vladimir Poutine, ses connexions politiques et le rôle de ses entreprises dans l'économie russe motivent cette décision. En 2019, Deripaska est mentionné dans le rapport Mueller, consacré aux liens supposés entre la campagne présidentielle de Donald Trump et le gouvernement russe[528]. Entre 2005 et 2009, il avait eu recours aux services de Paul Manafort, directeur de campagne de Trump, dont les activités de lobbying visaient à favoriser l'installation de responsables politiques favorables à Deripaska en ex-URSS et bénéfiques au « gouvernement Poutine »[529]. Deripaska a toujours nié toute ingérence dans les élections états-uniennes. Néanmoins, en 2023, un ancien agent du FBI est arrêté, accusé d'avoir perçu des fonds de sa part pour tenter de faire lever les sanctions et discréditer ses rivaux[530]. Parallèlement, son implication dans la guerre en Ukraine devient plus manifeste, malgré ses déclarations publiques condamnant le conflit et ses effets économiques[531]. Il est identifié comme l'une des principales sources de financement de la société militaire privée russe Redut Antiterror, active depuis 2008 pour protéger les intérêts commerciaux russes à l'étranger et déployée en Ukraine dès le début de l'offensive[532].

En mai 2024, l'OFAC a exposé une tentative de Deripaska pour contourner les sanctions et de récupérer ses fonds gelés[533]. Mais, dans les faits, en 2018, Deripaska s'était rapidement retiré de la direction d'EN+ dès l'entrée en vigueur des sanctions à son égard. Les comités d'administration des entreprises concernées par les sanctions avaient été complètement

---

and Updated FAQ | Office of Foreign Assets Control. [en ligne]. 4 juin 2018. [Consulté le 25 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://ofac.treasury.gov/recent-actions/20180406

[527] 19 mars 2014. Blocking Property of Additional Persons Contributing to the Situation in Ukraine. *Federal Register* [en ligne]. [Consulté le 25 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.federalregister.gov/documents/2014/03/19/2014-06141/blocking-property-of-additional-persons-contributing-to-the-situation-in-ukraine

[528] MUELLER, Robert S., 2019. *Report on the Investigation into Russian Interference in the 2016 Presidential Election. Volume I of II*. Washington, D.C. : U.S. Department of Justice, 448 p., pp. 130-143.

[529] *Ibid*, 131.

[530] H. G., AFP, 23 janvier 2023, Un ancien haut responsable du FBI arrêté pour ses liens avec un oligarque russe. *BFMTV* [en ligne]. [Consulté le 25 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.bfmtv.com/international/un-ancien-haut-responsable-du-fbi-arrete-pour-ses-liens-avec-un-oligarque-russe_AD-202301230715.html

[531] DEREK, Saul, 2022. « Une erreur colossale ». Le milliardaire russe Oleg Deripaska réitère ses critiques à l'égard de la guerre en Ukraine - Forbes France. [en ligne]. 29 juin 2022. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.forbes.fr/politique/une-erreur-colossale-le-milliardaire-russe-oleg-deripaska-reitere-ses-critiques-a-legard-de-la-guerre-en-ukraine/

[532] À partir de 00:05:10 dans : Гулагу-нет Официальный канал, 2022, *Секретное подразделение ГРУ «ЧВК Редут» в составе 45 ОБр СпН МинОбороны РФ, финансы Олега Дерипаски*, 2022. [en ligne]. [Consulté le 25 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=pKSg7Yt1Z9A

[533] OFAC, 2024. U.S. Exposes Attempted Sanctions Evasion Scheme Connected to Russian Oligarch. *U.S. Department of the Treasury* [en ligne]. 24 juin 2024. [Consulté le 25 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy2337

remodelés pour y inclure des représentants occidentaux et assurer une transparence à l'OFAC et les sanctions avaient été levées contre les entités morales dès janvier 2019[534].

Il y a plusieurs clés de lecture pour interpréter la décision de l'OFAC de sanctionner BitRiver. Par ces sanctions, il y a une volonté de l'administration états-unienne de fragiliser une industrie qui apporte des revenus à un grand groupe russe qu'elle ne peut plus viser directement. L'autre enjeu est celui de pénaliser Oleg Deripaska, qui tire toujours un grand pouvoir politique de relations officieuses avec EN+ et ses filiales. Les sanctions à l'encontre de BitRiver font partie du décret présidentiel 14024, mis en place le 15 avril 2021 par Joe Biden, sanctionnant tout individu ou entreprise de la Fédération de Russie qui mèneraient des activités à l'étranger jugées comme préjudiciables pour les États-Unis et leurs alliés[535]. Bien que BitRiver ne fait officiellement que du « hosting », et n'hébergerait donc que des processeurs de clients tiers sans faire du minage de cryptomonnaies pour son propre compte, les sanctions prises à son encontre semblent aller au-delà de la simple punition d'une entreprise trop proche des intérêts de Deripaska.

En effet, ces sanctions font partie d'un même paquet de sanctions qui visent également d'autres projets et personnalités russes liés à Konstantin Malofeïev (sanctionné depuis 2014) et aux cryptomonnaies, et en premier lieu Vladex (voir Partie I, Chapitre 3), qui pourraient contribuer à « l'écosystème d'influence malveillante et de contournement des sanctions de Malofeïev »[536]. Ainsi, l'administration états-unienne aurait pu voir en BitRiver une entité qui permet à Deripaska ou d'autres élites russes de générer directement des cryptomonnaies, et donc de créer de la valeur à partir de l'énergie qu'ils maîtrisent, pouvant être utilisée pour des financements opaques ou le contournement de sanctions économiques (voir Partie I, Chapitre 3).

Mais il est également possible que BitRiver ait été visée également parce qu'elle représente une industrie qui devient stratégique en temps de guerre et de sanctions, non seulement pour

[534] OFAC, 2024. OFAC Delists En+, Rusal, and EuroSibEnergo. *U.S. Department of the Treasury* [en ligne]. [Consulté le 25 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://home.treasury.gov/news/press-releases/sm592
DEVITT, Polina et MOHAMMED, Arshad, 2019. Questions linger over Deripaska's Rusal influence after U.S. deal. *Reuters* [en ligne]. 4 février 2019. [Consulté le 25 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.reuters.com/article/world/questions-linger-over-deripaskas-rusal-influence-after-us-deal-idUSKCN1PT0KA/

[535] U.S. PRESIDENT, 2021. Blocking Property With Respect To Specified Harmful For- eign Activities of the Government of the Russian Federation. *Federal Register* [en ligne]. 19 avril 2021. Vol. 86, n° 73, pp. 4. Disponible à l'adresse : https://ofac.treasury.gov/media/57936/download?inline

[536] U.S. TREASURY, 2022. U.S. Treasury Designates Facilitators of Russian Sanctions Evasion. *U.S. Department of the Treasury* [en ligne]. 20 avril 2022. [Consulté le 1er novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0731

les composantes de l'empire de Deripaska, mais également pour plusieurs autres acteurs du secteur russe des énergies.

5.3.2. L'émergence d'un "technopouvoir"

En mobilisant son expertise dans le développement et la gestion de fermes de minage de cryptomonnaies, tout en se rendant stratégique pour EN+ et les producteurs d'électricité, BitRiver s'est construit comme un « technopouvoir ». Comme détaillé précédemment dans ce chapitre, nous utilisons ce terme en référence au concept d'« énergopouvoir » de Boyer. Ici, les acteurs étudiés ne construisent pas leur pouvoir politique sur la maîtrise des énergies, mais sur la maîtrise d'une technologie. Cette proposition est dans la droite lignée du concept de technopolitique porté par Hecht, qui englobe les stratégies politiques misent en œuvres par certains acteurs en mobilisant leur maîtrise dans la production ou l'utilisation d'une technologie.

Cette dernière sous-section de la Partie II permet de revenir sur la géo-histoire de BitRiver, et de comprendre comment l'entreprise a su émerger en tant que technopouvoir à l'échelle nationale en s'appuyant au préalable sur des relations privilégiées avec l'énergopouvoir EN+. Nous avons divisé cette évolution en trois grandes phases, synthétisées et spatialisées sur la Carte 10 : (1) la création et la première expansion des opérations de BitRiver autour du foyer historique de l'*oblast'* d'Irkoutsk grâce à l'électricité et la proximité d'EN+, (2) une montée en échelle avec une centralisation des actifs sous une structure unique installée à Moscou et une externalisation financière en Suisse et, enfin (3) un développement de projets alimentés à partir de gaz et un rapprochement avec les acteurs russes du secteur gazier.

A. BitRiver : d'une industrie alternative à un technopouvoir

Alors que l'entreprise BitRiver était en pleine expansion, elle a été frappée par les sanctions, sans que celle-ci ne semble avoir été freinée. Ces sanctions ont tout de même enclenché le processus souhaité par le département états-unien du Trésor, avec la perte de certains clients importants pour l'entreprise. Parmi eux, la banque japonaise SBI et sa filiale dénommée SBI Crypto, qui annonçaient dans un rapport d'août 2022 le retrait de ses activités de minage

numérique en Russie[537]. Il fut par la suite confirmé que les processeurs de SBI étaient hébergés dans une ferme de BitRiver. Les sanctions ne permettaient plus les transferts financiers en monnaie fiduciaire entre le client et l'hébergeur, l'une des vulnérabilités décelées par l'OFAC qui écrivait en avril 2022 que « les sociétés de minage dépendent de matériel informatique importé et des paiements fiduciaires, ce qui les rend vulnérables aux sanctions »[538].

En 2022, BitRiver se classait première des huit principales entreprises de minage de cryptomonnaies de Russie (voir Tableau 6) en termes de revenus annuels déclarés avec 7 882 000 000 de roubles (88 132 000 USD)[539], loin devant le reste du classement (Intelion Data Systems, BitCluster)[540]. En 2024, BitRiver indiquait disposer de 15 fermes de minage opérationnelles, mais ne partageait la localisation de seulement 13 d'entre elles (voir Carte 10), pour un total de 533 MW de puissance, plus de 175 000 processeurs hébergés et plus de 500 employés[541]. L'entreprise propose donc des services d'hébergement de calculateurs pour ses clients, tout en mettant en avant la grande proportion d'électricité consommée produite à partir d'énergies « propres ». En 2021, elle communiquait sur le fait que leur installation phare, la ferme de Bratsk, avait reçu une certification d'installation à « zéro émission de gaz à effet de serre », une première pour une entreprise russe[542].

[537] SBI HOLDINGS, INC., 2022. *Financial Results for the Three-month Period Ended June 30, 2022 (Fiscal Year Ending March 31, 2023)* [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.sbigroup.co.jp/english/investors/disclosure/presentation/pdf/220815presentations.pdf
BAYDAKOVA, Anna et GKRITSI, Eliza, 2022. Sanctioned Bitcoin Mining Firm BitRiver Loses Another Client as SBI Leaves: Sources. [en ligne]. 25 août 2022. [Consulté le 29 août 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.coindesk.com/business/2022/08/25/sanctioned-bitcoin-mining-firm-bitriver-loses-another-client-as-sbi-leaves-sources/
[538] U.S. TREASURY, 2022. *Ibid*.
[539] 2023. Рейтинг российских майнинг-компаний по выручке, объемам мощности :: РБК.Крипто. *RBC Crypto* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rbc.ru/crypto/news/64e5ba809a794753ddc0a810
[540] Le reste du classement : Intelion Data Systems (1 032 000 000 RUB), BitCluster (716 000 000 RUB) , CryptoReactor (607 000 000 RUB), SibMain (408 000 000), GIS Mining (406 000 000); «Майнинг кластер» (349 000 000), Promminer (121 000 000).
[541] "Hosting", BitRiver, https://bitriver.com/hosting/
[542] 2022. «Битривер Рус» стала первой компанией в России с нулевым выбросом парниковых газов. *BitRiver* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://bitriver.com/news/all/bitriver-rus-stala-pervoy-kompaniey-v-rossii-s-nulevym-vybrosom-parnikovykh-gazov/


Carte 10
De la Sibérie à l'Arctique russe
La diversification progressive de la localisation des opérations de minage de cryptomonnaies de BitRiver
I. Une diversification de localisation et de ressources...
NOM DE LA FILIALE date de création
Adresse légal de la filiale
«Nom de la ferme»
Un minage numérique alimenté à partir de:
Hydro
Gaz
Fuel
Charbon
BITRIVER AG 04/2021
SWITZERLAND
OuK BITRIVER 03/2021
BITRIVER-PNG 01/2022
BITRIVER-I 02/2022
BITRIVER-M 02/2022
BITRIVER-GAZ 04/2022
BF BITRIVER 09/2023
BITGAZ 12/2023
Moscow
2022
2021
«GPN-Yamal»
Novy Port
«Messoïakha»
«Norilsk»
Norilsk
BITRIVER SEVER 06/2020
Buzuluk
«Novi Potok»
«Nizhny-Chapshinskoe»
Grozny
BITRIVER-KAVKAZ 11/2022
BITRIVER-K 01/2021
«Kodinsk»
Kodinsk
«Ust-Ilimsk»
Ust-Ilimsk
BITRIVER -TURMA 09/2021
BITRIVER RUS 11/2017
Turma
Bratsk
Vikhorevka
«Vikhorevka»
«Bit+»
«Bolchaya Irba»
Bolchaya Irba
«Bratsk»
BITRIVER-B 07/2020
Mukhorshibir
«Mukhorshibir»
BITRIVER-A 04/2022
«Ak-Dovurak»
Ak-Dovurak
II. ...qui suit une stratégie en 3 phases :
1 Phase 1: développement des opérations autour de l'électricité sibérienne d'EN+
2 Phase 2: Concentration des actifs, externalisation du capital
3 Phase 3: Minage «off-grid » dans des lieux isolés stratégique pour les acteurs des hydrocarbures
Invasion de l'Ukraine par la Russie
Filiales de BitRiver visées par les sanctions US
Main Internet backbones
Submarine cable
Planned submarine cable
Hugo Estecahandy, IFG, August 2024.
Source: BitRiver, U.S. Treasury, International Telecommunication Union

Nous retraçons ici l'origine et l'évolution de l'entreprise BitRiver, première entreprise russe de minage de cryptomonnaies en termes de revenus, de processeurs hébergés ou encore d'électricité disponible, majoritairement grâce à un important travail de croisement d'informations disponibles en ligne[543]. D'une part, la démarche a consisté à trouver, récupérer et croiser de nombreuses d'informations du registre d'État unifié des entités légales du Service fédéral des impôts de Russie, du Registre gouvernemental d'information de rapports comptables et financiers et du site « Rusprofile », qui permet de croiser plusieurs bases de données publiques et lier des entités, mais dont les résultats accessibles restent malheureusement que partiellement accessibles[544]. D'autre part, les informations pertinentes partagées par l'entreprise BitRiver sur son site Internet ont été relevées, que ce soit la version actuelle (refondue en décembre 2023) disponible à l'URL « bitriver.com » depuis au moins le 4 juin 2022, ou sur la première version disponible à l'adresse « bitriver.farm » et maintenue au moins jusqu'au 8 février 2023, grâce l'outil d'exploration des pages web archivées Wayback Machine d'Internet Archive[545].

BitRiver a donc été fondée en 2017 par Igor Runets à Bratsk. Runets est d'abord un entrepreneur russe qui a fondé le groupe « Fox » (ou « Foks ») à Ekaterinenbourg en 2010, spécialisé dans la gestion de matériel et d'installations informatiques[546]. En 2015, il décide de diversifier ses activités en fondant « Everest Group », avec lequel fonde ou rachète plusieurs entreprises d'extraction de minéraux, dont « Sibirskie Mineralni » et « TouvaAsbest » en octobre 2015[547], des combinats d'extraction d'amiante à Ak-Dovourak en République de Touva en Sibérie orientale (voir Carte 10).

La fondation de BitRiver, en la raison morale de « Bitriver Rous », apparaît alors deux ans plus tard comme une mise en commun des deux secteurs d'activité dans lequel Runets

[543] Une partie des ressources et base de données exploitables pour ce type de démarches sont présentées et détaillées dans cet article : https://medium.com/@moon_osint/investigating-russian-legal-entities-fab89e5be39b
[544] Federal Tax Service of Russia. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.nalog.gov.ru/eng/
Registre gouvernemental d'information de rapports comptables et financiers : https://bo.nalog.ru/
Проверка и анализ российских юридических лиц и предпринимателей. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rusprofile.ru/
Sur Rusprofile : Le modèle économique de ce site reposait sur de la publicité jusqu'en 2021, avant de devenir accessible via abonnement, que je n'ai pas pu payer puisque les sanctions rendent tout paiement par carte bancaire impossible entre la France et la Russie.
[545] Wayback Machine : https://web.archive.org/
[546] Site web du groupe Fox : https://foxgroup.ru/index.php
Page du groupe Fox sur le registre gouvernemental d'information de rapports comptables et financiers : https://bo.nalog.ru/organizations-card/1205712
[547] Предоставление сведений из ЕГРЮЛ/ЕГРИП в электронном виде. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://egrul.nalog.ru/index.html?t=1710169367703

exerçait déjà, à savoir la gestion d'infrastructures informatiques de grande envergure et l'extractivisme[548]. Grâce à un accord avec Irkoutskenergo (EN+) pour la fourniture énergétique, et vraisemblablement du bâti, BitRiver construit sa première ferme de minage à Bratsk. Elle devient opérationnelle en 2018. Ce partenariat semble porter ses fruits puisqu'EN+ et BitRiver cofondent l'entreprise de minage « Bit+ » en juillet 2019 pour opérer une ferme de 30 MW, toujours à Bratsk.

Rapidement, le groupe est agrandi, avec la fondation de « Bitriver Seversk » (« BitRiver Nord ») en juin 2020. L'entité est enregistrée à Norilsk, une ville construite pour l'extraction de nickel au-delà du cercle arctique dans le kraï de Krasnoïarsk. Deux mois plus tard, « Bitriver-B » est enregistrée à Mukhorshibir, en Bouriatie, puis est fondé « Bitriver-K » à Oust-Ilimsk en janvier 2021, cette fois dans l'*oblast'* d'Irkoutsk. En un peu plus de six mois, ce sont donc trois nouvelles fermes de minage qui sont prévues par BitRiver.

Au fur et à mesure que les projets sont multipliés, les formes de l'entreprise évoluent. En mars 2021 est fondé « OuK Bitriver » (à comprendre « Société de gestion BitRiver ») à Moscou, une société sous laquelle sont enregistrées toutes les entités de BitRiver (sauf Bit+, qui a officiellement été fondé par la branche télécom d'EN+ et Foks), ainsi qu'« Everest Groupe », « Sibirskie Minerali » et «Tuvaasbest »[549]. Le mois suivant, « OuK Bitriver » et ses filiales sont intégrées au groupe « BitRiver AG », domicilié à Zoug en Suisse, et donc de droit suisse. Alors que le groupe s'agrandit, sa disponibilité en électricité aussi, puisque sur la page d'accueil du site de BitRiver archivée le 30 juillet 2021 la disponibilité de 165 MW est indiquée, sans que les fermes de minage qui en bénéficient ne soient précisées[550]. Une analyse des images satellites de la ferme de BitRiver à Norilsk datant du 1er mai 2021 semble montrer que le bâtiment est toujours en rénovation et n'est donc pas opérationnel[551]. Sur l'archive web du site en date du 25 septembre 2021, la puissance électrique disponible affichée est de « plus de 300 MW » et le

[548] ООО « Битривер Рус ». [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rusprofile.ru/id/11236526
[549] Предоставление сведений из ЕГРЮЛ/ЕГРИП в электронном виде. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://egrul.nalog.ru/index.html?t=1710169367703
L'adresse exacte est 17 rue Annenskaïa, Moscou
[550] Site de BitRiver au 30 juillet 2021 : World's largest hosting provider for green cryptocurrency mining. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20210730031632/https:/bitriver.farm/en/
[551] Coordonnées de la ferme de BitRiver à Norilsk : 69.35755099475949 , 88.3865189910948. Sur la capture suivante, de juin 2022, le bâtiment semble finalisé.

même mois, une autre filiale de BitRiver est enregistrée, « Bitriver-Touma », du nom d'une petite ville proche de Bratsk[552].

Dès le début de l'année 2022, « Bitriver PNGué », « Bitriver-I » et « Bitriver-M » sont fondés à Moscou, domiciliés à la même adresse que « OuK BitRiver », et Bitriver-Kavkaz » à Grozny en République de Tchétchénie, sans que des détails sur les spécificités de leurs activités n'aient pu être trouvés. Deux nouvelles filiales de BitRiver, « Bitriver-Gaz » et « Bit-River-A », sont ensuite fondées le même jour, le 4 avril 2022, la seconde étant domiciliée à Ak-Dovourak, au sein de l'espace industriel acquis par Igor Runets en 2015. Enfin, en septembre et décembre 2023 sont respectivement enregistrés le fonds caritatif « Bitriver » et la dernière filiale en date, « BitGaz ».

À partir de la fin de l'année 2023, BitRiver modifie sa communication. La refonte de son site Internet affiche désormais 526 MW électriques de disponibles et plusieurs autres détails, tels que 175 000 processeurs d'hébergés, 15 « datacenters opérationnels » ou encore le fait que 14 fermes supplémentaires sont en cours de construction pour plus d'un gigawatt disponible supplémentaire[553]. Mais aussi et surtout, le site affiche désormais une carte représentant schématiquement le territoire de la Fédération de Russie et ses sujets (incluant la Crimée et les quatre régions d'Ukraine intégrées au territoire russe en 2023) avec la localisation, très approximative, de 13 des 15 fermes en activité[554]. Sur l'archive de la page d'accueil de bitriver.com du 29 mai 2024[555], une disponibilité de 533 MW qui est affichée, un chiffre identique le 4 juillet 2024[556]. Il n'est pas possible de connaître avec précision l'emplacement exact de toutes les fermes de minage de BitRiver, ni leur part respective dans les 533 MW à disposition des clients de l'entreprise, mais en croisant le nom des fermes , souvent liées au lieu où elles ont été construites, avec les filiales de BitRiver et leur domiciliation, il est possible d'avoir une première lecture géographique du groupe (voire Carte 10).

[552] Site de BitRiver au 25 septembre 2021- World's largest hosting provider for green cryptocurrency mining. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20210925083902/https:/bitriver.farm/en/.
[553] Site de.BitRiver au 31 décembre 2023 — крупнейший оператор майнинговых дата-центров и импортер майнингового оборудования в России. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20231231210105/https:/bitriver.com/
[554] Au 4 juillet 2024.
[555] Site de BitRiver au 21 juin 2024 — крупнейший оператор майнинговых дата-центров и импортер майнингового оборудования в России. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20240621173113/https:/bitriver.com/
[556] Site de BitRiver au 14 août 2025 — крупнейший оператор майнинговых дата-центров и импортер майнингового оборудования в России. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://bitriver.com/

La localisation précise de chacune des fermes de minage affichées sur le site de BitRiver n'a pu être trouvée, à cause du peu d'informations disponibles et de la faible couverture en images satellites récentes sur la plupart des zones concernées. Seulement trois sites ont été identifiés sur des clichés satellites : la ferme de 100 MW de Bratsk, la ferme de Mukhorshibir et celle de Norilsk. Pour d'autres, comme « Ak-Dovourak » ou « GNP-Yamal », ce dernier étant un complexe d'extraction et de transformation de gaz naturel liquéfié (GNL) dans l'Arctique russe, les possibilités d'emplacement des fermes sont peu nombreuses, mais aucune image satellite postérieure au lancement du projet n'a pu être trouvée pour essayer de localiser l'infrastructure.

En croisant les données d'entreprise de BitRiver avec les informations partagées sur son site officiel et quelques outils de télédétection, il est possible de mettre en lumière des changements dans la stratégie du groupe. Si une grande partie des activités de BitRiver semblent concentrées autour de la Sibérie orientale, région historique de l'entreprise, et alimentée par l'électricité du partenaire historique EN+, une diversification des espaces d'implantation, de partenaires et de ressources utilisées est observable (voir Carte 10). Trois phases principales semblent émerger du schéma d'évolution de BitRiver.

La première phase (2017-2021) correspond à la première expansion, entre la création de la ferme de Bratsk en 2018 et la multiplication de projets autour du foyer historique de Sibérie orientale jusqu'en 2021. En 2020, BitRiver ouvre une filiale à Norilsk, ville de 180 000 habitants (2019) dans le kraï de Krasnoïarsk, ville parmi les plus polluées du monde. Son économie repose sur l'exploitation du nickel et sur l'entreprise NorNickel, dont EN+ détient 26,39 % des parts, aux côtés de Vladimir Potanine, proche de Vladimir Poutine et sanctionné par les États-Unis depuis 2022[557]. NorNickel produit l'électricité locale via NTEC (55 % gaz, 45 % hydroélectricité) [558]. EN+ aurait pu faciliter l'arrivée de BitRiver à Norilsk, sans certitude toutefois. C'est également en 2020 qu'est lancé un projet concurrent, celui de BitCluster, plus médiatisé[559]. La localisation septentrionale de ces fermes n'a été rendue possible qu'après 2017, lorsque NorNickel fit installer un câble de fibre optique (40 Mbps, portés à 200 Mbps en 2021) remplaçant la connexion satellitaire[560]. Cette amélioration a transformé les usages numériques,

[557] Au 31 décembre 2023. Voir site officiel de Nornickel : https://nornickel.com/investors/shareholders/listing/
[558] Site officiel de NorNickel : https://nornickel.com/business/assets/energy-and-gas-assets/
[559] 2020. Une ferme de minage de bitcoins dans le cercle arctique. *Bitcoin.fr* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://bitcoin.fr/une-ferme-de-minage-de-bitcoins-dans-le-cercle-arctique/
[560] DEREK, Saul, 2022. *Op. cit.*

les habitants consommant deux fois plus de contenus Internet dès 2019, ouvrant également la voie au minage. Cela temoigne aussi de la forte mobilité de cette industrie.

La même année, un projet de ferme apparaît en Bouriatie (voir Planche 4), sur une électricité issue de centrales au charbon, sans lien avec EN+. Enfin, début 2021, un projet similaire est lancé à Oust-Ilimsk, autre ville industrielle de l'*oblast'* d'Irkoutsk équipée d'un barrage d'EN+ sur l'Angara.

Si cette tendance se poursuit en 2021, avec la création de la ferme de Vikhorevka en septembre dont la « Bitriver-Tourma » semble être la structure de gestion, cette année marque une nouvelle phase avec un important changement de structure et d'échelle pour BitRiver, avec l'installation de la maison-mère en Suisse et une centralisation des entités russes sous « BITRIVER-ROuS » à Moscou. Si l'installation de « BITRIVER-AG » en Suisse peut s'expliquer par une stratégie d'optimisation fiscale, elle peut aussi traduire une volonté de faciliter l'accès aux flux financiers internationaux, alors que des projets de minage numériques hors de Russie étaient peut-être imaginés à l'époque. L'installation du siège russe du groupe à Moscou semble démontrer une volonté de se rapprocher des capitaux du pays, ainsi que des sièges de nombreux partenaires potentiels.

Une troisième phase se dessine pour BitRiver à partir de 2022, marquée par la création de six nouvelles filiales : quatre à Moscou, une à Ak-Douvarak, probablement liée aux usines achetées par Runets en 2015 et une à Grozny en Tchétchénie, sans information précise disponible. Deux des filiales moscovites, « BITRIVER-GAZ » et « BITRIVER-PNGué », concernent explicitement le secteur gazier. L'acronyme « PNGué » (« *ПНГ* » en russe) renvoie aux gaz associés au pétrole, généralement torchés, mais pouvant être valorisés en électricité grâce à des turbines spécifiques[561]. Le minage, activité hautement mobile, peut consommer cette énergie, comme dans le cas du Texas dès 2021. La création de ces filiales, complétées par « BITGAZ » en 2023, confirme l'intérêt de BitRiver pour ce secteur. En juin 2022, un protocole d'accord est

2021. Norilsk internet now five times faster - News and releases. *Nornickel* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://nornickel.com

[561] Pour les détails techniques de ces turbines, voir : NEZHADFARD, Mahya et KHALILI-GARAKANI, Amirhossein, 2020. Power generation as a useful option for flare gas recovery: Enviro-economic evaluation of different scenarios. *Energy* [en ligne]. août 2020. Vol. 204, pp. 117940. [Consulté le 6 juillet 2024]. DOI 10.1016/j.energy.2020.117940. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544220310471

signé avec Gazprom Neft, prévoyant la fourniture d'électricité issue du *flare-gaz* sur de nouveaux champs ou des sites isolés[562].

Sur la carte publiée par BitRiver, quatre fermes apparaissent sur des champs pétroliers ou gaziers (voir Carte 10) : « Noviï Potok », « Nijni-Chapchinskoe », « Messoïakha » et « GNP-Yamal ». Noviï Potok est une société exploitant trois sites, dont un près de Bouzoulouk (*oblast'* d'Orenbourg)[563]. « Nijni-Chapchinskoe » correspond à un gisement de pétrole en Iougra, géré par une filiale de Russneft ; un projet pilote y avait déjà été lancé en 2021 par Gazpromneft et Vekus, tandis que BitCluster y opère également[564]. Les images satellites disponibles du site datent de 2014 et ne permettent pas de confirmer la présence de BitRiver[565]. « Messoïakha » renvoie à une rivière traversant la Iamalie orientale, où plusieurs sites gaziers restent invisibles depuis 2019-2020. Enfin, « GNP-Yamal » correspond à une entreprise spécialisée dans le gaz naturel, implantée près de Novi Port (Iamalie occidentale), dont les infrastructures n'ont pas été actualisées par satellite depuis 2020[566].

BitRiver a rapidement mobilisé son savoir-faire afin de se rapprocher des grands acteurs du secteur énergétique et de multiplier ses opérations, en démontrant d'abord son utilité auprès d'EN+ avant de se positionner comme partenaire auprès d'autres producteurs d'énergie. En ce sens, BitRiver a commencé à devenir un « technopouvoir », apparaissant comme un acteur incontournable pouvant influencer parmi les plus grands groupes russes des hydrocarbures. La grande flexibilité du minage de cryptomonnaies a par ailleurs permis à l'entreprise d'étendre ses partenariats jusque dans l'Arctique russe, rendu accessible grâce au déploiement de la fibre optique à la fin des années 2010. Le parcours de BitRiver présente des similitudes avec celui d'EN+, évoqué plus tôt dans ce chapitre : son développement a d'abord été localisé en Sibérie, avant de se transformer en un groupe à dimension nationale, avec une concentration des actifs juridiques à Moscou dès 2021 et une externalisation de la maison-mère en Suisse, motivée par

[562] GKRITSI, Eliza, 2022. Russia's Gazpromneft and BitRiver Partner to Develop Crypto Mining Operations. [en ligne]. 16 juin 2022. [Consulté le 6 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.coindesk.com/business/2022/06/16/russias-gazpromneft-and-bitriver-partner-to-develop-crypto-mining-operations/

[563] Site de Novi Potok : Нефтяной Компании «Новый Поток» - 9 лет! | НКНП. [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://nknp.com.ru/news/outer-news/neftyanoy-kompanii-novyy-potok-9-let/
Installation d'extraction de pétrole repérée aux coordonnées : 53.02911178703821, 52.17430658051201

[564] SZYMCZAK, Davis, 2021. Gazprom Neft Mines Bitcoin as an Alternative to Flaring Unwanted Gas. *JPT* [en ligne]. 13 janvier 2021. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://jpt.spe.org/gazprom-neft-mines-bitcoin-as-an-alternative-to-flaring-unwanted-gas

[565] Coordonnées : 60.399605, 70.333233

[566] Coordonnées de l'un de ces sites : 69.05750344403296, 81.68923411658952

des considérations fiscales. Ce choix rappelle les stratégies d'Oleg Deripaska, qui avait enregistré ses entités maîtresses sur l'île de Jersey. Il convient désormais d'analyser comment cette expertise technique et cette maîtrise du minage ont été progressivement converties en stratégie politique, relevant d'une véritable « technopolitique » de la part de BitRiver.

B. La technopolitique d'une industrie alternative devenue stratégique

BitRiver a émergé comme le principal acteur du minage de cryptomonnaies en Russie, grâce à un appui soutenu sur l'électricité et les infrastructures électriques de l'*oblast'* d'Irkoutsk et un soutien appuyé d'EN+ qui contrôle ces dernières. Au fur et à mesure de son développement, BitRiver a diversifié ses régions d'activité et ses ressources, mais également ses partenaires. L'entreprise a pu acquérir une expertise technique certaine dans la création et la gestion d'infrastructures de minage de cryptomonnaies et a par la suite commencé à la proposer à d'autres acteurs des énergies. Nous notons deux approches différentes de BitRiver vis-à-vis des partenaires. Pour ce qui est des fermes de minage en Sibérie, BitRiver ouvre généralement une filiale au sein ou proche du territoire sur lequel est installée l'infrastructure. Cela peut s'expliquer par la nécessité d'une représentation physique de l'industrie à l'échelle locale, notamment pour l'exercice du dialogue avec les autorités locales (municipalité, région) et pour la mise en place d'une imposition adaptée à ces dernières. En revanche, les fermes de minage de BitRiver installées sur des champs pétroliers ou gaziers semblent liées à des entités légales domiciliées à Moscou. Cela peut s'expliquer par le fait que les acteurs qui font autorité au sein de ces territoires d'extraction de ressources, des compagnies pétrolières ou gazières, sont également domiciliés dans la capitale russe, où ils disposent du moins d'une représentation officielle.

La différence essentielle entre ces deux types d'implantation réside dans la source d'approvisionnement énergétique. Dans le premier cas, le minage numérique opéré par BitRiver s'appuie sur le réseau électrique régional, partagé avec la population et les industries locales : nous parlons alors de minage « *on-grid* ». Dans le second, l'électricité est spécifiquement produite pour le minage à partir d'une ressource transformée à proximité de son site d'extraction, généralement du gaz : nous parlons alors de minage « *off-grid* ». Le minage *off-grid* reste ainsi généralement isolé des réseaux électriques publics et de la population. À l'inverse, le minage *on-grid* mobilise une ressource collective, ce qui, comme évoqué dans le chapitre précédent, peut générer des externalités négatives subies par la population locale. L'installation de fermes de minage dans ce cadre soulève donc un potentiel de contestation.

L'ouverture d'une filiale locale permet certes à BitRiver de se matérialiser institutionnellement et de dialoguer avec les autorités compétentes. Mais cette matérialisation se double d'une visibilité accrue pour la population locale, directement concernée par l'exploitation intensive du réseau électrique dont elle dépend au quotidien.

Ainsi, des stratégies de communication et de séduction de la part de BitRiver à destination de ces populations locales ont pu être observées. L'objectif est de présenter cette entreprise sous un jour positif, car si l'industrie peut être méconnue localement, la consommation énergétique et les potentielles fragilisations de réseaux électriques sont sûrement davantage notoires. Par exemple, en juin 2022, BitRiver communiquait sur le don d'un camion-citerne à la municipalité de Mukhorshibir, afin de permettre à la population d'accéder à l'eau potable le temps que le réseau public soit réparé, dans ce village de Bouriatie où une ferme de 100 MW est en construction[567]. Ce projet de ferme est également révélateur de la relation entre BitRiver et différents niveaux d'autorités publiques à l'échelle de la Fédération. En effet, la ferme de Bouriatie, qui doit accueillir « 30 000 processeurs » avec une mise en service prévue pour « le premier semestre 2023 », bénéficie du soutien financier de la KRDV, la Société de développement de l'Extrême-Orient et de l'Arctique. Or, la KRDV relève à la fois du ministère de la Fédération de Russie pour le développement de l'Extrême-Orient et de l'Arctique, au niveau fédéral, et du District fédéral extrême-oriental, entité suprarégionale de laquelle relève la Bouriatie[568].

À proximité du village de Vikhorevka près de Bratsk, BitRiver a annoncé en juin 2024 avoir financé le relogement de 14 foyers dont les maisons avaient brulé durant un important incendie le mois précédent[569]. Cette localité est proche d'un projet de ferme de minage de BitRiver, puisqu'une des filiales est dénommée « BITRIVER-TOUMA », Touma étant le nom d'un village voisin de Vikhorevka.

BitRiver déploie des stratégies politiques très localement pour s'implanter sur des réseaux électriques utilisés par la population, mais également au sein des champs pétroliers et gaziers.

[567] 20 juin 2022. BitRiver подарил автомобиль-водовоз администрации села Мухоршибирь. *BitRiver* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://bitriver.com/news/all/bitriver-podaril-avtomobil-vodovoz-administratsii-sela-mukhorshibir/
KUZMICHEVA, Anastasia, 2023. В Бурятии откроют новый майнинговый центр обработки данных мощностью 100 МВт и стоимостью 900 млн руб. *RBC Crypto* [en ligne]. 8 février 2023. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rbc.ru/crypto/news/63e357699a794789f0cd1caa
[568] *Ibid*.
[569] 2024. Компания BitRiver помогла с жильем всем погорельцам Вихоревки. *ПРАЙМ* [en ligne]. [Consulté le 14 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://1prime.ru/20240612/klyuchi-849097703.html

L'industrie du minage se présente ainsi aux groupes pétroliers et gaziers comme une possibilité de rentabiliser un gaz auparavant considéré comme un déchet, dont ils disposent en grande quantité. Ainsi, par sa maîtrise technologique et sa spécialisation technique, BitRiver a pu émerger comme une industrie importante pour le secteur énergétique russe. Le groupe s'est construit une place prépondérante pour un secteur crucial de l'économie de la Fédération, qui devient de plus en plus stratégique avec la multiplication des sanctions à l'égard du secteur russe des énergies. En Russie, BitRiver et les entreprises de minage de cryptomonnaies sont donc en train de se constituer un pouvoir politique de plus en plus important, de par les spécificités de leur activité et l'expertise qu'elle leur a permis de développer. Cette mobilisation de la technique pour « constituer, incarner ou mettre en œuvre des objectifs politiques » correspond donc à une stratégie « technopolitique » telle que développée par Gabrielle Hecht[570].

Ces stratégies technopolitiques, qui se traduisent par la communication et des actions auprès des populations locales, ont conduit à un rapport de force de plus en plus favorable à BitRiver face aux grands groupes énergétiques. Bien que cela soit difficilement mesurable, cela s'illustre par le débat sur la reconnaissance et la légalisation de l'usage des cryptomonnaies et de leurs industriesen Russie . Si le minage de cryptomonnaies est sorti de tout vide juridique en Russie depuis 2021 avec l'introduction de la loi n°259, l'année 2024 a été marquée par l'annonce d'une reconnaissance juridique précise pour cette activité[571]. Ainsi, le minage numérique s'est vu attribué un code OKVED (Classification des types d'activités économiques russes) par le ministère des Finances, qui soutient une reconnaissance officielle de l'industrie[572]. Que ce soit par sa communication ou le *lobbying* effectué au travers l'Association de l'industrie minière [numérique] dont elle est un des principaux membres, l'entreprise BitRiver affiche souvent publiquement des chiffres de l'estimation de l'apport de l'industrie du minage numérique pour le Trésor public russe avec un cadre légal et une imposition appropriée : 5 milliards de dollars rien qu'en 2023[573].

---

[570] HECHT, Gabrielle, 1998. *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge, MA, USA : MIT Press. Inside Technology. ISBN 978-0-262-08266-2.

[571] La loi fédérale 259 est le premier cadre juridique appliqué aux cryptomonnaies en Russie. Elle autorise le minage et la spéculation financière sur les cryptomonnaies, mais interdit leur utilisation comme moyen de paiement. Avant cela, les industries de cryptomonnaies évoluaient dans un vide juridique en Russie.

[572] KOLOBOVA, Maria, 2024. Какие ваши коды: майнинг в РФ скоро станет видом экономической деятельности. *Известия* [en ligne]. 4 juin 2024. [Consulté le 10 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://iz.ru/1706336/mariia-kolobova/kakie-vashi-kody-maining-v-rf-skoro-stanet-vidom-ekonomicheskoi-deiatelnosti

[573] Association russe de l'industrie du minage numérique : https://mining.ru/
KOLOBOVA, 2024, *op. cit*.

C. Vers une intégration à l'économie de guerre ?

Si les différents projets de BitRiver liés à l'exploitation d'une électricité générée à partir de gaz sont antérieurs au début de la guerre en Ukraine (24 février 2022) ou aux sanctions émises à l'encontre du groupe (20 avril 2022), ce contexte de guerre semble profiter à cette logique de déploiement sur l'électricité *off-grid*. L'accélération des sanctions émises à l'encontre des acteurs russes du gaz a freiné la rentabilité du secteur en limitant les exportations, notamment pour le GNL[574]. Les grands groupes gaziers et pétroliers russes ont alors tout intérêt à développer de nouvelles formes de valorisation d'une ressource qu'ils extraient. Il est peu probable que la vente de gaz ou de l'électricité produite à partir de celui-ci, au secteur du minage de cryptomonnaies génèrent des revenus suffisants pour compenser d'éventuelles pertes pour les entreprises énergétiques concernées. En revanche, la possibilité de valoriser cette ressource directement sur le site d'extraction, à un moment où son exportation devient de plus en plus contrainte par les sanctions, suggère que cette forme de minage pourrait continuer à se développer en Russie. Cette dynamique permet également de mieux comprendre la décision de l'OFAC de sanctionner BitRiver, le minage apparaissant désormais comme un vecteur émergent de rentabilité pour les acteurs pétrogaziers russes.

Dans un premier temps, les sanctions états-uniennes ont eu l'effet escompté par l'OFAC sur BitRiver, avec la perte de clients internationaux, à l'instar de la banque japonaise SBI. Mais pour autant, l'activité du groupe ne semble pas avoir ralenti. Les projets lancés avant l'introduction des sanctions semblent avoir continué d'être développés et pour certains être fonctionnels à l'été 2024, comme la ferme de Norilsk par exemple. Que ce soit directement sur le site de BitRiver ou sur des sites de petites annonces locales, des offres d'emploi sont toujours publiées pour les différentes fermes de BitRiver. Des annonces de postes vacants de techniciens étaient postées en juin et juillet 2024 pour Bratsk, Bolchaïa-Irba et Vikhorevka, où BitRiver affirme avoir des fermes de minage. De même que l'augmentation de postes de maîtres d'œuvre dans la construction disponibles dans l'*oblast'* de Kemerovo ou d'Omsk, peut laisser présager la construction de nouvelles fermes de minage sur lesquelles l'entreprise n'a pas encore

[574] LIBOREIRO, Jorge, 2025. D'ici 2027, le gaz russe sera progressivement banni de l'UE. *Euronews* [en ligne]. 6 mai 2025. [Consulté le 21 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://fr.euronews.com/my-europe/2025/05/06/lue-prevoit-de-mettre-fin-a-lexploitation-du-gaz-russe-y-compris-le-gnl-dici-a-2027

communiqué[575]. Par contre, les sanctions états-uniennes peuvent compliquer un déploiement des activités de BitRiver en dehors du territoire russe.

D'autres entreprises russes de minage numérique opèrent à l'étranger, comme BitCluster qui dispose d'une ferme de 12 MW au Paraguay Elle a ouvert début 2024 un site de 120 MW en Éthiopie, en partenariat avec une entreprise chinoise et le fonds d'investissement du gouvernement éthiopien[576]. Ainsi, ce sera majoritairement le marché domestique des énergies que va continuer de se déployer pour BitRiver, où les sanctions ne semblent pas freiner son développement.

Afin d'analyser la poursuite des opérations de BitRiver, penchons-nous plus en détail sur le développement de la ferme de minage à Mukhorchibir. Grâce à des outils de télédétection en accès libre sur le site d'Esri, l'entreprise qui développe notamment le logiciel propriétaire d'informations géographiques ArcGIS, nous pouvons retrouver l'infrastructure physique et réinscrire son développement dans le temps, ce qui a été compilé sur la Planche 4.

Tout d'abord, en mobilisant un outil de détection automatisé de construction des sols sur la municipalité de Mukhorchibir, il est possible d'apercevoir l'apparition des terrains bâtis à partir de 2023. À l'est du village, une zone apparaît construite en 2023 alors qu'elle ne l'était pas en 2021. En zoomant sur cette zone avec Google Earth Pro, il est possible de voir qu'elle était en friche en 2021, en travaux en 2022 et qu'elle accueille une ferme de minage depuis 2023. En utilisant un dernier outil qui permet d'afficher les températures au sol relevées par les satellites du programme Landsat de la NASA, nous pouvons nous apercevoir qu'une tache de chaleur était présente à l'endroit de la ferme en janvier 2024, ce qui pourrait vouloir direbien que la précision de ces données reste limitée, que la ferme est opérationnelle.

[575] Site d'annonces d'emplois : https://hh.ru/employer/3313630

[576] KHALIL, Abubakar Nur, 21 février 2024. Ethiopia To Become The First African Country To Start Bitcoin Mining. *Forbes* [en ligne]. [Consulté le 10 juillet 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.forbes.com/sites/digital-assets/2024/02/21/ethiopia-to-become-the-first-african-country-to-start-bitcoin-mining/
Voir aussi, le site officiel de BitCluster : https://bitcluster.com/about/

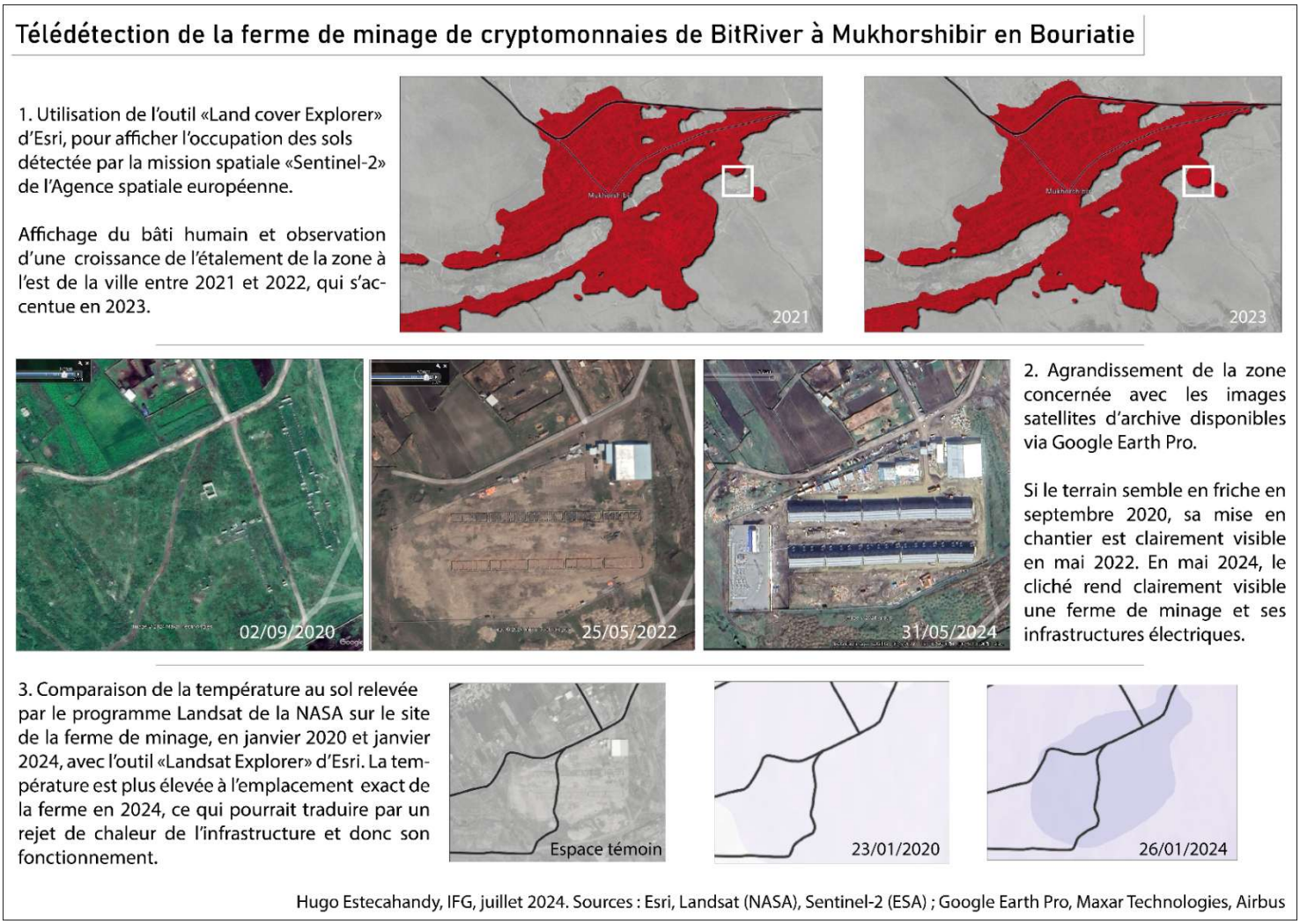


Planche 4

Ainsi, si BitRiver ne semble pas peiner à trouver de l'électricité pour alimenter ses infrastructures, l'entreprise ne semble pas non plus avoir de difficultés à trouver des clients désireux d'y brancher leurs processeurs. Au-delà de la seule clientèle domestique, il est tout à fait possible que beaucoup de ces clients soient des personnes ou des entreprises chinoises. Comme nous le verrons plus en détail dans la partie suivante dédiée aux raisons et impacts du développement soudain et massif du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan, le bannissement de l'activité depuis la République populaire de Chine a entraîné un exil qui a grandement été tourné vers des territoires en ex-URSS.

Dans tous les cas, BitRiver et les entreprises de minage de cryptomonnaies continuent de développer de nouveaux projets et diversifier leurs partenariats énergétiques. En définitive, l'évolution de BitRiver illustre la manière dont le minage de cryptomonnaies s'inscrit dans les recompositions énergétiques et géopolitiques de la Russie en guerre. Le minage numérique apparaît comme une méthode alternative pour valoriser des ressources gazières et électriques,

permettant de contourner partiellement les effets des sanctions internationales. Le cas de BitRiver met ainsi en lumière la convergence entre une industrie numérique très ancrée territorialement et les logiques d'« économie de guerre », où une activité numérique au départ marginale et mal vue des pouvoirs publics devient progressivement, et dans des propositions relativement faibles encore, un instrument de résilience économique et, potentiellement, de stratégie politique de positionnement de la Russie sur la scène internationale.

Conclusion du chapitre 5

Ce chapitre a permis de mettre en exergue les facteurs de localisation du minage de cryptomonnaies à grande échelle, avec un ancrage fort lié à l'héritage infrastructurel soviétique et les connexions politiques qui en découlent, que ce soit pour les intérêts d'un cercle opaque et limité d'acteurs comme à Oussolie-Sibirskoïe ou pour le secteur de l'énergie extrêmement stratégique pour la Russie.

Nous avons surtout pu montrer que le minage de cryptomonnaies s'est transformé en une industrie stratégique en Russie, notamment depuis son invasion de l'Ukraine et les nombreuses sanctions internationales et financières auxquelles la Fédération est aujourd'hui soumise. Cette évolution de la représentation stratégique de l'industrie du minage par l'État est le fruit d'une co-construction entre les entreprises de minage de cryptomonnaies et les fournisseurs d'électricité. Loin d'être resté une activité marginale ou purement informelle, le minage numérique commence à devenir un secteur intégré aux logiques économiques et politiques du pays, en tirant parti d'un héritage industriel soviétique sous-exploité depuis la chute de l'URSS et des dynamiques de pouvoir préexistantes. Alors que cette activité a été développée en dehors de toute intervention étatique officielle, ce secteur qui a émergé par le « bas » s'est progressivement imposé comme une industrie à part entière dans le paysage économique d'une Russie sous-sanctions.

Dans un premier temps, l'étude de cas de la ferme d'Oussolie-Sibirskoïe a révélé une dimension opaque, mais dont la lecture de l'espace physique (par l'exploration sur site), couplée à une lecture de l'espace grâce aux outils numériques (GeoInt), nous ont permis d'ancrer territorialement le minage numérique de grande capacité. Cette étude souligne également comment des infrastructures délaissées peuvent à nouveaux être mises en valeur sur des

territoires des marges. La périphérie de ces marges et leurs difficultés d'accès devenant d'ailleurs un atout pour entretenir l'opacité de cette industrie. Implantée au sein d'une zone industrielle fermée, héritage de l'URSS, cette ferme illustre comment le minage de cryptomonnaies peut tirer parti d'infrastructures existantes et d'une électricité bon marché, rendues disponibles par la désindustrialisation postsoviétique. Cette dimension deviendra alors pour la suite de notre étude des « indices » pour tenter de localiser les fermes de la suite de notre étude. La difficulté à enquêter sur place, comme en témoigne l'arrestation en 2019, et la nécessité du recours à des outils de télédétection en 2024, soulignent davantage la nature dissimulée de cette installation et l'importance des liens politiques étroits avec les autorités locales et fédérales. Plus important encore, cette ferme bénéficie directement à la centrale électrique locale, la CHP-11, propriété du groupe EN+ via Irkutskenergo, démontrant ainsi une relation mutuellement avantageuse et l'imbrications d'intérêts communs entre les mineurs de cryptomonnaies, acteurs proches du pouvoir de Vladimir Poutine et les fournisseurs d'électricité.

La deuxième section a approfondi le rôle central d'EN+ comme « énergopouvoir » dans l'*oblast'* d'Irkoutsk. En tant que premier producteur d'électricité privé au monde et acteur majeur en Sibérie, EN+ a consolidé son pouvoir grâce à la « capture de l'État » des infrastructures énergétiques postsoviétiques par son fondateur, Oleg Deripaska. Cette maîtrise de l'énergie, couplée à une relation de patronage privilégiée avec Vladimir Poutine, a permis à EN+ de se positionner comme un acteur stratégique pour le développement d'infrastructures numériques en Russie. Le groupe a activement cherché à attirer le minage de cryptomonnaies en proposant des emplacements optimaux, allant jusqu'à publier des appels d'offres pour des sites au sein même de ses centrales électriques. Cela illustre la stratégie proactive d'EN+ pour écouler son électricité excédentaire et convertir son « énergopouvoir » en influence dans le secteur numérique.

Enfin, la dernière section a mis en lumière la « technopolitique » de BitRiver, la principale entreprise du minage numérique en Russie. L'émergence fulgurante de BitRiver est intrinsèquement liée à son partenariat initial et privilégié avec EN+ dans la région de Bratsk, bénéficiant d'une hydroélectricité abondante et d'anciennes installations industrielles. L'entreprise a connu une expansion rapide en diversifiant ses implantations en Sibérie, centralisant ses entités à Moscou et sa maison-mère en Suisse et surtout, en se tournant vers le minage *off-grid* alimenté par le gaz torché en partenariat avec de grands groupes énergétiques comme Gazprom Neft. Les sanctions états-uniennes contre BitRiver en 2022, qui selon le discours des administrations étasuniennes visaient à empêcher la monétisation des ressources

naturelles russes et le contournement des sanctions internationales, n'ont pas ralenti le développement des activités domestiques de BitRiver. Cette résilience s'explique par la capacité de BitRiver à se rendre indispensable aux acteurs énergétiques russes, en valorisant une ressource (hydroélectricité, gaz) dont l'exportation est parfois de plus en plus contrainte par les sanctions, tout en valorisant une énergie parfois produite à perte. L'entreprise joue sur deux fronts en essayant de s'attirer à la fois la sympathie des acteurs de l'États, mais également des locaux, individus les plus impactés négativement par les activités de l'entreprise. Pour cela, elle déploie une stratégie technopolitique multiscalaire, allant de dons aux communautés locales pour lisser les potentielles frictions liées à la consommation d'énergie à un *lobbying* actif auprès du gouvernement le présentant comme une source de revenus significatifs pour l'État.

Les apports de ce chapitre dans le raisonnement de la thèse sont donc multiples. Premièrement, la dimension opaque et les contraintes d'accès aux informations et au terrain lui-même, nous ont amené à développer toute une méthodologie de lecture de l'espace, avec les indices propres au minage des cryptomonnaies que nous pouvons lire dans le paysage. L'entrecroisement entre les notions classiques de la géographie du site et de la situation, à laquelle s'ajoute la connaissance des besoins techniques du minage, nous a permis de développer des faisceaux d'éléments pour localiser les fermes de minage. La confrontation ensuite entre l'observation sur site et la télédétection nous a permis enfin de développer une nouvelle manière de localiser des fermes à la localisation volontairement cachée. Deuxièmement, il démontre que le minage de cryptomonnaies en Russie est passé d'une activité de niche à une industrie stratégique pour les autorités russes. D'une part, car il permet la monétisation des ressources énergétiques produites à perte et une revalorisation de l'héritage industriel postsoviétique en friche. D'autre part, car c'est une industrie qui a su témoigner sa résilience de par sa capacité à s'adapter et à prospérer dans un contexte de sanctions internationales. Le recours aux activités de minage numérique devient lui-même un moyen pour les acteurs de l'énergie de valoriser leurs ressources dans un contexte d'exportations contraintes également par des sanctions depuis l'invasion de l'Ukraine par la Russie.

La convergence entre le « technopouvoir » des entreprises de minage comme BitRiver et l'« énergopouvoir » des géants énergétiques comme EN+ a créé un écosystème où les secteurs du numérique et de l'énergie s'imbriquent pour servir des objectifs économiques et géopolitiques nouveaux.

Conclusion de la Partie II

Avec cette deuxième partie de la thèse nous avons analysé la matérialisation des infrastructures de cryptomonnaies en Russie, en se concentrant spécifiquement sur leur minage, et son évolution d'une activité informelle à une industrie stratégique. L'étude a exploré comment cette activité, profondément ancrée dans l'héritage industriel soviétique et ses réseaux d'acteurs, façonne de nouvelles dynamiques géographiques et géopolitiques, avec l'*oblast'* d'Irkoutsk comme laboratoire d'analyse privilégié.

L'examen de l'émergence du minage de cryptomonnaies à Irkoutsk apporte plusieurs contributions significatives à la géographie *du* numérique, par ses infrastructures physiques. D'abord, les résultats de ce chapitre réaffirment concrètement la dépendance de ces infrastructures numériques à des ancrages physiques tangibles : elles nécessitent une consommation importante d'électricité, des systèmes de refroidissement efficaces et un accès efficient à Internet. À Irkoutsk, ces besoins sont comblés par des conditions naturelles favorables, comme le climat froid qui facilite le refroidissement des équipements, et des infrastructures techniques héritées de la période soviétique, notamment les puissants barrages hydroélectriques sur la rivière Angara et un faible prix de l'électricité. Ce travail s'inscrit ainsi donc dans la lignée de la « géographie *du* numérique », citée par Ash, Kitchin & Leszczynski (2018) et des « géographies matérielles » du minage de cryptomonnaies, telles qu'explorées par Wyeth & al. (2023), en insistant sur les « infrastructures physiques » sous-jacentes à des réseaux numériques souvent perçues comme « abstraits » ou « virtuels »[577].

Ensuite, notre approche met en lumière le rôle crucial de l'héritage soviétique comme facteur de localisation du minage de cryptomonnaies. Les infrastructures massives, planifiées et construites à partir des années 1940-1950 sous le régime soviétique, telles que les barrages hydroélectriques sur l'Angara et de vastes zones industrielles, ont créé un environnement idoine pour cette industrie numérique récente. Le surplus d'électricité disponible localement, entraîné

[577] ASH, James, KITCHIN, Rob et LESZCZYNSKI, Agnieszka, 2018. Digital turn, digital geographies? *Progress in Human Geography* [en ligne]. 1 février 2018. Vol. 42, n° 1, pp. 25-43. [Consulté le 2 novembre 2021]. DOI 10.1177/0309132516664800. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1177/0309132516664800
WYETH, Ryan, RELLA, Ludovico et ATKINS, Ed, 2023. The material geographies of Bitfury in Georgia: Integrating cryptoasset firms into global financial networks. *Environment and Planning A: Economy and Space* [en ligne]. 30 novembre 2023. pp. 0308518X231211789. [Consulté le 6 décembre 2023]. DOI 10.1177/0308518X231211789. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0308518X231211789

par la déliquescence industrielle postsoviétique, conjuguée à des prix extrêmement bas, a transformé cet héritage industriel en un caractéristique attractive. Cette dynamique n'est pas exclusive à la Russie, et peut par exemple se retrouver en d'autres formes et échelles dans d'autres pays postsoviétiques, à l'instar du Kazakhstan ou du Kirghizstan, comme nous le verrons ensuite. La concentration de ces facteurs avantageux a conduit à l'apparition d'un « bassin cryptominier » à Irkoutsk, où les logiques économiques d'efficience du minage numérique se sont combinées à la disponibilité de fonciers industriels abandonnés, déjà équipés pour une forte consommation électrique. Nous prenons ici volontairement nos distances avec le concept de « cryptorégion » tel que formulé par Atkins et al. (2021) dans leur étude de cas au Québec, puisque les auteurs sous-entendaient que l'industrie du minage numérique y avait été développée suite grâce à l'implication directe et affichée des autorités locales. Cette dynamique est très différente de celle observée à Irkoutsk, où les gouvernements locaux ne prennent pas directement part à l'implantation de l'activité.

Par ailleurs, à Irkoutsk, le Chapitre 4 révèle un développement du minage « par le bas », comme une activité informelle et à petite échelle, souvent individuelle ou de subsistance. Cette dynamique, menée par des habitants aux revenus parfois précaires, a démocratisé l'activité, transformant des garages ou des habitations en petites fermes de minage. Cependant, cette prolifération a engendré des tensions significatives sur le réseau électrique domestique, entraînant surcharges, dysfonctionnements et même des incendies, ainsi que des conflits avec les compagnies d'électricité, se manifestant par des hausses de tarifs, des vols d'électricité et des litiges judiciaires. Cette forme de "parasitisme computationnel", contrairement à ce qui a été observé aux États-Unis par Lally & al. (2022), émane dans ce cas directement de la population locale, et non principalement d'une entreprise parfois originaire de l'extérieur du territoire[578].

L'analyse géopolitique de la relation dialectique entre le minage numérique et l'espace physique, ainsi que des acteurs politiques qui exercent leur pouvoir sur les différents territoires, offre des éclairages importants. Le minage, initialement informel, est progressivement devenu une industrie stratégique pour l'État russe, ce que confirme la communication officielle du gouvernement. La légalisation de l'activité en 2024, promue par des figures politiques russes,

[578] LALLY, Nick, KAY, Kelly et THATCHER, Jim, 2022. Computational parasites and hydropower: A political ecology of Bitcoin mining on the Columbia River. *Environment and Planning E: Nature and Space* [en ligne]. mars 2022. Vol. 5, n° 1, pp. 18-38. [Consulté le 5 février 2024]. DOI 10.1177/2514848619867608. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2514848619867608

vise à en faire un *« outil permettant de contourner les sanctions et un [secteur] d'exportation de haute technologie »*[579]. Cette reconnaissance officielle témoigne d'une volonté d'instrumentaliser le secteur numérique au service des intérêts nationaux, particulièrement dans un contexte de guerre et de sanctions internationales.

Le Chapitre 5 introduit et applique des concepts clés pour déchiffrer les dynamiques de pouvoir autour du minage numérique. L'« énergopouvoir », concept développé par Boyer (2014), est incarné par le groupe EN+ d'Oleg Deripaska, qui contrôle la quasi-totalité de la production et de la distribution électrique en Sibérie, notamment à Irkoutsk[580]. Cette maîtrise de l'énergie, héritée de la « capture de l'État » postsoviétique, confère à EN+ une influence politique considérable sur la région et participe à la construction de sa position privilégiée auprès du Kremlin. L'électricité d'EN+ est ainsi mobilisée pour des projets d'État (centres de données pour la souveraineté numérique russe) et pour soutenir le minage industriel. Parallèlement, le « technopouvoir » (« *technopower* ») est illustré par BitRiver, la plus grande entreprise de minage de cryptomonnaies de Russie. BitRiver ne tire pas son pouvoir de la maîtrise des ressources énergétiques, mais de son expertise et de sa maîtrise technologique du minage à grande échelle. En se rendant indispensable aux producteurs d'énergie, notamment en consommant leurs surplus électriques, BitRiver a su négocier des partenariats privilégiés, notamment avec EN+.

Le développement du minage industriel est le résultat d'une interaction dynamique et mutuellement avantageuse entre les entreprises de minage et les fournisseurs d'énergie, une véritable co-construction d'un secteur stratégique. Des entreprises comme Irkutskenergo (filiale d'EN+) ont activement cherché à attirer des mineurs pour écouler leurs excédents électriques, notamment dans des zones industrielles désaffectées. Cette convergence d'intérêts a favorisé l'industrialisation, la professionnalisation et la rationalisation du secteur. Les sanctions états-uniennes contre BitRiver en 2022 mettent en lumière la perception par l'OFAC de l'industrie du minage comme un potentiel mécanisme de contournement des sanctions et de monétisation des ressources naturelles russes. Dans le contexte de la guerre en Ukraine, le minage sur gaz torché (*flare gas*) ou sur champs gaziers isolés (minage « *off-grid* ») offre une nouvelle forme de valorisation pour des ressources dont l'exportation est contrainte. Le minage, bien que marginal

[579] 2024. Принят закон о легализации майнинга. *Государственная Дума* [en ligne]. [Consulté le 4 août 2024]. Disponible à l'adresse : http://duma.gov.ru/news/59800/

[580] BOYER, Dominic, 2014. Energopower: An Introduction. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 309-333. [Consulté le 20 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0020. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545589

en termes de revenus à l'échelle de l'économie russe, s'intègre ainsi à une logique d'économie de guerre, permettant à certains acteurs russes de communiquer une image de résilience et d'adaptabilité face aux pressions internationales. Enfin, la « technopolitique » de BitRiver se manifeste par l'utilisation de sa maîtrise technique du minage pour atteindre des objectifs politiques, tant au niveau local (communication positive auprès des populations, dons à des collectivités) qu'au niveau national (lobbying pour la reconnaissance juridique de l'activité, promotion de ses apports fiscaux). Cette stratégie démontre comment ce secteur technologique et son déploiement sont intrinsèquement liés à des rapports de force et des stratégies d'influence.

Cette partie de thèse offre ainsi plusieurs enseignements pour la compréhension des dynamiques géographiques et géopolitiques du minage numérique, et plus largement de certaines infrastructures numériques. Elle souligne l'imbrication des échelles d'analyse ; le minage n'est pas un phénomène rigide et homogène, mais le résultat d'une interaction complexe entre des dynamiques globales (cours du Bitcoin, interdictions chinoises), des héritages historiques (infrastructures soviétiques), des contextes nationaux (politiques russes de souveraineté numérique, législation), des réalités régionales (marginalisation politique et économique d'Irkoutsk), et des stratégies d'acteurs locaux.

Notre analyse illustre la capacité du minage de cryptomonnaies à réhabiliter des infrastructures énergétiques et industrielles qui perdaient de leur importance après le déclin postsoviétique. Ce phénomène de réaffectation des infrastructures héritées est une tendance qui dépasse le seul cas russe et pourrait s'observer dans d'autres régions du monde confrontées à des surplus énergétiques et bénéficiant de friches industrielles. Par ailleurs, le cas russe met en évidence une relation complexe, souvent pragmatique, entre le pouvoir central, les oligarques et cette nouvelle industrie numérique. Plutôt qu'une opposition frontale, on observe des dynamiques de patronage, d'instrumentalisation mutuelle, et une adaptation, complexe, mais constante, du cadre légal pour intégrer une activité désormais jugée utile aux objectifs nationaux, surtout en temps de guerre. La fluidité de la géographie du minage numérique est également mise en exergue : si le minage de cryptomonnaies s'ancre dans des lieux spécifiques en raison de leurs atouts (énergie, climat), il reste une activité mobile, comme en témoigne le redéploiement rapide de processeurs et équipements après l'exode chinois vers la Russie, le Kazakhstan et les États-Unis.

Enfin, le minage apparaît comme un vecteur de nouvelles dynamiques énergétiques. Au-delà de la consommation d'énergie excédentaire, l'industrie du minage pousse à la valorisation de ressources autrefois inutilisées ou gaspillées, comme le gaz torché, le positionnant potentiellement comme un partenaire stratégique pour les industries extractives. À l'avenir, la capacité des grandes entreprises de minage à héberger une puissance de calcul colossale les positionne favorablement alimenter, voire participer activement, d'autres industries numériques, notamment dans le secteur de l'intelligence artificielle (IA) . En ce sens, observer l'évolution du minage de cryptomonnaies industriel en Russie pourrait être un prisme de lecture précurseur pour analyser les futures stratégies russes en matière d'IA, et donc de puissance de calcul informatique mobilisée pour entraîner et faire fonctionner certains modèles de langage et des IA génératives.

Enfin, cette partie, et surtout le Chapitre 5, fut l'occasion d'éprouver quelques techniques de récolte de données à distance et notamment de télédétection. Nous avons pu, à partir d'informations et de photographies disponibles dans des communiqués d'entreprises ou des articles de presse, retrouver l'emplacement de certaines fermes de minage. Ces découvertes ont permis, tout d'abord, de visualiser la matérialisation des infrastructures numériques de cryptomonnaies, parfois au plus proche de la ressource électrique. Mais elles ont également été des apports considérables pour notre démonstration, notamment dans le cas de la zone industrielle désaffectée d'Oussolié-Sibirskoïe où le fonctionnement d'une ferme de minage permettait de supputer d'importantes connexions politiques en jeu. Ces images et données satellites ont également permis de mettre en lumière la continuation et l'expension des activités de BitRiver, malgré les sanctions états-uniennes.

Pour conclure, l'étude du minage de cryptomonnaies en Sibérie, et particulièrement à Irkoutsk, révèle la profondeur de l'ancrage territorial de cette activité numérique. Elle souligne comment des facteurs techniques, climatiques, socio-économiques et socio-politiques, souvent hérités du passé soviétique et des années de recompositions qui ont suivi, se combinent pour façonner une infrastructure numérique multiscalaire, en mutation permanente. Puis, au-delà d'une simple consommation stratégique d'énergie, le minage se positionne comme un enjeu géopolitique majeur, au cœur des stratégies ou discours de la Russie relatifs à la monétisation de ses ressources, au contournement de sanctions, et à l'affirmation de son rôle sur la scène numérique mondiale. Cette approche apporte ainsi des clés de lecture essentielles pour comprendre le rôle d'une activité numérique alternative dans des mutations géopolitiques internationales.

Partie III. Entre tensions électriques et géopolitiques : en Asie centrale, le minage de cryptomonnaies au cœur d'enjeux énergétiques et politiques. Études de cas du Kazakhstan et du Kirghizstan

Avec cette troisième partie, nous continuons et concluons notre géopolitique matérielle du minage de cryptomonnaies en ex-URSS, avec des études de cas en Asie centrale, et plus précisément au Kazakhstan et au Kirghizstan. La partie précédente nous a permis de mettre en exergue, à la fois, le développement informel du minage de cryptomonnaies et le rapport de force qui a pu émerger entre les individus concernés et les compagnies d'électricité, ainsi que le minage numérique commercial et industriel qui ont engendré des partenariats stratégiques entre mineurs de cryptomonnaies et acteurs des énergies. L'*oblast'* d'Irkoutsk s'est révélé être un formidable terrain d'analyse géopolitique de ces deux dynamiques. Cette troisième partie est concentrée sur l'émergence du minage de cryptomonnaies dans d'autres territoires, où il a été développé dans des formes et dynamiques différentes, également sur un héritage technique soviétique, au travers de réseaux d'acteurs de pouvoir qui diffèrent des études de cas menées en Russie. L'activité semble y avoir été massivement développée, surtout au Kazakhstan, à la suite de son bannissement de Chine et les conséquences de son émergence auraient été bien plus visibles et importantes et n'ont pas été circonscrites à l'échelle locale, mais à l'échelle régionale centrasiatique.

En effet, le 25 janvier 2022, à la suite d'un début d'année marqué par des troubles politiques importants, des manifestations et insurrections violemment réprimées ayant entraîné la mort de plus de 230 personnes, le Kazakhstan est touché par une importante coupure d'électricité. Pendant une douzaine d'heures, la totalité des régions sud du pays est privée de courant, ainsi que l'Ouzbékistan et le Kirghizstan, deux pays voisins avec lesquels le

Kazakhstan méridional partage le même réseau électrique depuis l'ère soviétique[581]. Cet événement est l'apogée de plusieurs mois de surconsommation et surtensions électriques et de coupures localisées sur les réseaux centrasiatiques. Au Kazakhstan, la consommation d'électricité avait augmenté de 8% au cours de l'année 2021 contre les 2% auparavant observés l'année précédente, selon la KEGOC (Kazakhstan Elecricity Grid Operating Company), l'opérateur national d'électricité, qui explique cette explosion de la consommation d'électricité par le développement de grande ampleur du minage de cryptomonnaies[582]. En Asie centrale, l'héritage soviétique dans le secteur énergétique ne concernerait alors plus seulement la production de la ressource électrique qui façonne la géographie du minage numérique, mais également les infrastructures transfrontalières de transmission d'électricité vectrices des externalités négatives de l'activité jusqu'aux pays voisins. Une partie conséquente de ce minage numérique a été installée de manière opaque et non déclarée, parfois par le biais d'acteurs politiques et économiques profondément ancrés dans les institutions et l'économie de ces pays. Cela a favorisé les dysfonctionnements des réseaux électriques désuets, dans une région centrasiatique où les capacités de génération et de distribution d'électricité sont parfois trop faibles pour répondre à la demande, et comptent pour beaucoup dans l'équilibre géopolitique entre les États.

L'analyse géopolitique du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan et au Kirghizstan permet non seulement d'explorer d'autres formes de développement de l'industrie sur l'héritage technique soviétique, mais permet également de mettre en exergue des enjeux, énergétiques et politiques, internes à ces pays ou régionalisés, préexistants ou émergeants, qui ont pu accélérer ou avoir été rendu visibles par la crise supposément entraînée par le minage numérique. Le choix de ces deux territoires n'est pas anodin.

D'une part, les études de cas sur le Kazakhstan et le Kirghizstan permettent donc d'ouvrir la réflexion géopolitique sur le minage à l'échelle régionale en l'Asie centrale et les dépendances régionalisées de ces pays, historiques ou nouvelles, avec les grandes puissances voisines telles que la Russie ou la Chine. D'autre part, le choix de terrains centrasiatiques est

[581] 2022. Russia-Led Military Alliance Completes Withdrawal From Kazakhstan. *Radio Free Europe/Radio Liberty* [en ligne]. [Consulté le 30 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.rferl.org/a/kazakhstan-csto-troops-withdrawal-security/31661294.html

[582] VERBININ, Alexander, 2021. Энергосистема Казахстана оказалась под угрозой из-за майнеров. *Kazakhstanskaya Pravda* [en ligne]. 11 novembre 2021. [Consulté le 29 septembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://kazpravda.kz/n/energosistema-kazahstana-okazalas-pod-ugrozoy-iz-za-maynerov/
KASSYMOV, Alyl, 2022. Как удержать майнеров в Казахстане. *Kursiv Media Казахстан* [en ligne]. 4 février 2022. [Consulté le 30 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://kz.kursiv.media/2022-02-04/kak-uderzhat-majnerov-v-kazahstane/

également la conséquence, rappelons-le, de l'adaptation forcée de cette thèse suite au départ de Russie consécutif à l'invasion de l'Ukraine par l'armée russe. Le Kazakhstan a très tôt été choisi comme un terrain de recherche prioritaire, étant donné l'actualité liée au minage numérique et à la crise énergétique en janvier 2022, alors que la décision de relancer ces recherches en Asie centrale a été prise en mars 2022. Le Kirghizstan a également été intégré à cette analyse géopolitique, de par la spécificité des formes de développement de l'industrie numérique, soutenue par l'engagement direct de membres du gouvernement alors même que l'activité est interdite à cause de l'important stress énergétique que subit le pays et par la facilité d'accès à certains contacts sur place du fait que Bichkek, la capitale kirghizstanaise, a été un lieu de résidence de plusieurs mois, aux départs et retours des terrains menés au Kazakhstan. Il fut un temps envisagé d'intégrer l'Ouzbékistan à ce projet, mais le manque de temps et la complexité d'y réaliser des terrains de recherche, plus importante qu'au Kazakhstan ou au Kirghizstan d'après certains contacts universitaires, ont participé à son éviction. Il ne fut en revanche jamais envisagé de réaliser des terrains au Tadjikistan ou au Turkménistan car, même si du minage de cryptomonnaies au Tadjikistan avait été identifié, le peu d'informations disponibles et l'hermétisme de ces pays aux chercheurs étrangers auraient rendus l'entreprise aussi périlleuse qu'infructueuse.

L'objectif de cette démarche est d'étudier le développement du minage numérique dans des pays où les ressources et les prérequis techniques sont insuffisants, ce qui aurait, d'après les discours officiels, amplifié une crise énergétique. Si, contrairement à la Russie, il n'y a pas eu de volonté étatique claire du Kazakhstan ou du Kirghizstan, ou de tout autre pays d'Asie centrale, d'ériger le minage numérique en industrie nationale stratégique, certains acteurs politiques sont impliqués dans son développement, parfois à l'encontre des intérêts de l'État et de la population.

Au Kazakhstan, par exemple, les efforts gouvernementaux de régulation du minage ont été associés à des campagnes de dénigrement de personnalités pouvant être perçues comme des ennemies politiques de la présidence kazakhstanaise, publiquement associées à l'essor du minage numérique opaque qui aurait fragilisé l'infrastructure électrique du pays[583]. L'ampleur du développement du minage de cryptomonnaies aurait amplifié une crise énergétique entraînant une coupure électrique internationale. L'importance des échelles des effets négatifs

[583] Agence de surveillance financière de la République du Kazakhstan. По пресечению незаконной майнинговой деятельности. Dans : *gov.egov.kz* [en ligne]. 15 mars 2022. [Consulté le 12 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://betaegov.kz/memleket/entities/afm/press/news/details/340913

du minage numérique dans le pays, et au-delà, amène à analyser en détails les facteurs qui ont pu faciliter un tel déploiement de l'activité, mais également les formes prises par le minage de cryptomonnaies dans le pays. Une grande partie du minage numérique au Kazakhstan a été développée de manière opaque, par des acteurs de pouvoir proche l'ancien Président kazakhstanais Nazarbaïev disposant d'un accès privilégié à l'électricité, notamment par la privatisation d'une partie du secteur. Ainsi, ce sont autant de zones grises du réseau électrique qui ont été mises à profit pour développer un minage de cryptomonnaies non déclaré. Ces événements ont entraîné une réponse gouvernementale rapide, avec un gel temporaire du minage dans le pays et un démantèlement des fermes non-déclarées dans les semaines qui ont suivi le *blackout* de janvier 2022. Mais surtout, cette crise a conduit à l'entrée en vigueur d'une loi et d'outils censés permettre au Kazakhstan d'encadrer le minage numérique sur son territoire dès avril 2023, auxquels cette partie de la thèse s'intéressera également.

Au Kirghizstan, où l'important stress électrique que connaît le territoire a entraîné une interdiction de l'utilisation d'électricité publique pour le minage de cryptomonnaies dès 2019, ce sont directement des membres du gouvernement ou de certaines institutions publiques qui usent de leur influence politique pour alimenter des fermes de minage avec le réseau électrique national[584]. L'implantation de l'activité en Asie centrale, et surtout au Kazakhstan, aurait donc fait émerger des problèmes énergétiques majeurs et son développement a été entraîné par des dynamiques géopolitiques, à la fois externes et internes à ces pays. Et si ces pays partagent parfois une infrastructure commune de transit de l'électricité, c'est également le cas de certaines ressources qui permettent la production électrique. L'eau est par exemple la principale ressource utilisée pour alimenter la grande majorité de la production d'électricité du Kirghizstan, grâce à des barrages hydroélectriques qui doivent retenir le flux d'une rivière qui doit également abreuver des régions agricoles de l'Ouzbékistan et certaines populations du Tadjikistan, en faisant un enjeu géopolitique de premier plan pour la stabilité régionale. Les conflits liés à l'eau sont parfois à l'origine d'affrontements armés, le dernier en date étant l'incursion militaire tadjike au Kirghizstan en septembre 2022, ayant fait à minima une centaine de morts[585].

[584] KLOOP.KG. « Депутат пожаловался, что Минэнерго не дает ему данные по майнинг-фермам в Кыргызстане », 28 mai 2024. https://kloop.kg/blog/2024/05/28/deputat-pozhalovalsya-chto-minenergo-ne-daet-emu-dannye-po-majning-fermam-v-kyrgyzstane/.

[585] FERRANDO, Olivier, 2022. Kirghizstan et Tadjikistan : les effets funestes de la militarisation des frontières. *The Conversation* [en ligne]. 3 octobre 2022. [Consulté le 30 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : http://theconversation.com/kirghizstan-et-tadjikistan-les-effets-funestes-de-la-militarisation-des-frontieres-191379

Cette partie doit donc permettre de comprendre dans quelle mesure le développement du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan et au Kirghizstan, sur des infrastructures énergétiques héritées de l'URSS, a pu contribuer à révéler ou accentuer des fragilités structurelles et des dépendances infrastructurelles régionales tout en étant pleinement intégré dans les dynamiques locales d'exercice du pouvoir et des conflits qui en émergent. Pour cela, cette ultime partie est divisée en trois chapitres. Les deux premiers, les chapitres 6 et 7, sont dédiés à l'étude de cas sur le Kazakhstan et contiennent également une ouverture sur l'échelle régionale, tandis que le chapitre 8 est concentrée sur le Kirghizstan.

Tout d'abord, avec le chapitre 6, nous analysons les logiques spatiales du développement de l'industrie du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan, dont l'essor a été conditionné par des facteurs internes (production et maillage électriques, conditions climatiques), mais aussi par la proximité avec la Chine. Si les premières implantations de l'industrie sont antérieures, le bannissement du minage depuis la Chine en 2021 a provoqué un afflux massif d'activités au Kazakhstan. Notre analyse met d'abord en lumière l'émergence du minage industriel dans le nord du pays, où d'importantes capacités de production électrique, héritées de l'URSS, reposent sur de puissantes centrales à charbon implantées au cœur des steppes, contrastant avec les barrages hydroélectriques de Sibérie. Elle se concentre ensuite sur le sud du Kazakhstan, où les capacités sont bien plus limitées et où le réseau électrique, partagé avec l'Ouzbékistan et le Kirghizstan voisins, révèle les contraintes d'une infrastructure régionale conçue à l'époque soviétique pour intégrer ces espaces au territoire commun par une « infrastructuration » de l'espace pilotée par l'URSS. Ce rappel historique permet de mieux comprendre les origines de la crise énergétique de 2021-2022 et les effets du minage sur ces réseaux fragiles. L'ampleur de cette expansion, irrationnelle au regard des capacités locales, éclaire par ailleurs d'autres dynamiques transfrontalières : la dépendance persistante aux infrastructures héritées de Moscou, mais aussi l'émergence de nouvelles dépendances envers la Chine. La proximité géographique a en effet favorisé l'installation d'acteurs chinois et révélé l'intégration croissante de l'Asie centrale aux projets de connectivité portés par Pékin avec les Nouvelles Routes de la Soie, la « Belt and Road Initiative » (BRI) et son extension aux dimensions numériques depuis 2017, dont le déploiement de fermes de processeurs semble une matérialisation alternative[586].

[586] Ministère des Affaires Etrangères de la République Populaire de Chine. 2020. Rapport sur les conclusions et les recommandations des réunions du conseil consultatif du Forum de la ceinture et de la route pour la coopération internationale en 2019 et 2020, en ligne : https://www.fmprc.gov.cn/mfa_eng/wjbxw/202112/P020211218394332617729.pdf

Ensuite, avec le chapitre 7, nous nous intéressons aux dynamiques politiques internes liées au minage au Kazakhstan. L'objectif est de comprendre par quels réseaux d'acteurs proches de l'ancien président Noursoultan Nazarbaïev cette activité énergivore a pu se développer de manière opaque, et comment les autorités de son successeur Kassym-Jomart Tokaïev ont cherché à encadrer et réguler le secteur. La première section revient sur la « galaxie Nazarbaïev », composée d'acteurs occupant des positions clés dans les secteurs économiques et politiques, dont plusieurs ont été déchus ou arrêtés lors du processus de « dénazarbaïefication » amorcé en janvier 2022. Certains ont été publiquement désignés comme acteurs du minage non déclaré, une stratégie permettant de mettre des visages sur la crise énergétique de janvier 2022 tout en affaiblissant des rivaux politiques. La seconde section analyse la réponse institutionnelle, avec l'adoption de la loi 193-VII entrée en vigueur le 1er avril 2023. Celle-ci institue un double régime juridique : le minage est encadré comme industrie par le ministère du Développement numérique, tandis que les cryptomonnaies relèvent du régime spécifique de l'Astana International Financial Center (AIFC), un *hub* financier placé sous l'autorité directe du président. Une dernière section revient ensuite sur les premiers effets de ce nouveau cadre légal sur le secteur du minage numérique et sur l'émergence d'acteurs susceptibles de jouer un rôle central dans la structuration future de l'industrie numérique kazakhstanaise.

Enfin, le chapitre 8, composé de trois sections, déplace l'analyse vers le Kirghizstan. La première section permet d'établir un état des lieux du secteur électrique du pays, géré par des agences publiques et reposant très largement sur l'hydroélectricité de la rivière Naryn, ressource centrale dans les relations régionales et source de tensions récurrentes avec l'Ouzbékistan et le Tadjikistan. La deuxième section est concentrée sur les formes illégales de minage numérique, entretenues par la corruption et impliquant jusqu'à des membres au sommet du gouvernement. La troisième examine enfin les projets de fermes « *off-grid* », installées sur de petites stations hydroélectriques privées dans les montagnes kirghizes, parfois conçues comme un mode de financement alternatif pour ces infrastructures.

Chapitre 6. Anatomie d'une crise : le minage de cryptomonnaies comme révélateur des dépendances infrastructurelles du Kazakhstan

Contrairement au cas russe précédemment étudié, le développement massif du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan à partir de 2021 fut extrêmement visible, notamment de par l'ampleur des externalités négatives qui lui sont attribuées, qui ont également impacté deux pays voisins. L'importante consommation d'électricité consécutive au déploiement rapide et à grande échelle du minage au Kazakhstan, à la suite du bannissement de l'activité en Chine annoncé en mai 2021, aurait amplifié une crise énergétique qui a entraîné une coupure électrique internationale le 25 janvier 2022. Selon le gouvernement kazakhstanais et la Kazakhstan Electricity Grid Operating Company (KEGOC), l'opérateur des réseaux électriques publics du pays, l'importante charge électrique aurait entraîné de nombreuses pannes sur le réseau.

Dmitri Ivanov, directeur des ventes d'Enegix, l'une des principales entreprises de minage de cryptomonnaies au Kazakhstan, témoigne qu'à partir de mai 2021, il a commencé à recevoir des dizaines d'appels par jour en provenance de Chine de la part d'acteurs de l'industrie qui cherchaient une infrastructure d'accueil pour leurs processeurs[587]. Enegix venait alors de construire la ferme la plus puissante du Kazakhstan à Ekibastouz, d'une capacité de 180 mégawatts (MW), pour répondre à une demande déjà croissante. La plupart des fermes de minage numérique kazakhstanaises, même les plus petites, ont vécu des expériences téléphoniques similaires. Guil, une entrepreneure kazakhe qui possédait à l'époque plusieurs petites fermes de minage, de moins de 5 MW chacune, à Taraz dans le sud du pays, ajoute que le Kazakhstan était devenu un important *hub* de minage si rapidement que des investisseurs proposaient parfois d'investir des millions de dollars dans le secteur sans aucune expérience ou connaissance dans ce domaine[588]. En novembre 2021, au moins 98 000 machines envoyées vers

[587] Entretien réalisé le 2 février 2023 à Almaty, Kazakhstan.
[588] Son prénom a été modifié. Entretiens réalisés en 2022 et 2023 au Kazakhstan.

le Kazakhstan depuis la Chine ont été identifiées par le *Financial Times*[589]. Cette situation a également conduit à une explosion du commerce parallèle de processeurs au Kazakhstan que leurs anciens propriétaires chinois ne pouvaient plus officiellement utiliser.

D'après le ministère de l'Énergie du Kazakhstan, la consommation électrique du pays a augmenté de 8% entre janvier et novembre 2021 (10 mois), contre des hausses annuelles comprises entre 1% et 2% les années précédentes[590]. Les mineurs de cryptomonnaies « gris » auraient consommé plus d'un gigawatt (GW) de puissance électrique, selon le ministre kazakhstanais du Développement numérique Bagdat Musin, sur les 20,1 GW générés à l'échelle nationale[591]. Les seules fermes de minage démantelées par les forces de l'ordre en mars 2022 affichaient une consommation combinée de plus de 200 MW. Les estimations gouvernementales de la puissance électrique consommée par le minage gris allaient jusqu'à 1200 MW en 2021[592]. À titre de comparaison, la capitale kazakhstanaise Astana et ses 1 424 000 habitants (2023) nécessitent une puissance électrique d'environ 550 MW au plus bas de la demande en été et de 900 MW au maximum en hiver[593].

Ce blackout électrique est survenu dans la dernière partie d'un mois de janvier déjà marqué par une crise politique majeure. Au 1er janvier 2022, les prix du GPL (Gaz de pétrole liquéfié), un carburant utilisé dans l'automobile, ont été multipliés par deux, entraînant des manifestations dans des villes de la région pétrolifère du Manguistaou, dans l'ouest du pays. Ces manifestations se sont étendues à d'autres villes d'un pays où l'inflation avait atteint 8% à la fin de l'année précédente, jusqu'à arriver à Almaty. Les manifestations ont dégénéré et l'état d'urgence a été décrété le 5 janvier 2022, une force militaire de maintien de la paix de l'Organisation du traité

[589] MUIR, Martha, 2021. China's exiled crypto machines fuel global mining boom. *Financial Times* [en ligne]. 22 novembre 2021. [Consulté le 22 novembre 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.ft.com/content/0dbe4f9f-a433-4288-858e-c4b852f4c340

[590] VERBININ, Alexander, 2021. Энергосистема Казахстана оказалась под угрозой из-за майнеров [Kazakhstan's power system is threatened by miners]. *Kazakhstanskaya Pravda* [en ligne]. 11 novembre 2021. [Consulté le 29 septembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://kazpravda.kz/n/energosistema-kazahstana-okazalas-pod-ugrozoy-iz-za-maynerov/

[591] KUMENOV, Almaz, 2022. Kazakhstan: Government poised for war on gray crypto-miners. *Eurasianet* [en ligne]. 4 février 2022. [Consulté le 24 octobre 2024]. Disponible à l'adresse : https://eurasianet.org/kazakhstan-government-poised-for-war-on-gray-crypto-miners

[592] « Майнинг криптовалют в Казахстане принял форму национального бедствия ». Consulté le 30 mars 2025. https://www.techcult.ru/technology/10356-majning-kriptovalyut-v-kazahstane-prinyal-formu-nacionalnogo-bedstviya.

[593] SAGADATOVA, Nadezhda, NUGUMANOVA, Aliya, ZHAKIYEV, Nurkhat et TALAS, Balnur, 2023. FORECASTING ELECTRICITY DEMAND WITH FORECASTERAUTOREG: CASE STUDY IN ASTANA. *Scientific Journal of Astana IT University* [en ligne]. 30 juin 2023. pp. 16-25. [Consulté le 23 mars 2024]. DOI 10.37943/14TRMF1662. Disponible à l'adresse : https://journal.astanait.edu.kz/index.php/ojs/article/view/285

de sécurité collective (OTSC), requise par le président kazakhstanais Tokaïev et principalement composée de parachutistes russes, a été déployée au Kazakhstan le lendemain. Le 7 janvier, Tokaïev a autorisé la police à ouvrir le feu sur les manifestants. Au 15 janvier, 227 personnes, dont 19 policiers, avaient trouvé la mort dans des affrontements entre manifestants et forces de l'ordre, et près de 10 000 autres avaient été arrêtées[594]. Tokaïev a alors accusé l'entourage de l'ancien président Nazarbaïev d'avoir organisé une tentative de coup d'État, et d'avoir financé et armé les branches les plus violentes des manifestants.

Si le minage de cryptomonnaies a été affecté par les coupures du réseau Internet imposées par les autorités pour affaiblir les protestations populaires de début janvier 2022, c'est le *blackout* électrique survenu quelques jours plus tard qui a entraîné une réponse gouvernementale ferme contre l'industrie et l'arrêt, parfois temporaire, de la plupart des fermes de minage. Ainsi, en moins d'un mois, le minage de cryptomonnaies s'est retrouvé au cœur d'événements majeurs survenus au Kazakhstan. En prenant le contrepied de l'approche initiée à Irkoutsk qui permettait de comprendre comment le minage de cryptomonnaies avait été développé grâce à certaines caractéristiques présentes dans le territoire, ce chapitre permettra de mettre en lumière les enjeux géopolitiques des infrastructures de connectivité, qu'elles concernent l'électricité, la connectivité Internet ou encore l'importation de processeurs, qui ont participé à son implantation au Kazakhstan.

Ce terrain de recherche au Kazakhstan a débuté un peu plus d'un an après ces semaines de crise, par un bref séjour à Almaty, avant d'être poursuivi dans le rigoureux hiver du nord du pays, à Astana. Ce passage par l'ancienne capitale fut l'occasion de réaliser de premières entrevues avec des personnes impliquées dans le minage de cryptomonnaies, notamment Dmitri et Guil, déjà cités. Dmitri fut notamment rencontré lors du « Digital Almaty 2023 », un important forum coorganisé, entre autres, par le ministère kazakhstanais du Développement numérique, de l'innovation et de l'industrie aérospatiale et celui des Affaires étrangères, dont le programme permettait de prendre la mesure de l'importance de la question du minage de cryptomonnaies dans le pays. Plusieurs panels étaient proposés autour de cette thématique. Une

[594] « Kazakh President Announces CSTO Troop Withdrawal, Criticizes Predecessor ». *Radio Free Europe/Radio Liberty* [En ligne]. 11 janvier 2022. Disponible sur : < https://www.rferl.org/a/kazakhstan-detains-10000-unrest/31648618.html > (consulté le 10 février 2025)
« Russia-Led Military Alliance Completes Withdrawal From Kazakhstan ». *Radio Free Europe/Radio Liberty* [En ligne]. 19 janvier 2022. Disponible sur : < https://www.rferl.org/a/kazakhstan-csto-troops-withdrawal-security/31661294.html > (consulté le 30 novembre 2022)

table ronde était dédiée aux possibles évolutions pour l'industrie du minage de cryptomonnaies dans le pays, en présence du président de l'Association kazakhstanaise de l'énergie électrique et du président de l'Association kazakhstanaise des technologies blockchain. Le discours de ces institutions lobbyistes se voulait positif sur l'introduction prochaine d'une législation appropriée et d'un travail en bonne intelligence entre les secteurs du minage de cryptomonnaies, de l'électricité et les autorités. La tenue d'un tel panel à un événement organisé par deux importants ministères semble confirmer l'importance que la question du minage numérique a prise au Kazakhstan, et notamment quant à son rôle affiché dans la crise énergétique.

Aussi, la tenue d'un panel organisé directement par l'entreprise Binance confirmait l'ambition de l'entreprise de se positionner comme un acteur de premier plan pour le secteur des cryptomonnaies au Kazakhstan. La stratégie qu'annonçait vouloir déployer Binance au Kazakhstan (formations techniques et pédagogiques pour les citoyens, conseils techniques et juridiques pour les autorités) semblait alors très proche de celle mise en œuvre en France en 2022 (voir Chapitre 2), pensée pour se créer une place de choix auprès des décideurs politiques et des institutions financières locales, afin de pouvoir bénéficier de projets pilotes et autres autorisations avant leurs concurrents.

La crise énergétique traversée par le Kazakhstan et la question du minage de cryptomonnaies semblaient être toujours d'une importante actualité, surtout qu'en ce début d'année 2023, mineurs numériques et régulateurs étaient dans l'attente de l'introduction prochaine d'une loi pour encadrer l'activité, prévue pour le mois d'avril. D'après Dmitri et Guil, les mineurs de cryptomonnaies du Kazakhstan étaient très sceptiques quant à son contenu. L'espionnage par les services de sécurité kazakhstanais de l'entretien mené avec Guil en 2022, mentionné en introduction de la thèse, renforçait le sentiment de la nature très politique du sujet, tout en rappelant la nécessité de prendre des précautions avec les enquêtés et en justifiant la méfiance et le silence de la plupart des personnes abordées dans le cadre de ce terrain au Kazakhstan[595].

L'objectif de ce chapitre, divisé en deux sections, est donc d'analyser comment le minage de cryptomonnaies a été développé au Kazakhstan, que ce soit dans l'espace ou dans le temps,

[595] Lors de mon entretien avec Guil en février 2023, elle m'a informé que nous avions été surveillé lors de notre première rencontre alors que j'étais brièvement de passage à Almaty. À peine avais-je quitté le café où nous nous étions retrouvés, qu'un homme, probablement du KNB, acronyme russe du Comité national de sécurité qui remplaça le KGB en 1992, était venu la voir en lui montrant une photographie de nous deux, la questionnant sur la nature de notre conversation. Selon elle, si les services de sécurité intérieure ont espionné notre rencontre, c'est sûrement parce que les autorités ont déjà reproché à Guil ses prises de paroles antérieures dans des reportages de médias étrangers.

mais surtout les enjeux géopolitiques autour des caractéristiques techniques, en premier lieu des infrastructures de connectivité (électrique, Internet, de transport), que l'étude du minage numérique rend visible.

La première section est concentrée sur une analyse spatiale du minage de cryptomonnaies dans le nord du pays, véritable cœur énergétique du Kazakhstan. Nous montrons comment des disparités entre le nord et le sud du pays, en termes d'infrastructures énergétiques ou encore de climat, ont amené à une géographie particulière de l'activité au travers du territoire kazakhstanais, influant sur les formes et échelles des installations.

La deuxième section de ce chapitre permet de mettre en lumière des interdépendances régionales en termes de connectivités qui ont, selon nous, accéléré cette crise, ou que cette crise a rendues visibles. Nous présentons ainsi les dépendances et interdépendances régionales à une infrastructure électrique désuète et héritée de l'URSS, une infrastructure de connectivité numérique tributaire du territoire russe, sur laquelle la Chine est de plus en plus présente et, enfin, nous présentons également le poids de la proximité de la Chine, dont de nombreux projets de connectivités routière et ferroviaire traversent le Kazakhstan.

6.1. Un minage de cryptomonnaies spatialisé à travers une double fracture territoriale, énergétique et climatique

En décembre 2021, quelques jours avant que la crise énergétique centrasiatique n'atteigne son apogée, Sam Bankman-Fried, fondateur de la plateforme d'échange de cryptomonnaies FTX qui a fait faillite l'année suivante, condamné à 25 ans de prison pour détournement de fonds en 2022, était reçu par le président kazakhstanais Tokaïev. Les raisons de la visite de Bankman-Fried à Astana ont été rendues publiques lors de l'enquête de police sur la banqueroute de FTX. L'homme d'affaires était venu négocier le prix et l'accès à l'électricité, afin d'alimenter les fermes de minage d'une entreprise locale dans laquelle il avait investi 100 millions de dollars quelques mois auparavant : Genesis Digital Assets[596].

Genesis DA a été fondée au Kazakhstan en 2017, lorsque des entreprises ont commencé à tirer parti des avantages techniques et climatiques offerts par le nord du Kazakhstan pour

[596] LINEBAUGH, Kate, BROWN, Eliot, 2023. Sam Bankman-Fried's Big Investment: Bitcoin Mining in Kazakhstan. *The Journal (Podcast du Wall Street Journal)* [en ligne]. [Consulté le 7 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.wsj.com/podcasts/the-journal/sam-bankman-frieds-big-investment-bitcoin-mining-in-kazakhstan/673044da-62a4-48e8-8856-2b865e7d823c

développer de puissantes fermes de minage. Lors d'un entretien avec Denis Rusinovich, analyste pour l'entreprise de conseil Cryptocurrency Mining Group, qui faisait à l'époque partie de Genesis DA, ce dernier a raconté avoir participé aux prospections de l'entreprise au Kazakhstan[597]. S'il ne s'est pas épanché sur les acteurs locaux rencontrés et le déroulement des discussions, ni la localisation précise des fermes de l'entreprise, il affirmait que les recherches étaient circonscrites à du surplus électrique au nord du pays.

L'exemple de Genesis DA montre que, comme pour l'implantation de BitFury en Géorgie étudiée par Wyeth et al., l'accès aux ressources pour le minage numérique au Kazakhstan implique des négociations entre des acteurs parfois étrangers, qui apportent le capital et/ou le savoir-faire technique, et des acteurs locaux de pouvoir, ici campés par un milliardaire étasunien et le président kazakhstanais[598]. Mais surtout, il révèle l'attractivité des régions industrielles du nord du Kazakhstan pour le minage de cryptomonnaies. Dans les steppes, battues par des vents glaciaux pendant la majeure partie de l'année, les puissantes centrales au charbon héritées de l'époque soviétique ont attiré les premières fermes de minage, notamment dans la région de Pavlodar au nord-est du pays.

Tout comme en Sibérie, la planification soviétique a entraîné la création d'immenses bassins industriels dans le nord du Kazakhstan, en tirant profit des ressources locales en charbon pour générer d'importantes quantités d'électricité, et de la proximité géographique avec le sud de la Sibérie pour interconnecter les réseaux électriques (voir Carte 11). La ville de Pavlodar, capitale régionale de l'*oblys* éponyme, accueillait, et accueille toujours, des industries d'aluminium qui, comme à Bratsk dans l'oblast' d'Irkoutsk, participent grandement à l'économie de la région[599]. Cette industrialisation du nord du Kazakhstan, poussée par la relocalisation des industries soviétiques consécutive à l'invasion de l'URSS par l'Allemagne en 1941 couplée à la

[597] Entretien réalisé par visioconférence en juin 2023.
[598] WYETH, Ryan, RELLA, Ludovico et ATKINS, Ed, 2023. The material geographies of Bitfury in Georgia: Integrating cryptoasset firms into global financial networks. *Environment and Planning A: Economy and Space* [en ligne]. 30 novembre 2023. pp. 0308518X231211789. [Consulté le 6 décembre 2023]. DOI 10.1177/0308518X231211789. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0308518X231211789
[599] Un *oblys* est un découpage administratif au Kazakhstan, équivalent à un *oblast'* en Russie.

« campagne des Terres vierges » des années 1950, a grandement contribué à dessiner la géographie ethnosociale du pays[600].

Les steppes qui constituent la région, et plus exactement les villes industrielles nouvellement créées à l'époque, ont accueilli des travailleurs qualifiés slaves, majoritairement russes, qui venaient de toute l'URSS, de grès ou de force. Ainsi, entre 1930 et 1950, plusieurs bassins industriels apparaissent : la déjà citée Pavlodar, mais aussi Karaganda, érigée à proximité d'importantes réserves de charbon, qui est longtemps restée la deuxième ville la plus importante du pays avant l'apparition d'Astana et l'explosion démographique de Chymkent, ou encore Petropavlovsk (Petropavl' en kazakh), spécialisée dans la fabrication de moteurs.

Ces villes industrielles furent également le réceptacle de camps du Goulag, dont le Karlag à Karaganda, fameux pour l'atrocité des conditions de vie des prisonniers, parmi lesquels de nombreux enfants[601]. Miroir industriel de la Sibérie, où le charbon de mauvaise qualité remplace de larges fleuves, le nord du Kazakhstan a été doté de puissantes centrales électriques à combustion, à Karaganda, Petropavlovsk et Pavlodar donc, mais surtout à Ekibastouz. Cette ville de 152 500 habitants (2023) est le véritable « cœur énergétique » du Kazakhstan, puisqu'elle héberge trois centrales à charbon, dont la fameuse GRES-1 d'Ekibastouz (4000 MW) ainsi que la GRES-2 (1000 MW)[602].

Le choix des planificateurs soviétiques d'installer un si important centre de production électrique et un nœud névralgique du réseau électrique soviétique n'est pas anodin. À Ekibastouz se trouve une impressionnante réserve de charbon, la plus grande mine de charbon

[600] Campagne des Terres vierges : vaste programme soviétique débuté dans les années 1950, pour une mise en valeur de terres inexploitées au Kazakhstan pour l'agriculture et l'industie. Voir : ELIE, Marc, 2017. Les steppes bouleversées: La grande céréaliculture au nord du Kazakhstan (années 1950-2010). *Études rurales* [en ligne]. 1 juillet 2017. N° 200, pp. 80-105. [Consulté le 19 novembre 2024]. DOI 10.4000/etudesrurales.11667. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/etudesrurales/11667

[601] LENNON, J. John et TIBERGHIEN, Guillaume, 2022. Ambiguity and dilution in Kazakhstan's Gulag heritage. *Tourism Recreation Research* [en ligne]. 2 novembre 2022. Vol. 47, n° 5-6, pp. 470-482. [Consulté le 7 novembre 2024]. DOI 10.1080/02508281.2021.1875681. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02508281.2021.1875681

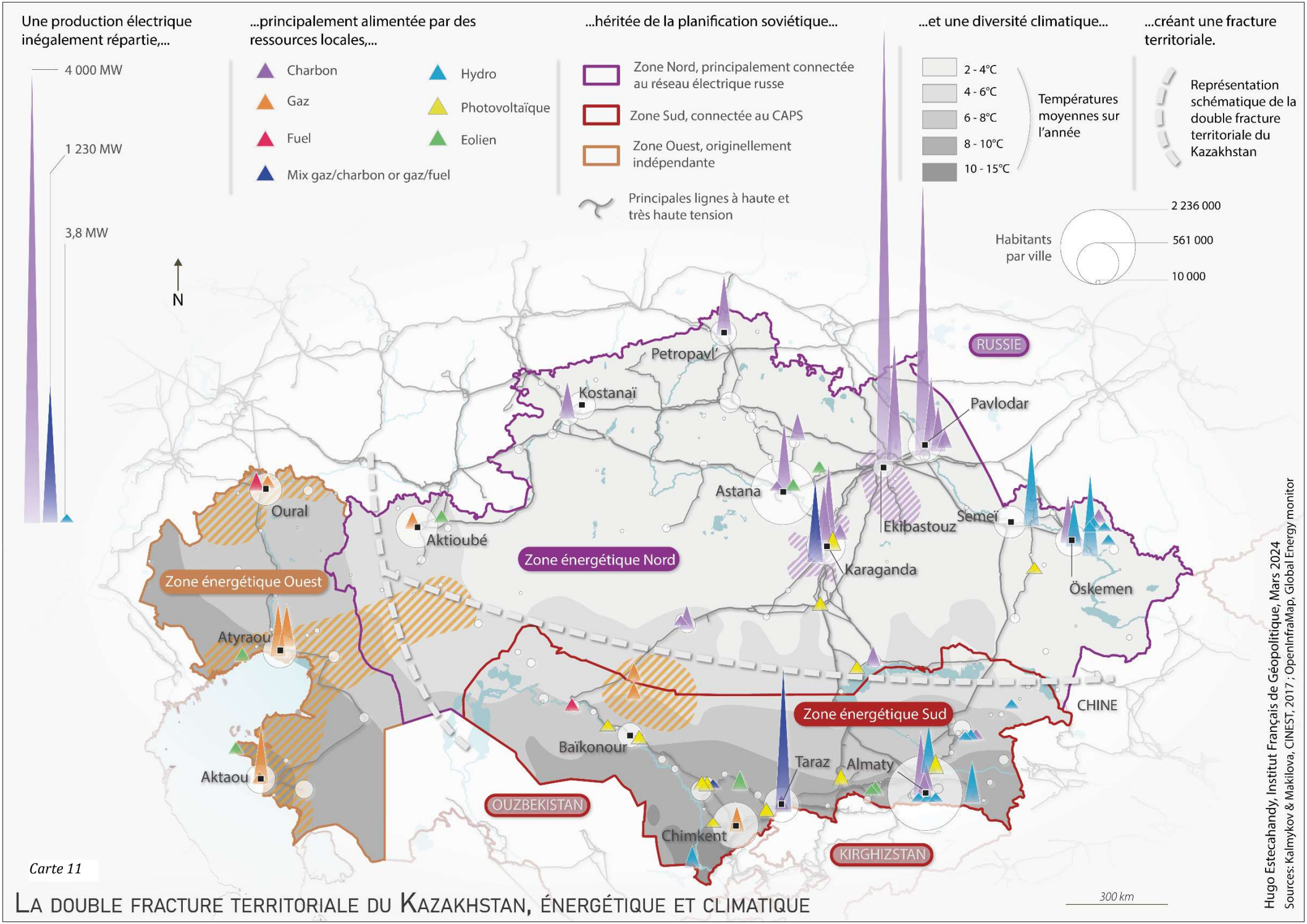
[602] https://globalenergymonitor.org/

à ciel ouvert au monde, la ressource nécessaire au fonctionnement des centrales électriques et à la production d'énergie pour les industries des bassins alentour.



Photographie 250 Vue partielle de la mine de charbon à ciel ouvert d'Ekibastouz. Hugo Estecahandy, le 31 mai 2023.

Si ces centrales à charbon devaient alimenter les importants bassins industriels développés par l'URSS, elles servent désormais également à compléter l'offre électrique pour le réseau électrique du sud du pays, interconnectant également l'Ouzbékistan et le Kirghizstan. Initialement, depuis son développement sous l'URSS, le système de transmission et distribution de l'électricité kazakhstanais était divisé en trois réseaux distincts qui desservaient chacun une « zone énergétique » du Kazakhstan (voir Carte 11). Le réseau du nord, interconnecté au réseau russe, distribuait l'électricité produite par les puissantes centrales à charbon de la région aux bassins industriels du Kazakhstan septentrional. Le réseau de l'ouest, s'il est dorénavant connecté au réseau russe par le nord, était principalement alimenté par les centrales au gaz naturel, ressource abondante sur les rives de la Caspienne. Le réseau du sud du Kazakhstan, enfin, fait partie du Central Asia Power System (CAPS), un réseau électrique originellement partagé avec le Kirghizstan, l'Ouzbékistan, le Turkménistan et le Tadjikistan. Cet héritage infrastructurel dessine une fracture énergétique du Kazakhstan entre ces trois zones (voir Carte 11).



Carte 11

La double fracture territoriale du Kazakhstan, énergétique et climatique

Hugo Estecahandy, Institut Français de Géopolitique, Mars 2024
Sources: Kalmykov & Makilova, CINEST, 2017 ; OpenInfraMap, Global Energy monitor

L'une des principales faiblesses du réseau électrique kazakhstanais est la connexion électrique entre les réseaux des zones énergétiques Nord et Sud, distance sur laquelle une quantité importante d'énergie est perdue lors de la transmission, estimée à 15%[603]. Ce sont ces lignes à très haute tension qui auraient fait défaut lors de la crise énergétique de janvier 2022, ne supportant pas une charge électrique trop importante et entraînant la déconnexion d'une partie du système et la coupure générale qui a touché trois pays simultanément, selon la KEGOC[604]. L'opérateur électrique ne manque pas d'affirmer que ce pic de consommation est dû à un incident technique survenu sur le réseau ouzbek, mais insiste sur la surcharge générale du réseau qui était effective depuis plusieurs mois à cause du minage de cryptomonnaies, et qui aurait empêché son réseau électrique de surmonter efficacement cette surcharge.

Cette crise énergétique révèle alors une profonde dépendance du Kazakhstan et de certains pays centrasiatiques à un réseau électrique développé par l'URSS, fruit d'une puissance coloniale dont l'objectif était l'intégration des territoires centrasiatiques. Comme l'appuie le chercheur Lukas Aubin, *« tous les États postsoviétiques doivent composer avec un héritage structurel et culturel commun datant de l'époque soviétique, qui entre parfois en inadéquation avec l'altérité des romans nationaux de leur indépendance* »[605]. Cette dépendance de pays centrasiatiques à une infrastructure énergétique héritée de la planification soviétique entre en opposition avec les discours et volontés nationales de souveraineté, ce qui est particulièrement marqué dans le cas du Kazakhstan.

L'architecture de ce système électrique hérité de l'URSS a donc grandement influencé la localisation, ainsi que les formes et échelles du minage de cryptomonnaies développé au travers des 2 724 900 km² du territoire kazakhstanais. À cela s'ajoute également la grande variété des climats du pays, entre un sud montagneux, les déserts arides de l'ouest et les steppes du nord. Comme le précisait Dmitri Ivanov, si le climat froid et sec du nord du Kazakhstan permet un refroidissement des installations de minage numérique efficient et à moindre coût, la violence des vents et des tempêtes de neige durant l'hiver nécessite des fermes de minage installées dans

[603] KADRZHANOVA, Azhar, 2013. *Kazakhstan: Power Generation and Distribution Industry*. The U.S. Commercial Service

[604] 2022. Regarding the causes of power outages in the southern regions of Kazakhstan on 25 January 2022 and the situation with electricity supply to consumers. KEGOC [en ligne]. [Consulté le 2 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://kegoc.kz/en/press-center/press-releases/155788/

[605] AUBIN, Lukas, 2024. L'espace postsoviétique : anatomie d'une représentation géopolitique: *Revue internationale et stratégique* [en ligne]. 27 septembre 2024. Vol. n° 135, n° 3, pp. 39-51. [Consulté le 25 octobre 2024]. DOI 10.3917/ris.135.0039. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/revue-internationale-et-strategique-2024-3-page-39?site_lang=fr

des infrastructures solides, et rend impossible l'installation en extérieur de simples conteneurs aménagés comme cela est visible dans le sud du pays. Ainsi, le territoire kazakhstanais, de par sa variété de climats et l'héritage technique de la planification soviétique, est divisible en trois espaces, produits d'une « fracture territoriale » à la fois climatique et énergétique, au sein desquels les échelles et formes du minage varient.

6.1.1. Dans le nord du Kazakhstan, un minage de cryptomonnaies au plus proche de la ressource électrique, dans un espace stratégique pour le pays

Parmi les plus importantes fermes de minage de cryptomonnaies au Kazakhstan apparues avant le bannissement chinois et identifiées, la grande majorité étaient installées au nord de la fracture électrique kazakhstanaise[606]. C'est notamment le cas pour celles de Genesis DA, mentionné plus tôt, qui a commencé à installer ses premières fermes en 2017, deux à Karaganda et la troisième en périphérie d'Öskemen (aussi connue sous le nom russe d'Oust-Kamenogorsk)[607]. AQ Group, une entreprise kazakhstanaise de gaz qui a développé des fermes de minage, dispose également d'une ferme à Karaganda. Mais le principal réceptacle de ces puissantes fermes semble être sans conteste Ekibastouz, où les entreprises MineBest, Enegix ou encore BTC.kz ont installé leurs processeurs. Contrairement au cas irkoutskois, le développement du minage numérique dans le nord du pays, et notamment dans la région de Pavlodar où se trouve la ville d'Ekibastouz, semble avoir bénéficié de l'implication d'autorités locales.

Par exemple, en septembre 2017, l'*akim*, titre équivalent à celui de gouverneur, de la région de Pavlodar, Bulan Bakayov, prenait la tête d'une délégation qui s'est rendue en Chine, afin d'attirer des mineurs de cryptomonnaies et des investisseurs, vantant des coûts de l'électricité extrêmement compétitifs[608]. Il a ensuite continué à promouvoir sa région pour le minage numérique, jusqu'à son arrestation en 2020 pour abus de pouvoir politique, en proposant notamment de directement connecter la ferme « d'une entreprise polonaise » (qui est

[606] MOLDABEKOV, Danyar, 2023. От угля Экибастуза до пляжей Дубая. Майнинг Назарбаевых. *respublika.kz.media* [en ligne]. 15 février 2023. [Consulté le 7 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://respublika.kz.media/archives/82463

[607] BAZHKENOVA, Gulnara, 2022. Бизнесмен Рашит Махат – о шантаже Абжана, майнинге и криптофермах. [en ligne]. 15 juillet 2022. [Consulté le 7 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://orda.kz/biznesmen-rashit-mahat-o-shantazhe-abzhana-majninge-i-kriptofermah/

[608] PANIKAROVSKAYA, Elena, 2018. Экибастуз - город горняков, энергетиков и майнинга. *el.kz* [en ligne]. 23 octobre 2018. [Consulté le 2 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://el.kz/ru/ekibastuz___gorod_gornyakov__energetikov_i_maininga_39112/

l'entreprise MineBest, comme nous le montrons ensuite) à la centrale GRES-1, la plus puissante centrale électrique du pays (voir Planche 5) en 2019[609].

A. Ekibastouz, cœur énergétique du Kazakhstan et épicentre du minage numérique industriel

La ville d'Ekibastouz et ses alentours, de par les puissantes centrales électriques dont ils disposent, alimentées par le charbon de l'immense mine qui jouxte la municipalité, sont le véritable cœur énergétique du Kazakhstan (voir Carte 11 ; 12). Il n'est pas possible de connaître la totalité des projets de minage et leur localisation, hormis ceux que nous avons pu retrouver grâce à des méthodes de télédétection. Lors d'un séjour dans la ville d'Ekibastouz en mai 2023, un itinéraire pédestre a été réalisé à travers la ville afin de passer devant quatre des cinq adresses déclarées par des entreprises de minage de cryptomonnaies en 2022 (voir Annexe 2), et il s'agissait à chaque fois d'immeuble d'habitation qui ne laissait pas apparaître le moindre signe de la présence de bureaux ou d'installation de minage. Ces adresses légales sont d'autant moins pertinentes que la plupart des entreprises de minage de cryptomonnaies ne sont pas enregistrées dans les municipalités où se trouvent leurs installations. Par exemple, l'adresse légale de BTC.kz est à Almaty, dans le sud du pays, alors que ses fermes fonctionnent près d'Ekibastouz[610].

De plus, une partie du minage numérique développé à Ekibastouz n'est pas déclarée. Toutes les tentatives de rencontre avec des mineurs de cryptomonnaies à Ekibastouz, et plus généralement dans l'*oblys* de Pavlodar, furent des échecs. Sur des canaux Telegram spécialisés, de nombreux individus affirmant être installés à Ekibastouz ou à Pavlodar achetaient ou vendaient du matériel de minage numérique. Une quinzaine d'entre eux a été contactée pour d'éventuels entretiens, mais aucun n'a donné suite, même lorsque la demande est passée par un membre de leur famille. Reste que les seules fermes de minage identifiées et localisées permettent de mettre en évidence les logiques spatiales du minage de cryptomonnaies dans le nord du Kazakhstan. Afin d'étudier au mieux les logiques d'implantation du minage de cryptomonnaies à Ekibastouz, nous allons nous concentrer sur trois exemples d'entreprises de minage numérique dont les fermes ont pu être localisées par le croisement d'informations et de

[609] SADESHOV, Akzhol, 2019. Аким Павлодарской области заинтересовался майнингом. *NUR.KZ* [en ligne]. 5 septembre 2019. [Consulté le 2 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.nur.kz/politics/kazakhstan/1814693-akim-pavlodarskoj-oblasti-zainteresovalsa-majningom/
[610] Greffe de BTC.kz : https://ba.prg.kz/750000000-almaty/171240003106-too-btc-kz/

photographies issues de la presse ou d'éléments de communication des entreprises concernées avec des images satellites.



Planche 5 Télédétection d'une des fermes de minage de cryptomonnaies de BTC.kz à Solnetchni, proche de la centrale GRES-2 d'Ekibastouz.

La première des entreprises qui nous intéressent est BTC.kz, qui disposerait de trois fermes de minage dans le pays, dont au moins une est installée dans la région de Pavlodar selon les dires

de ses représentants dans un article accompagné d'une photographie de l'extérieur de l'édifice, qui malheureusement ne nous a pas permis de retrouver la localisation exacte[611]. Lors d'un de ses reportages sur le minage de cryptomonnaies dans cette même région, le journaliste britannique Peter Guest a eu l'occasion de visiter et photographier une ferme de minage de BTC.kz. Celle-ci est différente de celle sur laquelle l'entreprise avait pu communiquer, ce qui semble confirmer qu'au moins deux des trois fermes de BTC.kz se trouvent dans l'*oblys* de Pavlodar. En croisant les photographies de la ferme visitée par Guest avec des images satellites de Google Earth Pro, nous pouvons retrouver l'immeuble qui renfermait l'installation de minage visité par Guest (voir Planche 5)[612].

Il se trouve au nord de la centrale à charbon Ekibastouz GRES-2, d'une capacité de 1 gigawatt (1 GW, 1000 MW) et connue pour disposer de la plus haute cheminée au monde (420 mètres de haut), dans la petite ville de Solnetchni, au nord d'Ekibastouz (voir Cartes 11 et 12). Ce même bâtiment est visible, en proie aux flammes sur une photographie d'un article de presse d'avril 2021 qui rapporte un incendie dans une ferme de minage[613]. Semblable à celles observées en Sibérie, les logiques d'implantation de la ferme de BTC.kz semblent répondre à une recherche de proximité avec la ressource électrique, tout en réhabilitant un immeuble auparavant désaffecté. L'incendie dont a été victime cette installation rappelle également que ces risques ne concernent pas seulement les petites installations de minage peu orthodoxes développées par des particuliers, comme observées en Sibérie.

Un autre acteur important du minage à Ekiastouz est MineBest, qui possède la ferme de minage dans la GRES-1, et dont l'étude permet de mettre en évidence la proximité entre le minage numérique et les autorités régionales. MineBest est fondée en 2017 par Eyal Avramovich, entrepreneur d'origine israélienne, et est enregistrée à Varsovie en Pologne. Dès 2019, MineBest indiquait avoir trois fermes opérationnelles au Kazakhstan. L'entreprise doit son implantation à des négociations directement menées avec le gouverneur de la région, mentionnées plus haut, qui souhaitait attirer des entreprises de minage de cryptomonnaies. En septembre 2019, un article de la presse locale rend compte d'une réunion entre Avramovich et

[611] 2021. Криптовалютную ферму возвели казахстанские инвесторы. *Profit.kz* [en ligne]. [Consulté le 7 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://profit.kz/news/60267/Kriptovalutnuu-fermu-vozveli-kazahstanskie-investori/

[612] Coordonnées de la ferme de minage de BTC.kz à Solnetchni : 52.030426369607305, 75.47688474694252

[613] KOLMAKOVA, Victoria, 2021. Ферма по производству криптовалюты загорелась близ Экибастуза. *NUR.KZ* [en ligne]. 14 avril 2021. [Consulté le 7 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.nur.kz/incident/emergency/1907836-ferma-po-proizvodstvu-kriptovalyuty-zagorelas-bliz-ekibastuza-foto-video/

l'*akim* Bakauov, durant laquelle ce dernier indique qu'un projet de minage de cryptomonnaies de MineBest, alimenté par la GRES-1 d'Ekibastouz, « est prêt à 90% »[614].

Il est important de revenir ici sur l'implication de l'*akim* de Pavlodar que nous pouvons mettre en parallèle avec la notion de « crypto-régionalisme », mentionnée dans la partie précédente sur la Sibérie, développée par Atlkins & al. en 2021. Les auteurs la définissent comme « *l'intégration de la technologie numérique et financière [des cryptomonnaies et de leur minage] dans les imaginaires économiques régionaux* »[615]. Ils ont notamment observé ces stratégies de promotion d'un déploiement du minage de cryptomonnaies et de ses retombées positives dans une région du Canada de la part d'acteurs politiques et économiques, avec pour objectif d'attirer des capitaux et d'y faciliter le déploiement de fermes numériques. Dans l'*oblys* de Pavlodar, c'est le gouverneur régional qui déployait de telles stratégies, prenant la tête d'une délégation en Chine en 2019 afin d'attirer des mineurs de cryptomonnaies au sein de son territoire. Il est allé jusqu'à superviser lui-même le développement de certains projets, à l'instar des fermes de MineBest dans la GRES-1 d'Ekibastouz.

C'est une différence notable avec le cas sibérien précédemment étudié, où à aucun moment les autorités régionales d'Irkoutsk n'ont, du moins à notre connaissance, cherché à promouvoir l'oblast' comme une destination propice au minage de cryptomonnaies. Cela s'explique peut-être par le fait que les infrastructures d'électricité d'Irkoutsk sont toutes privées, contrairement à celles du Kazakhstan, notamment au nord. Si des capitaux russes étaient présents dans la GRES-2 jusqu'en 2019, les GRES-1 et 2 sont détenues par Samruk-Kazyna, majoritairement via sa filiale énergétique Samruk-Energo, le fonds souverain du Kazakhstan. Ainsi, les pouvoirs publics régionaux semblent avoir plus de marge de manœuvre avec certaines infrastructures énergétiques.

Toujours grâce à des images satellites accessibles via Google Earth Pro, il est possible de voir la construction de deux installations de minage de cryptomonnaies sur le territoire de la GRES-1 d'Ekibastouz à partir du printemps 2019 (voir Planche 6). Les deux fermes sont très proches de la centrale électrique, et chacune se trouve également à proximité directe d'une immense culture sous serre de tomates appartenant à « Qaztomat », filiale du géant de la

[614] SADESHOV, Akzhol, 2019. Аким Павлодарской области заинтересовался майнингом. *NUR.KZ* [en ligne]. 5 septembre 2019. [Consulté le 7 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.nur.kz/politics/kazakhstan/1814693-akim-pavlodarskoj-oblasti-zainteresovalsa-majningom/

[615] ATKINS, Ed, FOLLIS, Luca, NEIMARK, Benjamin David et THOMAS, Vanessa, 2021. Uneven development, crypto-regionalism, and the (un-)tethering of nature in Quebec. *Geoforum* [en ligne]. juin 2021. Vol. 122, pp. 63-73. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1016/j.geoforum.2020.12.019. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718520303031

distribution alimentaire « Green House KZ »[616]. Si la première serre est construite en 2017, la deuxième est sortie de terre en 2019, exactement en même temps que la ferme de minage n°2 (telle que numérotée sur la Planche 6), ce qui peut laisser penser à un lien entre les deux projets.

À l'analyse de ces images, nous relevons également que cette même ferme n°2 commence à être démantelée en 2022. Cela est visible sur les photographies satellites d'avril 2022, où plusieurs transformateurs et containers de minage ont disparu, phénomène amplifié sur la capture de septembre 2022. Enfin, un cliché de mai 2023 montre le site complètement rasé, alors que la ferme n°1 subsiste. Cela peut s'expliquer par l'arrêt forcé d'une partie de l'activité de MineBest par les autorités kazakhstanaises, après qu'elles l'aient déclarée comme « illégale » en février 2023[617].

Ainsi, Ekibastouz est le réceptacle des principaux projets importants de minage de cryptomonnaies au Kazakhstan. Nous avons pu retrouver l'emplacement de certaines fermes par télédétection, mais l'immense majorité d'entre elles, bien que sûrement inférieures en envergure, nous restent invisibles.

Si ces entreprises de minage ne communiquaient pas ouvertement sur les emplacements de leur ferme, ce n'était pas le cas d'Enegix qui a largement mobilisé des images de son immense installation d'Ekibastouz pour promouvoir ses services. Que ce soit via la communication officielle de l'entreprise ou par le biais de reportages de journalistes invités au sein de la ferme d'Enegix, ces images révèlent l'emplacement stratégique de l'infrastructure.

[616] Site officiel de Qaztomat : https://qaztomat.kz/about/us
Site officiel de Green House KZ : https://greenhouse.kz/
[617] 2022. «Серые» майнеры работали на территории Экибастузской ГРЭС-1. *Капитал.кз* [en ligne]. [Consulté le 7 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://kapital.kz/gosudarstvo/103063/seryye-maynery-rabotali-na-territorii-ekibastuzskoy-gr-es-1.html

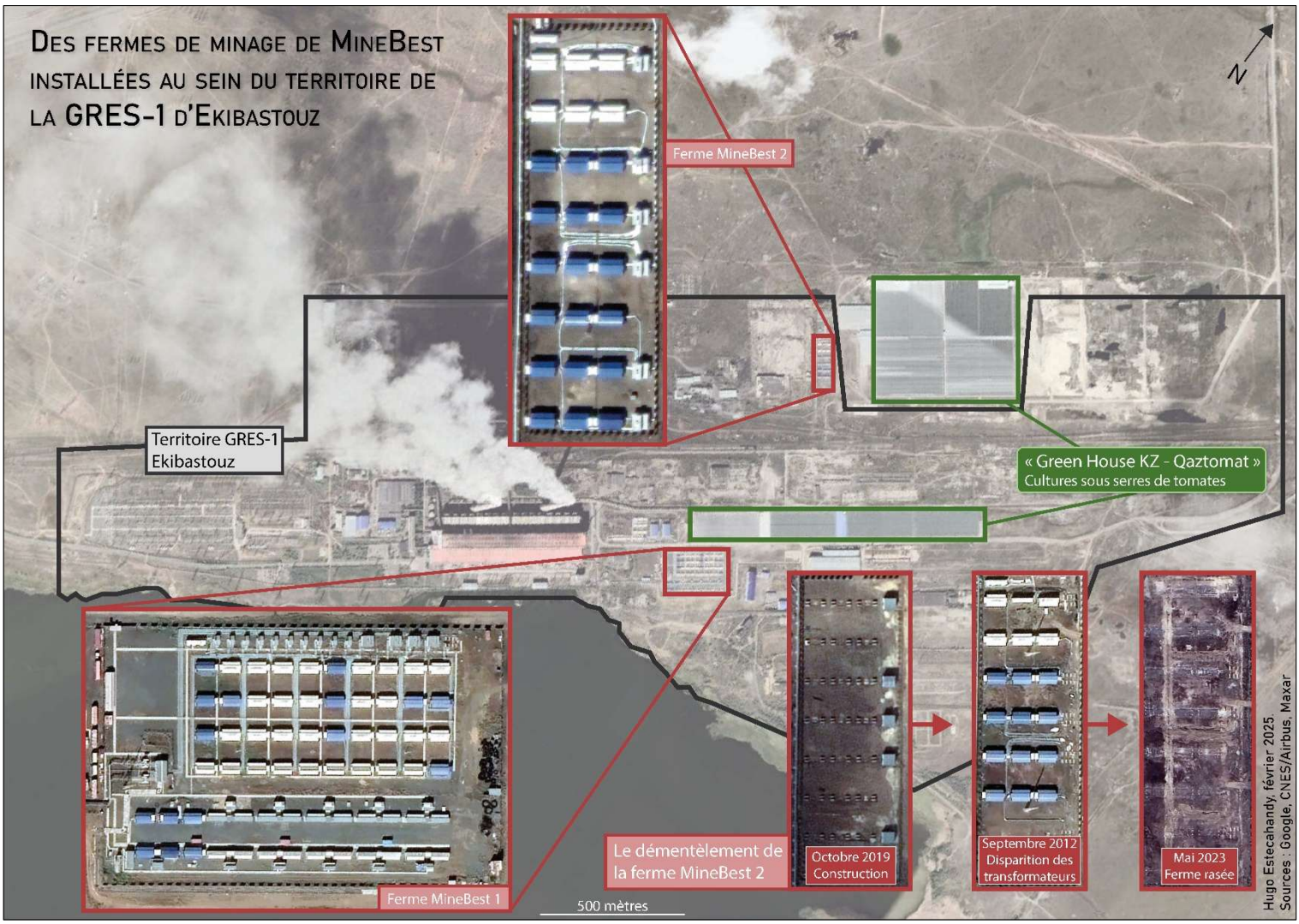


Planche 6

B. La ferme d'Enegix à Ekibastouz, une localisation stratégique

Malgré des demandes officielles auprès d'Enegix et une certaine insistance auprès d'Ivanov, le directeur des ventes de l'entreprise rencontré à trois reprises en 2023 et 2024, il ne fut pas possible de visiter la plus grande ferme de minage de cryptomonnaies du Kazakhstan. Un reportage vidéo de la BBC sorti en janvier 2022, ainsi qu'un article du journaliste Peter Guest à la suite de sa visite de la ferme en 2022, permettent de prendre conscience de l'immensité de l'installation[618]. Enegix a été officiellement fondé en février 2019 par Zhanat Aldebergenov et

[618] TIDY, Joe, 2022. Inside Kazakhstan's giant crypto-mine. [en ligne]. BBC, [Consulté le 8 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.bbc.com/news/av/technology-60148754
GUEST, Peter, 2023. Bitcoin mining was booming in Kazakhstan. Then it was gone. *MIT Technology Review* [en ligne]. 12 janvier 2023. [Consulté le 7 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.technologyreview.com/2023/01/12/1066589/bitcoin-mining-boom-kazakhstan/

Erbolsyn Sarsenov, mais opérait déjà des fermes de minage à Ekibastouz sous un autre nom d'entreprise : « VerCom »[619]. La capacité électrique totale de l'immense ferme d'Ekibastouz est de 180 MW, soit officiellement la plus puissante ferme de minage d'ex-URSS, et bénéficie d'un emplacement stratégique qui apparaît clairement sur la Carte 12.

La ferme et le transformateur se trouvent au sud de la ville d'Ekibastouz et de l'immense mine de charbon à ciel ouvert, qui permet de surcroît d'alimenter les immenses centrales électriques autour de la ville. Tout comme la puissante ferme de BitRiver à Bratsk en Sibérie (voir Chapitre 5), l'édifice d'Enegix est à un emplacement extrêmement stratégique : à proximité directe d'un imposant transformateur électrique alimenté par les plus puissantes centrales électriques du pays, elles-mêmes approvisionnées par la plus grande mine de charbon à ciel ouvert au monde. Selon Ivanov, Enegix est même devenu propriétaire d'une partie du transformateur. Une ligne de 220 kilovolts (kV) connecte le transformateur régional à un transformateur plus petit dans l'enceinte de la ferme qui convertit l'électricité pour le faire transiter par des lignes de 35 kV. C'est via cette alimentation que sont fournis en électricité les huit entrepôts renfermant les processeurs en fonctionnement, chacun disposant d'un transformateur dédié qui reçoit l'énergie.

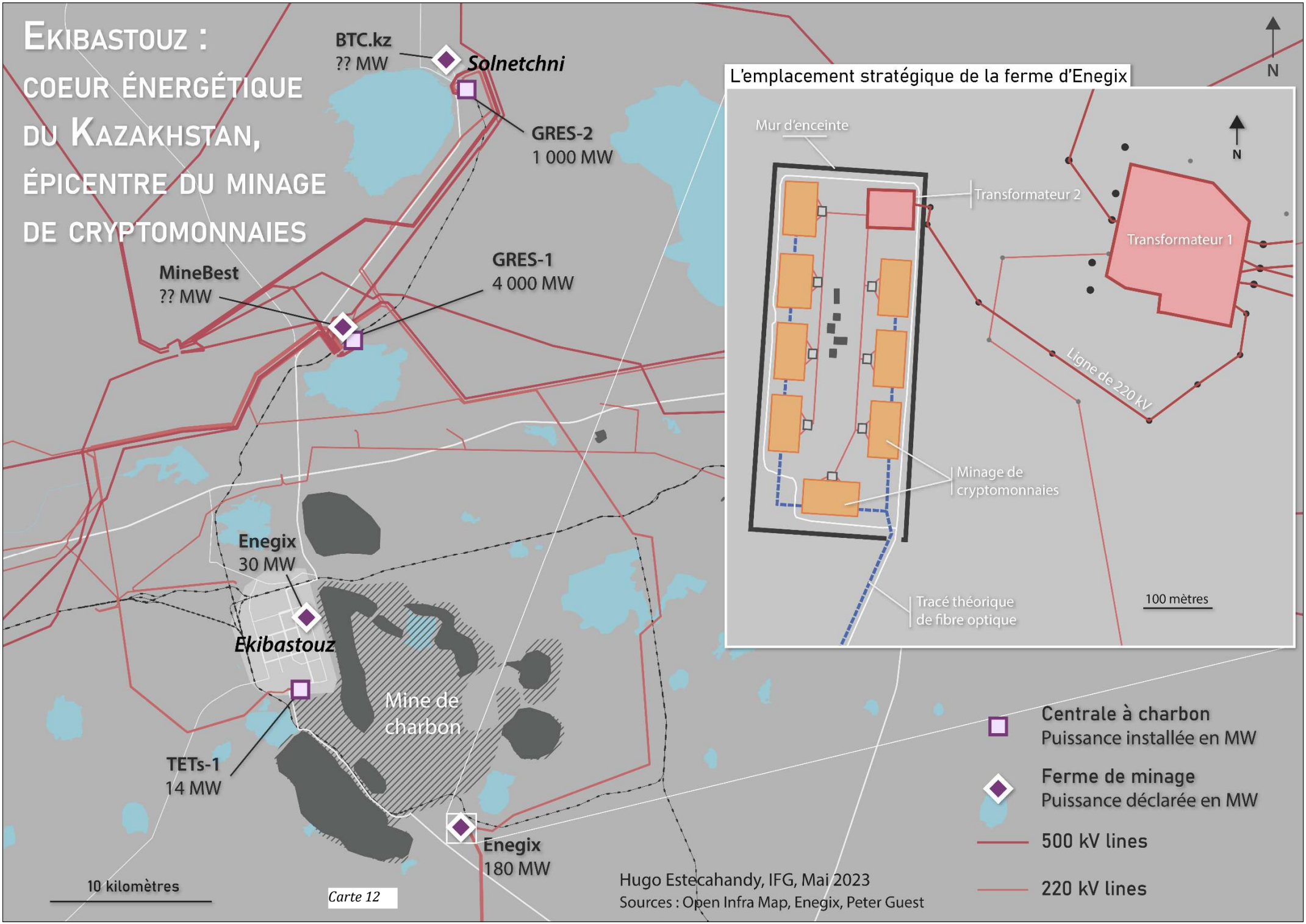
Comme Guest en témoignage dans son reportage ou par téléphone, l'emplacement de la ferme de minage est cerné d'un mur, bardé de caméras de surveillance et protégé par une équipe de sécurité armée de Kalachnikovs et accompagnée de chiens d'attaque. Au milieu du site et des entrepôts de minage se trouvent des bâtiments administratifs et de maintenance, où sont, par exemple, réparés les processeurs défectueux. D'après Ivanov, la ferme est connectée à Internet par deux câbles de fibre optique, et dans l'un des bâtiments au centre de la ferme, se trouverait une représentation permanente de Bitmain, l'un des principaux fournisseurs de matériel de minage numérique pour la ferme. Cette description des lieux permet de relever la rationalité industrielle avec laquelle a été développée cette installation. Non contrainte par les formes d'un bâtiment industriel soviétique préexistant et réhabilité, l'entreprise a pu installer sa ferme numérique à proximité directe d'un transformateur, ainsi qu'aménager l'espace de la ferme afin de maximiser l'efficience de la maintenance.

J'ai également pu m'entretenir avec Peter Guest par téléphone avant mon départ pour le terrain en 2023.

[619] https://kompra.kz/organization/190340018703

2022. The riot in Kazakhstan may affect the fate of bitcoin: expert comments. *ElitExpert* [en ligne]. [Consulté le 8 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://elitexpert.ua/en/articles/bunt-v-kazahstane-mozhet-povliyat-na-sudbu-bitkoina-kommentarii-ekspertov/

Ekibastouz : coeur énergétique du Kazakhstan, épicentre du minage de cryptomonnaies



Tout comme pour les fermes de BTC.kz installées à proximité de la GRES-2 ou celles de MineBest au sein de la GRES-1, une infrastructure d'une telle envergure ne peut être développée sans un ascendant politique. Avant la mise en route de l'immense ferme de 180 MW en 2021, Enegix communiquait via un *tweet* de septembre 2018 sur l'ouverture de leur « deuxième ferme de minage », accompagné de photographies sur lesquelles sont visibles les installations et les membres d'une délégation[620]. Une photographie de la ferme de minage, à l'arrière-plan de laquelle il est possible de reconnaître le versant nord de la mine de charbon d'Ekibastouz, permet de localiser la ferme en question au nord-est de la ville (voir Carte 12)[621]. Mais surtout, le tweet précise que la cérémonie de lancement s'est faite en présence du Premier ministre kazakhstanais de l'époque, Sangentayev, et indique que « *probablement aucune entreprise de minage de bitcoin n'a ce niveau de soutien gouvernemental* »[622].

En décembre 2018, lors d'une émission télévisée diffusée en direct sur le plateau de laquelle était présent le Président Nazarbaïev, l'un des deux dirigeants d'Enegix, Zhanat Aldebergenov, annonçait que l'établissement avait atteint sa pleine puissance de fonctionnement, à savoir 30 MW[623]. Sur cette vidéo, publiée seulement en 2020, le nom de l'entreprise à laquelle appartient Aldebergenov, qui n'est pas encore devenu Enegix, car fondé deux mois plus tard, est flouté. Il est raisonnable de penser que le nom de cette entreprise est « VerCom », enregistrée en 2014 et spécialisée dans les *datacenters*, dont la branche qui faisait du minage de cryptomonnaies serait devenue Enegix. L'adresse de contact de VerCom dans la liste obtenue des entreprises qui faisaient du minage de cryptomonnaies en 2022 finissait par « @enegix.com ». Reste que la présence du Premier ministre à l'ouverture de cette ferme et la bénédiction présidentielle accordée à l'entreprise en direct à la télévision montrent le degré de soutien politique qu'Enegix, et donc peut-être VerCom avant cela, avait pu avoir dès ses débuts.

Ekibastouz apparaît ainsi comme un espace stratégique du minage de cryptomonnaies, tout comme peut l'être Bratsk dans la région d'Irkoutsk, mais qui semble se trouver ici à l'intersection des ressources énergétiques locales et d'un soutien politique marqué par le gouvernement régional.

---

620 https://x.com/EnegixLLC/status/1305310293799694337
621 Coordonnées de la ferme n°2 d'Enegix : 51.73981457252026, 75.33715968873587
622 https://x.com/EnegixLLC/status/1305310293799694337
623 ENEGIX LLC, *December 2018: Upon reaching full 30MW capacity, our facility was recognized by President Nazarbayev*, 2020. [en ligne]. [Consulté le 8 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=piYWkc2PsRc

C. Un espace stratégique pour la souveraineté du Kazakhstan

Qu'il soit déclaré ou non, le minage numérique développé dans le nord du Kazakhstan l'a été, comme en Sibérie, sur un important héritage technique soviétique. L'électrification du Kazakhstan et des pays voisins a été un élément clé de leur intégration à l'Empire russe, puis à l'URSS, mais également à la « construction » de l'Asie centrale en tant qu'espace territorialisé par son « infrastructuration », comme le rappelle Högselius[624]. Nous entendons par ce terme d'infrastructuration le processus par lequel la mise en place et l'ancrage d'infrastructures transforment l'organisation spatiale, les usages et les rapports de pouvoir sur un espace, permettant également d'en faire territoire, les infrastructures pouvant accroître les dépendances de périphéries à un centre ainsi que l'exercice de certaines formes de pouvoir. L'analyse des facteurs de localisation du minage, proches de ceux observés en Sibérie, révèle une dépendance du Kazakhstan vis-à-vis de la Russie dans le secteur des énergies. Les régions septentrionales apparaissent d'autant plus stratégiques pour les autorités kazakhstanaises par leur représentation d'un risque d'instrumentalisation par Moscou des populations à majorité slave qui peuplent les villes, autre héritage de la planification industrielle soviétique.

Les pays d'ex-URSS, et en particulier le Kazakhstan, ne sont pas seulement devenus héritiers d'infrastructures énergétiques qui se trouvent désormais sur leur territoire national, ils doivent également souvent composer avec la présence d'acteurs russes dans le secteur de la production et de distribution d'électricité. Tout d'abord, le nord du Kazakhstan est toujours connecté au réseau électrique russe, et les transferts transfrontaliers d'énergie sont fréquents dans une optique d'équilibrage de la charge électrique sur chacun des réseaux. Le Kazakhstan est ici un partenaire stratégique pour la Russie, qui voit ses exportations d'électricité vers son voisin du sud augmenter considérablement. Rien qu'en 2024, le pays absorbait près de 46% des exportations totales d'électricité du russe d'Inter RAO et a représenté une hausse de son chiffre d'affaires de 31%[625]. Cette dépendance du nord du Kazakhstan à l'électricité russe a été particulièrement visible suite à la chute de l'URSS, alors que la Russie a cessé de lui partager

[624] HÖGSELIUS, Per, 2022. The hidden integration of Central Asia: the making of a region through technical infrastructures. *Central Asian Survey* [en ligne]. 3 avril 2022. Vol. 41, n° 2, pp. 223-243. [Consulté le 26 septembre 2022]. DOI 10.1080/02634937.2021.1953963. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02634937.2021.1953963

[625] 2024. La Russie vise une augmentation des exportations d'électricité vers le Kazakhstan d'ici 2030 - La presse turquoise. *La Presse Turquoise* [en ligne]. [Consulté le 12 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://lapresseturquoise.fr/2024/08/23/kazakhstan-hausse-importations-electricite-russie/

son électricité en 1996, prétextant des impayés de 400 millions de dollars[626]. Cette décision a engendré d'importantes coupures de courant dans le nord du Kazakhstan. C'est Kassym-Jomart Tokaïev, actuel président du Kazakhstan et à l'époque ministre des Affaires étrangères (1994 – 1999) qui a mené les négociations avec les autorités russes pour le rétablissement du transit électrique.

Ensuite, des acteurs russes sont parfois toujours présents dans l'exploitation, la construction et la maintenance de certaines infrastructures énergétiques du pays, notamment l'entreprise Inter RAO qui a racheté 50% de la GRES-2 d'Ekibastouz en 2005, l'autre moitié étant détenue par Samruk-Energo[627]. L'entreprise énergétique russe a revendu ses parts en 2019 à Samruk-Kazyna, qui détient par ailleurs Samruk-Energo, ce qui pouvait laisser présager une volonté du Kazakhstan de délester l'une de ses infrastructures critiques majeures d'un acteur russe influent. Un accord signé entre Inter RAO Export, une branche d'Inter RAO créée en 2011 spécialisée dans la construction, le commerce et la maintenance d'équipements électriques, et Samruk-Energo prévoyait la construction de trois nouvelles centrales à charbon au Kazakhstan, à Semeï, Kokchétaou et Öskemen, a laissé planer un doute quant à la prise de distance du Kazakhstan avec la présence de la Russie au sein de son système énergétique, avant que le contrat soit annulé en juillet 2025[628]. D'importants travaux de modernisation de la GRES-2 d'Ekibastouz, annoncés en 2024, seront, quant à eux, opérés par une entreprise russe, ORGRES[629].

Ainsi, le secteur kazakhstanais de la production et de la distribution d'électricité semble doublement dépendant, à la fois d'acteurs russes qui sont restés ou sont se sont greffés sur un réseau pensé et conçu à Moscou, mais aussi d'un charbon de mauvaise qualité qui, en plus d'être extrêmement polluant, dépend également d'acteurs russes déjà croisés au cours de cette thèse. La mine de charbon à ciel ouvert d'Ekibastouz est en réalité composée de sites d'extraction distincts : Bogatyr, le plus important, et Severny. En 2018, 45% du charbon produit

[626] GOBLE, Paul, 1996. Kazakhstan: Analysis From Washington--Power Lines And Power Flows. *Radio Free Europe/Radio Liberty* [en ligne]. 9 octobre 1996. [Consulté le 12 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rferl.org/a/1081899.html

[627] 2019. « Интер РАО » продает половину Экибастузской ГРЭС-2 за $20 млн. *Inbusiness.kz* [en ligne]. [Consulté le 11 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://inbusiness.kz/ru/last/inter-rao-prodaet-polovinu-ekibastuzskoj-gres-2-za-20-mln

[628] 2025. Правительство заявило, что «Интер РАО» из России не сможет построить обещанные три ТЭЦ в Казахстане. *Radio Azattyk* [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://rus.azattyq.org/a/33491095.html

[629] MAMYSHEV, Zhanbolat, 2024. Проект модернизации энергоблока Экибастузской ГРЭС-2, за которую взялась российская компания, подорожает почти вдвое. *Kursiv Media Казахстан* [en ligne]. 18 octobre 2024. [Consulté le 11 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://kz.kursiv.media/2024-10-18/zhnb-egresmodernpriceup/

à Bogatyr (33,4 millions de tonnes produites au total en 2020) servait à alimenter les seules centrales GRES-1 d'Ekibastouz et la GRES de Reftinskaïa, près d'Ekaterinbourg en Russie. La mine est exploitée par Bogatyr Komir, une joint-venture créée en 2008 entre Samruk-Energo et le géant russe de l'aluminium RUSAL, et EN+, déjà présentés dans le chapitre précédent. Ainsi, la continuité de l'exploitation du charbon kazakhstanais rejoint également les intérêts financiers et commerciaux d'importantes entreprises russes. Et la dépendance du Kazakhstan au charbon, qui fait partie des dix premiers pays au monde en termes de réserves et de production de charbon et se classe parmi les 15 premiers consommateurs, ne risque pas de diminuer prochainement[630]. Si le charbon est essentiel pour le secteur kazakhstanais de l'électricité, l'inverse est également de mise. Les bassins miniers d'Ekibastouz et de Karaganda sont tributaires de la consommation de charbon du pays. En 2017, environ 88% de la capacité totale de génération d'électricité du Kazakhstan, estimée à 21,6 GW en 2018, provenait de la combustion de charbon[631].

Malgré la guerre en Ukraine, la dépendance du Kazakhstan à la Russie semble s'intensifier depuis 2022 dans le secteur des énergies. La future centrale nucléaire du Kazakhstan, présenté au départ par les autorités comme un projet piloté par un consortium d'entreprises européennes, asiatiques et russes, le sera finalement par Rosatom[632]. Cela semble également le cas du côté des hydrocarbures. La principale manne financière du Kazakhstan provient de l'extraction et du commerce des ressources contenues dans ses sols[633]. En 2020, le gouvernement kazakhstanais tirait 45% de son budget de l'export de gaz et de pétrole[634]. En juillet 2022, la justice russe ordonne la cessation de l'opération du Caspian Pipeline Consortium, un oléoduc qui transporte 80% du pétrole exporté par le Kazakhstan depuis les rives de la Caspienne

630 U.S. Energy Information Administration, 2019. *Country Analysis Executive Summary: Kazakhstan*.
631 *Ibid*.
632 [2025. Rosatom prend la tête de la première centrale nucléaire du Kazakhstan. *Le Monde de l'Energie* [en ligne]. [Consulté le 3 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.lemondedelenergie.com/rosatom-prend-la-tete-de-la-premiere-centrale-nucleaire-du-kazakhstan/2025/06/18/
633 Le Kazakhstan est également le fournisseur d'autres ressources extrêmement stratégiques pour certains de ses partenaires, que ce soit l'uranium ou le tantale, un métal incontournable pour la fabrication de certains types de composants informatiques, et notamment des cartes graphiques du géant états-unien NVIDIA comme le relève la chercheuse Ana Valdivia. Voir : VALDIVIA, Ana, 2024. The *supply chain capitalism of AI* : a call to (re)think algorithmic harms and resistance through environmental lens. *Information, Communication & Society* [en ligne]. 30 octobre 2024. pp. 1-17. [Consulté le 6 novembre 2024]. DOI 10.1080/1369118X.2024.2420021. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1369118X.2024.2420021
634 BALDAKOVA, Oyuna, 2022. Kazakhstan's three-way balancing act between competing powers is under pressure. In : LEGARDA, Helena et GUNTER, Jacob (éd.), *Beyond Blocs. Global views on China and US-China relations.* pp. 45-53. MERICS Papers on China, 11.

jusqu'à un port commercial russe sur la mer Noire[635]. Bien que la décision fût annulée avant toute intervention technique, cet épisode met en lumière la dépendance du Kazakhstan à la Russie dans le secteur des hydrocarbures. En ce qui concerne le gaz, bien que producteur important, le Kazakhstan exporte l'essentiel vers la Chine et connaît un déficit intérieur, malgré la progression de la gazéification (30 % des ménages en 2013, 57 % en 2021)[636]. La Russie a exploité cette fragilité pour proposer une union gazière avec le Kazakhstan et l'Ouzbékistan afin de leur exporter son gaz. Comme le soulignent Bouzarovski et al. en 2023, Moscou agit ainsi en « superpuissance énergétique », transformant ses infrastructures héritées et interconnexions régionales en leviers géopolitiques[637].

Cette position de force de la Russie est en grande partie tirée de cet héritage technique soviétique très visible et présent au nord du Kazakhstan. Cette dépendance de la région à la Russie prend d'autant plus d'importance, que le nord du Kazakhstan est considéré par le pouvoir kazakhstanais comme un potentiel levier politique que la Russie pourrait utiliser au travers de la population qui la peuple.

À la chute de l'URSS, le nord du Kazakhstan est donc majoritairement peuplé de Russes et autres Slaves russophones urbanisés qui n'ont jamais appris à parler le kazakh. Les Kazakhs eux-mêmes, après des décennies de politiques impériales et soviétiques qui étouffaient la culture et la langue locales couplées à une pression continue d'influence slave, ne sont plus que 40% à parler leur langue ethnique dans le nord du pays en 1994[638]. Cette fracture territoriale supplémentaire a donné naissance à des stratégies de la part de Noursoultan Nazarbaïev, premier président du Kazakhstan de 1990 à 2019, dont l'objectif est de créer un État kazakhstanais unifié autour de la culture kazakhe. Nazarbaïev a notamment poussé à de

[635] MALLINSON, Kate, 2024. Russia's influence in Kazakhstan is increasing despite the war in Ukraine. *Chatam House* [en ligne]. 29 février 2024. [Consulté le 12 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.chathamhouse.org/2024/02/russias-influence-kazakhstan-increasing-despite-war-ukraine
VAAL, Tamara et AUYEZOV, Olzhas, 2024. Kazakhstan eyes significant boost in oil exports bypassing Russia. *Reuters* [en ligne]. 25 novembre 2024. [Consulté le 12 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.reuters.com/business/energy/kazakhstan-produce-884-mln-tons-oil-this-year-2024-11-25/
[636] UMAROV, Temur, 2023. Is Putin About to Get His Gas Union With Kazakhstan and Uzbekistan? *Carnegie Endowment for International Peace* [en ligne]. 13 mars 2023. [Consulté le 12 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://carnegieendowment.org/russia-eurasia/politika/2023/03/is-putin-about-to-get-his-gas-union-with-kazakhstan-and-uzbekistan?lang=en
[637] BOUZAROVSKI, Stefan, BICHSEL, Christine, BOYER, Dominic, FERENČUHOVÁ, Slavomíra, GENTILE, Michael, MYKHNENKO, Vlad, OGUZ, Zeynep et TYSIACHNIOUK, Maria, 2023. Forum: Russia, Europe and the colonial present: the power of everyday geopolitics. *Geographica Helvetica* [en ligne]. 5 septembre 2023. Vol. 78, n° 3, pp. 429-451. [Consulté le 15 novembre 2024]. DOI 10.5194/gh-78-429-2023. Disponible à l'adresse : https://gh.copernicus.org/articles/78/429/2023/
[638] BREMMER, Ian. Nazarbaev and the north: State-building and ethnic relations in Kazakhstan. *Ethnic and Racial Studies* [en ligne]. Octobre 1994, Vol. 17, nº 4, p. 619-635. [Consulté le 11 février 2025]. DOI 10.1080/01419870.1994.9993843

nombreux remplacements de cadres slaves de l'administration et de l'industrie dans les régions du nord par des Kazakhs au début des années 1990[639]. Cette « kazakhification » du nord du Kazakhstan accompagne l'émergence d'un nationalisme kazakh qui puise dans l'histoire du peuple et ses racines turciques et s'appuie sur un rétablissement de la langue kazakhe et la latinisation de son alphabet, alors le cyrillique[640].

En 1997, la capitale politique est transférée d'Almaty à plus d'un millier de kilomètres au nord : ainsi naissait Astana (« capitale », en kazakh). Au sein de la nouvelle capitale sont matérialisés nombre « d'éléments symboliques qui font une nation », faisant eux-mêmes « l'objet de constructions monumentales ou d'une mise en valeur muséale », intégrant les bâtiments aux fonctions politiques[641]. Au-delà de renforcer la mise en valeur du discours nationaliste kazakh, notamment la continuité territoriale de la représentation d'une nation kazakhe, et des institutions gouvernementales du jeune État, Astana doit remplir une politique de (re)peuplement kazakh des régions septentrionales du Kazakhstan. Des politiques gouvernementales encouragent les Kazakhs à habiter dans les zones urbaines, et notamment à Astana. L'oblys d'Aqmola, au milieu duquel se trouve désormais la ville-région qu'est Astana, comptait 22,2 % de Kazakhs en 1989, 38,5 % en 1999 et 44,8 % en 2003642. Reste que les steppes du nord du Kazakhstan et les centres industriels qui s'y trouvent sont la principale source d'énergie électrique du pays.

Ainsi, le minage de cryptomonnaies industriel au Kazakhstan a surtout été développé dans une région du pays à l'héritage industriel et énergétique conséquent, qui en fait un espace stratégique à plusieurs niveaux. Si l'exploration des régions septentrionales du Kazakhstan fait émerger des dépendances à la Russie au travers d'une dépendance infrastructurelle dans le secteur de l'électricité, cette même dépendance infrastructurelle dans le sud du pays a entraîné des enjeux géopolitiques bien plus importants, que l'explosion du minage de cryptomonnaies à partir de 2021 a mis en exergue.

---

639 *Ibid*.
640 SARSEMBAYEV, Azamat. Imagined communities: Kazak nationalism and Kazakification in the 1990s. *Central Asian Survey* [en ligne]. Septembre 1999, Vol. 18, nº 3, p. 319-346. [Consulté le 11 février 2025]. DOI 10.1080/02634939995605
641 FAUVE, Adrien. La fabrique de la nation production des symboles et pratiques quotidiennes au KazaKhstan. *Revue d'études comparatives Est-Ouest*. 2015, Vol. 46
642 ANACKER, Shonin. Geographies of Power in Nazarbayev's Astana. *Eurasian Geography and Economics* [en ligne]. Octobre 2004, Vol. 45, nº 7, p. 515-533. [Consulté le 11 février 2025]. DOI 10.2747/1538-7216.45.7.515

6.2. Une explosion du minage de cryptomonnaies et une crise énergétique accélérée par de multiples dépendances infrastructurelles du Kazakhstan aux puissances voisines

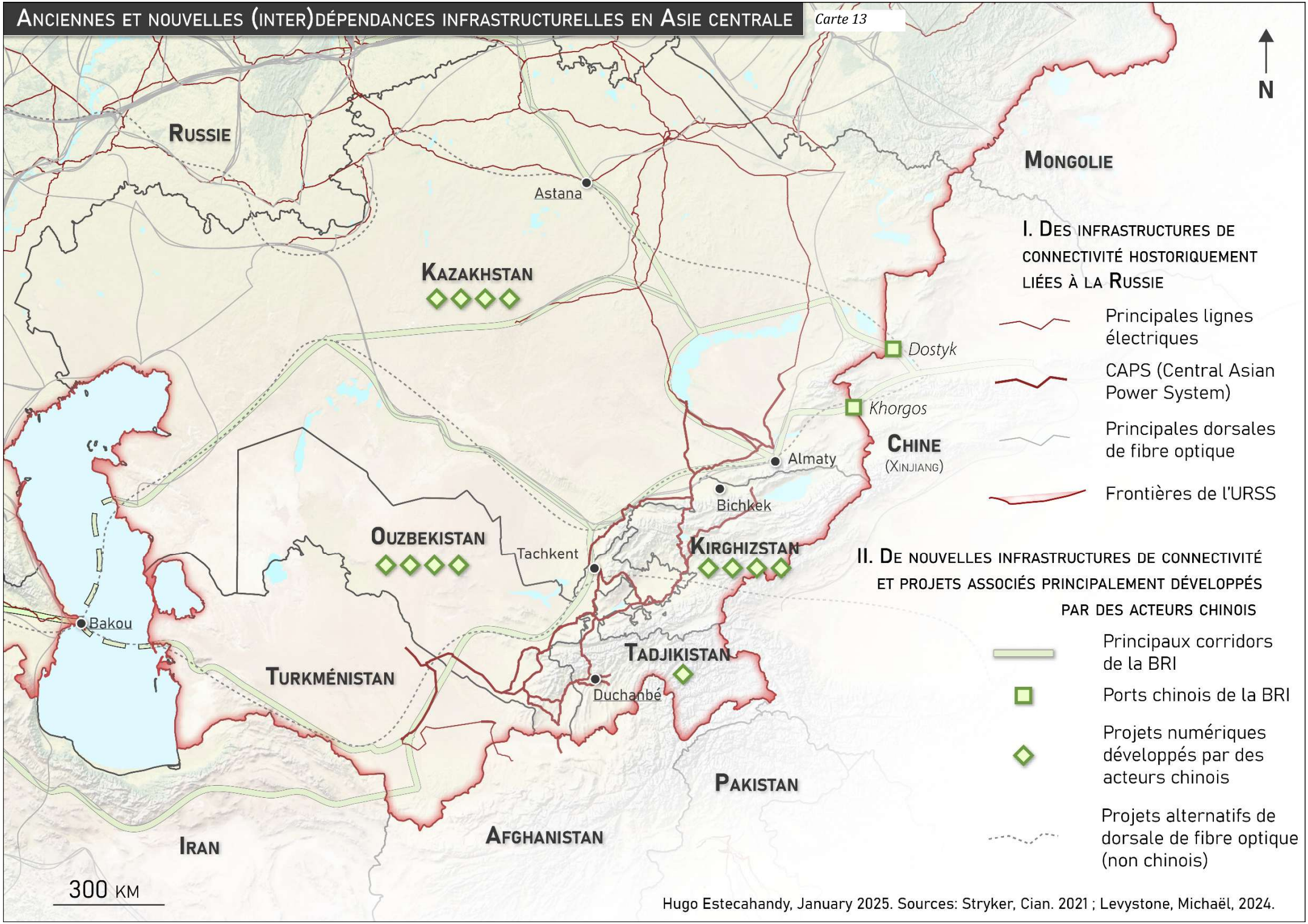
Ainsi, avant la crise énergétique de 2021-2022, le minage de cryptomonnaies industriel et commercial avait été surtout développé dans le nord du pays, où d'importantes capacités de production et de distribution d'électricité étaient disponibles, grâce à des négociations entre les propriétaires des fermes de minage, les compagnies d'électricité et les autorités locales.

Mais le bannissement du minage de Chine a entraîné une intensification du branchement d'ASICs sur le territoire kazakhstanais, ce qui a entraîné une augmentation significative de la consommation électrique, ce qui aurait, selon les autorités, fragilisé les infrastructures énergétiques jusqu'au *blackout* de janvier 2022. Si le rôle du minage numérique dans cette crise énergétique est à relativiser, l'explosion de l'activité et les effets successifs sur le réseau électrique du pays sont révélateurs de plusieurs dynamiques et effets de dépendance qui concernent aussi bien le Kazakhstan que l'ensemble de la région.

Ces dépendances, voire interdépendances, à l'échelle régionale, relèvent notamment de réseaux de connectivité, visibles sur la Carte 13. Elles peuvent être anciennes, comme celles qui concernent les réseaux électriques développés sous l'ère soviétique qui contraignent encore l'organisation territoriale de la région. Elles concernent également les réseaux numériques avec des tracés de dorsales de fibre optique en miroir de l'infrastructuration soviétique régionale. De nouvelles formes de dépendance viennent ensuite s'ajouter aux anciennes, notamment au Kazakhstan, dont le territoire est traversé par des corridors de transport chinois, routiers ou ferroviaires, notamment vecteurs des dizaines de milliers de processeurs exilés de Chine.

Anciennes et nouvelles (inter)dépendances infrastructurelles en Asie centrale

Carte 13



Hugo Estecahandy, January 2025. Sources: Stryker, Cian. 2021 ; Levystone, Michaël, 2024.

6.2.1. Au sud du Kazakhstan, un minage numérique branché sur un réseau électrique désuet, vecteur d'un fragile équilibre géopolitique régional

Alors que le minage de cryptomonnaies industriel était principalement développé au nord du pays, de plus petits projets avaient également été implantés au sud. Loin des immenses entrepôts ou des bâtiments industriels réaffectés en fermes numériques de la région de Pavlodar, les fermes de minage du sud du Kazakhstan ont été principalement installées dans les quelques zones industrielles en marge d'Almaty ou de Taraz (voir Carte 11).

A. Au sud, le poids du minage de cryptomonnaies développé à plus petite échelle de manière parfois opaque

Guil, une entrepreneure kazakhe rencontrée plusieurs fois à Almaty en 2022 et 2023, disposait de petites fermes de minage près de Taraz. Les racks de processeurs étaient installés dans des conteneurs de fret spécialement modifiés et aménagés, intégrant un système de ventilation, qui n'auraient pas survécu aux conditions météorologiques du Kazakhstan septentrional. Chacune de ses installations avait moins de 5 MW de puissance électrique. Elle témoigne de l'impact de l'arrivée massive de mineurs depuis la Chine.

> « L'arrivée des Chinois a tout bousculé, ils se branchaient au réseau électrique en demandant une puissance de 2 mégawatts et en consommaient 20. Ils sont arrivés sur des infrastructures qui n'étaient pas prêtes, cela a entraîné des dysfonctionnements sur les réseaux, même dans le nord du pays ». Guil, mineuse de cryptomonnaies dans le sud du Kazakhstan[643].

De plus, elle témoigne d'un engouement populaire pour l'activité qui a émergé à la même époque, elle qui a conseillé *« même des étudiants qui voulaient se lancer dans le minage, alors que l'activité semblait plus réservée à des profils techniques il y a quelques années* » . Guil a toujours, selon elle, respecté au maximum les réglementations en vigueur. Elle a, par exemple, pris les mesures nécessaires pour payer les taxes en 2021, à un moment où la consommation d'énergie dans le pays commençait à devenir critique, et donc à s'enregistrer auprès des autorités. Elle affirme par ailleurs qu'elle est totalement en faveur d'une régulation de l'activité.

[643] Entretien réalisé en juin 2022 au Kazakhstan.

Comme la plupart des fermes officiellement déclarées au Kazakhstan, son fonctionnement a été compromis dès le printemps 2021 :

> « Au début, nous avions le droit de consommer de l'électricité 15 heures par jour, puis c'est passé à 12 heures. Ça n'a pas permis de maintenir [le rendement] des fermes. Nous avons dû nous séparer de beaucoup d'employés. Et nous avons perdu beaucoup d'argent. En 6 mois, j'ai dû définitivement fermer cinq sites ». Guil, mineuse de cryptomonnaies dans le sud du Kazakhstan.

En 2022, elle indiquait que son activité était en pause, qu'elle attendait l'entrée en vigueur prochaine d'une loi qui pouvait lui permettre de relancer ces installations restantes. En 2021, peu après son enregistrement auprès des autorités, des représentants de la compagnie d'électricité, accompagnés de policiers, sont apparus sur le site d'une de ses fermes et lui ont demandé de cesser ses activités. Lorsqu'elle a demandé des explications, l'un des policiers, selon elle, lui a dit en riant qu'ils avaient découvert où se trouvait son installation parce qu'elle avait justement déclaré son activité auprès des autorités, en lui précisant qu'elle n'aurait pas dû le faire. Elle ajoute que d'autres fermes de minage, non déclarées et dont elle connaissait l'emplacement et les propriétaires, pouvaient continuer à fonctionner non loin de ses propres processeurs qu'elle a dû débrancher. Sur un autre de ses sites de minage, après la diffusion du reportage d'un média occidental dans lequel elle était interviewée, elle a perdu deux conteneurs de minage dans un incendie, pour un coût total de 500 000 dollars, qu'elle affirme être intentionnel et être une manœuvre d'intimidation des autorités.

Un autre témoignage a été partagé par un employé d'une entreprise de minage numérique européenne qui opérait autrefois au Kazakhstan[644]. Il a raconté que le fonctionnement de la ferme de minage avait été brutalement interrompu par une intervention de la police sans que son entreprise puisse faire appel de la décision, même si elle était théoriquement dans son bon droit, et que le processus de mise en place de l'exploitation était déjà compliqué par la « corruption de divers services ».

Le minage de cryptomonnaies a donc également été développé dans le sud du pays, mais avec des installations bien moins puissantes que dans le nord du pays, notamment du fait que de quantités d'électricité disponibles plus faibles et du climat plus clément qui permettait l'installation de conteneurs. Nous relevons que ces installations ne semblent pas bénéficier du même soutien politique que celles étudiées dans la partie précédente, puisque leurs propriétaires ont été victimes de répressions de la part des forces de l'ordre dès 2021.

[644] Je maintiens ici l'anonymat complet de mon interlocuteur et de son entreprise, comme souhaité par ce dernier. Entretien réalisé en 2022.

Beaucoup de projets de minage ont donc été développés de manière opaque, à la fois pour éviter certaines taxes sur l'électricité, mais également pour ne pas risquer des restrictions trop fortes par la seule déclaration de leur activité, voire un démantèlement total et brutal sans compensation, par la police. Un exemple fait écho aux propos de Guil : en février 2022, une ferme de minage illégale a été perquisitionnée « dans la région de Zhambyl », dont Taraz est la principale ville[645]. En plus de près de 3 000 ASICs trouvés sur place par les forces de l'ordre, les enquêteurs ont réussi à prouver que les propriétaires de la ferme avaient versé des pots-de-vin directement à des employés de compagnies locales d'électricité. Ce minage non déclaré concerne également de micro-installations dans des zones résidentielles, semblables à ce qui a pu être observé en Sibérie. En mars 2023, une étudiante de la Nazarbayev University, à Astana, disait avoir aperçu du minage de cryptomonnaies réalisé dans l'illégalité :

> « En 2022, j'ai été invitée à une fête à Almaty, chez des amis d'amis. C'était dans un appartement où il faisait extrêmement chaud. Il y avait trois chambres dans le logement, dont deux qui étaient entièrement remplies d'ordinateurs [processeurs] qui fonctionnaient en faisant énormément de bruit ». Madina (pseudonyme), étudiante à Astana[646].

Ainsi, comme dans certains cas étudiés en Sibérie, une multitude d'installations de minage numérique de petites échelles non déclarées ont été développés, en autant de zones grises sur le réseau électrique kazakhstanais, zones où, par définition, « les normes réglementaires ne sont pas appliquées » ou n'existent tout simplement pas[647] .

Si ce minage illégal concernait à la fois le nord et le sud du Kazakhstan, leur incidence semble avoir été plus importante dans les régions méridionales. Tout comme les réseaux électriques domestiques et de zones résidentielles, qui ne sont pas pensés pour tenir une charge électrique continue aussi importante que celle engendrée par un minage de cryptomonnaies tel que décrit par Madina, le réseau électrique partagé à l'international n'était pas adapté à un développement aussi rapide et important d'une activité énergivore. De plus, les infrastructures électriques du Kazakhstan, majoritairement héritées de la période soviétique, sont vieillissantes

[645] MUKHAMETGALY, Fariza, 2022. Сотрудники МВД и КНБ задержали бандитов-майнеров [Le ministère de l'intérieur et des officiers du KNB ont arrêté des mineurs clandestins.]. *Polisia.kz* [en ligne]. 1 août 2022. [Consulté le 13 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://polisia.kz/ru/sotrudniki-mvd-i-knb-zaderzhali-banditov-majnerov/

[646] Entretien réalisé à Astana en mars 2023.

[647] MARTIN, Ciaran, 2022. Geopolitics and Digital Sovereignty. In : WERTHNER, Hannes, PREM, Erich, LEE, Edward A. et GHEZZI, Carlo (éd.), *Perspectives on Digital Humanism* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. [Consulté le 9 juin 2023]. ISBN 978-3-030-86143-8. Disponible à l'adresse : https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-86144-5

et pour certaines désuètes. Ce constat était déjà partagé par le président Tokaïev lors d'une conférence de presse de mai 2021 :

> « Les principales capacités de production du Kazakhstan, y compris les centrales thermiques, sont en exploitation depuis 40 ans ou plus. Selon les experts, leur usure totale est supérieure à 50 %. Cela conduit à une augmentation des défaillances techniques dans les centrales électriques. En 2019, 4010 infractions ont été recensées, et en 2020, 4458, soit une augmentation de 11% ». Déclaration de Kassym-Jomart Tokaïev, Président du Kazakhstan[648].

Bien que le minage numérique, déclaré ou non, ait indubitablement augmenté la charge électrique sur le réseau électrique kazakhstanais, celui-ci était grandement désuet. En novembre 2021, alors que les premiers rationnements de l'électricité pour les mineurs de cryptomonnaies entraient en vigueur, le professeur d'études eurasiennes Luca Anceschi, déclarait déjà qu'« *en rejetant la faute sur les mineurs [de cryptomonnaies] illégaux, le gouvernement semble essayer de cacher des problèmes structurels sous-jacents tels que le manque d'entretien et l'incapacité du système [énergétique] à fournir de l'électricité du nord, riche en charbon, vers le sud* »[649].

B. Une crise énergétique symptomatique d'une infrastructure électrique transfrontalière désuète et révélatrice des enjeux géopolitiques régionaux de l'électricité

Ainsi, le minage de cryptomonnaies, bien que son rôle sur la crise énergétique ait pu être exagéré par les autorités, est tout de même venu peser sur un réseau électrique vieillissant. C'est sur le CAPS (le Central Asian Power System), ce réseau électrique partagé entre le sud du Kazakhstan, le Kirghizstan et l'Ouzbékistan, que se trouve l'origine du *blackout* électrique international du 25 janvier 2022. Ce jour-là, une demande en énergie électrique trop importante aurait entraîné une surcharge des lignes entre le nord et le sud du Kazakhstan. Cette situation a fait émerger des enjeux énergétiques intrinsèques à la région, notamment la dépendance de ces trois pays à une infrastructure régionale techniquement limitée et dépassée, survivance de l'URSS.

---

[648] SERVICE DE PRESSE D'AKORDA, 2021. Токаев: Весь развитый мир полагается на атомную энергию. Фобии здесь неуместны. *Forbes.kz* [en ligne]. 26 mai 2021. [Consulté le 11 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://forbes.kz/articles/tokaev_ves_razvityiy_mir_polagaetsya_na_atomnuyu_energiyu_fobii_zdes_neumestnyi

[649] MUIR, Martha, 2021. Crypto miners in Kazakhstan face bitter winter of power cuts. *Financial Times* [en ligne]. 25 novembre 2021. [Consulté le 10 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.ft.com/content/086b7ec7-f71a-4214-bfa0-5644852056f3

Durant l'ère soviétique, le CAPS était connecté au système électrique unifié qui interconnectait toute l'URSS, sans être synchronisé avec celui-ci. Moscou, qui agissait comme régulateur central et autorité technique, garantissait une distribution stable de l'électricité à travers l'Union. Ce réseau constituait un important instrument géopolitique qui lui permettait de consolider son influence en Eurasie[650]. À cette époque, le CAPS interconnectait l'Ouzbékistan, le Kirghizstan, le Tadjikistan, le Turkménistan et les régions du sud du Kazakhstan. Le nord du Kazakhstan, très industriel, a été connecté au réseau électrique sibérien[651]. La disparition de l'URSS et d'une supervision centrale du système régional a entraîné des tensions politiques pour le partage de l'électricité entre les pays. Les gouvernements ont commencé à s'orienter vers des politiques énergétiques d'autosuffisance nationale[652]. Le Turkménistan s'est déconnecté du CAPS en 2003[653], suivi par le Tadjikistan et l'Ouzbékistan en 2009[654]. Si l'Ouzbékistan avait décidé de se déconnecter officiellement du CAPS, il n'en reste pas moins connecté à l'infrastructure par nécessité. Bien que premier producteur d'électricité de la région, le pays est également le premier consommateur: sa capacité de production électrique a augmenté de 35 % entre 2000 et 2019, alors que sa consommation a augmenté de plus de 37 %[655]. Ainsi, l'Ouzbékistan a toujours des accords d'export et d'import d'électricité avec ses voisins, et surtout avec le Kirghizstan.

En 1998, puis en 2010, des lignes à très haute tension (500 kV) ont été tirées depuis le nord du Kazakhstan, dont les centrales à charbon produisaient un surplus énergétique, pour subvenir

---

650 WESTPHAL, Kristen, PASTUKHOVA, Maria et PEPE, Jacopo Maria, 2022. No. 6/2022 : *Geopolitics of electricity: Grids, space and (political) power*. SWP Research Paper.

651 GLEASON, Gregory, 2003. Russia and the Politics of the Central Asian Electricity Grid. *Problems of Post-Communism* [en ligne]. mai 2003. Vol. 50, n° 3, pp. 42-52. [Consulté le 31 octobre 2022]. DOI 10.1080/10758216.2003.11656038. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10758216.2003.11656038
HÖGSELIUS, Per, 2022. The hidden integration of Central Asia: the making of a region through technical infrastructures. *Central Asian Survey* [en ligne]. 3 avril 2022. Vol. 41, n° 2, pp. 223-243. [Consulté le 31 octobre 2022]. DOI 10.1080/02634937.2021.1953963. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02634937.2021.1953963

652 WESTPHAL, Kristen, PASTUKHOVA, Maria et PEPE, Jacopo Maria, 2022. *Op. cit.*

653 PEYROUSE, Sébastien, 2009. THE CENTRAL ASIAN POWER GRID IN DANGER? *The Central-Asia Caucasus Analyst* [en ligne]. 9 décembre 2009. [Consulté le 11 décembre 2022]. Disponible à l'adresse : http://www.cacianalyst.org/publications/analytical-articles/item/11960-analytical-articles635

654 HÖGSELIUS, Per, 2022. The hidden integration of Central Asia: the making of a region through technical infrastructures. *Central Asian Survey* [en ligne]. 3 avril 2022. Vol. 41, n° 2, pp. 223-243. [Consulté le 26 septembre 2022]. DOI 10.1080/02634937.2021.1953963. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02634937.2021.1953963
WESTPHAL, Kristen, PASTUKHOVA, Maria et PEPE, 2022, *op. cit.*

655 « Uzbekistan », IEA, www.iea.org/countries/Uzbekistan

aux besoins en électricité des régions plus au sud[656]. Une déconnexion brutale de ces segments du réseau électrique centrasiatique qui serait à l'origine de la coupure du 25 janvier 2022[657]. Cette déconnexion automatique a été déclenchée après une explosion subite de la demande en électricité sur le CAPS, et donc au sud de la région, qui aurait été entraînée, d'après la KEGOC, par court-circuit d'une ligne haute tension entre la centrale thermique de Syrdarya à un des principaux transformateurs de Tachkent, tous deux localisés en Ouzbékistan[658]. Cela a entraîné une réduction brutale de la production électrique de la centrale de Syrdarya et le reste du réseau électrique aurait automatiquement compensé les besoins en électricité du CAPS via les lignes haute tension entre le nord et le sud du Kazakhstan. La charge électrique sur ces lignes, qui ont dû compenser à un déséquilibre de puissance de 2100 MW, a dépassé de sept fois les limites autorisées.

En conséquence, des mécanismes automatiques de préservation des infrastructures électriques se sont activés, coupant la distribution d'énergie du nord du Kazakhstan vers le CAPS, au sud. La KEGOC ne manque pas de rappeler que dans le sud du Kazakhstan, environ 60% des consommateurs ont été préservés, tandis que les systèmes électriques de l'Ouzbékistan et du Kirghizstan ont subi une coupure totale[659].

Ainsi, ce blackout de janvier 2022 serait le résultat d'une réaction en chaîne initiée en Ouzbékistan. L'opérateur électrique kazakhstanais a précisé que le minage de cryptomonnaies n'était pas à l'origine de cet événement. Il a tout de même profité de ses communications en réponse à l'incident pour mettre en avant la hausse importante de la charge électrique sur le réseau national consécutive au développement de l'activité et la nécessité de réduire l'alimentation des fermes numériques pour épargner les infrastructures énergétiques[660].

---

[656] AMINJONOV, Farkhod, 2016. Central Asian Countries' Power Systems Are Now Isolated, But Not Everyone Is Happy!. *Eurasian Research Institute* [en ligne]. avril 2016. [Consulté le 30 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.eurasian-research.org/publication/central-asian-countries-power-systems-are-now-isolated-but-not-everyone-is-happy/

[657] PONAMORENKO, V.E., NASYROVA, G.A., KODASHEVA, G.S., SCHYUKINA, T.V. et KONOVALOV, N.N., 2022. TOPICAL ISSUES OF THE CRYPTOCURRENCY MINING IMPACT ON ENERGY SECURITY OF THE EURASIAN REGION (AS EXEMPLIFIED BY THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND THE RUSSIAN FEDERATION). *Ugol'* [en ligne]. 8 avril 2022. N° 04, pp. 61-66. [Consulté le 1 novembre 2022]. DOI 10.18796/0041-5790-2022-4-61-66. Disponible à l'adresse : http://www.ugolinfo.ru/index.php?article=202204061

[658] *KEGOC*. 16 mars 2022. Названа причина аварии, произошедшей 25 января 2022 года в энергосистемах Казахстана, Узбекистана и Кыргызстана. [en ligne]. [Consulté le 11 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://kegoc.kz/ru/press-center/press-releases/155880/

[659] *Ibid.*

[660] 2022. Regarding the causes of power outages in the southern regions of Kazakhstan on 25 January 2022 and the situation with electricity supply to consumers. *KEGOC* [en ligne]. [Consulté le 2 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://kegoc.kz/en/press-center/press-releases/155788/

6.2.2. Vecteurs de localisation et dépendances infrastructurelles émergentes : les infrastructures de connectivité au cœur de l'explosion et des crises du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan

Outre cette dépendance infrastructurelle à l'héritage technique soviétique, les enjeux du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan sont également à mettre en perspective avec deux autres types d'infrastructures de connectivité. La première est le réseau Internet, incontournable pour le fonctionnement du minage et dont la coupure décidée par les autorités kazakhstanaises en janvier 2022 a grandement impacté l'industrie. La deuxième, c'est le réseau de corridors de transports développé par des acteurs chinois dans le cadre de la Nouvelle route de la Soie, qui fut vecteur de nombres de processeurs relocalisés de Chine à partir de 2021.

A. Le cyberspace centrasiatique, autre espace de conquête, entre dépendance physique à la Russie et nouvelles dépendances logiques à la Chine

La coupure Internet décidée par les autorités kazakhstanaises en janvier 2022, afin d'officiellement contenir les violences, a donc impacté le minage de cryptomonnaies au Kazakhstan, sans que des chiffres précis ne puissent permettre une quantification des effets. Reste que cette stratégie de maintien de l'ordre est à mettre en parallèle avec l'importante influence d'acteurs russes du numérique et de la sécurité. Au Kazakhstan, le réseau Internet est également marqué par la continuation de la proximité entre la Russie et les pays d'Asie centrale à la suite de la chute de l'URSS, ne serait-ce que par l'architecture de sa dimension physique (câbles) ou par les méthodes et outils de surveillance déployés par les autorités locales. Si les coupures Internet et les effets négatifs sur le minage sont le fait d'initiatives des autorités locales, en parallèle de stratégies plus « traditionnelles » de surveillance et de répressions de la population, elles déploient un modèle de contrôle des réseaux numériques exporté par Moscou[661].

[661] ERMOSHINA, Ksenia, LOVELUCK, Benjamin et MUSIANI, Francesca, 2023. Surveillance et censure des infrastructures Internet en Russie : marchés, régulation et boîtes noires. In : DAUCÉ, Françoise, LOVELUCK, Benjamin et MUSIANI, Francesca (éd.), *Genèse d'un autoritarisme numérique* [en ligne]. Presses des Mines. pp. 51-71. [Consulté le 27 août 2023]. ISBN 978-2-35671-972-0. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/pressesmines/9073

Si le développement du réseau Internet et la démocratisation de son accès datent des années 1990, période chaotique dans les pays membres d'une Union soviétique qui venait de disparaître, les principales dorsales de fibre optique d'Asie centrale suivent le tracé des infrastructures de connectivité préexistantes, principalement ferroviaires. Les câbles de fibre optique qui connectent l'Asie centrale à l'Internet mondial passent quasi exclusivement par la Russie, ce qui crée une forme de dépendance de la région à cet État qui déploie toute une batterie de solutions numériques de surveillance et de contrôle du réseau[662]. Ce sont des entreprises russes, Rostelecom et TransTelecom, qui ont déployé les premières dorsales de fibre optique en Asie centrale, ensuite reliées à la dorsale Trans Europe Asia construite en 1999[663]. Cette dynamique d'interdépendance se retrouve au sein même de la région d'Asie centrale.

Ainsi, le Kirghizstan est par exemple complètement dépendant du territoire du Kazakhstan pour sa connectivité numérique, lui-même dépendant de la Russie[664]. En 2016, les principaux fournisseurs d'accès à Internet kazakhstanais ont fait tripler le coût de connexion à leurs homologues kirghizstanais[665]. C'est le Service anti-monopole russe qui, dans le cadre de l'Union Économique Eurasiatique, a arbitré la situation en faveur du Kirghizstan et a sommé les compagnies kazakhstanaises de rétablir les tarifs initiaux. Ces surcouches de dépendance numérique ont amené à la réflexion de plusieurs projets alternatifs qui bénéficieraient au Kirghizstan, notamment la création d'un segment dédié de la dorsale de fibre optique TASIM, proposé par l'Azerbaïdjan, dont le tracé part de Chine en connectant le Kirghizstan, l'Ouzbékistan jusqu'au Turkménistan avant de traverser la mer Caspienne et de rejoindre le câble principal qui connecte l'Europe[666]. En négociation depuis 2008, ni ce tronçon ni aucun câble de TASIM ne sont opérationnels à la fin de l'année 2025.

---

[662] DOUZET, Frédérick, LIMONIER, Kévin, ROBINE, Jérémy, SALAMATIAN, Kavé, GÉRAUD, Rémi et CAMPIGOTTO, Romain, 2017. Les nouveaux territoires stratégiques du cyberespace : le cas de la Russie. *Strategique* [en ligne]. 2017. Vol. 117, n° 4, pp. 169-186. [Consulté le 28 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-strategique-2017-4-page-169.htm?ref=doi

[663] JOUBERT, Grégory, 2019. Existe-t-il un cyberespace centrasiatique ? *Diploweb* [en ligne]. 31 mars 2019. Disponible à l'adresse : https://www.diploweb.com/Existe-t-il-un-cyberespace-centrasiatique.html

[664] PÉTINIAUD, Louis, 2022. Les routes des données, enjeu géopolitique de la guerre en Ukraine. *Herodote* [en ligne]. 11 octobre 2022. Vol. 186, n° 3, pp. 113-134. [Consulté le 28 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2022-3-page-113.htm

[665] DOUZET, Frédérick, LIMONIER, Kévin, ROBINE, Jérémy, SALAMATIAN, Kavé, GÉRAUD, Rémi et CAMPIGOTTO, Romain, 2017, *op. cit.*

[666] URE, John, 2021. Digital Solutions Centre in Central Asia. *ASIA-PACIFIC INFORMATION SUPERHIGHWAY WORKING PAPER SERIES*. octobre 2021. N° 7, pp. 54.
MAC-GLANDIÈRES, Yéléna, 2024. Recompositions logistiques autour de la mer Caspienne : une géopolitique de la liminalité: *Revue internationale et stratégique* [en ligne]. 27 septembre 2024. Vol. n° 135, n° 3, pp. 109-118. [Consulté le 25 octobre 2024]. DOI 10.3917/ris.135.0109. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/revue-internationale-et-strategique-2024-3-page-109?site_lang=fr

Ce désenclavement numérique pourrait venir d'une échelle bien plus régionalisée. Ainsi, plusieurs accords sont signés depuis 2018, le plus récent étant de juin 2023, entre la compagnie azerbaïdjanaise AzerTelecom et la compagnie kazakhstanaise Kazakhtelecom pour l'installation d'un câble de fibre optique transcaspien tiré entre Akatou (Kazakhstan) et Sumgait (Azerbaïdjan). Également à l'initiative de l'Azerbaïdjan, dans sa volonté de se positionner en nouveau *hub* régional de connectivité, ce tronçon fait partie du Trans-Caspian Fiber Optic Project, qui propose également le déploiement complémentaire d'un câble entre Sugmait et Turkmenbachi, au Turkménistan. Cette fois, des accords ont été signés entre 2019 et 2020 pour la mise en place de ce projet, entre les compagnies AzerTelecom et Turkmentelecom (Turkménistan). À la fin de l'année 2024, aucun de ces projets n'était opérationnel, et la dépendance infrastructurelle de l'Asie centrale au réseau de fibre optique russe perdurait.

Si cette configuration matérielle d'Internet peut mettre les données numériques centrasiatiques dans une certaine forme de fragilité quant à la surveillance numérique russe, importante et de plus en plus sophistiquée, les méthodes et outils de contrôle et de surveillance numériques appliqués par les services de sécurité d'Asie centrale sont également grandement influencés par la Russie. Un contact travaillant dans le milieu de la cybersécurité au Kazakhstan a pu témoigner de la persistance de ces liens en services russes et centrasiatiques dans le numérique. Il a décrit les méthodes de travail d'officiers kirghizstanais du GKNB (le Comité d'État pour la Sécurité nationale, équivalent des services de renseignement intérieur) chargés du contrôle des données numériques, avec qui il avait fait une partie de sa scolarité et gardé contact. Selon lui, ils ont tous été ensuite formés à Moscou, directement par le FSB[667]. Pour autant, leur méthode de surveillance semble archaïque : ils *scrollent* « manuellement » les contenus produits ou consultés par la population afin de détecter tout discours jugé antigouvernemental, puis consignent leurs observations dans des fiches individuelles.

Cette proximité a également perduré entre les services de sécurité kazakhstanais et russes[668]. Pourtant, loin d'uniquement se reposer sur les enseignements et le matériel russes, les services de sécurité kazakhstanais semblent proactifs dans la surveillance et la censure numériques à l'échelle nationale. En 2019, le Kazakhstan est devenu le premier pays au monde

[667] D'autres sources indiquent qu'effectivement une vingtaine d'agents du KNGB serait formés chaque année par le FSB. Voir : SHARSHENOVA, Aijan, 2021. 69 : *Mapping Russia's Influence in the Kyrgyz Republic* [en ligne]. Policy brief. Bischkek

[668] MALLINSON, Kate, 2024. Russia's influence in Kazakhstan is increasing despite the war in Ukraine. *Chatham House* [en ligne]. 29 février 2024. [Consulté le 23 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.chathamhouse.org/2024/02/russias-influence-kazakhstan-increasing-despite-war-ukraine

à déployer une solution pour contourner le chiffrement des contenus web auxquels accédait la population[669]. Et en 2024, un rapport de l'Open Observatory of Network Interference (OONI) démontrait qu'entre juin 2023 et juin 2024, les autorités kazakhstanaises avaient procédé à des attaques « TLS Man-In-The-Middle (MITM) » pour bloquer l'accès à au moins 17 sites d'information (dont des sites d'État russes et des médias d'investigation kirghizstanais comme *Kloop*), la version russophone du site d'Amnesty International, des sites de pétitions en ligne et au moins 73 outils de contournement de la censure en ligne dont de nombreux VPN[670].

Les autres États d'Asie centrale disposent d'une large gamme d'outils de contrôle : en Ouzbékistan et au Kirghizstan, certaines zones ont déjà été déconnectées lors de manifestations, tandis que le Turkménistan, le Tadjikistan et l'Ouzbékistan se caractérisent par des réseaux très centralisés, propices à la censure[671]. Reporters Sans Frontières a ainsi décrit l'Internet tadjik comme s'inspirant progressivement du « modèle chinois », en référence aux équipements Huawei qui intègrent les solutions de surveillance récemment adoptées par le pays[672]. Cette présence d'acteurs chinois dans le numérique centrasiatique s'inscrit dans la Route de la soie numérique (« Digital Silk Road » ou « DSR »), prolongement technologique de la Belt Road Initiative (BRI) . Lancée officiellement en 2013, l'initiative Belt and Road (BRI) vise à relier la Chine au reste de l'Eurasie, ainsi qu'aux continents africain et américain, par la mise en place de corridors de transport terrestre, appelés ceinture économique de la route de la soie (SREB,

[669] Une technique appelée l'« interception HTTPS ». Voir : R AMAN, Ram Sundara, EVDOKIMOV, Leonid, WURSTROW, Eric, HALDERMAN, J. Alex et ENSAFI, Roya, 2020. Investigating Large Scale HTTPS Interception in Kazakhstan. In : *Proceedings of the ACM Internet Measurement Conference* [en ligne]. Virtual Event USA : ACM. 27 octobre 2020. pp. 125-132. [Consulté le 1 novembre 2022]. ISBN 978-1-4503-8138-3. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/3419394.3423665

[670] KABYSHEV, Yelzhan, DAIYRBEKOV, Ruslan, MELYAKOV, Vadim, LOSKUTOV, Igor, XYNOU, Maria, YACHMENEVA, Elizaveta, FILASTÒ, Arturo et GULATI, Mehul, 2024. *Kazakhstan: TLS MITM attacks and blocking of news media, human rights, and circumvention tool sites* [en ligne]. OONI. [Consulté le 23 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://ooni.org/post/2024-kazakhstan-report/

[671] 2022. Uzbekistan: Police Abuses in Autonomous Region Protests. *Human Rights Watch* [en ligne]. [Consulté le 30 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.hrw.org/news/2022/11/07/uzbekistan-police-abuses-autonomous-region-protests

MORGUS, Robert, 2019. The Spread of Russia's Digital Authoritarianism. In : *Artificial Intelligence, China, Russia, and the Global Order*. pp. 10.

PÉTINIAUD, Louis, LIMONIER, Kevin, SALAMATIAN, Loqman et ROSA-MARTIN, Antonin, 2023. The Human Factor in the Geopolitics of the Internet. *RIPE Labs* [en ligne]. 4 avril 2023. [Consulté le 23 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://labs.ripe.net/author/louis_petiniaud/the-human-factor-in-the-geopolitics-of-the-internet/

[672] 2018. Tajikistan turns to Chinese model of large-scale Internet censorship | RSF. *Reporters Without Borders* [en ligne]. [Consulté le 23 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://rsf.org/en/tajikistan-turns-chinese-model-large-scale-internet-censorship

pour Silk Road Economic Belt) et de routes maritimes dans le cadre de l'initiative de la route de la soie maritime (MSRI, pour Maritime Silk Road Initiative)[673].

Présentée par Pékin comme un vecteur de connectivité mondiale, la DSR permet aux entreprises chinoises d'exporter des centres de données, de la fibre optique, des réseaux 5G et des technologies de contrôle en Asie centrale et en particulier au Kazakhstan[674]. Ces infrastructures accompagnent la diffusion d'un modèle chinois de gouvernance numérique auquel RSF fait référence[675].

Si l'Asie centrale reste dépendante de l'infrastructure héritée de la Russie, les acteurs chinois s'imposent désormais comme fournisseurs incontournables. La DSR vise à créer une demande, à contrôler l'offre d'équipements et logiciels et à renforcer l'influence de Pékin[676]. Bien qu'elle réponde aussi aux intérêts propres des entreprises, elle contribue à l'expansion de systèmes de surveillance de masse, dont les pays centrasiatiques deviennent des clients réguliers[677]. Cette forte présence d'acteurs chinois dans le secteur centrasiatique du numérique pourrait ainsi laisser penser que le développement massif du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan est dans la continuité des objectifs pensés par Pékin en matière de numérique à l'international, ou pourrait du moins être vecteur d'une certaine influence chinoise dans le pays. Pourtant, il est nécessaire de comprendre que l'industrie du minage de cryptomonnaies, bien que grandement liée à la Chine par les équipements utilisés ou encore par l'importante présence de ressortissants chinois dans le secteur, semble évoluer sans lien apparent avec les autorités de Pékin.

---

[673] BARTON, Benjamin, 2024. The Belt and Road Initiative at ten (2013–2023). In : HENDERSON, Julian, L. MORGAN, Stephen et SALONIA, Matteo, *Reimagining the Silk Roads* [en ligne]. 1. London : Routledge. pp. 298-308. [Consulté le 28 décembre 2024]. ISBN 978-1-003-34870-2. Disponible à l'adresse : https://www.taylorfrancis.com/books/9781003348702/chapters/10.4324/9781003348702-26

[674] GORDON, David et NOUWENS, Meia, 2022. Introduction. In : GORDON, David et NOUWENS, Meia, *The Digital Silk Road: China's Technological Rise and the Geopolitics of Cyberspace* [en ligne]. 1. London : Routledge. [Consulté le 18 janvier 2025]. ISBN 978-1-003-39026-8. Disponible à l'adresse : https://www.taylorfrancis.com/books/9781003390268

GORDON, David et NOUWENS, Meia, 2022. *Op. cit.*

CHENG, Jing et ZENG, Jinghan, 2023. "Digital Silk Road" as a Slogan Instead of a Grand Strategy. *Journal of Contemporary China* [en ligne]. 2023. Vol. 0, n° 0, pp. 1-16. [Consulté le 27 novembre 2023]. DOI 10.1080/10670564.2023.2222269. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1080/10670564.2023.2222269

[675] STRYKER, Cian, 2021. Digital Silk Road and Surveillance Technology in Central Asia. In : KASSENOVA, Nargis et DUPREY, Brendan (éd.), *Digital Silk Road in Central Asia: Present and Future*. Davis Center for Russian and Eurasian Studies. ISBN 978-0-578-93435-8.

[676] KASSENOVA, Nargis et DUPREY, Brendan (éd.), 2021. Introduction. In : , *Digital Silk Road in Central Asia: Present and Future*. Davis Center for Russian and Eurasian Studies. ISBN 978-0-578-93435-8.

[677] STRYKER, Cian, 2021. *Op. cit.*

B. Une « crypto-Route de la Soie », envers des politiques et stratégies chinoises, revers du multivectorialisme kazakhstanais

L'homogénéité structurelle de la Route de la soie numérique et de la BRI, ainsi que la verticalité de leur mise en œuvre, est souvent relativisée. Des chercheurs soulignent l'évolution constante des objectifs de Pékin selon ses intérêts, ainsi que le décalage avec les stratégies d'entreprises privées censées incarner l'opérationnalisation du projet[678]. L'essor rapide et non régulé du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan illustre cette diversité d'acteurs et d'intérêts.

Les fabricants chinois d'ASIC, qui ont émergé grâce à la préexistence d'une industrie des semi-conducteurs massivement soutenue par des investissements publics dans les semi-conducteurs, ont aussi profité des infrastructures commerciales issues de la BRI. Le Kazakhstan, traversé par plusieurs corridors reliant la Chine via Khorgos et Dostyk (voir Carte 13), est intégré au récit chinois de « co-construction » d'une ceinture économique chinoise mondiale, qui bénéficiera à tous les territoires concernés[679]. Du côté du Kazakhstan, ces projets sont présentés comme avantageux, non seulement sur le plan économique et commercial, mais aussi sur le plan diplomatique. Le président Tokaïev a officiellement plaidé pour une politique étrangère « multivectorielle », permettant aux investissements et aux projets chinois de contrebalancer l'influence significative de son partenaire historique, la Russie, en particulier dans le secteur des hydrocarbures[680]. Pékin finance plusieurs projets d'infrastructures de transports au Kazakhstan, bien que certains aient été entachés de corruption. Les fabricants d'ASIC ont utilisé ces infrastructures pour exporter leurs machines vers le Kazakhstan et nouer des partenariats

[678] GARLICK, Jeremy, 2020. *The Impact of China's Belt and Road Initiative: From Asia to Europe* [en ligne]. Routledge. [Consulté le 29 janvier 2024]. Rethinking Asia and International Relations. ISBN 978-0-8153-9610-9. Disponible à l'adresse : http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=9048107DA78EB4F905A7B2189E135F9D
OPALINSKI, Nowmay et DOUZET, Frédérick, 2023. À la conquête de la datasphère Les routes de la soie numériques de la Chine. In : LASSERRE, Frédéric, MOTTET, Eric et COURMONT, Barthélémy, *À LA CROISÉE DES NOUVELLES ROUTES DE LA SOIE*. Presses de l'Université du Québec.

[679] CLARKE, Michael, 2018. The Belt and Road Initiative: Exploring Beijing's Motivations and Challenges for its New Silk Road. *Strategic Analysis* [en ligne]. 4 mars 2018. Vol. 42, n° 2, pp. 84-102. [Consulté le 17 janvier 2025]. DOI 10.1080/09700161.2018.1439326. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09700161.2018.1439326

[680] ASIRYAN, Aleksey, 2021. European engagement with China's Belt and Road Initiative A. Central Asian perspective. In : BOSSUYT, Fabienne et DESSEIN, Bart, *The European Union, China and Central Asia: Global and Regional Cooperation in a New Era* [en ligne]. 1. London : Routledge. pp. 115-128. [Consulté le 17 janvier 2025]. ISBN 978-1-003-02233-6. Disponible à l'adresse : https://www.taylorfrancis.com/books/9781003022336
JEPSON, Nicholas et BALDAKOVA, Oyuna, 2024. Chinese State Capital as a Partner for Resource-Based Structural Transformation? The Belt and Road Initiative and Downstream Linkages in Bolivia and Kazakhstan. *The European Journal of Development Research* [en ligne]. juin 2024. Vol. 36, n° 3, pp. 718-745. [Consulté le 18 janvier 2025]. DOI 10.1057/s41287-024-00640-1. Disponible à l'adresse : https://link.springer.com/10.1057/s41287-024-00640-1

avec de grandes fermes de minage, comme la présence d'une représentation de Bitmain au sein de la ferme d'Enegix à Ekibastouz le montre. Après l'interdiction du minage en Chine en 2021, des milliers de processeurs ont franchi la frontière par camions, alimentant un marché parallèle et provoquant une croissance incontrôlée et irrationnelle du minage, qui a fortement accru la demande énergétique jusqu'à la crise de janvier 2022.

L'afflux de matériel chinois, et parfois d'individus, tient à l'interdiction imposée par Pékin, mais aussi à l'émergence de marchés indépendants, qui ont profité d'infrastructures développées par l'État sans nécessairement servir ses intérêts. Une « crypto-Route de la soie numérique » s'est ainsi formée, portée par les mineurs et processeurs délocalisés au Kazakhstan. Cette dynamique a stimulé un commerce parallèle de processeurs. Des intermédiaires comme Nurbek, rencontré à Astana et à la tête d'une entreprise d'import-export de processeurs de minage, ont écoulé d'importants volumes, tandis que d'autres circulaient discrètement à travers la frontière. Bien qu'impossible à chiffrer, le phénomène est confirmé par plusieurs témoignages. La fermeture de la frontière terrestre liée à la pandémie a renforcé ce marché : acheter localement s'avérait plus rapide que commander en Chine, d'où les délais de livraison pouvaient atteindre trois mois, selon Guil[681]. D'après elle, l'arrêt du minage de cryptomonnaies mis en place par les autorités début 2022 a entraîné une forte chute des prix : une machine vendue 20 000 USD en janvier ne valait plus que 6 000 USD en juin de la même année.

Ainsi, le Kazakhstan est devenu un important réceptacle du minage de cryptomonnaies de par sa proximité avec la Chine, un pays qui a été et reste un territoire extrêmement important pour le secteur des cryptomonnaies, qui a pu au maximum concentrer près de 90 % des plateformes d'échange de cryptomonnaies et 75 % du minage mondial de bitcoin, qui s'est progressivement opposé à ce secteur. Dès 2013, la Banque populaire de Chine a restreint les transactions, avant d'interdire les échanges et ICO en 2017, puis le minage en 2021, officiellement pour des raisons énergétiques et environnementales, mais aussi dans une logique plus large de contrôle des paiements électroniques sur son territoire. Reste que le pays est toujours le principal fournisseur de processeurs de minage dans le monde.

Le chercheur Clément Rénaud a rencontré à Pékin le concepteur des premiers processeurs dédiés au Bitcoin (ASIC), devenu par la suite fondateur de Canaan, l'une des principales

[681] Mineuse de cryptomonnaies, entretien réalisé en 2022 au Kazakhstan.

entreprises mondiales de matériel de minage numérique, notamment avec sa série Avalon[682]. L'ingénieur raconte les débuts du Bitcoin en Chine en 2012, lorsqu'il se réunissait avec d'autres étudiants et passionnés d'informatique dans un café de la capitale. Certains de ces membres fonderont par la suite des sociétés majeures du secteur. À l'époque, il travaillait dans une entreprise privée spécialisée dans les composants informatiques. Sa fascination pour la puissance de calcul nécessaire au minage l'a conduit à concevoir depuis son appartement un processeur le plus performant possible. En mobilisant ses compétences techniques et ses réseaux auprès de fournisseurs et fabricants de semi-conducteurs à Shenzhen, il parvint à produire des modèles de plus en plus efficaces, qu'il commercialisa en créant Canaan. Cette industrie chinoise des semi-conducteurs a bénéficié d'investissements publics considérables destinés à positionner le pays comme leader mondial. Plusieurs grandes municipalités, dont Pékin, Shanghai et Shenzhen, ont également soutenu financièrement des entreprises stratégiques pour implanter des sites de production et développer des pôles de fabrication[683].

Ainsi, l'essor des entreprises chinoises de processeurs de minage de cryptomonnaies doit beaucoup à cette proximité avec une industrie planifiée par l'État, capable de répondre à une demande locale émanant « par le bas ». Bitmain, créée en 2013 à Pékin par un ingénieur et un analyste financier, illustre cette dynamique : connue pour ses Antminers, elle domine le marché mondial depuis les années 2020 et demeure en position de force en 2025[684]. MicroBT, fabricant des Whatsminer, et Ebang, autre acteur majeur, ont également conservé leur leadership. Hormis Bitfury, société néerlandaise qui s'est depuis détournée de la production d'ASIC, la quasi-totalité des entreprises concevant ces processeurs est aujourd'hui basée en Chine. Bien que les sociétés chinoises recourent à des partenaires étrangers tels que TSMC (Taïwan) ou Samsung (Corée du Sud) pour la conception ou la fabrication de certaines puces,

[682] RÉNAUD, Clément, 2019. Interview: Bitcoin Mining Pioneer, Qi Hardware's Liu Xiangfu, on Open-Source History. *CoinSpice* [en ligne]. 03 2019. [Consulté le 31 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20190403174718/https://coinspice.io/interivew/interview-bitcoin-mining-pioneer-qi-hardwares-liu-xiangfu-on-open-source-history/

[683] WANG, Hongchuan et LIM, Guanie, 2023. Catching-up in the semiconductor industry: comparing the Chinese and Malaysian experience. *Asian Journal of Technology Innovation* [en ligne]. 2 janvier 2023. Vol. 31, n° 1, pp. 49-71. [Consulté le 12 janvier 2025]. DOI 10.1080/19761597.2021.2007144. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1080/19761597.2021.2007144

[684] DE VRIES, Alex et STOLL, Christian, 2021. Bitcoin's growing e-waste problem. *Resources, Conservation and Recycling* [en ligne]. 1 décembre 2021. Vol. 175, pp. 105901. [Consulté le 18 septembre 2023]. DOI 10.1016/j.resconrec.2021.105901. Disponible à l'adresse : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921005103

souvent en contournant les restrictions états-uniennes à l'exportation, l'assemblage final est réalisé en Chine, avant l'exportation vers les marchés mondiaux[685].

Ce secteur de l'innovation est singulier : l'économie mondiale du minage reste ainsi largement monopolisée par des entreprises chinoises qui entretiennent une activité numérique pourtant bannie sur le territoire national. Les flux massifs d'équipements et de savoir-faire qui en découlent échappent à la logique planificatrice de la Route de la soie numérique, bien qu'ils concernent des pays partenaires. Cette géographie particulière des flux, à la fois physiques et numériques, souligne un paradoxe propre à la Chine et a eu des répercussions notables au Kazakhstan, où elle a contribué à l'effondrement d'un réseau électrique déjà fragilisé.

Conclusion du Chapitre 6

Ce chapitre a permis de revenir sur le déploiement massif et rapide du minage de cryptomonnaies et la crise énergétique, supposément accélérée par le minage numérique, traversée par le Kazakhstan et certains voisins en 2022. Nous avons analysé les logiques et dynamiques spatiales du déploiement du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan ainsi que les enjeux géopolitiques qu'il révèle concernant les infrastructures de connectivité du pays. Notre approche a mis en évidence une double fracture territoriale, énergétique et climatique, et a permis de révéler les enjeux géopolitiques auxquels le pays et la région sont soumis par la continuation et l'émergence de dépendances infrastructurelles en termes de connectivité.

Dans le nord du Kazakhstan, le minage industriel a été développé à l'échelle industrielle, attiré par les puissantes infrastructures énergétiques héritées de l'ère soviétique, notamment les centrales à charbon d'Ekibastouz, et un climat favorable. Ce développement a parfois bénéficié d'un soutien politique régional explicite, contrastant avec d'autres régions, comme l'illustre l'implication de l'*akim* de Pavlodar. Ainsi, si ce soutien est trop isolé et ponctuel pour être qualifié de « crypto-régionalisme » au sens avec lequel Atkins et al. développent leur concept en analysant les stratégies d'implantation du minage de cryptomonnaies au Québec (Canada), il y a bien une tentative du gouverneur régional d'Ekibastouz de faire de son oblys une « cryptorégion » dans une logique de rentabilité personnelle[686].

[685] 2025. TSMC Cut Off Chinese Crypto Mogul's Firm as US Probes Huawei Link. *The Information* [en ligne]. [Consulté le 27 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.theinformation.com/articles/tsmc-cut-off-chinese-crypto-moguls-firm-as-us-probes-huawei-link

[686] ATKINS, Ed, FOLLIS, Luca, NEIMARK, Benjamin David et THOMAS, Vanessa, 2021. Uneven development, crypto-regionalism, and the (un-)tethering of nature in Quebec. *Geoforum* [en ligne]. juin 2021.

Cette concentration du minage au nord du Kazakhstan souligne également la dépendance structurelle du pays à la Russie dans le secteur énergétique de par les importantes ramifications et échanges de flux entre les réseaux électriques de ces deux territoires, un héritage d'une « infrastructuration » soviétique qui a également façonné les dynamiques ethno-sociales et de souveraineté du pays. En revanche, le sud du Kazakhstan a connu des projets de minage à plus petite échelle, souvent opaques et moins soutenus politiquement, rendant leurs propriétaires vulnérables à la répression. L'explosion du minage à partir de mai 2021, suite au bannissement de cette activité en Chine, a entraîné une augmentation significative de la consommation électrique, amplifiant une crise énergétique et la coupure électrique internationale du 25 janvier 2022. Bien que déclenchée par un incident en Ouzbékistan, cette crise a révélé la fragilité et la désuétude du Central Asia Power System (CAPS), un réseau transfrontalier lui aussi hérité de l'URSS, ainsi que les problèmes structurels sous-jacents du système énergétique kazakhstanais.

Le chapitre a également mis en lumière les multiples dépendances infrastructurelles du Kazakhstan au-delà de l'électricité. La connectivité Internet du pays, dont dépend le bon fonctionnement du minage, reste largement tributaire de la Russie pour son architecture physique et ses modèles de contrôle et de surveillance numérique, bien que le Kazakhstan développe également ses propres outils sophistiqués de censure. Parallèlement, les corridors de transport chinois de la Belt and Road Initiative ont servi de vecteurs pour l'afflux massif de processeurs délocalisés de Chine à partir de mai 2021, donnant naissance à une "crypto-Route de la Soie" informelle. Ce phénomène illustre comment des intérêts commerciaux privés peuvent paradoxalement contourner les stratégies étatiques chinoises tout en s'appuyant sur des infrastructures publiques, dans un contexte de politique étrangère « multivectorielle » cherchant à équilibrer les influences régionales de la Russie et de la Chine.

Contrairement au cas sibérien précédemment étudié, l'intensité et la rapidité du développement du minage numérique au Kazakhstan ont entraîné des effets visibles très rapidement, quelques semaines à peine après la décision de Pékin de bannir l'activité du territoire chinois, les premiers dysfonctionnements étaient relevés sur le réseau électrique kazakhstanais. À Irkoutsk, ces effets ont été plus diffus dans un premier temps, puisque l'activité a d'abord été développée à une petite échelle et de manière sporadique avant que, progressivement, la consommation

Vol. 122, pp. 63-73. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1016/j.geoforum.2020.12.019. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718520303031

d’électricité des processeurs n’atteigne les limites techniques d’une partie du réseau électrique. Il est à noter tout de même que le bannissement chinois a été un événement clé dans l’accélération de l’implantation du minage numérique à Irkoutsk et en Russie et des externalités négatives qui lui sont associées (voir Chapitre 4).

En définitive, l'étude du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan est un puissant révélateur des vulnérabilités et interdépendances géopolitiques du pays, profondément ancrées dans son héritage soviétique et confrontées aux influences croissantes des puissances régionales. Ce chapitre permet également de compléter notre approche de la géopolitique matérielle des cryptomonnaies, mettant non seulement en avant le rôle de facteurs de localisation comme étudiés à Irkoutsk, mais également celui de vecteurs de localisation, que ce soit la présence d’infrastructures transfrontalières de transport ou l’existence d’un marché parallèle de revente de matériel informatique.

Pour autant, le développement du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan n’est pas seulement du fait des capacités techniques héritées d’un empire déchu ou de la proximité avec un pays producteur et expéditeur de processeurs comme la Chine. Le chapitre suivant permet justement d’analyser en profondeur certaines caractéristiques internes au Kazakhstan, en premier lieu des réseaux d’acteurs étroitement liés à l’exercice du pouvoir sur le territoire kazakhstanais et le contrôle des ressources nécessaires au minage numérique, des formes et échelles de l’activité.

Chapitre 7. Des zones grises du minage numérique à la régulation « à travers » l'infrastructure : les cryptomonnaies au centre des recompositions du pouvoir au Kazakhstan

Le développement rapide et massif du minage de cryptomonnaies et la crise énergétique qui lui a succédé ont donc été facilités par certains facteurs techniques et climatiques internes au territoire kazakhstanais, mais également par des interdépendances régionales d'infrastructures de connectivité, qu'elles concernent l'énergie, le numérique ou encore les transports. Le *blackout* de 2022 a entrainé plusieurs réponses gouvernementales, dont la loi 193-VII d'avril 2023. L'objectif de cette loi est de réguler le développement, la localisation et la consommation énergétique du minage numérique sur le territoire kazakhstanais. Si elle répond à un contexte de crise, cette loi offre également un premier cadre juridique pour l'usage des cryptomonnaies elles-mêmes et prend des formes particulières puisqu'elle fait intervenir deux régimes juridiques différents. D'une part, l'activité du minage de cryptomonnaies relève du droit national kazakhstanais, dont les licences et décrets sont émis par le ministère du Développement numérique, de l'Innovation et de l'Industrie aérospatiale (ci-après, le ministère du Développement numérique). D'autre part, les cryptomonnaies, qu'elles soient minées au Kazakhstan ou utilisées au sein du territoire national, relèvent de l'Astana International Financial Center (AIFC), un organe public qui dispose de son propre régime juridique indépendant afin de favoriser le développement de projets et entreprises de la Fintech et de nouveaux marchés.

Ce cadre légal permettrait au Kazakhstan de surveiller et contrôler les quantités d'électricité consommée et de cryptomonnaies produites, tout en forçant la localisation de l'activité à l'écart des réseaux électriques les plus fragiles et des territoires en stress énergétique. Il doit également permettre l'émergence d'un marché national de cryptomonnaies régulé, mais également fournir aux services de l'État des moyens de lutte contre le minage numérique gris.

Bien que la rédaction de la loi et sa mise en place furent rapides, les autorités ont d'abord gelé tout minage de cryptomonnaies dans le pays pendant plusieurs semaines immédiatement après

le 25 janvier 2022. Cette décision a très vite été suivie de dizaines d'opérations de police pour démanteler des installations de minage numérique aux propriétaires récalcitrants. Déjà en novembre 2021, alors que la consommation d'électricité augmentait rapidement et que des incidents sur le réseau électrique se multipliaient, le gouvernement annonçait des opérations prochaines contre les « *mineurs gris [qui] consommeraient deux fois plus d'énergie que les [mineurs déclarés]* »[687]. Le 15 mars 2022, l'Agence de surveillance financière (ASF), le régulateur financier kazakhstanais, annonçait la fermeture de 106 fermes de minage par les autorités : 55 auraient cessé leurs activités volontairement et 51 auraient été forcées de fermer après l'intervention des forces de l'ordre[688]. Selon l'ASF, 55 propriétaires ont coopéré et leurs activités ont été suspendues, avec une saisie des équipements afin qu'il ne puisse pas être vendu illégalement. Certaines de ces fermes numériques appartenaient à des sociétés liées à des personnalités politiques et économiques du Kazakhstan dont les noms ont été publiquement mentionnés dans l'annonce officielle. Cette dernière information amène deux points importants. Tout d'abord, il y a une volonté affichée de culpabiliser certains individus, qui auraient usé de leurs pouvoirs politiques et économiques pour détourner des ressources du Kazakhstan de leur usage premier afin d'alimenter des fermes de minage et de générer du profit. Ces hommes d'affaires et politiques faisaient tous partie de la galaxie d'influence de l'ancien Président kazakhstanais Noursoultan Nazarbaïev. Il est alors possible de discerner une stratégie de la nouvelle équipe présidentielle en associant les noms de ces personnalités, et indirectement celui de Nazarbaïev, à la crise énergétique majeure traversée par le pays, qui elle-même arrivait dans la continuité des tragiques événements de janvier 2022.

L'autre dimension importante de cette déclaration est qu'elle montre l'existence de personnalités qui détiennent assez de pouvoir pour détourner l'usage de l'électricité kazakhstanaise. Les cas présentés par l'ASF indiquent que ces individus utilisaient l'électricité qui alimentait certaines de leurs usines, voire qu'ils produisaient avec leur centrale électrique privatisée censée fournir la population en énergie, pour miner des cryptomonnaies de manière dissimulée. Cela indique qu'il existait des zones grises sur le réseau électrique et *in fine*, au sein du territoire kazakhstanais. Gaïdz Minassian définit une zone grise comme un espace privatisé

[687] GORDEYEVA, Mariya. Crypto boom strains Kazakhstan's coal-powered energy grid. *Reuters* [en ligne]. 11 novembre 2021. [Consulté le 12 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.reuters.com/business/energy/crypto-boom-strains-kazakhstans-coal-powered-energy-grid-2021-11-10/

[688] Agence de surveillance financière de la République du Kazakhstan. По пресечению незаконной майнинговой деятельности. Dans : *gov.egov.kz* [en ligne]. 15 mars 2022. [Consulté le 12 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://betaegov.kz/memleket/entities/afm/press/news/details/340913

où le pouvoir est garanti par des micro-autorités alternatives, ce à quoi correspondent ces zones industrielles, usines ou encore centrales électriques où le pouvoir est exercé par des réseaux d'acteurs ayant privatisé des complexes industriels et énergétiques après la chute de l'URSS[689]. Ainsi, des opérations de police de début 2022 à la loi d'avril 2023, l'objectif des autorités est, avec des outils et méthodes qui diffèrent, d'extraire le minage numérique de l'opacité, parfois entretenue par des acteurs avec lesquels elles tiennent à régler des comptes politiques.

L'objectif de ce chapitre est alors double. Tout d'abord, il est nécessaire de comprendre les logiques et réseaux de pouvoir derrière le développement d'une partie du minage numérique gris, et comment et pourquoi des personnalités politico-économiques ont pu mobiliser leur accès privilégié à certaines ressources. Ensuite, il est question d'analyser les outils mis en place dans le cadre de la loi 193-VII et comment, par l'interaction de deux régimes juridiques distincts, mais complémentaires, le Kazakhstan essaie de se doter d'outils techniques et juridiques qui offrent une vue panoptique sur le minage numérique et les transactions en cryptomonnaies sur le territoire kazakhstanais. Cette approche permettrait de réguler à la fois l'implantation et le fonctionnement du minage de cryptomonnaies tout en régulant les usages et échanges de cryptomonnaies dans le pays.

Pour expliquer cela, le chapitre est divisé en deux sections. Dans la première, nous nous intéressons à la technopolitique du minage gris, c'est-à-dire à l'entremêlement de logiques de pouvoir, de gains financiers et politiques, et de clientélisme, qui ont favorisé le développement d'un minage de cryptomonnaies opaque, notamment par une partie de l'élite politico-économique kazakhstanaise. Nous nous appuyons notamment sur des études de cas de fermes de minage développées par ou grâce à des personnalités mentionnées par les autorités, qui auraient usé de leur accès privilégié à des infrastructures de génération et de distribution de l'électricité pour alimenter des fermes de minage non déclarées, notamment pour le compte de personnes influentes. Dans la seconde section, nous nous concentrons sur les outils de régulation mis en place par la loi 193-VII du 1er avril 2023 et sur ses premiers effets, dont les objectifs sont d'ancrer la localisation du minage numérique dans des espaces précis, de mesurer et contrôler la consommation de ressources tout en créant un secteur régulé de circulation et d'échange de ces cryptomonnaies. De par les multiples couches des infrastructures numériques de cryptomonnaies sur lesquelles interviennent ces outils, nous parlons de régulation « à travers » l'infrastructure numérique.

[689] MINASSIAN, Gaïdz. *Zones grises: quand les États perdent le contrôle*. [S. l.] : Autrement, 2011. ISBN 978-2-7467-3045-8.

7.1 La technopolitique du minage numérique et ses acteurs de pouvoir au centre de règlements de compte politiques

Parmi les 106 fermes de minage dont l'Agence de surveillance financière a annoncé la fermeture le 15 mars 2022, 51 sont catégorisées comme « illégales » et auraient consommé de l'électricité non déclarée ou volée. Le même texte mentionne la fermeture d'une ferme numérique dans une zone économique spéciale près de Karaganda et deux entreprises agricoles qui cultivaient des plantes en serre et vendaient leur surplus d'électricité à des mineurs gris[690]. Enfin, 25 affaires criminelles ont été ouvertes, 67 000 processeurs, pour une valeur d'environ 100 milliards de tenges, ont été saisis et un numéro de téléphone a été mis en place pour permettre aux citoyens de signaler les activités de minage illégal[691]. Selon l'ASF, la consommation quotidienne d'électricité du pays a diminué de 600 mégawattheures à la suite de ces mesures. D'autres cas de minage illégal ont été signalés par la suite.

Hormis une consommation illégale d'électricité, ces opérations de police ont permis de mettre à jour d'autres types d'infractions liées au développement du minage de cryptomonnaies. Tout d'abord, plusieurs des processeurs utilisés dans ces fermes avaient été importés illégalement : plus d'un millier d'entre eux, en provenance de Chine, ont été retrouvés dans une seule installation dans les environs d'Almaty. Un peu plus tard, en juillet 2022, la police kazakhstanaise démantelait un gang spécialisé dans l'extorsion et les opérations armées, qui avait forcé des ingénieurs en informatique à faire fonctionner une ferme, toujours près d'Almaty, sous la contrainte[692].

Comme le montraient certains exemples de la partie précédente, dédiée au développement du minage de cryptomonnaies en Russie, le principal enjeu du minage non déclaré est l'accès à l'électricité. Ainsi, la plupart des fermes de minage non déclarées fonctionnaient avec un accès à l'énergie directement négociée avec des acteurs qui disposaient d'électricité disponible, vendue de manière opaque, ou par la corruption directe de fournisseurs locaux d'électricité. Dans un cas divulgué en février 2022, la police a découvert une ferme cachée au sein d'une

[690] Agence de surveillance financière de la République du Kazakhstan,15 mars 2022. *Op. cit.*
[691] 176 168 000 euros au 15 mars 2022 : https://wise.com/fr/currency-converter/kzt-to-eur-rate/history/15-03-2022
[692] MUKHAMETGALY, Fariza. Сотрудники МВД и КНБ задержали бандитов-майнеров [Le ministère de l'intérieur et des officiers du KNB ont arrêté des mineurs clandestins.]. *Polisia.kz* [en ligne]. 1 août 2022. [Consulté le 13 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://polisia.kz/ru/sotrudniki-mvd-i-knb-zaderzhali-banditov-majnerov/

usine déclarant faire du textile près de Taraz, dans le sud du pays[693]. Plus de 2 800 processeurs ont été saisis. Mais, surtout, les propriétaires de la ferme auraient versé entre 50 000 et 1,5 million de tenges de pots-de-vin à des employés de la compagnie Alatau Zharyk, spécialisée dans le transit et la distribution d'électricité de la région d'Almaty à la région de Taraz et filiale locale de Samruk-Energo[694].

Ce dernier type de relation qui s'apparente à de la corruption renvoie au concept de « blat », consacré par la politiste Alena Ledeneva. Le blat englobe « *l'utilisation de réseaux personnels et de contacts informels pour obtenir des biens et des services […] ou contourner les procédures officielles* », sorte de normalisation et continuation des relations informelles développées sous l'URSS[695]. La continuation et le développement de ces relations transactionnelles informelles sont de mise dans de nombreux territoires postsoviétiques, et notamment du Kazakhstan au sortir de la période soviétique, perpétuant en fait des habitudes prises sous le régime communiste[696]. Les travaux de Leyla Sayfutdinova montrent également comment, en Azerbaïdjan, le groupe socioprofessionnel spécifique des ingénieurs a pu mobiliser ses connaissances techniques pour des missions parallèles à son principal emploi afin d'obtenir un complément de revenu, et la perpétuation de ce principe jusque dans les années 2010[697]. Cette dynamique semble similaire avec certains électriciens kazakhstanais qui font perdurer cette logique en acceptant des missions informelles liées à leur secteur d'expertise.

---

[693] Agence de surveillance financière de la République du Kazakhstan. Деятельность « Серых » майнеров пресекли в Алматинской области. Dans : gov.egov.kz [en ligne]. 21 février 2022. [Consulté le 13 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://betaegov.kz/memleket/entities/anticorruption/press/news/details/330125

[694] Entre 102 et 3 072 euros au 1er février 2022 : https://wise.com/fr/currency-converter/kzt-to-eur-rate/history/01-02-2022

[695] LEDENEVA, Alena V., 1999. *Russia's economy of favours: blat, networking, and informal exchange*. Transferred to digital printing. Cambridge : Cambridge Univ. Press. Cambridge Russian, Soviet and post-Soviet studies, 102. ISBN 978-0-521-62174-8.

[696] POLESE, Abel, 2008. « If I receive it, it is a gift; if I demand it, then it is a bribe »: On the Local Meaning of Economic Transactions in Post-Soviet Ukraine. *Anthropology in Action* [en ligne]. 1 janvier 2008. Vol. 15, n° 3. [Consulté le 20 mars 2024]. DOI 10.3167/aia.2008.150305. Disponible à l'adresse : http://berghahnjournals.com/view/journals/aia/15/3/aia150305.xml
WERNER, Cynthia, 2000. Gifts, Bribes, and Development in Post-Soviet Kazakstan. *Human Organization* [en ligne]. mars 2000. Vol. 59, n° 1, pp. 1122. [Consulté le 30 mars 2024]. DOI 10.17730/humo.59.1.w2582tqj18v3880p. Disponible à l'adresse : https://meridian.allenpress.com/human-organization/article/59/1/11/72287/Gifts-Bribes-and-Development-in-Post-Soviet

[697] SAYFUTDINOVA, Leyla, 2015. Negotiating welfare with the informalizing state: Formal and informal practices among engineers in post-Soviet Azerbaijan. *Journal of Eurasian Studies* [en ligne]. janvier 2015. Vol. 6, n° 1, pp. 2433. [Consulté le 20 mars 2024]. DOI 10.1016/j.euras.2014.08.002. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1016/j.euras.2014.08.002

Ainsi se dessine une technopolitique du minage, où l'accès privilégié à l'électricité permet à certains acteurs de générer des rentes supplémentaires non déclarées ou de gagner en pouvoir politique lorsque cette énergie est détournée pour le compte de personnalités politiques influentes. Car au-delà des simples employés de compagnies d'électricité, ce sont parfois les dirigeants de ces entreprises eux-mêmes qui peuvent être directement impliqués. Ces opérations de démantèlement du minage gris permettent aussi aux autorités kazakhstanaises de mettre en scène leur engagement dans la « lutte » contre une activité et des acteurs qui auraient fragilisé le réseau électrique du pays.

Si l'Agence de surveillance financière (ASF) a publié un communiqué de presse, cité précédemment, pour rendre compte des opérations de démantèlement menées entre janvier et mars 2022, elle a pris également la peine d'en publier pour communiquer sur certaines opérations elles-mêmes. Bien que d'autres fermes soient découvertes tout au long de l'année 2022 et des années suivantes, les communiqués publiés par l'ASF sont concentrés sur la période comprise entre février et mars 2022. En effet, l'Agence, créée par décret présidentiel le 28 janvier 2021, a publié 16 communiqués relatifs au minage de cryptomonnaies, dont huit en février 2022, cinq en mars 2022 et trois autres en 2024. Cette concentration de communication dans la période de réponse à la crise semble révéler un soutien du discours présidentiel par la publicisation des opérations des services de l'État.

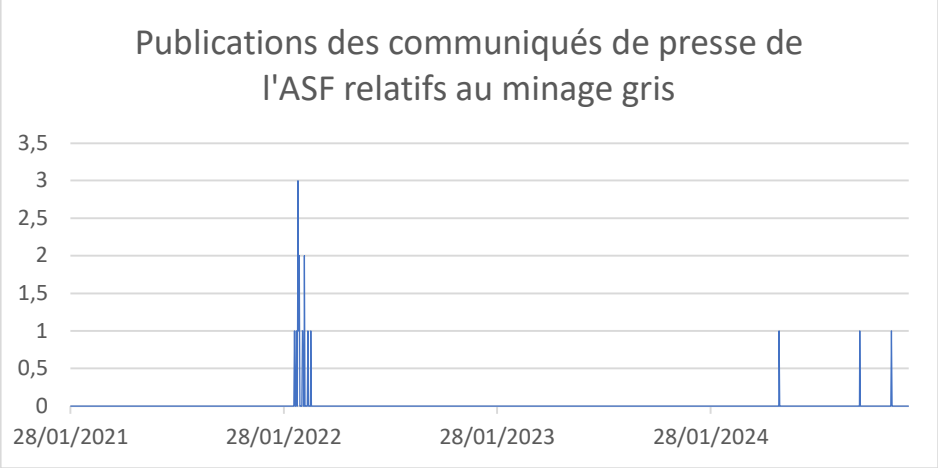


Figure 2. Hugo Estecahandy, 2025.

7.1.1. Des connexions électriques aux connexions politiques des fermes de minage

Ainsi, si les opérations de démantèlement de fermes de minage servent également à attaquer des ennemis politiques de la nouvelle Présidence du Kazakhstan, elles lui permettent aussi de soutenir son discours et de matérialiser l'engagement gouvernemental dans la lutte contre la corruption. Ces opérations nous permettent également, par extension, d'obtenir des informations sur les personnes et entreprises impliquées dans le minage numérique au Kazakhstan, et surtout sur les relations qui ont permis son développement et l'accès à l'électricité. Si les stratégies technopolitiques observées en Russie dans la partie précédente permettaient à l'entreprise BitRiver de se rapprocher officiellement des géants russes des énergies, les cas que nous analysons dans cette sous-section permettent d'étudier un autre niveau d'application de ce type de stratégie.

A. À Ekibastouz, l'électricité d'une culture sous serre détournée pour alimenter les fermes de MineBest

Dans une première version du communiqué de presse de l'Agence de surveillance financière publié le 15 mars 2022, figurait le nom de Kaïrat Intemgenov, l'un des hommes les plus riches du Kazakhstan. Lorsque le communiqué est consulté en 2024, aucune mention d'Intemgenov n'apparaît, son nom était pourtant bien présent dans une première version du document, avec deux phrases soulignant son implication dans le développement du minage, bien visibles dans une archive de la page Internet d'avril 2022[698]. Selon le journaliste Dmitri Shishkin, Intemgenov aurait fait supprimer son occurrence dans ce communiqué d'une agence étatique[699].

[698] Agence de surveillance financière de la République du Kazakhstan. « По пресечению незаконной майнинговой деятельности », 4 avril 2022. https://web.archive.org/web/20220404123334/https://www.gov.kz/memleket/entities/afm/press/news/details/340913?lang=ru.
Version mise à jour : Agence de surveillance financière de la République du Kazakhstan. « По пресечению незаконной майнинговой деятельности ». Dans : *gov.egov.kz* [en ligne]. 15 mars 2022. [Consulté le 12 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://betaegov.kz/memleket/entities/afm/press/news/details/340913

[699] SHISHKIN, Dmitry, 2023. Как амнистировали руководство теплиц, связанных с майнерами. *ЦЖР - Shishkin_like* [en ligne]. 18 mai 2023. [Consulté le 24 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.czhr.kz/post/как-амнистировали-руководство-теплиц-связанных-с-майнерами

En mai 2023, le média KazTAG reçoit une menace de poursuite judiciaire si un article faisant mention de l'implication de l'homme d'affaires dans le minage numérique n'était pas retiré[700].

Alors que la plupart des personnalités nommées dans ce rapport essuyaient par la même occasion des attaques politiques pour leur proximité avec Nazarbaïev, Intemgenov semble avoir pu faire pratiquer un droit à l'oubli. Kaïrat Intemgenov est un entrepreneur kazakhstanais qui a rejoint tardivement les plus grandes fortunes du pays à la fin des années 2010, décennie au début de laquelle il était l'un des principaux cadres de Samruk-Energo[701]. En 2018, il est devenu propriétaire du groupe pharmaceutique Ak-Niet, qui possède des chaînes de pharmacies dans une douzaine de villes du Kazakhstan. Au sortir de la pandémie de COVID-19, il est propulsé à la 17e place des Kazakhstanais les plus fortunés[702]. En parallèle, il gère des hôtels à Moscou et Almaty et possède des parts de GlobalTrans, une entreprise enregistrée aux Émirats arabes unis spécialisée dans le fret ferroviaire, qui gère des dizaines de milliers de wagons de marchandise à travers la Russie et la CEI[703].

Mais plus important encore, Itemgenov possède KBI Energy, une entreprise qui a remporté plusieurs contrats de rénovation de centrales électriques au Kazakhstan, ainsi que Green Page, qui gère la serre QazTomat de la GRES-1 (voir chapitre précédent). En 2015, KBI Energy a été choisi pour rénover la chaufferie de la centrale à charbon d'Aksou, proche de la ville de Pavlodar pour 11 milliards de tenges (49 767 000 euros, au 1er janvier 2015), avec l'aval de l'*akim* de Pavlodar, Bolat Bakaouov. Après de nombreux dépassements de délai, la chaufferie a été livrée et déclarée inutilisable en raison de nombreux problèmes techniques[704]. KBI Energy a également obtenu des contrats de rénovation des centrales GRES-1 et GRES-2, gérées par Samruk-Energo, où Intemgenov a fait une partie de sa carrière. Ainsi, l'entrepreneur semble

[700] KAZTAG.KZ, 2023. АФМ Казахстана убрало упоминание олигарха по частной просьбе. *kaztag.kz* [en ligne]. 19 mai 2023. [Consulté le 24 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://kaztag.kz/ru/news/afm-kazakhstana-ubralo-upominanie-oligarkha-po-chastnoy-prosbe

[701] KURMANOV, Baytas, 2025. Теневой миллиардер: как Кайрат Итемгенов сколотил состояние в офшорах. *Ulysmedia.kz | Новости и аналитика в Казахстане* [en ligne]. 14 mars 2025. [Consulté le 24 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://ulysmedia.kz/rassledovaniya/48166-tenevoi-milliarder-kak-kairat-itemgenov-skolotil-sostoianie-v-ofshorakh/

[702] Forbes.kz. « Кайрат Итемгенов », 2024. https://forbes.kz/ranking/object/1037.

[703] Forbes.kz. « Компания, долю в которой имеет Итемгенов, уйдёт с российских и британской бирж », 8 octobre 2024. https://forbes.kz/articles/kompaniya-dolyu-v-kotoroy-imeet-itemgenov-uydyot-s-rossiyskih-i-britanskoy-birzh-9f5324.

[704] KURMANOV, Baytas, 2023. Майнинг и список Forbes: кто в Казахстане занимается модернизацией энергетики. *Ulysmedia.kz | Новости и аналитика в Казахстане* [en ligne]. 14 juillet 2023. [Consulté le 20 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://ulysmedia.kz/analitika/18426-maining-i-spisok-forbes-kto-v-kazakhstane-zanimaetsia-modernizatsiei-energetiki/

tirer bénéfice des relations professionnelles qu'il a pu tisser des années plus tôt afin de remporter des contrats dans le secteur des énergies.

Cette proximité avec ses anciens collègues dans le développement de nouveaux projets est d'autant plus flagrante dans le cas de QazTomat. L'entreprise de culture de fruits sous serres, pour rappel, installée au sein même du territoire de la GRES-1 a été fondée par Intemgenov ainsi que par l'ancien directeur de la centrale, Talgat Nagichapaev et deux anciens ingénieurs électriciens[705]. Si le nom d'Intemgenov a disparu du communiqué de presse de l'ASF, subsiste la mention des « *entreprises de culture sous serre qui ont vendu à des tiers, sans licence, leur surplus d'électricité pour [le minage de cryptomonnaies]* »[706].

De toute évidence, il s'agit des serres de QazTomat qui servaient de proxy électrique entre l'énergie produite par la GRES-1 et les fermes de MineBest. La télédétection des installations dans le chapitre précédent laisse apparaître leur grande proximité. Comme mentionné précédemment, l'installation des fermes de MineBest à Ekibastouz a été facilitée par l'*akim* de Pavlodar Bolat Bakaouov, qui semble avoir également joué un rôle important dans l'acquisition de contrats de rénovation par l'entreprise KBI d'Intemgenov. Ainsi, un premier réseau d'acteurs lié au développement de fermes de minage au Kazakhstan devient visible, comme l'illustre la Planche 7.

Si Intemgenov tirait assurément un bénéfice financier de la revente des surplus énergétiques de QazTomat à MineBest, il gagnait aussi en proximité politique avec Bakaouov, ce qui a par la suite bénéficié à son autre entreprise KBI Energy. Intemgenov apparaît alors comme un acteur technopolitique, qui a su mobiliser son savoir-faire technique et son réseau de connaissances dans le domaine des énergies pour développer son projet de serres agricoles et par extension s'attirer les faveurs politiques d'une personnalité de pouvoir dont il a pu satisfaire les besoins. Ce réseau de l'informalité derrière l'implantation et l'alimentation des installations de MineBest correspond aux logiques de ce que Ledeneva appelle le « blat ».

Intemgenov a bâti sa fortune tardivement, et ne semble pas avoir, du moins de manière visible, bénéficié des faveurs du réseau de Nazarbaïev. Malgré son implication dans cette affaire de détournement d'électricité et dans l'acquisition nébuleuse de contrats de rénovation

[705] KURMANOV 2023. *op. cit.*
[706] gov.egov.kz. « По пресечению незаконной майнинговой деятельности », 15 mars 2022. https://www.gov.kz/memleket/entities/afm/press/news/details/340913?lang=ru.

d'infrastructures électriques, il ne fut pas inquiété par les autorités. En mai 2023, il est exonéré de toute poursuite par la justice kazakhstanaise dans l'affaire de la ferme de MineBest, après avoir pu faire retirer son nom de communiqués gouvernementaux.

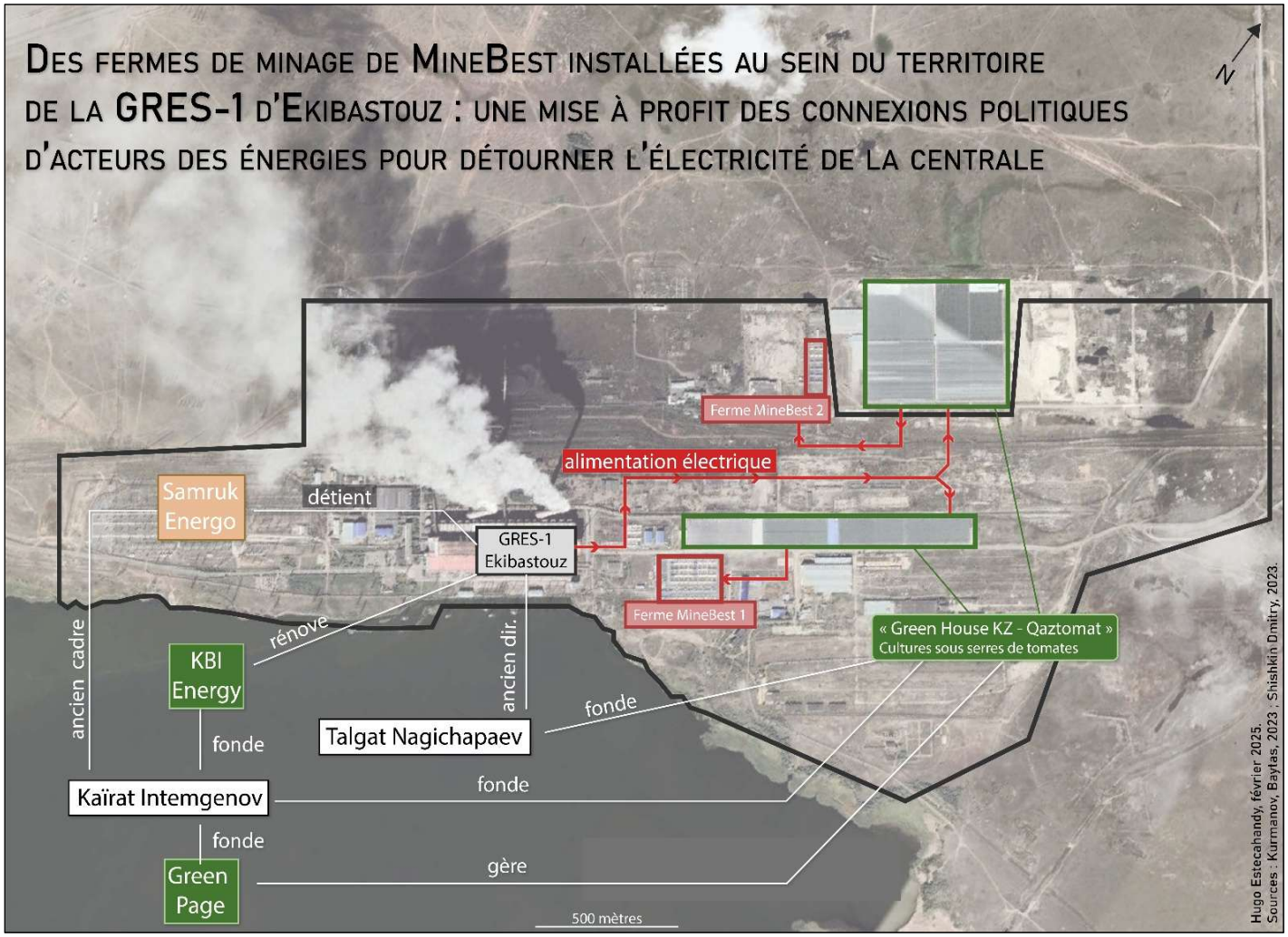


Planche 7

L'étude de ce cas révèle la manière dont Intemgenov a su tirer parti de ses réseaux professionnels et politiques pour transformer des projets énergétiques et agricoles en opportunités liées au minage de cryptomonnaies, en devenant un revendeur d'électricité pour l'activité. Son parcours illustre la persistance de logiques d'informalité et de favoritisme dans le secteur énergétique kazakhstanais, où la proximité avec les élites locales permet d'échapper aux sanctions judiciaires.

B. Genesis DA : les luttes intestines d'une entreprise révélatrices des réseaux informels du minage numérique

D'autres projets se sont retrouvés au centre d'intrigues politiques, parfois du fait même des membres de l'entreprise de minage. C'est le cas de Genesis Digital Assets (Genesis DA, ou GDA), dans laquelle le fondateur de FTX, Sam Bankman-Fried, avait investi 1,1 milliard de dollars en 2021 via Alameda Research. GDA a été fondée en 2017 par trois Kazakhstanais : Rashit Makhat, ancien co-directeur de l'opérateur mobile Kcell et champion du monde de jujitsu en 2011, Abdumalik Mirakhmedov, entrepreneur et champion du monde amateur de jujitsu en 2024, et Andreï Kim, à la tête de plusieurs autres projets de minage numérique. Kim est à l'origine des entreprises de minage de cryptomonnaies : « AlSolutions », « BCD Company » et « KZ Systems». En 2019, il réunit ces trois entreprises sous DDH Digital Data Hub GmbH, enregistrée à Francfort en Allemagne et dirigée par Denis Rusinovich[707].
En 2017, le trio, « MMK » a approché deux Allemands à la tête de Genesis Group, spécialisé dans le minage de cryptomonnaies, notamment en Islande. Cette rencontre donne naissance à Genesis Digital Assets, enregistrée à Chypre, dont l'objectif est de créer des fermes de minage au Kazakhstan. La moitié de Genesis DA est détenue par le duo allemand, l'autre moitié par le trio kazakhstanais. Ils ont créé au moins trois fermes de minage au Kazakhstan, deux à Karaganda et l'une proche d'Öskemen, à l'est.

En 2022, le journaliste d'investigation indépendant Makhambet Abzhan est arrêté au Kazakhstan, officiellement pour avoir tenté d'extorquer de l'argent à Rashit Makhat, accusation qu'il nie[708]. Déjà condamné pour avoir organisé des manifestations et dénoncé les violences policières de janvier 2022, il avait souvent écrit sur Makhat, qu'il qualifiait de « bras droit de Kaïrat Satybaldy »[709]. Ce dernier, neveu de Noursoultan Nazarbaïev et homme d'affaires influent, était alors en disgrâce, présenté comme l'un des principaux « conspirateurs » contre Tokaïev. Dans ses enquêtes, Abzhan affirmait que les projets de minage de Makhat profitaient d'abord à Satybaldy, acteur clé du secteur énergétique par sa proximité avec Alexander

[707] « Acquisition », *Crunchbase* : https://www.crunchbase.com/discover/acquisitions/field/organizations/num_acquisitions/ddh-digital-data-hub-gmbh
[708] 2022. Махамбет Абжан и 50 миллионов: журналист рассказал свою версию событий. *Orda.kz* [en ligne]. [Consulté le 24 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://orda.kz/mahambet-abzhan-i-50-millionov-zhurnalist-rasskazal-svoju-versiju-sobytij/.
[709] Les enquêtes d'Abzhan étaient publié sur son canal Telegram Abzhan News, aujourd'hui fermé, mais archivé sur Tgstat : https://kaz.tgstat.com/en/channel/@abzhannews

Klebanov (voir Sous-section 7.1.2.C.). Il suggérait aussi que ses intérêts dans l'électricité et le minage auraient pu être transférés à Kanysh Izbastin, neveu de Tokaïev, après 2022[710].
Les révélations d'Abzhan prolongent en fait un règlement de comptes interne à Genesis DA, opposant MMK à leur ancien associé Yermek Alimov. Approché en 2017 par la jeune entreprise pour obtenir de l'électricité destinée à ses futures fermes, Alimov, alors dirigeant d'Astanaenergoservice (liquidée en 2019), affirme avoir largement contribué à l'expansion de Genesis DA avant d'être écarté sans compensation[711]. En septembre 2023, il ouvre une procédure devant la justice britannique (les accords ayant été signés à Londres) et depuis l'été 2022, il est connu comme la principale source d'Abzhan sur Makhat. Son cabinet d'avocats orchestre une stratégie informationnelle courante dans ce type de conflits, selon la journaliste Alice Pontallier d'*Intelligence Online*[712]. Les propos d'Alimov sont relayés par de nombreux médias, dont le *Wall Street Journal* (deux articles et un podcast), qui reprennent parfois les informations du site gdascandal.com, créé par ses avocats pour exposer l'affaire selon son point de vue[713].

Alimov affirme que MMK lui avaient promis 35% de leurs parts de GDA en échange de la négociation d'une centaine de mégawatts d'électricité à Karaganda. Il dit avoir mobilisé ses propres actifs : une sous-station de 110 kV et un bâtiment industriel proche de la TETs-3, appartenant à Kazakhstan Utility Systems, détenue par la Dinmukhamet Idrissov, 17e fortune du pays en 2024[714]. Alimov aurait investi 1 million de dollars pour rénover le transformateur,

[710] Archive du 5 juillet 2022 : https://kaz.tgstat.com/en/channel/@abzhannews
[711] ALIMOV, Yermek et STERLING LAW (CABINET D'AVOCATS), [sans date]. Kazakh businessman Yermek Alimov issues claim in UK High Court against shareholders of Bitcoin mining powerhouse, Genesis Digital Assets. [en ligne]. [Consulté le 25 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.prnewswire.com/news-releases/kazakh-businessman-yermek-alimov-issues-claim-in-uk-high-court-against-shareholders-of-bitcoin-mining-powerhouse-genesis-digital-assets-301929220.html
KAZTAG.KZ, 2019. Liquidation of one joint- stock company-intermediary to save 1 bn tenge annually in Nur-Sultan - deputy. *kaztag.kz* [en ligne]. 4 septembre 2019. [Consulté le 25 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://kaztag.kz/en/news/liquidation-of-one-joint-stock-company-intermediary-to-save-1-bn-tenge-annually-in-nur-sultan-deputy.
[712] Rencontrée en janvier 2025, à Paris.
[713] BROWN, Eliot, [sans date]. The Jujitsu Champ Who Got Nearly $500 Million From Sam Bankman-Fried. *WSJ* [en ligne]. [Consulté le 7 avril 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.wsj.com/finance/currencies/the-jujitsu-champ-who-got-nearly-500-million-from-sam-bankman-fried-dbb4c9ff
BROWN, Eliot et CHERNOVA, Yuliya, 2023. WSJ News Exclusive | Sam Bankman-Fried's Supersized Bet: $1 Billion for a Bitcoin Miner on the Kazakh Steppe. *Wall Street Journal* [en ligne]. 11 janvier 2023. [Consulté le 7 avril 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.wsj.com/articles/inside-sam-bankman-frieds-1-billion-bet-on-a-bitcoin-miner-on-the-kazakh-steppe-11673453716
« Sam Bankman-Fried's Big Investment: Bitcoin Mining in Kazakhstan ». The Journal (Podcast Du Wall Street Journal), 19 janvier 2023. https://www.wsj.com/podcasts/the-journal/sam-bankman-frieds-big-investment-bitcoin-mining-in-kazakhstan/673044da-62a4-48e8-8856-2b865e7d823c.
[714] Forbes.kz. « ТОО «Казахстанские коммунальные системы» », décembre 2024. https://forbes.kz/ranking/object/1039.

avant de le céder à Genesis DA pour 159 000 dollars alors qu'il en valait 2,5 millions, puis ajouté 1,2 million pour l'acquisition d'une centrale (probablement Sogrinsk). Selon lui, il n'a ensuite plus reçu ses paiements en bitcoin ni les parts promises. Lors de son procès, Abzhan a reconnu qu'Alimov était sa principale source, ses révélations s'inscrivant dans une stratégie de vengeance contre MMK. Les avocats d'Alimov se sont appuyés sur la condamnation à neuf ans de prison d'Abzhan, présenté comme un journaliste dénonçant la corruption, pour accréditer l'idée que GDA bénéficiait à des acteurs puissants du pays, notamment Kaïrat Satybaldy[715].

Il n'existe pas de preuves directes des liens entre Genesis DA et Satybaldy, mais trois éléments renforcent l'hypothèse de leur proximité. D'abord, Andreï Kim est le frère de Vyacheslav Kim, cofondateur de Kaspi.kz, dont Satybaldy est devenu le deuxième actionnaire en 2017. Kaspi.kz, application mobile centrale dans la vie des Kazakhstanais, combine un service de paiement électronique et une banque qui représentait déjà deux tiers du secteur bancaire numérique en 2019[716]. Ensuite, Makhat est un ancien cadre de KCell, opérateur mobile contrôlé par Kazakhtelecom, dont près d'un tiers des parts appartenait à Satybaldy jusqu'à son arrestation en mars 2022[717]. Surtout, un actif acquis par GDA est directement lié au cercle d'influence de Satybaldy. En 2018, l'entreprise achète, selon Makhat, la centrale à charbon de Sogrinsk, près d'Öskemen, afin d'alimenter une ferme de minage[718]. Il affirme que l'opération a permis de financer la rénovation de cette centrale datant de 1961, ce que les faibles tarifs publics ne permettaient pas. L'achat a été effectué par Sogra Energy GmbH (fondée à Vienne en 2018), agissant pour le compte de GDA, auprès de Long Life Energy FZE (Émirats arabes unis), qu'elle venait elle-même d'acquérir[719]. Long Life Energy FZE est dirigée par un proche partenaire commercial de Satybaldy[720]. Ce dernier aurait donc mobilisé son réseau informel

[715] « Makhambet Abzhan Case ». Consulté le 25 mars 2025. https://gdascandal.com/makhambetAbzhanCase?language=en.
[716] REZNIK, Anna, 2019. Цифровизация с оглядкой. Как казахстанские банки развивают диджитал-сервисы. *Forbes.kz* [en ligne]. 16 septembre 2019. [Consulté le 25 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://forbes.kz/articles/tsifrovizatsiya_soglyadkoy_1568631121.
[717] BALDAKOVA, Oyuna et OREGLIA, Elisa, 2025. Beyond geopolitics: Agency and modularity in mobile telecommunications in Kazakhstan. *Telecommunications Policy* [en ligne]. mars 2025. Vol. 49, n° 2, pp. 102878. [Consulté le 11 février 2025]. DOI 10.1016/j.telpol.2024.102878. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596124001757.
[718] Centrale de Sogrinsk : https://www.gem.wiki/Sogrinsk_power_station
BAZHKENOVA, Gulnara, 2022. Бизнесмен Рашит Махат – о шантаже Абжана, майнинге и криптофермах. [en ligne]. 15 juillet 2022. [Consulté le 7 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://orda.kz/biznesmen-rashit-mahat-o-shantazhe-abzhana-majninge-i-kriptofermah/
[719] SMOLYN, Aleksandr, 2022. Денег нет, но вы держитесь: повторит ли Согринская ТЭЦ судьбу экибастузской? *Orda* [en ligne]. 8 décembre 2022. [Consulté le 25 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://orda.kz/problemy-energetiki-kazahstana-na-primere-sogrinskoj-tecz/
[720] SOER, Jane, 2024. The nephew of the ex-President of Kazakhstan Nazarbayev, the former deputy head of the National Security Committee returns squar. *RusCrime - The Russian Crimes News* [en ligne]. 5 avril 2024.

pour garantir l'électricité de GDA, sans apparaître publiquement. À noter que la centrale avait été vendue à Long Life Energy FZE par Kazakhstan Utility Service, propriété de la famille Idrissov, impliquée dans l'alimentation d'autres fermes de minage, comme détaillé dans la section suivante.

Aucune information ne permet de préciser si Genesis DA a continué le minage de cryptomonnaies au Kazakhstan après 2022, mais l'entreprise a étendu ses opérations à d'autres pays depuis 2018 et affiche 11 fermes de minage en opération en mars 2025, en Suède et aux États-Unis (Texas et Caroline du Nord). En 2024, GDA annonçait l'ouverture prochaine d'une ferme de minage en Argentine[721].

L'affaire Genesis Digital Assets met en évidence l'imbrication entre entrepreneurs kazakhstanais et étrangers, individus de pouvoir au sein des réseaux énergétiques du pays et figures politiques de premier plan comme Kaïrat Satybaldy. Elle montre comment le développement du minage a servi de levier à la fois pour sécuriser l'accès à l'électricité et pour renforcer des positions d'influence au sein des élites économiques et politiques du Kazakhstan.

7.1.2. La lutte gouvernementale contre le minage numérique, extension du domaine de la « dénazarbaïefication »

Lorsque l'Agence de surveillance financière nomme directement certaines de ces personnalités, il est possible d'y déceler un double emploi de la communication autour de ces démantèlements de fermes de minage non déclarées, puisqu'elle semble également remplir des objectifs politiques. Il s'agit alors de discréditer des individus qui se sont enrichis et ont gagné en pouvoir politique en s'accaparant des biens et ressources auparavant étatiques et en intégrant les dynamiques de patronage de Noursoultan Nazarbaïev. Si ces opérations de police prennent place suite au *blackout* de 2022, elles arrivent également dans la continuité directe des manifestations de janvier 2022, que la Présidence accuse l'entourage de Nazarbaïev d'avoir alimentées et financées.

[Consulté le 25 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://ruscrime.com/the-nephew-of-the-ex-president-of-kazakhstan-nazarbayev-the-former-deputy-head-of-the-national-security-committee-returns-square-meters-laundered-in-moscow-dubai-and-lazurka-2/

[721] YADAZ, Niva, 2024. GDA partners with YDF Luz to launch gas flare-powered Bitcoin mining center in Argentina. *DCD* [en ligne]. 8 mai 2024. [Consulté le 25 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.datacenterdynamics.com/en/news/gda-partners-with-ydf-luz-to-launch-gas-flare-powered-bitcoin-mining-center-in-argentina/

A. Débrancher les processeurs, déraciner les acteurs : le « name & shame » de la galaxie Nazarbaïev

Depuis l'arrivée au pouvoir de Tokaïev en 2019 et surtout après les troubles de janvier 2022 attribués par son gouvernement aux alliés de Nazarbaïev, un processus de « dénazarbaïefication », concept forgé par la politiste Marlène Laruelle, a été lancé[722]. Cette stratégie vise à écarter l'entourage de Nazarbaïev des secteurs et administrations stratégiques afin de reprendre leurs actifs et leur influence économiques et politiques. L'administration Tokaïev cherche ainsi à démanteler les vestiges d'un « régime patrimonial » qui permettait à Nazarbaïev de maintenir son autorité par son pouvoir personnel et des réseaux informels captant l'État et ses ressources au profit de ses membres, système profondément enraciné dans la politique et l'économie kazakhstanaises[723]. À l'exception d'Intemgenov, déjà traité, les personnalités liées au minage mentionnées par l'Agence de surveillance financière faisaient partie intégrante du système centré sur Noursoultan Nazarbaïev, parfois appelé « la Famille »[724]. En privant certains proches de l'ancien président de leurs rentes et fonctions début 2022 et en exposant publiquement leur rôle dans le développement opaque d'une industrie ayant fragilisé le secteur énergétique critique, la lutte contre le minage prend une dimension politique. Sont notamment cités l'oligarque Alexandre Klebanov, propriétaire de centrales électriques dans le nord et proche de Satybaldy, et Bolat Nazarbaïev, frère de l'ancien président, impliqués dans des projets de minage à Pavlodar, analysés dans la sous-section suivante.

Selon l'ASF, l'ancien PDG de Qazaqgaz, Kairat Charipbaïev, marié à Dariga Nazarbayeva, fille de l'ancien président et autrefois deuxième personne la plus riche du Kazakhstan, serait impliqué dans le minage à Aktobe. Une ferme récemment installée dans cette région serait liée

---

[722] LARUELLE, Marlène. On Track to a Kazakh Spring? Dans : *The Diplomat* [en ligne]. 2019. [Consulté le 5 juin 2023]. Disponible à l'adresse : https://thediplomat.com/2019/06/on-track-to-a-kazakh-spring/

[723] SCHATZ, Edward. What Capital Cities Say About State and Nation Building. Nationalism and Ethnic Politics [en ligne]. Janvier 2004, Vol. 9, nº 4, p. 111-140. [Consulté le 10 mars 2024]. DOI 10.1080/13537110390444140

FAUVE, Adrien. *La construction d'une capitale nationale en régime autoritaire : Astana au Kazakhstan*. [S. l.] : Institut d'Études Politiques de Paris, 2013

KUDAIBERGENOVA, Diana. Nationalizing Elites and Regimes. Nation-building in Post-Soviet Authoritarian and Democratic Contexts. Dans : LARUELLE, Marlène, *Kazakhstan in the making: legitimacy, symbols, and social changes*. Lanham : Lexington Books, 2016, p. 113129. Contemporary Central Asia: societies, politics, and culture. ISBN 978-1-4985-2547-3. HN670.23.A8 K385 2016

ISAACS, Rico. *Party System Formation in Kazakhstan: Between Formal and Informal Politics*. 1re éd. [S. l.] : Routledge, 29 mars 2011. [Consulté le 12 mai 2023]. ISBN 978-0-203-82600-3. DOI 10.4324/9780203826003

[724] PEYROUSE, Sébastien. The Kazakh Neopatrimonial Regime: Balancing Uncertainties among the "Family," Oligarchs and Technocrats. *Demokratizatsiya*. 2012, Vol. 20, nº 4, p. 345370

à Sharipbayev d'après la presse locale[725]. Qazaqgaz (KazTransGaz jusqu'en décembre 2021), principale compagnie gazière du pays et actif du fonds souverain Samruk-Kazyna, aurait permis à Sharipbayev de faciliter des contrats entre l'entreprise nationale et des sociétés où lui ou sa femme détenait des intérêts[726]. Ce cas illustre le fonctionnement de la « Famille », à savoir la proximité directe avec Nazarbaïev, une position stratégique et la liberté pour s'enrichir (voir Schéma 4). Sharipbayev est démis de ses fonctions en janvier 2022.

Yerlan Nigmatulin, également cité par l'ASF, a dû cesser ses activités de minage numérique à Karaganda. Actif dans l'extraction de charbon, il possède surtout d'immenses fonderies via son groupe YDD Corporation, consommant beaucoup d'électricité, dont une partie aurait été détournée pour alimenter des processeurs[727]. L'ASF indique avoir fermé un site de minage non déclaré à proximité, bénéficiant d'avantages fiscaux d'une zone économique spéciale, sans que le lien ne soit clair[728]. Selon le journaliste Dmitri Shishkin, cette ferme était directement installée dans ses usines et fonctionnait pour son compte[729].

Yerlan est le frère jumeau de Nurlan Nigmatulin, homme politique clé de l'ère Nazarbaïev, ancien directeur de l'administration présidentielle, *akim* de Karaganda, président du Mäjilis et vice-président de « Nür Otan »[730]. Les jumeaux illustrent le système politico-économique basé sur la spoliation et la corruption protégé par Nazarbaïev. En février 2023, un homme d'affaires de Karaganda emprisonné depuis 2012 a été acquitté, affirmant que son emprisonnement avait été commandité par Nurlan et Yerlan, ce qui peut être perçu comme un coup porté aux jumeaux et à « la Famille »[731]. En 2024, plus de quarante plaintes sont déposées contre eux et un troisième frère pour avoir abusé de leurs positions et ressources pour s'approprier

[725] Время. « Майнеры - на выход! » Consulté le 26 mars 2025. https://time.kz/articles/zloba/2022/03/15/majnery-na-vyhod.
[726] Firms Linked To KazTransGas Chairman Landed Billions In Kazakh Gas Deals. *Radio Free Europe/Radio Liberty* [en ligne]. 23 septembre 2021. [Consulté le 14 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rferl.org/a/kaztransgas-chairman-billions-kairat-sharipbaev/31474761.html
Office Rent: How Former QazaqGaz Personnel Stole Billions. *Orda* [en ligne]. 21 août 2024. [Consulté le 14 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://en.orda.kz/office-rent-how-former-qazaqgaz-personnel-stole-billions-3324/
[727] *Site officiel du groupe YDD* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 14 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://yddcorp.kz/
SHAYAKHMETOVA, Zhanna. Ferroalloy and Sinter Plants to be Built in Karaganda Region. Dans : *The Astana Times* [en ligne]. 29 décembre 2020. [Consulté le 14 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://astanatimes.com/2020/12/ferroalloy-and-sinter-plants-to-be-built-in-karaganda-region/
[728] gov.egov.kz. « По пресечению незаконной майнинговой деятельности », 15 mars 2022. https://www.gov.kz/memleket/entities/afm/press/news/details/340913?lang=ru.
[729] Shishkin, Dmitry. « Shishkin_like ». Telegram, 2 juin 2022. https://t.me/shishkin_like/112.
[730] Renommé "Amanat" en mars 2022.
[731] KAZTAG.KZ. Man calling Nigmatulin customer of criminal case is fully justified by Supreme Court. *kaztag.kz* [en ligne]. 16 février 2023. [Consulté le 14 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://kaztag.kz/en/news/man-calling-nigmatulin-customer-of-criminal-case-is-fully-justified-by-supreme-court

frauduleusement des biens kazakhstanais, impactant plus de 200 personnes, notamment via des employés d'Eurasia Bank et pour avoir fait emprisonner deux journalistes de KazTAG opposés au rachat du média[732].

Parmi les autres personnalités citées par l'ASF figure Tlegen Matkenov, ancien chef de département au ministère de l'Intérieur. Entre 1997 et 2018, il a dirigé les Affaires intérieures de cinq régions kazakhstanaises, avant de devenir haut gradé de la police et de prendre la tête du département antidrogue du ministère[733]. Aucune implication directe dans le minage n'a été trouvée, mais son fils, Din-Mukhamed Matkenov, a fondé BTC.kz à Ekibastouz (voir Chapitre précédent)[734]. Bien que nous restions ici dans la conjecture la plus totale, il est possible que les positions officielles du père aient pu permettre de créer des connexions entre Samruk-Energo, qui gère la GRES-2 à laquelle sont connectées des fermes de BTC.kz et les fermes de minage du fils.

B. La « dénazarbaïefication », un processus de déracinement d'acteurs profondément ancrés dans le territoire kazakhstanais et son économie

Le minage de cryptomonnaies prend une dimension politique lorsque la médiatisation du démantèlement de certaines activités devient une extension d'une stratégie présidentielle visant à exclure les alliés de Nazarbaïev des secteurs critiques de l'économie et des institutions kazakhstanaises.

Président depuis 1990, à l'époque de la République Socialiste Soviétique Kazakhe avant l'indépendance en 1991, Noursoultan Nazarbaïev a établi un régime « néopatrimonial » reposant sur sa position au sommet de l'État et la loyauté de ses subordonnés, auxquels il attribuait postes administratifs, direction de secteurs clés ou ressources financières, comme le retrace Sébastien Peyrouse[735]. Dans les années 1990, pendant la transition vers l'économie de marché, Nazarbaïev devient un « entrepreneur politique », combinant ressources politiques et

[732] KAZTAG.KZ. Tokayev is called to take control of criminal case against the Nigmatulin brothers. Dans : *kaztag.kz* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 14 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://kaztag.kz/en/news-of-the-day/tokayev-is-called-to-take-control-of-criminal-case-against-the-nigmatulin-brothers
Верховный суд оправдал председателя Союза журналистов Сейтказы Матаева и его сына Асета Матаева. *Radio Free Europe/Radio Liberty* [en ligne]. 19 juillet 2022. [Consulté le 14 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://rus.azattyq.org/a/31949923.html

[733] *В Казахстане нашли криптофермы бизнесмена из списка Forbes и начальника из МВД* [en ligne]. 15 mars 2022. [Consulté le 13 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://inbusiness.kz/ru/last/v-kazahstane-nashli-majningovye-fermy-biznesmena-iz-spiska-forbs-i-nachalnika-iz-mvd

[734] Молдабеков, Д. (2023, February 15). От угля Экибастуза до пляжей Дубая. Майнинг Назарбаевых. *respublika.kz.media*. https://respublika.kz.media/archives/82463

[735] PEYROUSE, Sébastien. The Kazakh Neopatrimonial Regime: Balancing Uncertainties among the "Family," Oligarchs and Technocrats. *Demokratizatsiya*. 2012, Vol. 20, nº 4, p. 345370

économiques pour asseoir son pouvoir sur des actifs financiers et symboliques[736]. Il privatise la plupart des secteurs économiques, laissant émerger des oligarques avec de faibles prix de rachat tout en ouvrant certains secteurs aux capitaux occidentaux, notamment dans les hydrocarbures et consolide son influence via sa famille[737]. Sa fille aînée Dariga dirige le groupe Khabar, contrôlant plus de 80 % des radios, télévisions et journaux du pays, son mari Makhat Aliyev prend la tête de la police financière et des secteurs comme le commerce du sucre et de la vodka. Dinara Nazarbaïeva, une autre de ses filles, épouse l'oligarque Timour Koulibaïev, à la tête de KazakhOil et la cadette Alia, se marie d'abord avec le fils du président kirghizstanais puis avec l'oligarque Daniar Khasenov.

À partir des années 2000, Nazarbaïev renforce son pouvoir par la centralisation et la nationalisation des principaux secteurs économiques pour limiter l'autonomie politique des oligarques[738]. KazTransGaz, KazTransOil et KazakhOil sont intégrées à KazMunayGaz, qui doit détenir au moins 50 % de tout consortium pétrolier ou gazier du pays, l'État se réservant le droit de préempter tout projet. En parallèle, son frère Bolat Nazarbaïev s'accapare certains actifs miniers, notamment Cuprum Holding[739].

Bien que la verticalité du pouvoir de Nazarbaïev sur les élites kazakhstanaises ne doive pas être surestimée, Peyrouse rappelant que le Président reste prisonnier du système qu'il a créé, leurs marges d'action restent limitées par leur allégeance à Nazarbaïev et à ses intérêts. Lorsque Makhat Aliyev, mari de Dariga, devient trop entreprenant et rivalise avec Koulibaïev, il est « écarté » et envoyé comme ambassadeur auprès de l'OSCE à Vienne en 2007, année de son divorce, non consulté selon lui[740]. Rappelé au Kazakhstan, il est accusé de fraude et de meurtre d'employés de la banque Burbank, perdant son immunité diplomatique. À Vienne, il est arrêté pour blanchiment et retrouvé pendu en 2015. Entre-temps, Koulibaïev tombe aussi en disgrâce en 2011 après la répression mortelle de grèves dans ses raffineries. En faisant de l'État la puissance ultime sur leurs intérêts économiques et en sanctionnant les « dissidents » comme Aliyev et Koulibaïev, Nazarbaïev a renforcé sa mainmise sur le pays. Dariga épouse ensuite

[736] MÉDARD, Jean-François. L'État patrimonialisé. *Politique africaine* [en ligne]. 1990, Vol. 39, nº 1, p. 2536. [Consulté le 15 février 2025]. DOI 10.3406/polaf.1990.5394.Cité p. 349 dans PEYROUSE, Sébastien, 2012, *op. cit*.
[737] PEYROUSE, Sébastien, 2012, *op. cit*.
[738] *Ibid.*
[739] ISAACS, Rico. The Role of Party Interest Articulation in the Personalist-Authoritarian Regimes of the Central Asian Republics of Kazakhstan, Turkmenistan, and Tajikistan. *Problems of Post-Communism* [en ligne]. Septembre 2020, Vol. 67, nº 45, p. 375387. [Consulté le 15 février 2025]. DOI 10.1080/10758216.2019.1645606
[740] COOLEY, Alexander et HEATHERSHAW, John. *Dictators Without Borders: Power and Money in Central Asia*. Reprint edition. New Haven : Yale University Press, 5 mars 2019. ISBN 978-0-300-24319-2

Kairat Sharipbayev, PDG de KazTransGaz (QazaqGaz depuis 2021) et Aliya se marie avec Dimash Dossanov, PDG de KazTransOil, perpétuant ainsi les mariages politiques.

L'enrichissement personnel des Nazarbaïev et de leur entourage passe aussi par l'externalisation de leurs richesses dans des paradis fiscaux. En effet, les noms de Dariga Nazarbïeva et de son fils Nurali Aliyev figurent dans les Panama Papers en 2016. Cela révèle leurs liens avec des sociétés-écrans dans les Îles Vierges britanniques, alors même que Dariga et son père exhortaient publiquement les entrepreneurs kazakhstanais à payer leurs impôts au Kazakhstan, malgré la fragilisation de l'économie par la baisse cours du pétrole[741], mais aucune charge ne fut retenue contre eux au Kazakhstan[742]. Lorsque Nazarbaïev quitte la présidence en 2019, il conserve cependant une influence considérable et un certain exercice du pouvoir. Il reste à la tête du Conseil de Sécurité, de son parti Nour-Otan et du Bureau du Premier Président. Laruelle note que son ombre sur la politique kazakhstanaise reste forte, renforcée par les positions administratives et financières de sa famille, notamment Dariga, présidente du Sénat[743]. Sa succession présidentielle est assurée par Kassym-Jomart Tokaïev, ancien Premier ministre et président du Sénat, suggérant une « présidence partagée » entre les deux hommes[744]. Lorsque le « Janvier sanglant » éclate début 2022, Tokaïev désavoue Nazarbaïev en l'accusant d'avoir « favorisé l'émergence d'une caste de gens démesurément fortunés » et commence à purger les structures politiques et économiques de ses proches, certains accusés d'avoir financé et organisé les violences de janvier[745]. Parmi les « conspirateurs », Karim Massimov, ancien Premier ministre alors à la tête du KNB et Kairat Satybaldy, neveu influent de Nazarbaïev dans les secteurs bancaires et télécoms, sont emprisonnés ; Satybaldy sera, deux ans plus tard, condamné pour corruption et prises illégales d'intérêt puis sommé de payer 1,5 milliard de

[741] Les Panama Papers font référence à une fuite massive de documents confidentiels d'un cabinet d'avocats panaméen spécialisé dans la création de sociétés offshore ainsi qu'à l'enquête successive menée par le plus de 100 médias dans 80 pays, sous la coordination du Consortium international des journalistes d'investigation (ICIJ), révélant l'implication de nombreuses personnalités politiques, médiatiques, sportives ou encore criminelles dans des stratégies de défiscalisation ou de blanchiment d'argent.
LAVROV, Vlad et VELSKA, Irene. Kazakhstan: President's Grandson Hid Assets Offshore. Dans : *OCCRP* [en ligne]. 4 avril 2016. [Consulté le 17 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.occrp.org/en/project/the-panama-papers/kazakhstan-presidents-grandson-hid-assets-offshore
[742] DALY, John C. K. Dariga Nazarbayeva's Political Ambitions Effectively Ended by President Tokayev. Dans : *The Central Asia-Caucasus Analyst* [en ligne]. 18 juin 2020. [Consulté le 17 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.cacianalyst.org/publications/analytical-articles/item/13629-dariga-nazarbayevas-political-ambitions-effectively-ended-by-president-tokayev.html
[743] LARUELLE, Marlène. On Track to a Kazakh Spring? Dans : *The Diplomat* [en ligne]. 2019. [Consulté le 5 juin 2023]. Disponible à l'adresse : https://thediplomat.com/2019/06/on-track-to-a-kazakh-spring/
[744] LEVYSTONE, Michaël. *Asie centrale: le réveil*. Malakoff : Armand Colin, 2024. Objectif monde. ISBN 978-2-200-63686-9. 327.58
[745] *Ibid.*

dollars d'amendes[746]. Le 15 janvier 2022, le fonds souverain Samruk-Kazyna annonce le retrait de Kairat Sharipbaev et Dimash Dossanov de leurs fonctions de PDG de QazaqGaz et KazTransOil[747].

Progressivement, la présidence Tokaïev a ainsi écarté les membres de la galaxie Nazarbaïev, un processus que les accusations de minage illégal de cryptomonnaies à l'encontre de certains membres de « la Famille » viennent soutenir.

C. Dans les zones grises du réseau électrique kazakhstanais mises à profit pour un minage de cryptomonnaies informel, entretenues par un soutien politique

Certaines personnalités accusées d'avoir participé au développement du minage de cryptomonnaies avaient un accès direct à des infrastructures énergétiques, qu'ils auraient ainsi mises à profit. Nous allons nous intéresser plus en détail à deux d'entre elles, dont l'implication dans le minage numérique permet de mettre en évidence ce que nous qualifions de « zones grises » au sein du réseau électrique kazakhstanais, mais également le poids des connexions politiques dont elles bénéficiaient de par leur appartenance ou proximité à « la Famille ».

De tous les individus liés à Nazarbaïev cités par l'ASF, le cas d'Alexandre Klebanov est le plus révélateur de la manière dont le minage a été développé par ces réseaux de pouvoir pour en faire bénéficier directement leurs membres, en utilisant notamment les infrastructures physiques qu'ils possédaient, que nous qualifions ici de « zones grises ». Klebanov fait partie de cette dynamique de « captation de l'État » après l'effondrement de l'URSS. Autrement dit, il a progressivement acquis de nombreuses infrastructures soviétiques et les a privatisées, en particulier dans le secteur énergétique, tout en se constituant progressivement une place de prédilection au sein de la galaxie Nazarbaïev. D'abord dans l'aéronautique, il dirige la flotte gouvernementale (1996-2000) puis la compagnie Berkut (2000-2006)[748]. À partir de 2006,

[746] LEVYSTONE, Michaël, *op. cit.*

[747] Two Of Nazarbaev's Sons-In-Law Pushed Out Of Key Energy Posts In Wake Of Kazakh Unrest. *Radio Free Europe/Radio Liberty* [en ligne]. 15 janvier 2022. [Consulté le 17 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.rferl.org/a/kazakhstan-nazarbaev-family-resign-oil-gas-companies/31655705.html

Moins de trois ans seulement après son départ, la compagnie rejoint la liste noire des compagnies aériennes interdites dans l'Union européenne pendant sept mois, suite à des contrôles d'inspection en France et en Roumanie[748]. Renommée Bek Air, la compagnie aérienne était dirigée par Yakov Klebanov, le fils, et possédait l'avion impliqué dans la catastrophe aérienne de décembre 2019 à l'aéroport d'Almaty, qui a coûté la vie à 12 personnes.

KOSKINA, Ainur. Investigation: The background of the infamous 'Bek Air' airline. Dans : *CABAR* [en ligne]. 22 janvier 2020. [Consulté le 17 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://cabar.asia/en/investigation-the-background-of-the-infamous-bek-air-airline

Klebanov diversifie ses affaires en se lançant dans l'immobilier de luxe sur la Côte d'Azur, notamment grâce à un patrimoine hérité *via* son épouse Daria, députée Nür-Otan, à qui il doit une partie de son influence politique et fille d'un réalisateur kazakhstanais reconnu[749]. Dévoué à la famille Nazarbaïev, il agit en 2016 comme prête-nom pour Dariga Nazarbaïeva, fille de l'ancien président, en acquérant 24 % de Kazakhtelecom. Cela a facilité ensuite la reprise des parts par Kaïrat Satybaldy, neveu de l'ancien président[750].

Mais son influence se joue surtout dans l'énergie : avec Sergueï Kan, ils cofondent CAEPCO en 2008, écartent leurs partenaires en 2017, puis reprennent en 2019 les parts de la Banque européenne de reconstruction et de développement, pour contrôler l'entreprise à 47,1 % chacun[751]. CAEPCO intègre alors SevKazEnergo et PavlodarEnergo, contrôlant ainsi des centrales (TETs-1 Ekibastouz, TETs-2 et 3 Pavlodar, TETs-2 Petropavlovsk) et nombre de réseaux de chaleur et d'eau dans le nord du Kazakhstan[752]. Ces infrastructures connaissent de

---

SADIKHOVA, Nargiz. Kazakhstan's Aviation Administration Reveals Violations in Kazakh Bek Air Operations. Dans : *Aviation Pros* [en ligne]. 21 janvier 2020. [Consulté le 17 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.aviationpros.com/airlines/news/21121997/kazakhstans-aviation-administration-reveals-violations-in-kazakh-bek-air-operations

[749] Informations légales de SCI DU 985 CHEMIN DU RETENAOU. Dans : *L'Annuaire des Entreprises : le moteur de recherche officiel* [en ligne]. 2025. [Consulté le 17 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://annuaire-entreprises.data.gouv.fr/entreprise/sci-du-985-chemin-du-retenaou-498528686

Informations légales de ROCHE D'AZUR. Dans : *L'Annuaire des Entreprises : le moteur de recherche officiel* [en ligne]. 2025. [Consulté le 17 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://annuaire-entreprises.data.gouv.fr/entreprise/roche-d-azur-497633891

Oligarch Klebanov and his son bought another villa in France on Cote d'Azur. *KazTAG* [en ligne]. 15 novembre 2024. [Consulté le 17 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://kaztag.kz/en/news/oligarch-klebanov-and-his-son-bought-another-villa-in-france-on-cote-d-azur

"Garden of Pleasures" on 3 hectares in Belgium, a dacha on the Cote d'Azur, "Central Asian Electric Power Corporation" and other assets of the Nazarbayev family's "wallet". Dans : *СокальINFO* [en ligne]. 2 mai 2024. [Consulté le 21 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://sokalinfo.com/02-78338-05.html

[750] « Kazakhtelecom Announces New Major Shareholder Ahead of Possible IPO ». The Astana Times, 9 juillet 2016. https://astanatimes.com/2016/07/kazakhtelecom-announces-new-major-shareholder-ahead-of-possible-ipo/.

kz.expert. « Behind The Facade Of Kcell Deal ». 18 octobre 2022. https://web.archive.org/web/20221018040616/https://kz.expert/en/news/analitika/460_behind_the_facade_of_kcell_deal.

[751] GAYFUTDINOVA, Venera. Амирханов покинул совет директоров ЦАТЭК и кресло президента ЦАЭК. Dans : *Forbes.kz* [en ligne]. 17 novembre 2017. [Consulté le 18 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://forbes.kz/articles/amirhanov_pokinul_sovet_direktorov_tsaek_i_kreslo_prezidenta_tsaek

VORONKO, Olga. *АО « ЦАЭК », у которого упала труба, награждено за лучший дизайн годового отчёта | Аналитический Интернет-портал* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 18 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://ratel.kz/raw/ao_tsaek_u_kotorogo_upala_truba_nagrazhdeno_za_luchshij_dizajn_godovogo_otcheta

NASTYUKOVA, Olga. Клебанов и Кан выкупают акции ЦАЭК у ЕБРР. Dans : *Forbes.kz* [en ligne]. 25 janvier 2019. [Consulté le 18 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://forbes.kz/articles/klebanov_i_kan_vyikupili_aktsii_tsaek_u_ebrr

Структура акционерного капитала. Dans : *АО «ЦАЭК»* [en ligne]. 2023. [Consulté le 18 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://caepco.kz/ru/aboutus/struktura-akczionernogo-kapitala1.html

[752] Site de Sevkazenergo : https://www.sevkazenergo.kz/en/o-kompanii/struktura.html

Site de Pavlodarenergo : https://pavlodarenergo.kz/en/o-kompanii.html

Site d'Astanaenergosbyt : https://astanaenergosbyt.kz/

graves défaillances : décès d'un employé en 2020 et effondrement d'une cheminée en 2022 à Petropavlovsk, puis catastrophe à Ekibastouz en novembre-décembre 2022[753]. La TETs-1, la centrale à charbon de 14 MW qui alimente la ville en chaleur (voir Carte 11), est tombée en panne par -30 °C, privant la ville de chauffage et entraînant le gel des canalisations et la formation de stalactites dans les appartements[754]. Une femme rencontrée à Ekibastouz en mai 2023 se rappelait cet épisode : *« Dehors, nous étions dans le froid hivernal du nord du Kazakhstan, dès que nous rentrions [dans nos maisons] nous nous retrouvions en Alaska »*[755]. La population, des médias et des représentants de l'État ont commencé à publiquement dépeindre Klebanov comme un oligarque qui privilégie l'enrichissement personnel au détriment des habitants qui dépendent de ses infrastructures, un portrait qui tentait déjà de dresser la mention de son nom dans le développement du minage de cryptomonnaies. Klebanov, pour se défendre des accusations de mauvais entretien, a invoqué des prix de vente d'électricité trop bas fixés par l'État, empêchant l'entretien de cette ancienne centrale construite entre 1952 et 1960 par des prisonniers du Goulag (dont Soljenitsyne)[756]. Mais, privé de la protection du parapluie présidentiel de Nazarbaïev, les moyens de pression de Klebanov semblaient inefficaces et il a commencé à abdiquer[757]. Pour la deuxième année consécutive, Klebanov et

[753] Пострадавший на Петропавловской ТЭЦ-2 рабочий скончался в Омске. Dans : *Новости Казахстана - Liter.kz* [en ligne]. 17 janvier 2020. [Consulté le 18 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://liter.kz/postradavshij-na-petropavlovskoj-tecz-2-rabochij-skonchalsya-v-omske/
17,5 млрд тенге требуется на ремонт ТЭЦ-2 Петропавловска. Dans : *Newtimes.kz* [en ligne]. 17 avril 2022. [Consulté le 18 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://newtimes.kz/obshchestvo/148262-17-5-mlrd-tenge-trebuetsya-na-remont-tec-2-petropavlovska

[754] Во все многоквартирные дома Экибастуза подали тепло. *KazTAG* [en ligne]. 4 décembre 2022. [Consulté le 21 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://kaztag.kz/ru/news/vo-vse-mnogokvartirnye-doma-ekibastuza-podali-teplo

[755] Discussion informelle avec une habitante d'Ekibastouz en mai 2023.

[756] ELEYSIZ, Ramazan-Malik. Александр Клебанов: кто стоит за катастрофой в Экибастузе. *Orda* [en ligne]. 2 décembre 2022. [Consulté le 21 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://orda.kz/aleksandr-klebanov-kto-stoit-za-katastrofoj-v-ekibastuze/

[757] Suite aux incidents, mortels, de la TETs-2 de Pavlodar, dont les problèmes techniques étaient rapportés depuis une décennie dans la presse, plusieurs employés et journalistes ont subi des pressions pour ne pas divulguer de détails des manquements techniques de l'édifice. Voir : Жизнь», Редакция «Наша. « Экибастуз: Предпосылки трагедии ». *«Наша жизнь». Новости Павлодара и области* (blog), 9 décembre 2022. https://lifepvl.kz/2022/12/09/4392/.
Le 4 décembre 2022, dans un garage d'Ekibastouz, l'un des cadres de la centrale électrique de Klebanov a été retrouvé mort dans un véhicule. D'après l'enquête de police, il se serait suicidé après une dispute avec sa femme, bien que sa mort pourrait être liée aux événement de novembre 2022. Voir : Начальник участка ТЭЦ Экибастуза найден мертвым: 06 декабря 2022, 00:47 - новости на Tengrinews.kz. (2022, December 6). *Tengrinews*. https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/nachalnik-uchastka-tets-ekibastuza-nayden-mertvyim-485195/

Kan n'ont pas reçu de dividendes en 2023[758]. En 2024, Pavlodarenergo commençait à se séparer de ses actifs liés à la centrale d'Ekibastouz et à les transférer à l'*akimat* de la ville[759].

Ainsi, l'administration Tokaïev réussissait à affaiblir un énième membre de la galaxie Nazarbaïev. Au-delà de la place de Klebanov dans la stratégie de dénazarbaïefication de l'État, l'analyse de sa position clé dans le secteur de l'électricité et ses ramifications politico-économiques permet de comprendre comment son implication dans le minage opaque de cryptomonnaies illustre un modèle de pouvoir qui aurait permis à des acteurs de servir des intérêts personnels, qu'ils soient financiers ou politiques, parfois au détriment d'infrastructures vitales. Baïterek, qui travaille dans l'import-export de processeurs de minage, avait fait part de sa connaissance de fermes de minage branchées illégalement « grâce à Klebanov », autant d'anecdotes dont il ne souhaitait pas partager les détails[760] :

« Il a été demandé à certains employés des compagnies d'électricité de Klebanov de raccorder des bâtiments qui étaient en fait des fermes de minage, sans leur expliquer pourquoi. Mais ils ont obtempéré et la puissance de calcul a été connectée au réseau régional, parce que le propriétaire des processeurs était un « ami » ou avait négocié directement avec Klebanov ou l'entreprise ». Baïterek, revendeur légal de processeurs de minage de cryptomonnaies à Astana.

Bien que les autorités kazakhstanaises ne mentionnent pas le rôle de Klebanov dans le développement du minage numérique, ni même la localisation et l'importance des installations concernées ou la nature du partenariat avec Bolat Nazarbaïev, deux concepts permettent d'éclairer ce cas. D'une part, le contrôle de Klebanov sur les centrales électriques et les réseaux de distribution, qui alimentent les fermes non déclarées et d'autres cités par les autorités, signifie que ces infrastructures et espaces peuvent être décrits comme des « zones grises ». En effet, le pouvoir dans ces espaces privatisés est garanti par des micro-autorités alternatives[761]. En étant

[758] TUMASHOVA, Yelena. Клебанов и Кан не получат дивиденды от ЦАЭК за 2023 год. *Forbes.kz* [en ligne]. 4 septembre 2024. [Consulté le 21 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://forbes.kz/articles/klebanov-i-kan-ne-poluchat-dividendy-ot-tsaek-za-2023-god-24ac07

[759] TUMASHOVA, Yelena. Акционеры Экибастузской ТЭЦ Клебанов и Кан передали акимату города имущество на 3,7 млрд тенге. *Forbes.kz* [en ligne]. 1 juillet 2024. [Consulté le 13 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://forbes.kz/articles/aktsionery-ekibastuzskoy-tets-klebanov-i-kan-peredali-akimatu-goroda-imushestvo-na-37-mlrd-tenge

[760] Rencontré en février 2023 à Astana, Kazakhstan. Le prénom a été modifié.

[761] CATTARUZZA, Amaël, 2012. «Zones grises » , interstices durables de la carte politique ? Relecture critique d'un concept géopolitique («Grey zones », sustainable interstices of the political map ? Critical reassessment of a geopolitical concept). *Bulletin de l'Association de géographes français* [en ligne]. 2012. Vol. 89, n° 1, pp. 104120. [Consulté le 28 novembre 2023]. DOI 10.3406/bagf.2012.8247. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/bagf_0004-5322_2012_num_89_1_8247
MINASSIAN, Gaïdz, 2011. *Zones grises: quand les États perdent le contrôle*. Autrement. ISBN 978-2-7467-3045-8.

connectées à un réseau contrôlé par un individu qui l'utilise de manière opaque à des fins personnelles, ces activités de minage numérique font partie intégrante d'une « zone grise » et en deviennent une. D'autre part, le minage de cryptomonnaies s'inscrit dans des relations informelles entre acteurs du pouvoir à des fins personnelles, en contournant les autorités et leur processus, ce qui correspond au concept de « blat ». Comme expliqué plus tôt, il renvoie à un ensemble de systèmes informels d'échanges de faveurs, de services et de réseaux personnels qui a joué un rôle structurant dans la société soviétique et postsoviétique, théorisé par la politologue Anna Ledeneva (1999), qui a analysé ce type de pratique en Russie après l'effondrement de l'URSS[762].

Lors de la préparation de cette thèse, il n'a pas été possible de trouver de liens directs entre Alexander Klebanov et Bolat Nazarbaïev dans un projet de minage numérique. Mais Bolat Nazarbaïev est lié à Enegix, entreprise propriétaire de la plus grande ferme de minage du pays, à Ekibastouz. Parmi les fondateurs d'Enegix figurait le fonds Prime Capital Invest, créé par Bolat en 2016 et transféré à son fils Nourbol en 2023 pour éviter une saisie judiciaire pendant les campagnes de dénazarbaïfication[763]. Ce contexte éclaire le soutien politique dont bénéficia Enegix, symbolisé par la présence du Premier ministre Sagintayev lors de l'inauguration d'une de ses fermes de minage en 2018 (voir Chapitre 6.1), alors que Noursoultan Nazarbaïev était encore président[764]. Les liens entre Bolat Nazarbaïev et Aleksandr Klebanov semblent toutefois peu probables en ce qui concerne Enegix. La ferme tire son électricité d'un transformateur relié à la GRES-1, propriété de l'État et potentiellement facilement accessible sur demande du frère du Président, alors que Klebanov ne possédait à Ekibastouz que la petite centrale à charbon destinée au chauffage urbain.

Ici, le prisme de l'analyse géopolitique permet tout de même de mettre en lumière les stratégies d'acteurs qui ont « privatisé » une partie du territoire kazakhstanais, plus précisément des infrastructures critiques du pays, leur permettant de consolider leur pouvoir politique au

---

[762] LEDENEVA, Alena V., 1999. *Russia's economy of favours: blat, networking, and informal exchange*. Transferred to digital printing. Cambridge : Cambridge Univ. Press. Cambridge Russian, Soviet and post-Soviet studies, 102. ISBN 978-0-521-62174-8.

[763] MOLDABEKOV, Danyar, 2023. От угля Экибастуза до пляжей Дубая. Майнинг Назарбаевых. *respublika.kz.media* [en ligne]. 15 février 2023. [Consulté le 7 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://respublika.kz.media/archives/82463
How Nurbol Nazarbayev Became Owner of Father's Holding », 17 novembre 2023. https://en.orda.kz/how-nurbol-nazarbayev-became-owner-of-fathers-holding-3131/.

[764] Tweet qui montre Sagintayev lors de l'inauguration d'une d'Enegix : https://x.com/EnegixLLC/status/1305310293799694337

Kazakhstan. Ce contrôle territorial par des acteurs tels que Klebanov, et donc le contrôle des ressources qui y sont produites comme l'électricité, leur a permis de développer le minage de cryptomonnaies pour leur propre compte ou celui de leurs amis politiques. Ainsi, le minage de cryptomonnaies apparaît comme un secteur en partie façonné par les dynamiques géopolitiques internes du Kazakhstan.

Un autre cas de personnalité politique impliquée dans un minage de cryptomonnaies opaque est celui d'Azat Sarpekov, nommé *akim* adjoint de la ville d'Ekibastouz en septembre 2022[765]. Saperkov, en parallèle d'une carrière politique aussi précoce que prospère au sein du parti présidentiel, était auparavant directeur de Teplokommunergo depuis 2021, entreprise publique chargée de la distribution de chauffage dans la ville de Semeï (voir Carte 10)[766]. Il remplace l'ancien directeur destitué à cause de corruption et de dégâts environnementaux causés par Teplokommunergo. Sous le mandat de Sarpekov, des problèmes de chauffage urbain se sont pourtant intensifiés[767]. En février 2022, une installation de minage de cryptomonnaies a été découverte sur le territoire de la TETs-1 de Semeï, propriété de Teplokommunergo[768]. D'après l'enquête du média Abay Online, le surplus de production électrique de la TETs-1, était compris entre 6 et 8 MW et ceux-ci ont été utilisés pour alimenter des processeurs de minage. Aucune poursuite n'a été engagée contre Sarpekov et il a été récompensé par un nouveau poste dans l'administration d'Ekibastouz, étape supplémentaire dans une carrière fulgurante qui laisse supposer un soutien politique qui, toujours selon le média d'investigation, viendrait directement de l'*akim* de la région du Kazakhstan oriental où se trouve Semeï. D'ailleurs, à seulement 24 ans, il avait été nommé directeur du lycée technique de Sémeï où il fut lui-même formé, provoquant le départ de certains professeurs qui trouvaient cette nomination injustifiée. Ainsi, tout comme nous supposons qu'Intemgenov a su prouver son allégeance à la nouvelle équipe présidentielle, Sarpekov a pu continuer et évoluer rapidement dans sa carrière tout en étant écarté des réprimandes gouvernementales, bien que son implication dans le minage de cryptomonnaies « gris » ait été prouvée.

---

[765] Salem, Экибастуз. Новости сегодня. « Назначен новый и.о. заместителя акима Экибастуза - Salem, Экибастуз. Новости сегодня - 12.09.2022 », 12 septembre 2022. https://salem.su/news/2022/09/12/naznachen-novyj-i-o-zamestitelya-akima-ekibastuza/.

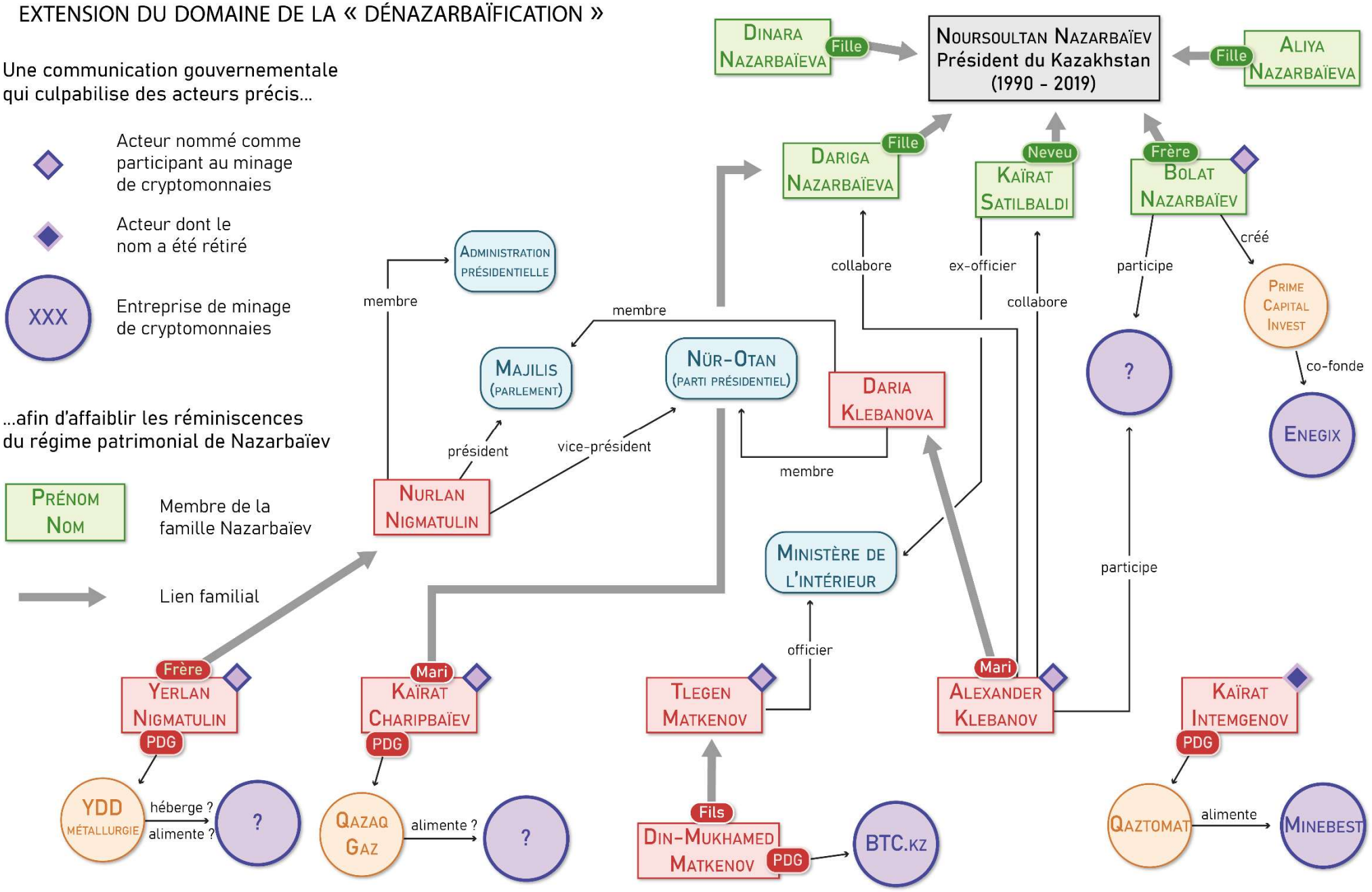
[766] tengrinews.kz. « Президентский резерв сформирован в Казахстане. Кто в него вошел?: 25 декабря 2019, 12:02 - новости на Tengrinews.kz ». Главные новости Казахстана - Tengrinews.kz, 25 décembre 2019. https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/prezidentskiy-rezerv-sformirovan-kazahstane-v-voshel-387338/.

[767] 2022. Теплокоммунэнерго, что там по теплу? *ABAY online* [en ligne]. [Consulté le 9 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://abayonline.kz/teplokommunenergo-chto-tam-po-teplu/

[768] 50.370657186101525, 80.26308469772765
ЧЕРНЫЙ МАЙНИНГ, 2022. https://www.youtube.com/watch?v=iaImnn2TPOQ.

Schéma 4

La répression contre le minage de cryptomonnaies au Kazakhstan en 2022 : extension du domaine de la « dénazarbaïfication »



Hugo Estecahandy, IFG, 2025. Sources : Preyrouse (2012), Laruelle (2019), Levystone (2024), Agence de surveillance financière du Kazakhstan (2022).

Les mesures de Tokaïev, en ciblant les proches de Nazarbaïev, traduisent à la fois une reprise en main étatique et une « dénazarbaïfication » des secteurs stratégiques. Les études de cas d'Intemgenov, Klebanov et Sarpekov démontrent que la réussite ou l'impunité des acteurs du secteur dépend de l'argument de leur degré d'allégeance à l'ancien ou au nouveau président. Ces intrications politiques deviennent d'autant plus visibles sur le Schéma 4. Reste que, si le gouvernement s'est servi d'une supposée proximité entre le minage de cryptomonnaies et la crise énergétique traversée par le pays en janvier 2022 pour apporter une réponse qui lui permettait d'également régler des comptes politiques, un cadre juridique approprié au secteur a également été mis en place par la suite. La section suivante est justement axée sur la stratégie pensée autour de cette loi et comment elle permettrait, théoriquement, la surveillance et le contrôle étatique du secteur des cryptomonnaies au Kazakhstan grâce à des outils techniques et juridiques présents au travers de diverses couches d'infrastructures numériques de cryptomonnaies.

7.2 Vers un panoptique juridique : encadrer le minage de cryptomonnaies « à travers » l'infrastructure numérique

Le premier volet de la réponse gouvernementale contre le minage de cryptomonnaies s'est donc traduit par l'arrêt brutal de l'activité et la médiatisation de certaines opérations de fermeture de fermes de minage qui permettaient d'associer le nom d'ennemis politiques de Tokaïev à la crise énergétique qu'a connue le pays en 2021-2022. Puis, en avril 2023, une loi est entrée en vigueur afin de réguler le minage numérique de manière pérenne au Kazakhstan, censée combler les manquements préexistants qui ont permis le développement trop important et parfois opaque de l'activité. Cette nouvelle loi a été directement demandée par le président Kassim-Jomart Tokaïev à la fin de l'année 2022, approuvée le 26 janvier 2023 par le Parlement, puis signée par le Président le 6 février 2023[769].

[769] *Закон Республики Казахстан от 6 февраля 2023 года № 193-VII «О цифровых активах в Республике Казахстан» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 31.08.2025 г.)*, 2023. [en ligne]. [Consulté le 12 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=33689356

7.2.1. Un ancrage territorial forcé du minage de cryptomonnaies

Cette « loi sur les actifs numériques dans la République du Kazakhstan » n°193-VII, du 1er avril 2023, naît donc de la nécessité affichée par les autorités kazakhstanaises de réguler une activité qui aurait fragilisé le pays. Les mineurs doivent dorénavant obtenir une licence auprès du ministère du Développement numérique[770]. Officiellement, les mineurs sont divisés en deux catégories, ceux qui minent des cryptomonnaies et détiennent une infrastructure physique (une ferme) pour conduire l'activité, et ceux qui possèdent des processeurs de minage au Kazakhstan, mais hébergés au sein de la ferme d'un acteur tiers. Pour Zanibek Mukhamedzhanov, directeur du Département de Développement de l'industrie électronique au ministère du Développement numérique, l'objectif est de « *faire du minage numérique une industrie nationale* », clairement encadrée, qui pourrait générer à la fois « *des retombées économiques pour le pays, mais aussi participer à la rénovation du réseau électrique* »[771]. Car, la finalité des instruments déployés avec cette législation est aussi l'application efficace de taxes, à la fois sur la consommation d'électricité et sur la production de cryptomonnaies. Ce texte et les décrets ensuite publiés par le Ministère, semblent soutenir une stratégie de contrôle de l'industrie sur trois plans : la maîtrise de la consommation électrique, le contrôle de la localisation de l'activité ainsi que l'obligation de faire transiter les bitcoins et autres cryptomonnaies générées au travers de services enregistrés au sein de l'AIFC afin qu'elles tombent sous le coup de cette régulation spécifique.

A. Contrôler la consommation de ressources

Concernant le premier point, il y a désormais seulement trois manières de légalement consommer de l'électricité pour miner des cryptomonnaies : la produire soi-même, l'acheter à l'étranger ou l'acheter sur une bourse qui propose du surplus énergétique de la production nationale aux enchères. Au Kazakhstan, acheter de l'électricité à l'étranger signifie très généralement en acheter à la Russie, seul pays voisin qui dispose d'à la fois assez d'électricité pour le revendre à des entités privées, mais aussi des infrastructures physiques transfrontalières de transit. Cette solution implique un intermédiaire spécialisé dans l'achat transfrontalier d'électricité qu'il faut rémunérer et met également à contribution les infrastructures électriques

[770] Les conditions d'obtention sont explicitées dans la loi 194-VII du 1er juillet 2023 qui introduit des amendements et des compléments au texte 193-VII.
[771] Rencontré le 27 février 2023 à Astana, Kazakhstan

de transit du Kazakhstan et donc des restrictions. Par exemple en 2023, la ferme Enegix, la plus puissante du Kazakhstan, ne pouvait fonctionner que 60 % du temps, en dehors des pics quotidiens de consommation[772]. L'achat de surplus énergétiques est encore plus restrictif, la quantité d'électricité et le temps d'alimentation sont extrêmement variables et dépendent des saisons et des régions et la disponibilité n'est pas garantie tout comme la compétitivité du prix. Dans ces deux cas, l'efficience du minage est extrêmement réduite, tant que les processeurs ne peuvent pas fonctionner en continu.

Afin d'assurer aux autorités et à l'exploitant national du réseau électrique, la KEGOC, un contrôle sur la consommation énergétique des sites de minage, deux éléments ont été introduits. Le premier est l'obligation pour chaque ferme de minage déclarée d'être raccordée au réseau électrique par une ligne d'au minimum 35 kilovolts (kV), tension à partir de laquelle l'infrastructure est sous le contrôle de la KEGOC. Le second élément, dépendant du premier, est l'obligation d'installer à ce raccordement un boîtier qui permet non seulement à la KEGOC de mesurer en temps réel l'électricité consommée, mais également de couper la connexion à son bon vouloir, considéré comme un véritable « *kill switch* »[773] pour certains mineurs. C'est en tout via ces mesures qu'est appliquée la taxe sur la consommation électrique de l'industrie[774], dont les tarifs fluctuent en fonction du prix de l'électricité[775].

B. Ancrer et mesurer la production

Le deuxième des principaux points sur lesquels appuie cette nouvelle régulation concerne la localisation des infrastructures physiques de minage. Si le texte énonce des emplacements spécifiques auxquels doivent se restreindre les propriétaires de fermes, il les contraint en substance à un certain type de bâtit, mais également à la sédentarisation du minage. L'ordonnance 169[776] indique clairement que le « *bâtiment de production [doit être] situé en dehors de zones résidentielles* ». Cette condition force la localisation de l'activité hors d'espaces dans lesquels les réseaux électriques de faibles capacités peuvent être endommagés par une forte demande électrique. Ainsi, c'est au sein de zones industrielles ou d'espaces

[772] Rencontre avec l'un des représentants de l'entreprise en février, avril et juin 2023.
[773] Terme utilisé par plusieurs mineurs de cryptomonnaies installés au Kazakhstan lors d'entretiens, qui peut se traduire par « arrêt d'urgence » et fait référence à une commande généralement présente dans les systèmes automatisés et permet leur mise hors tension.
[774] Selon le Code des impôts du Kazakhstan, section 1, chapitre 69 et paragraphe 11. https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1700000120. Le Code est mis à jour pour l'imposition des acteurs du secteur des cryptomonnaies par la loi 196-VII du 2 février 2023 et appliquée à partir du 1er avril 2023.
[775] Selon le code des impôts, si le prix du kilowattheure (kWh) est de 1 tenge (0,002 euros) il sera taxé 25 tenge (0.05 euros), si le prix du kWh est de 25 tenge il sera taxé 1 tenge.
[776] L'ordonnance 169/NK du ministère du Développement numérique du 28 avril 2023, qui complète la loi 193-VII et présente les conditions d'obtention de la licence de minage et les documents à remplir pour l'obtenir.

vierges de toute occupation et activité que doivent désormais être minés bitcoins et consorts. L'adresse précise de la ferme doit figurer dans la demande de licence, sous-entendant sa pérennité. Avec cette réglementation, il devient impossible d'utiliser des dispositifs mobiles, comme ce pouvait être le cas avant. Typiquement, des conteneurs de fret spécialement modifiés et aménagés pour héberger les processeurs pouvaient être utilisés, comme cela est souvent observé dans l'industrie, ce qui rendait l'installation facilement déplaçable et complexifiait sa localisation précise et durable. En forçant la sédentarisation du minage de cryptomonnaies, cette loi tend à permettre une meilleure connaissance et visualisation du déploiement de l'activité au sein du territoire par les autorités.

Dans la continuité de cette logique, il est nécessaire pour obtenir une licence, de fournir des informations spécifiques sur le matériel utilisé et donc le modèle et le numéro de série de chacun des processeurs. Ainsi, la maîtrise de la consommation de ressources électriques et de la localisation de l'activité et jusqu'à la traçabilité de chaque processeur permettrait une mesure complète de la capacité de production de cryptomonnaies déployée par chacun des acteurs déclarés. Il en va de même pour les *pools*, ces services auxquels se connectent les mineurs pour mutualiser leur puissance de calcul et augmenter leur chance de gains. L'article 10 de la loi d'avril 2023 explicite la nécessité pour les mineurs de déclarer le *pool* auquel ils se connectent et que ce dernier doit être agréé par le ministère du Développement numérique[777]. C'est un rouage supplémentaire, et pas des moindres, dans le mécanisme général de régulation du minage. Il permet de vérifier la cohérence avec les informations déclarées par les mineurs sur la proportion de la puissance de calcul engagée, mais aussi de mesurer le montant de cryptomonnaies minées.

Cette connaissance quasi omnisciente de chacune des composantes physiques de l'industrie par les régulateurs permettrait alors théoriquement de mesurer, avec une précision maximale, la consommation électrique et la production de cryptomonnaies de chacun des mineurs installés au Kazakhstan et d'appliquer les taxes nécessaires. Ainsi, chaque *pool* est tenu par la loi de partager le montant de cryptomonnaies minées par chaque mineur[778]. Les mineurs ne sont alors pas imposés directement sur les cryptomonnaies reçues en récompense, mais ils ont l'obligation de les opérer et revendre via des plateformes enregistrées au sein de l'AIFC où s'applique une imposition spécifique. C'est alors qu'intervient la deuxième partie de la loi, qui permettrait de

[777] Portail *EGov*, des services publics kazakhstanais :https://egov.kz/cms/en/services/passEL4-R23_mcriap
[778] Ordonnance n°166/NK du 23 avril 2023.

contrôler, au sens de la surveillance, mais aussi de la maîtrise, non plus seulement les infrastructures physiques de production de cryptomonnaies, mais le produit fini et donc les cryptomonnaies elles-mêmes.

7.2.2. Créer, surveiller et contrôler un marché national des cryptomonnaies

Le deuxième volet de ce cadre juridique tend à encadrer à la fois les cryptomonnaies générées au Kazakhstan via le minage, mais aussi à organiser un secteur et un marché à l'échelle nationale. Le taux de pénétration de l'usage des cryptomonnaies au sein de la population augmente chaque année et les plus de 900 000 Russes arrivés au Kazakhstan pour fuir une potentielle mobilisation militaire et dont les comptes en banque étaient difficilement opérables, ont entraîné des usages ponctuels, mais pouvant être importants, de cryptomonnaies sur le territoire[779]. Le Kazakhstan serait l'une des principales plaques tournantes de biens et flux financiers vers et depuis la Russie, via des canaux alternatifs qui permettent de contourner les sanctions visant le pays[780]. La perspective d'augmentation et de diversification des transactions en cryptomonnaies explique également l'intérêt pour le Kazakhstan de développer une régulation adaptée. Dans la loi, les cryptomonnaies sont qualifiées d'« actifs numériques » (« *цифровые активы* »), définition juridique en vigueur depuis 2020, mais qui, d'après le juriste Aidar Beknazarov, restait orpheline de juridiction dans laquelle être insérée et était difficilement mobilisable[781]. En France, ce statut « d'actif numérique » est également de mise depuis la loi Pacte de 2019, c'est aussi la notion de « *digital asset* » qui est retenue pour le règlement européen MiCA (*Markets in Crypto-Assets*) depuis 2023[782]. En renvoyant les

[779] Le site Statista indique un taux de pénétration de 7.6% en 2023 contre 0.8% en 2020 : https://fr.statista.com/outlook/dmo/fintech/digital-assets/cryptocurrencies/kazakhstan#users
NAJIBULLAH, « Living in fear of the draft, Russian emigres in Kazakhstan have no plans to go home », *RFE/RL Kazakhstan*, 22 janvier 2023, https://www.rferl.org/a/kazakhstan-russian-emigres-ukraine-war/32234453.html

[780] O. AUYEZOV, M. GORDEYEVA, « Exclusive : Russians flood Kazakhstan with sanctions-busting requests – sources », *Reuters*, 17 mars 2023, https://www.reuters.com/business/russians-flood-kazakhstan-with-sanction-busting-requests-sources-2023-03-17/

[781] Le terme d'Actif numérique dans la loi : Loi 193-VII, article 1.
Aidar Beknazarov : rencontré le 16 mars et le 4 juin 2023 à Astana, Kazakhstan. A. Beknazarov a été conseiller juridique sur la rédaction de la loi 173-VII et est conseiller juridique reconnu par l'AIFC.
Ordonnance 407/NK du ministère du Développement numérique « Sur l'approbation des règles relatives à l'émission et à la circulation des actifs numériques sécurisés » du 29 octobre 2020, et qui amende notamment la « loi sur l'Information » de 2015. https://adilet.zan.kz/eng/docs/V2000021546

[782] D LEGEAIS « Les dispositions de la loi PACTE relatives aux actifs numériques et aux prestataires de services numériques ». *La Semaine Juridique Entreprise et Affaires*. 27 juin 2019. n°26, p. 3341.

cryptomonnaies à un statut d'actif financier immatériel et non à celui d'une monnaie, la plupart des juridictions les écartent ainsi d'une possible mise en concurrence avec la monnaie (trans)nationale.

A. Centraliser les flux de cryptomonnaies au sein de l'AIFC

L'encadrement juridique de ces actifs numériques n'est pas directement du ressort de la juridiction nationale, mais de l'Astana International Financial Center (AIFC), un hub financier qui dispose donc de son propre régime juridique. Les cryptomonnaies minées au Kazakhstan ou utilisées par des citoyens kazakhstanais depuis le territoire national doivent désormais obligatoirement transiter par des services enregistrés au sein de l'AIFC, que ce soit des services de portefeuilles numériques ou des plateformes d'échanges. Afin d'opérer au Kazakhstan, ces services doivent obtenir une licence auprès de l'Astana Financial Services Authority (AFSA) en vue de pouvoir créer des partenariats avec les banques du pays, de compter des citoyens kazakhstanais comme utilisateurs ou de tout simplement être accessibles depuis le Kazakhstan. C'est via l'AIFC que sont appliquées les taxes et notamment sur les transactions[783]. Cette absence de licence a valu à Coinbase, l'une des plateformes d'échange de cryptomonnaies les plus utilisées au monde, d'être bloquée au Kazakhstan en novembre 2023[784]. Concrètement, l'AFSA est le régulateur principal sur le territoire de l'AIFC, qui se limite à une partie du quartier « Expo 2017 » d'Astana, au sein duquel résident officiellement les services agréés par l'AFSA. À l'introduction de cette loi, les mineurs de cryptomonnaies qui opèrent sur le territoire kazakhstanais étaient tenus de faire transiter au moins 50 % des cryptomonnaies minées vers ces plateformes. Ce minimum est passé à 75 % au 1er janvier 2024 et atteindra ensuite la totalité de la production. Les mineurs sont alors taxés sur les cryptomonnaies produites lors de leurs échanges à travers ces services.

Ainsi, bien qu'officiellement l'AIFC soit une entité de droit kazakhstanais, il propose un régime juridique indépendant au sein du pays. Inspiré du droit anglais et de sa *common law*, le régime juridique de l'AIFC jouit d'une capacité d'adaptation bien plus rapide et large que le droit national romano-civiliste kazakhstanais.

T BONNEAU « Fasc. 2500 : MICA. – Règlement (UE) 2023/1114 du 31 mai 2023 ». *JurisClasseur Droit bancaire et financier*. 1 septembre 2023.

[783] Article 227-1, paragraphe 1, chapitre 28 du Code des impôts du Kazakhstan.

[784] TONKONOG, Olga, 2023. Почему в Казахстане нет доступа к Coinbase. *Kursiv* [en ligne]. 7 novembre 2023. [Consulté le 27 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : https://kz.kursiv.media/2023-11-07/lgtn-coinbase/

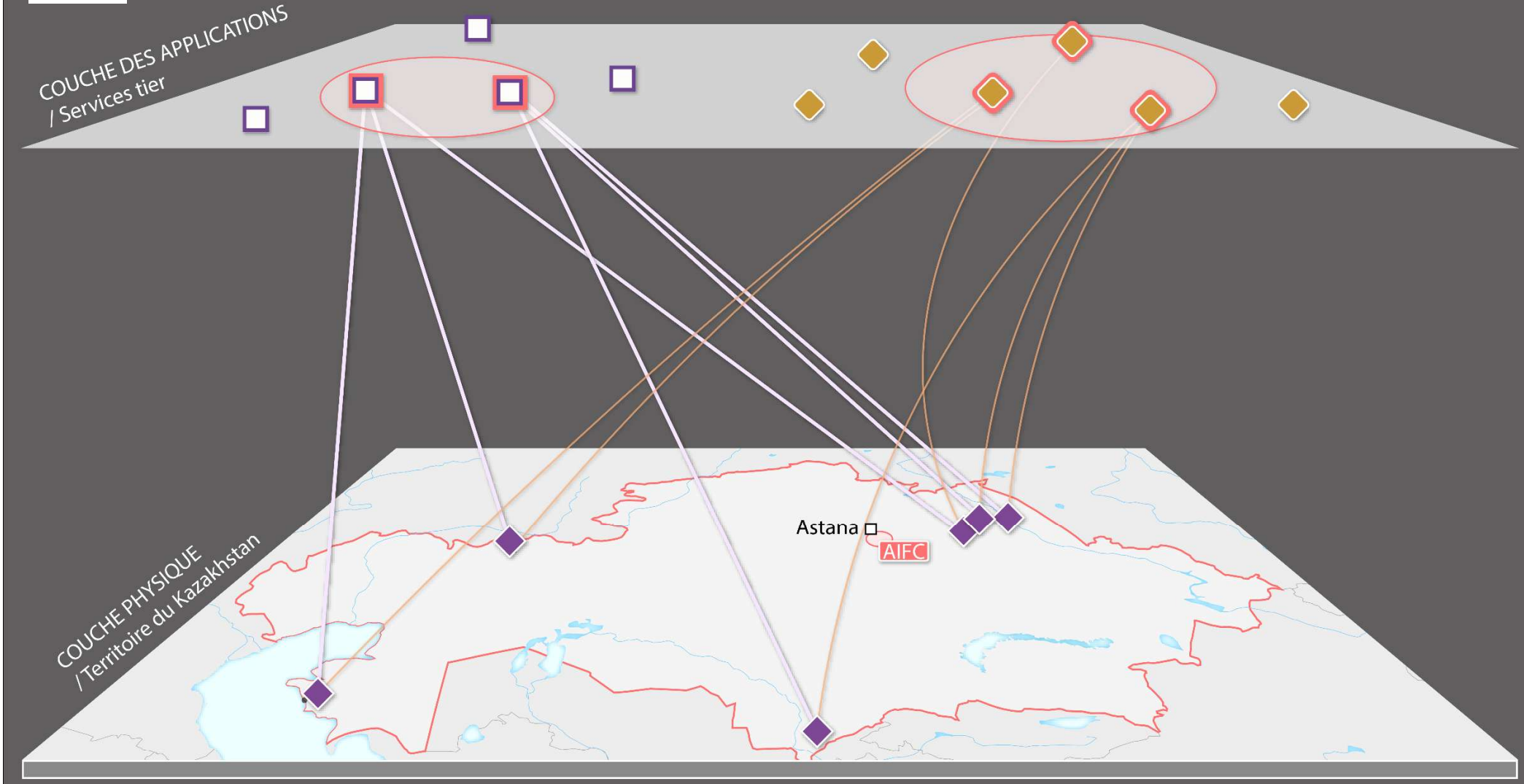
Pour Dauren Karashev, juriste et conseiller sur la rédaction de la loi 193-VII, si cette régulation est imparfaite, la flexibilité apportée par la juridiction du Centre permettra de l'adapter rapidement, ce qui est plus complexe avec le droit national : « *l'objectif est le dialogue avec les acteurs du secteur pour convenir d'un cadre légal le plus efficace possible, qui peut être évolutif tout en étant stable et prévisible* »[785]. Comme le précise Ainur Akhmetova, également juriste et consultante pour la rédaction de la loi, la compétence juridique de l'AIFC se soustrait à celle du Kazakhstan dès lors qu'une infraction relève du droit pénal et donc concerne le droit national[786]. Concrètement, la volonté des autorités kazakhstanaises est d'approcher, via les plateformes de cryptomonnaies enregistrées au sein de l'AIFC, un panoptique des réseaux de transits de cryptomonnaies sur le territoire national, en forçant leur passage par des services enregistrés sur son territoire.Les fournisseurs de services de cryptomonnaies de l'AIFC doivent respecter plusieurs conditions, concernant la gouvernance de leur structure, les produits et services proposés et la sécurité des informations et de leurs utilisateurs. Des postes spécifiques doivent être pourvus, à l'instar d'un Responsable communication de la lutte anti-blanchiment d'argent (MLRO, pour *Money Laundering Reporting Officer*) qui doit être obligatoirement résident du Kazakhstan, ce qui semble donner une importance particulière à l'application et au respect d'un cadre AML/CFT strict[787]. Depuis le 13 octobre 2023, les cryptomonnaies en circulation doivent être approuvées par l'AFSA ou figurer sur la liste des cryptomonnaies déjà approuvées[788]. La stratégie de régulation du Kazakhstan implique l'intégration et la participation d'entités tierces, comme les plateformes d'échange et les *pools* de minage. Nous définissons ici la régulation du secteur des cryptomonnaies au Kazakhstan comme une régulation « à travers » l'infrastructure numérique.Ce concept s'aligne sur la notion de gouvernance de l'Internet « par » l'infrastructure de DeNardis et Musiani (2016), où les États cherchent à renforcer leur contrôle sur l'Internet en s'engageant avec les institutions qui le maintiennent ou le régulent[789].

---

[785] Rencontré le 21 février 2023 à Astana, Kazakhstan.
[786] Rencontrée le 27 mars 2023 à Almaty, Kazakhstan.
[787] *Anti-Money Laundering / Countering Financing of Terrorism*, ensemble d'outils et politiques développés pour la lutte contre le blanchiment des capitaux et le financement du terrorisme.
[788] *AFSA NOTICE № AFSA-F-NB-2023-0007 ON CLASS MODIFICATION*, AFSA, 13 octobre 2023. https://orderly.myafsa.com/articles/afsa-notice-afsa-f-nb-2023-0007-on-class-modification >
Table of Digital Assets approved by the Astana Financial Service Authority to trading on the Digital Asset Trading Facilities licensed in AIFC TO AFSA NOTICE No. AFSA-F-NB-2023-007, AFSA, 13 octobre 2023. https://orderly.myafsa.com/articles/table-of-digital-assets-approved-afsa-notice-no-afsa-f-nb-2023-007
[789] MUSIANI, Francesca et DE NARDIS, Laura, 2016. Governance by Infrastructure. In : MUSIANI, Francesca, COGBURN, Derrick L., DENARDIS, Laura et LEVINSON, Nanette S. (éd.), *The Turn to Infrastructure in Internet Governance* [en ligne]. New York : Palgrave Macmillan US. [Consulté le 10 août 2022]. ISBN 978-1-349-57846-7. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1057/9781137483591.

Ancrer la production et contrôler les flux : au Kazakhstan, la régulation des cryptomonnaies « à travers » l'infrastructure

Carte 14



Hugo Estecahandy, IFG, août 2024.

L'industrie du minage de cryptomonnaies et ses liens avec les services tiers

- Ferme de minage
- Pool de minage
- Plateforme d'échange
- Données de calcul / récompense
- Transactions en cryptomonnaies

Une régulation du secteur des cryptomonnaies « à travers » l'infrastructure

- Pool de minage licencié par l'AIFC
- Plateforme d'échange licensiée par l'AIFC
- AIFC — Territoire de l'AIFC (Astana)
- Une « extension » du territoire de l'AIFC vers le cyberespace ?

Contrairement à l'approche décrite par DeNardis et Musiani, le Kazakhstan ne cherche pas à exercer une influence au sein du réseau Bitcoin, ou de celui d'autres cryptomonnaies, mais cherche plutôt à réglementer les manifestations matérielles de ces réseaux sur son territoire. De Filippi et al. (2022) décrivent la régulation basée sur la blockchain comme une gouvernance « par » l'infrastructure de la blockchain, affirmant que l'architecture des blockchains résiste intrinsèquement à l'intervention extérieure, permettant une forme d'autorégulation par le réseau et ses participants[790]. Cependant, l'approche du Kazakhstan va au-delà de la blockchain elle-même pour englober les entités et les individus qui composent des infrastructures numériques comme Bitcoin, en particulier les services tiers qui ont été greffés sur ces réseaux.

Comme l'illustre la Carte 14, les diverses entités qui supervisent et contrôlent les flux de données y parviennent en intégrant des services tiers qui constituent l'infrastructure numérique de chaque cryptomonnaie. L'AIFC se positionne aux nœuds stratégiques par lesquels les informations circulent, ce qui permet de quantifier la production et les transactions de cryptomonnaies. Ce positionnement permet aux autorités d'appliquer des taxes ou d'imposer des sanctions aux acteurs associés. En résumé, le cadre réglementaire du Kazakhstan combine une surveillance basée sur l'infrastructure et une attention particulière à la production et à l'utilisation des cryptomonnaies. En intégrant des services tiers dans ses mécanismes de gouvernance, l'État assure un degré élevé de contrôle sur les aspects physiques et numériques de l'écosystème des cryptomonnaies.

Le Kazakhstan semble avoir adopté une stratégie visant à domestiquer le secteur des cryptomonnaies en intégrant ses composantes, telles que les fermes de minage et les plateformes d'échange, dans des limites territoriales clairement définies. Les activités de minage numérique sont confinées dans des zones industrielles, tandis que les plateformes d'échange et les portefeuilles numériques sont enregistrés sur le territoire de l'AIFC, ce qui permet de superviser les flux de cryptomonnaies. Cette approche renvoie au concept de « territorialisation » de l'infrastructure numérique, comme nous l'avons discuté dans le Chapitre 2, lorsque nous évoquions les stratégies des plateformes d'échanges et notamment de Binance. En nous appuyant sur le concept de territorialisation du géographe Raffestin, qu'il avait lui-même

[790] DE FILIPPI, Primavera, MANNAN, Morshed et REIJERS, Wessel, 2022. The alegality of blockchain technology. *Policy and Society* [en ligne]. 26 juillet 2022. Vol. 41, n° 3, pp. 358372. [Consulté le 9 janvier 2025]. DOI 10.1093/polsoc/puac006. Disponible à l'adresse : https://academic.oup.com/policyandsociety/article/41/3/358/6529327

construit à partir de la sociologie des organisations de Stourdzé, nous avions vu comment les plateformes d'échange consolidaient leur pouvoir au sein de l'infrastructure Bitcoin en essayant de concentrer un maximum de transactions en bitcoins et les informations relatives aux utilisateurs. En se greffant à ces plateformes et en les intégrant à leur régime juridique aux limites territoriales clairement établies, l'AIFC et les autorités gouvernementales kazakhstanaises semblent également entreprendre une démarche qui pourrait s'apparenter à une stratégie de territorialisation, en forçant la localisation de certaines structures au sein de territoires juridiques qu'ils maîtrisent, que ce soit dans le territoire national kazakhstanais en ce qui concerne le minage numérique et au sein de ce qui pourrait être perçu comme une extension du territoire de compétence juridique de l'AIFC dans la couche des applications des infrastructures numériques de cryptomonnaies (voir Carte 14). Dans la couche des applications, la surveillance et le contrôle kazakhstanais se greffent finalement sur des entités (plateformes, portefeuilles numériques) qui opèrent déjà des processus de territorialisation d'une partie des infrastructures numériques de cryptomonnaies. Cette double approche semble en tout cas intégrer efficacement les dimensions physiques et numériques dans une stratégie territoriale cohérente pour le contrôle et la surveillance des différents secteurs et usages des cryptomonnaies sur le territoire kazakhstanais.

B. Une vitrine régionale d'un Kazakhstan moderne et innovant

Bien que voué à évoluer rapidement, cet encadrement des cryptomonnaies fait office d'exception dans la région. En dehors de leur minage, leur utilisation est interdite (Chine, Ouzbékistan) ou ne dispose tout simplement pas de cadre légal clair (Russie jusqu'en 2024, Kirghizstan). Ainsi, l'AIFC peut apparaître comme un territoire juridique moderne et flexible, enclin au développement de nouveaux marchés et projets, une image dont le Kazakhstan bénéficie par extension et l'une des uniques alternatives régionales crédibles pour les acteurs du secteur des cryptomonnaies qui souhaitent y développer leurs services. Aux restrictions précédemment évoquées inhérentes à la nouvelle législation s'ajoutent plusieurs privilèges, dont l'exonération de TVA pour les licenciés du Centre ainsi qu'une licence « FinLab » pour les services de cryptomonnaies qui leur permettent de mener des expérimentations techniques avec des banques du pays. En plus de l'AFSA, l'AIFC est composé d'un Conseil d'administration, présidé par le président du Kazakhstan, où siègent des personnalités importantes du secteur financier international et du gouvernement, dont les politiques sont appliquées au sein de l'AIFC par son gouverneur et l'Autorité de l'AIFC. Ce « hub juridique »

dispose également d'un tribunal compétent pour les litiges civils et commerciaux et d'un Centre d'arbitrage international pour le règlement de litiges internationaux, d'un *stock exchange*, d'un incubateur de *startups*, d'un programme de projets écoresponsables ou encore d'un centre de formation pour promouvoir le fonctionnement et les compétences de l'AIFC.

L 'AIFC se positionne donc en tant que structure innovante et compétente à la fois au Kazakhstan et à l'international, ce qui semble l'inscrire dans des efforts plus larges déployés par le Kazakhstan pour diversifier son économie et réduire sa dépendance aux rentes pétrolières et gazières. L'AIFC a pour ambition de placer le Kazakhstan, et surtout Astana, comme centre financier et d'investissement en Asie centrale, à l'instar d'autres villes comme Dubaï ou Singapour dans d'autres régions[791]. Pour Ainur Akhmetova, l'AIFC est né de la volonté de créer un équivalent kazakhstanais du Dubai International Financial Center (DIFC), établi en 2004, avec lequel il partage de nombreuses similitudes. En 2007 avait été créé l'Almaty Regional Financial Center (AFRC), une tentative infructueuse du *hub* financier au Kazakhstan dont l'échec aurait permis de mieux concevoir l'AIFC d'après son ancien directeur[792].

7.2.3. Les effets de la loi 193-VII sur le minage de cryptomonnaies et le secteur du numérique au Kazakhstan

Finalement, loin d'avoir créé un terreau fertile pour faire du minage de cryptomonnaies une industrie nationale, l'application de cette loi, couplée à la répression gouvernementale déployée contre l'industrie en 2021 et 2022, a fait grandement diminuer le nombre de mineurs numériques sur le territoire.

A. Réductions et effet de concentration

D'après les chiffres du ministère du Développement numérique, il y avait 90 entreprises qui déclaraient faire du minage numérique au Kazakhstan en décembre 2021[793]. Le 8 juillet 2022, alors qu'officiellement les fermes de minage ne sont toujours pas autorisées à reprendre du service après le *blackout* de janvier, le Ministère annonçait que 110 entreprises déclaraient avoir

[791] J. LILLIS, « Kazakhstan: Will Astana's financial gamble pay off? », *Eurasianet*, 7 août 2018. https://eurasianet.org/kazakhstan-will-astanas-financial-gamble-pay-off
[792] J. LILLIS, *op. cit.*
[793] gov.egov.kz. « По индустрии майнинга в Казахстане », 10 décembre 2021. https://betaegov.kz/memleket/entities/infsecurity/documents/details/243285.

entrepris des activités de minage (voir Annexe 2)[794]. En janvier 2023, juste après l'entrée en vigueur d'un nouvel amendement qui impose une taxe sur l'électricité consommée pour du minage numérique et l'annonce présidentielle d'une loi qui encadrera l'industrie, ce chiffre tombait à 47. À la fin du mois d'août 2023, cinq mois après l'entrée en vigueur de la loi 193-VII, seules 10 entreprises déclaraient une activité de minage numérique, chiffre qui augmente jusqu'à 50 le 28 février 2024. Il a été possible de retrouver les adresses juridiques de la plupart de ces entreprises, en croisant leur nom ou leur numéro INN, un identifiant national, avec le registre kazakhstanais des greffes ou un tableur édité par l'un de mes contacts au Kazakhstan sur lesquels figuraient toutes les informations qu'il avait pu trouver sur les fermes qu'il a identifiées jusqu'au 7 novembre 2022. Ces adresses ne permettent pas de savoir où sont situées la ou les fermes de l'entreprise ni la taille et la puissance de ces dernières. Par ailleurs, étudier la répartition géographique de ces adresses dans le temps permet de mettre en lumière certains phénomènes, notamment une concentration de la domiciliation des entreprises de minage numérique dans la capitale Astana.

Cela s'explique par la disparition de nombreux projets de minage qui ont subi les fermetures forcées des installations de minage numérique en 2021 et 2022, dont les propriétaires ont tout simplement abandonné leur projet ou ont relocalisé leur activité dans un autre pays. L'employé de l'entreprise de minage de cryptomonnaies européenne qui avait installé une ferme au Kazakhstan (voir Chapitre précédent) a conclu l'entretien avec un jugement brutal sur son expérience kazakhstanaise : « le Kazakhstan, plus jamais ». Ainsi, même avec des conditions optimales potentiellement réunies au Kazakhstan pour le minage numérique, la confiance dans le pays semble brisée pour certains acteurs étrangers.

Pour d'autres, qui ont décidé de continuer leur activité dans le pays, les difficultés rencontrées pour satisfaire la nouvelle réglementation nationale ont eu raison de leur projet. Bien que le gouvernement indiquait offrir un « pardon » aux mineurs de cryptomonnaies ayant développé leur projet dans l'illégalité avant 2023 et était prêt à les laisser continuer leur activité dans la conformité, les coûts et moyens nécessaires pour respecter les conditions de la loi 193-VII étaient hors de portée pour nombre d'entre eux. Ainsi, certains ont tout simplement remis leur

[794] KAZBAEV, Alikhan, 2022. 330 организаций официально занимаются майнингом в Казахстане. *Inbusiness.kz* [en ligne]. 20 juillet 2022. [Consulté le 5 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://inbusiness.kz/ru/news/330-organizacij-oficialno-zanimayutsya-majningom-v-kazahstane

puissance de calcul entre les mains d'entreprises plus importantes qui entraient en conformité avec la loi.

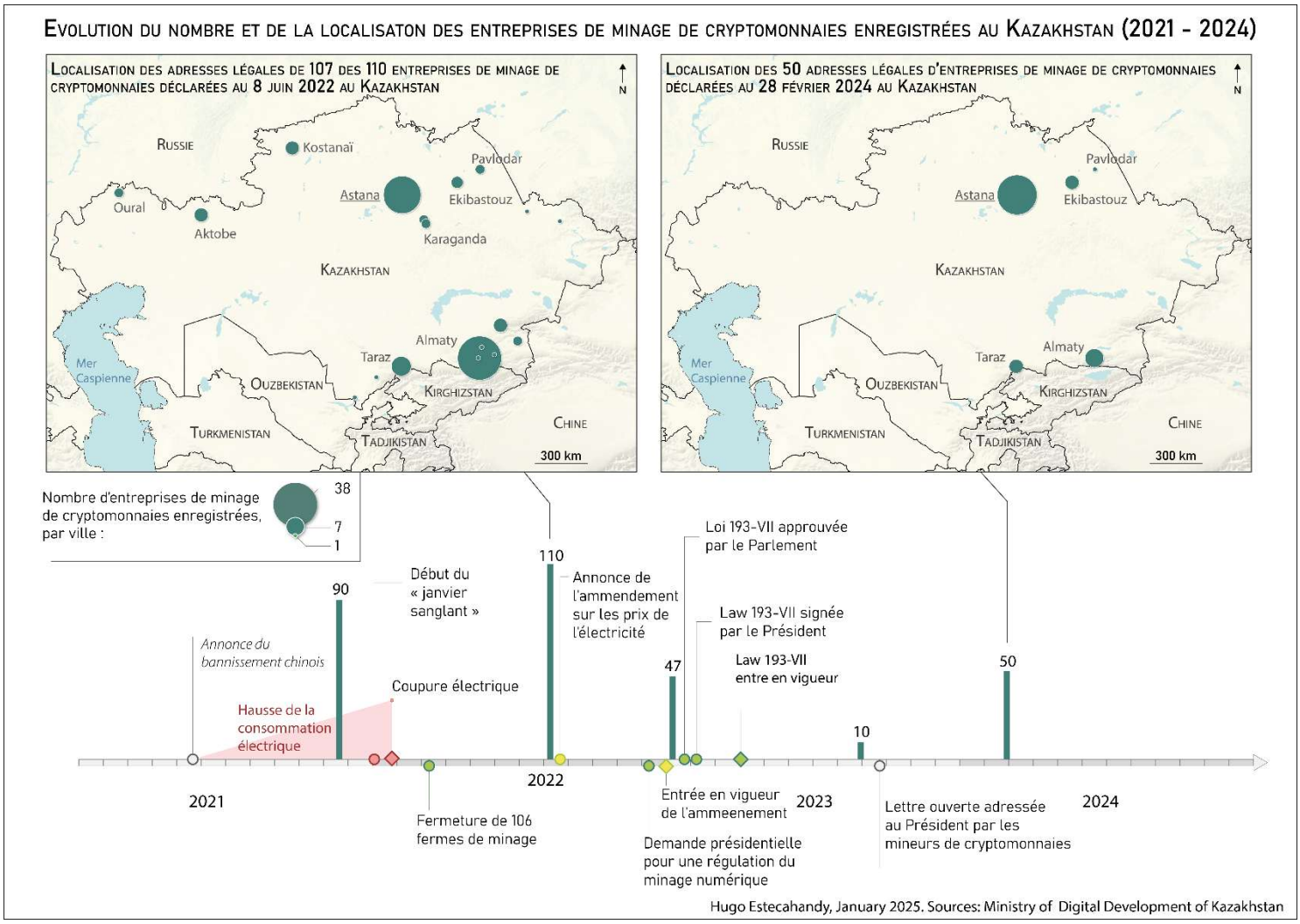


Planche 8

Mais même pour les entreprises les plus importantes du secteur, les conditions sont difficilement réunies pour exercer leur activité de manière efficiente. La ferme d'Enegix ne fonctionne qu'à 60% de ses capacités en 2023 sur des plages horaires autorisées. En septembre 2023, moins de cinq mois après l'entrée en vigueur de la loi n° 193-VII, les représentants de plusieurs entreprises de minage numérique ont rédigé une lettre ouverte au président Tokaïev, l'exhortant à réduire la fiscalité du secteur, qui, selon elles, entrave la rentabilité[795].

[795] BEKZHANOV, Dayrabay, 2023. Компании-майнеры пожаловались Токаеву на «непосильную плату за цифровой майнинг». *Digital Business* [en ligne]. 28 septembre 2023. [Consulté le 27 janvier 2025]. Disponible à l'adresse : https://digitalbusiness.kz/2023-09-28/kompanii-mayneri-pozhalovalis-tokaevu-na-neposilnuyu-platu-za-tsifrovoy-mayning/

B. Vers l'émergence de nouveaux acteurs du numérique ?

Bien que l'avenir du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan semble compromis, l'essor de l'activité a vu émerger de nouveaux acteurs du numérique. Certains mineurs kazakhstanais, après une première expérience locale, ont étendu leurs opérations à l'étranger, abandonnant parfois leurs activités dans le pays d'origine ou les poursuivant sous d'autres formes. Xive, fondée en 2018 par deux entrepreneurs kazakhstanais, illustre cette dynamique. Son fondateur, Didar Bekbauov, a régulièrement communiqué sur les réseaux sociaux, commentant la fermeture de trois fermes dans le sud du Kazakhstan par les autorités en novembre 2021, puis l'ouverture d'opérations à Kyoto (Japon) et Houston (Texas)[796]. Dès mai 2022, Xive annonçait un projet de ferme de 36 MW au Kazakhstan, alimentée par du gaz naturel[797]. En juillet, Bekbauov publiait une photographie confirmant son implantation à Aktaou, sur la Caspienne. Cette initiative suggère que le réseau électrique de l'ouest du Kazakhstan, isolé du reste du pays et alimenté uniquement par des centrales à gaz (voir Carte 11), pourrait favoriser le minage de cryptomonnaies[798]. Contrairement aux réseaux du Nord et du Sud, interconnectés avec les voisins et reposant sur une énergie fossile plus diversifiée, celui de l'ouest fonctionnait longtemps en vase clos avant son raccordement à la Russie dans les années 1990.

En croisant une photographie partagée par Bekbauov sur Twitter et des images satellites, il est possible de retrouver l'emplacement du projet[799]. Ainsi, la ferme de Xive est installée près d'un transformateur de l'entreprise KazAzot, alimenté par une centrale à gaz d'Aktaou. Dès octobre 2021, un employé de KazAzot témoignait de la présence de cette installation sur un forum[800]. L'entreprise KazAzot est détenue par les oligarques Timour Koulibaïev, Yerlan Dostibaïev et Dinmukhamet Idrissov. Ce dernier a vu ses parts (85 %) revendues en janvier 2022, sans empêcher la poursuite du projet, confirmée par Bekbauov en juillet de la même année[801]. Bien qu'aucune information n'ait ensuite confirmé le fonctionnement effectif de la ferme, cette annonce met en avant le gaz de l'ouest kazakhstanais comme ressource potentielle pour le minage numérique. Ici, l'électricité est produite en centrales, distribuée via le réseau et la ferme de Xive s'appuie sur l'infrastructure de KazAzot.

---

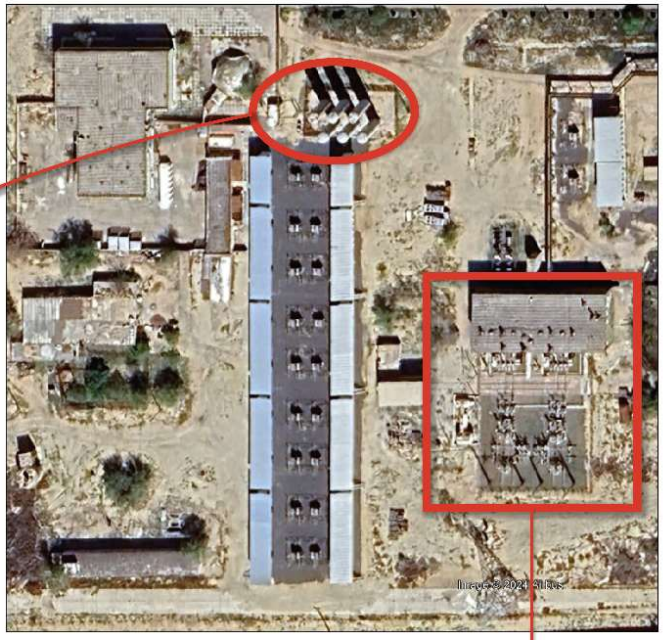
[796] https://xive.io/en/about
[797] https://x.com/didar_bekbau/status/1525884993272160262
[798] Exclusivement alimenté par des centrales au gaz, exception faite de la seule centrale nucléaire qu'ait connue le Kazakhstan, celle d'Akatou qui ne produisait que 350 MW entre 1973 et 1999. Voir : https://www.gem.wiki/Aktau_nuclear_power_plant
[799] Coordonnées de la ferme : 43.61962924901453, 51.26421920666053
[800] Uldur. « Майнинг ферма криптовалюты в Актау », 14 octobre 2021. https://yvision.kz/post/mayning-ferma-kriptovalyuty-v-aktau-947075.
[801] Kursiv Media Казахстан. « Кулибаев и партнеры продали 85% акций «Казазота» », 17 janvier 2022. https://kz.kursiv.media/2022-01-17/kulibaev-i-partnery-prodali-85-akciy-kazazota/.

Le projet de ferme de minage de Xive à Aktaou, alimentée par une électricité générée à partir de gaz naturel

Capture d'écran du tweet de Didar Bekbauov. Eléments sur la photographie entourés par l'auteur du tweet.



Capture d'écran de l'image satellite de la ferme de Xive, retrouvée sur Google Earth grâce aux élements visibles sur le tweet ci-joint., dans une zone industrielle pétro-chimique d'Aktaou. Source images : Airbus, 17 avril 2023.



Sous-station électrique, distribue et transforme l'électricité pour les industries de la zone. Connectée à la centrale électrique d'Akatou qui fonctionne au gaz.

Hugo Estecahandy, octobre 2024.

Planche 9

Depuis, Xive ne communique plus sur ses fermes kazakhstanaises. Mais Bekbauov indiquait en 2023 que l'entreprise envisageait d'héberger de la puissance de calcul pour l'IA générative, suivant la trajectoire de sociétés comme Hive au Canada, qui a changé son nom en Hive Digital Technologies en juillet 2023 pour marquer une diversification de ses activités sans abandonner le minage[802]. Comme dans l'Arctique russe (voir Chapitre 5), le minage alimenté au gaz s'accompagne parfois d'installations « *off-grid* ».

Une autre entreprise qui représente une étude de cas intéressante pour ces nouveaux acteurs du numérique qui ont émergé grâce au minage de cryptomonnaies et à la maîtrise des énergies au

[802] HUNT, James, 2023. Mining 2.0: Repurposing crypto rigs for AI. *The Block* [en ligne]. 13 juillet 2023. [Consulté le 28 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.theblock.co/post/239493/mining-2-0-repurposing-crypto-rigs-for-ai
MANOYLOV, MK, 2023. Crypto miner Hive joins AI bandwagon, dumps blockchain from name. *The Block* [en ligne]. 12 juillet 2023. [Consulté le 28 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.theblock.co/post/239271/crypto-miner-hive-joins-ai-bandwagon-dumps-blockchain-from-name
Hive Digital Technologies. « HIVE Digital Technologies Ltd », 11 juillet 2023. https://hivedigitaltechnologies.com.

Kazakhstan est AQ Group[803]. Le Directeur technique d'AQ Group, Kairat Sultanov, témoignait de la stratégie de l'entreprise lors d'un entretien en mars 2023, dans les bureaux de l'entreprise à Astana. Bien que le siège soit situé à Dubaï, il présentait AQ Group comme une « entreprise familiale », active dès les années 1990 dans le transport de gaz et hydrocarbures pour le marché domestique, avant de se spécialiser dans l'extraction à Aktobe (voir Carte 11). L'entreprise a ensuite décidé de produire sa propre électricité à partir de gaz pour alimenter des processeurs de minage. En 2020, elle lançait ainsi sa première ferme avec des générateurs à piston fonctionnant au gaz :

> « Nous avons commencé avec une première installation de 6 mégawatts en août 2020. Nous avons vu que cela fonctionnait bien, alors nous avons doublé la puissance en décembre 2020 pour atteindre les 12 MW, et les 24 MW en mars 2021. Nous avons décidé de construire une deuxième ferme, toujours à Aktobe, qui a été lancée en avril 2021 avec 12 MW de puissance, et nous avons augmenté la puissance de 14 MW par trois fois, pour atteindre les 54 MW en juin 2022. C'est également la puissance que nous avons installée dans notre ferme de Karanganda, lancée en juin ». Kairat Sultanov, le 17 mars 2023, à Astana.

Ce projet, prévu plus tôt, fut retardé par les événements de janvier 2022, selon Sultanov et les négociations ayant permis la mise en route de la ferme de Karaganda en juin 2022 restent inconnues. Les retards liés à la crise énergétique n'auraient toutefois pas touché les installations d'Aktobe et cela s'explique par les modalités d'alimentation électrique de chacun des projets.

Sur le site web d'AQ Group, trois fiches présentent les fermes de minage de l'entreprise, chacune accompagnée de photographies. L'analyse de ces photographies, croisées des images satellites, permet de confirmer l'implantation de la ferme n°2 à Aktobe et de la ferme n°3 à Karaganda (voir Figure 3), mais pas celle de la ferme n°1. Toujours en croisant ces photographies avec des images satellites, il est possible de retrouver leur localisation (voir Planche 10). La ferme n°2, construite entre septembre 2020 et avril 2021, est reliée par un sillon à une unité de distribution locale de gaz. Les photographies montrent les générateurs à pistons, absents des conduites visibles sur satellite. Son organisation spatiale rappelle d'autres fermes (voir Carte 12), à la différence qu'elle est alimentée par une conduite de gaz qui dessert les générateurs, lesquels fournissent ensuite l'électricité aux ASICs[804].

[803] Site d'AQ Group : https://aq-group.io/ru

[804] Les générateurs visibles sur les images semblent être le modèle XGC1900 de l'entreprise états-uniene Caterpillar : https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/electric-power/mobile-generator-sets/105220.html

La ferme de Karaganda, en revanche, est raccordée à une ligne haute tension tirée vers un transformateur local. Bien qu'une centrale photovoltaïque soit intégrée au réseau régional (voir Carte 11), la majeure partie de l'électricité provient de centrales à charbon, notamment la TETs-3 de Karaganda, propriété de la famille Idrissov. Cette réalité contraste avec le discours de Sultanov et la communication de l'entreprise, centrés sur le gaz naturel présenté comme « énergie verte ». La ferme de Karaganda se situe d'ailleurs à proximité de sites liés à Genesis DA et aux usines de Yerlan Nigmatuin (voir section précédente).

Sultanov soulignait qu'au Kazakhstan, le minage branché sur le réseau public est mal perçu, car il est susceptible de provoquer une hausse des prix et de fragiliser le système électrique. L'argument de développer des fermes indépendantes du réseau, alimentées par le gaz, viserait à contourner ces critiques. En septembre 2024, pour ses 30 ans, AQ Group publiait un bilan retraçant son histoire et présentant ses projets futurs. Deux axes complémentaires sont mis en avant : la production d'« énergie verte » et la construction d'infrastructures numériques[805]. L'entreprise prévoit notamment un champ éolien dans le col d'Alataw à partir de 2024 (600 à 1 300 MW), des champs photovoltaïques dans le sud du pays (500 MW), et des batteries de grande capacité.

En parallèle, AQ Group développe trois types d'infrastructures: fermes de minage, centres de calcul pour l'IA et *datacenters* pour le stockage de données numériques. AQ Group, en alimentant ses fermes avec son propre gaz naturel, a ainsi échappé aux restrictions sur le minage de cryptomonnaies. Ce recours à une énergie présenté comme « verte » est pleinement intégré à la communication de l'entreprise, cela afin de d'attirer des investisseurs pour l'ensemble de ses projets numériques, bien que notre investigation sur le sujet ait révélé que l'une de leurs infrastructures semble très fortement alimentée par de l'énergie carbonée.

[805] AQ GROUP, 2024. *AQ Group. Creating the Digital Future* [en ligne]. 16 septembre 2024. [Consulté le 12 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://aq-group.io/storage/app/media/aqgroup-16%20sept%202024.pdf

Deux fermes de minage d'AQ Group, basées sur des ressources différentes

A.1. Photographie de la ferme n°1 d'Aktobe (gaz)



B.1. Photographie ferme de Karaganda (charbon)



A.2.1. Image satellite de la ferme n°1 d'Aktobe



B.2. Image satellite de la ferme de Karaganda





A.2.1. Logo d'AQ Group visible sur la ferme depuis Google Street View

B.3. Une installation connectée au réseau électrique local, basé sur du charbon



Transformateur électrique local

Ligne haute tension tirée pour la construction de la ferme

A.3. Une installation de connectée au réseau local de gaz



Distributeur gazier local

Conduite de gaz enterrée

Hugo Estecahandy, IFG, octobre 2024.

Sources : AQ Group (aq-group.io) ; Google Earth ; Airbus

Ces études de cas du Xive et AQ Group révèlent deux tendances importantes qui concernent les acteurs du minage de cryptomonnaies, que nous avions commencé à apercevoir avec le cas de la Russie. D'une part, nous pouvons noter la diversification des activités d'acteurs du numérique ayant tout d'abord émergé par le minage de cryptomonnaies, pour ensuite proposer différents types de services en lien avec de la puissance de calcul informatique, et en premier lieu l'IA générative dont la demande en calcul informatique augmente. L'autre tendance, qui est mise en avant par le cas d'AQ Group, est la subsistance de ces nouveaux acteurs du numérique grâce à la maîtrise des énergies et surtout à la production de leur propre électricité. Pouvant alimenter des infrastructures numériques en « *off-grid* », ils sont épargnés des crises qui touchent le réseau national comme en 2021-2022. L'entreprise, initialement tournée vers les hydrocarbures, se positionne désormais comme acteur clé des infrastructures numériques au Kazakhstan, dans un secteur de plus en plus stratégique politiquement. Car le gouvernement kazakhstanais met de plus en plus en avant le numérique comme pilier de souveraineté. En mars 2025, le ministère du Développement numérique annonce la construction de *datacenters* en partenariat avec l'entreprise hongkongaise GK Hyperscale (200 MW)[806].

Conclusion du Chapitre 7

Ce chapitre a permis de mettre en lumière, au-delà des dépendances du Kazakhstan à des infrastructures transfrontalières de connectivité étudiées dans le chapitre précédent, les dynamiques technopolitiques du minage de cryptomonnaies internes au pays, en examinant à la fois les pratiques d'acteurs influents et les régulations mises en place par l'État pour encadrer ce secteur.

L'analyse des réseaux d'acteurs, et de leurs stratégies, derrière le développement de certaines fermes de minage a révélé comment certaines élites politico-économiques ont su exploiter leur accès privilégié aux infrastructures énergétiques pour générer des rentes financières, directement ou indirectement issues du minage numérique. Par la même, ces derniers ont pu consolider leur pouvoir, dans un contexte où la captation des ressources publiques reste un enjeu

[806] MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT NUMÉRIQUE, DES INNOVATIONS ET DE L'INDUSTRIE AÉROSPATIALE DU KAZAKHSTAN, 2025. Kazakhstan to Build Largest Hyperscale Data Centers. *gov.egov.kz* [en ligne]. 28 mars 2025. [Consulté le 12 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://betaegov.kz/memleket/entities/mdai/press/news/details/965146

central du système politique postsoviétique, une dynamique grandement continuée et renforcée sous l'ère Nazarbaïev.

Au-delà de la mise en lumière de ces dynamiques opaques, notre approche a permis de rendre compte de l'instrumentalisation, par les autorités, des liens entre ces personnalités politico-économiques et le minage de cryptomonnaies dans une stratégie de dénonciation publique. En effet, la communication de l'État a mis en avant le rôle d'accélérateur du minage numérique dans la crise énergétique que le Kazakhstan a traversée en 2021/2022, et y a également associé les noms d'acteurs de la galaxie Nazarbaïev avec lesquels elle souhaitait régler des comptes politiques. Ces dénonciations venaient ajouter des accusations publiques à des personnalités faisant déjà l'objet d'une stratégie plus globale de disgrâce et de déracinement des secteurs clés de l'économie kazakhstanaise.

Ensuite, l'étude de la mise en place de la loi 193-VII en avril 2023 permet de comprendre comment elle s'inscrit dans une volonté étatique de réaffirmer son contrôle sur cette industrie, à travers des mécanismes de régulation qui reposent autant sur l'encadrement physique des infrastructures de minage que sur la surveillance numérique des flux de cryptomonnaies. Si cette loi marque une tentative de structuration du secteur, ses effets immédiats ont conduit à un étouffement significatif de l'industrie du minage dans le pays, entraînant une réduction drastique du nombre d'acteurs présents sur le territoire. L'avenir de l'industrie du minage numérique dans le pays demeure incertain, notamment avec cette régulation très contraignante.

Pour autant, l'analyse des formes et instruments de cette régulation est intéressante à plus d'un titre. D'une part, elle montre une démarcation claire entre les champs de compétence de ministères régaliens et de l'AIFC, entre l'encadrement d'une industrie énergivore et de sa consommation de ressources et la volonté de créer un espace numérique sécurisé et souverain pour l'usage de cryptomonnaies sur le territoire kazakhstanais. D'autre part, elle permet de comprendre, notamment par une visualisation cartographique, comment les outils de contrôle et de surveillance sont greffés à des nœuds préexistants de réseaux, électriques ou numériques, auxquels est connecté le secteur des cryptomonnaies. Cette dernière approche offre un apport particulièrement novateur puisqu'elle permet de rendre visible cette stratégie gouvernementale d'encadrement du secteur « à travers » l'infrastructure numérique, en se positionnant sur des composantes de l'infrastructure, notamment des services tiers tels que les plateformes d'échange.

Ce chapitre a permis de considérer le minage de cryptomonnaies comme un secteur révélant les fonctionnements et stratégies de certains réseaux d'acteurs, et donc des enjeux internes au Kazakhstan. Il permet également l'analyse de cette industrie comme étant elle-même un enjeu politique et stratégique, puisqu'il s'inscrit au cœur des logiques de pouvoir, révélant les tensions entre captation des ressources par les élites, intervention de l'État et restructuration d'industries numériques globales à l'échelle locale. Cette réflexion ouvre ainsi la voie à de futures recherches sur l'évolution de réseaux politiques locaux.

De plus, notre étude de cas sur le Kazakhstan a révélé l'émergence de nouveaux acteurs du numérique, notamment dans le calcul informatique haute intensité, qui pourraient bénéficier au développement de projets nationaux, notamment en ce qui concerne l'IA. Ces acteurs se sont construits un savoir-faire technique grâce au minage de cryptomonnaies et peuvent désormais se positionner comme des acteurs de premier plan dans un secteur de plus en plus stratégique grâce à leur maîtrise des énergies.

Ces deux chapitres ont permis d'appliquer la méthode géopolitique pour analyser les enjeux du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan en profondeur. Plusieurs dynamiques qu'il nous a permis de révéler tiennent à la particularité de réseaux d'acteurs qui ont construit leur pouvoir sur la privatisation d'une partie de l'héritage technique soviétique, ce qui était également le cas en Sibérie (voir Partie II). Le Chapitre suivant, focalisé sur le Kirghizstan, va permettre d'apporter un éclairage sur un autre modèle de développement du minage de cryptomonnaies sur des infrastructures énergétiques, puisque ces dernières ne sont n'ont pas été capturées par des acteurs privés à la chute de l'URSS, et son restées dans le domaine de compétence de l'Etat kirghizstanais. Pour autant, malgré les restrictions officielles qui concernent le développement du minage numérique, l'activité a pu émerger, dans des proportions bien moindre qu'en Sibérie ou qu'au Kazakhstan, grâce à des réseaux d'acteurs directement présent au sein de l'appareil étatique kirghizstanais.

Chapitre 8. Au Kirghizstan, un minage de cryptomonnaies informel au centre d'enjeux politiques et énergétiques

Ce dernier chapitre offre une étude de cas sur le développement du minage de cryptomonnaies au Kirghizstan, l'un des deux autres pays centrasiatiques touchés par le *blackout* de 2022, apothéose d'une situation de stress énergétique qui, si elle concernait tous les pays connectés au CAPS (Central Asian Power System), a davantage impacté le Kirghizstan. Pour autant, plusieurs fermes de minage de cryptomonnaies en fonctionnement ou en projet ont été découvertes dans le pays, malgré d'importantes restrictions sur l'accès à l'électricité : dès novembre 2021, l'électricité était rationnée dans certaines régions du Kirghizstan. À cette période, à l'orée d'un hiver qui mettrait à rude épreuve un réseau électrique à bout de souffle, des dispositions drastiques ont été prises à l'encontre de certains clients. Dans la région d'Och (voir Carte 15), des employés de la compagnie électrique locale se sont introduits chez les habitants afin de sceller certains appareils électriques, à l'instar de chauffages d'appoint, afin de s'assurer qu'ils ne dépassent pas la limite de consommation électrique qui leur est attribuée[807]. Aux alentours de Bichkek, la capitale, des résidents en sont venus à bloquer une route afin de protester contre la coupure abrupte du courant dans leur quartier (composé d'habitations sauvages qui ont émergé en grand nombre au début des années 1990 et du premier grand exode rural qu'ait connu le pays souverain)[808].

Du point de vue de son électricité, le Kirghizstan est doublement pénalisé par des dépendances infrastructurelles. D'une part, le pays tire 90% de sa production électrique de barrages hydroélectriques, qui ne permettent pas une production stable sur la totalité de l'année, et dont la ressource hydrique a tendance à se raréfier avec le réchauffement climatique tout en devant être partagée avec des pays, et leurs enclaves, en aval. D'autre part, les déficits électriques du Kirghizstan se doivent d'être comblés par des échanges en énergie avec les pays voisins, grâce au CAPS et donc à des infrastructures électriques désuètes, qui pèsent grandement dans les relations diplomatiques et les négociations d'échanges transfrontaliers de ressources, surtout hydrauliques, et donc dans la stabilité géopolitique de la région. En effet,

[807] BYYBOSSUNOV, Aybek, 2021. Опечатанные обогреватели. Поможет ли мера преодолеть энергетический кризис? *Radio Azattyk* [en ligne]. 19 novembre 2021. [Consulté le 22 février 2025]. Disponible à l'adresse : https://rus.azattyk.org/a/31568932.html
[808] *Ibid*.

bien qu'une prise de distance soit nécessaire avec l'alarmisme généralement rattaché à cette question, le partage de l'eau est à l'origine de tension entre les Kirghizstan et ses voisins, en premier lieu le Tadjikistan, avec lequel des conflits armés ont parfois éclaté à l'instar de l'incursion de l'armée tadjike au sud du pays qui avait fait plus d'une centaine de morts en septembre 2022[809].

Pour autant, au Kirghizstan, bien que l'électricité soit une ressource en sursis, conditionnée par la disponibilité hydrique et les relations avec les pays voisins, des fermes de minage de cryptomonnaies sont en fonctionnement et certaines d'entre elles sont branchées au réseau électrique national, grâce à l'engagement de figures politiques importantes. Le 6 mars 2024, en pleine réunion parlementaire, le ministre kirghiz de l'Énergie Taalaïbek Ibraev reconnaissait l'existence d'au moins 22 fermes de minage de cryptomonnaies au Kirghizstan[810]. Cette information venait alors contredire le discours qu'il tenait depuis un an, à savoir qu'une seule de ces installations était présente sur le territoire national, elle-même au centre de critiques de certains élus. En 2019, le pays, déjà en stress électrique, avait lancé une importante campagne de démantèlement des fermes numériques présentes sur son territoire, 28 dès le 1er août[811], 45 au 20 septembre[812]. S'il n'y a pas de loi ou de décret à proprement parler qui interdit le minage de cryptomonnaies sur le territoire kirghiz, à cette époque, la holding d'État qui englobe les actifs étatiques du secteur de l'énergie dans le pays, la National Energy Holding Company (NEHC), avait émis une interdiction qui a été appliquée par les forces de l'ordre[813].

Si le minage de cryptomonnaies a perduré au Kirghizstan, c'est donc à la faveur de projets de micro centrales hydroélectriques privées ou de l'implication de personnalités politiques. Car,

---

[809] FERRANDO, Olivier, 2022. Kirghizstan et Tadjikistan : les effets funestes de la militarisation des frontières. *The Conversation* [en ligne]. 3 octobre 2022. [Consulté le 30 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : http://theconversation.com/kirghizstan-et-tadjikistan-les-effets-funestes-de-la-militarisation-des-frontieres-191379

[810] PETCHENKO, Ilia, 2024. Майнинг-фермы vs население КР в условиях энергокризиса: кто важнее для государства? *Economist.kg* [en ligne]. 11 mars 2024. [Consulté le 12 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://economist.kg/enierghietika/2024/03/11/mainingh-fiermy-vs-nasielieniie-kr-v-usloviiakh-enierghokrizisa-kto-vazhnieie-dlia-ghosudarstva/

[811] *AKIPRESS, 2019. 28 cryptocurrency mining companies disconnected from power supply in Kyrgyzstan. AkiPress [en ligne]. 1 août 2019. [Consulté le 7 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.for.kg/news-594403-en.html*

[812] PARTZ, Helen, 2019. Kyrgyzstan Cuts Off Power to 45 Crypto Miners for Overconsumption. [en ligne]. 20 septembre 2019. [Consulté le 7 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://cointelegraph.com/news/kyrgyzstan-cuts-off-power-to-45-crypto-miners-for-overconsumption

[813] DZHANYKULOVA, Bermet, 2021. Майнинг-фермы: запретить нельзя разрешить — Precedentinfo. *Precedentinfo.kg* [en ligne]. 22 septembre 2021. [Consulté le 7 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20210922070052/https://precedentinfo.kg/2021/09/21/majning-fermy-zapretit-nelzya-razreshit/

contrairement au Kazakhstan ou à la Russie, précédemment étudiés, la quasi-totalité de la génération et de la distribution d'électricité du réseau national est détenue par l'État, respectivement au travers d' « Elektritchetskie Stantsiï » (« Centrales électriques ») et de « NESK » (« Réseaux électriques du Kirghizstan »). Les réseaux d'acteurs qui ont permis le développement du minage de cryptomonnaies informel impliquent donc quasi systématiquement des personnalités des autorités kirghizstanaises, jusqu'aux plus hautes sphères du pouvoir. Ainsi, c'est en partie via la corruption et l'implication d'acteurs publics que le minage numérique est développé dans ce petit pays montagneux de moins de 200 000 km² et peuplé de 7 213 000 habitants en 2024[814], majoritairement concentrés dans la capitale Bichkek et à Och (sud-ouest). Les spécificités du développement du minage numérique au Kirghizstan, intrinsèquement liés à l'exercice local du pouvoir et à la géographie physique du pays, offrent une dernière étude de cas complémentaire.

À la différence de la Russie et surtout du Kazakhstan là encore, le Kirghizstan n'a pas connu de longue continuité présidentielle, son histoire récente en tant que pays indépendant ayant été marqué par plusieurs destitutions de Présidents et révolutions. Le premier président du Kirghizstan fut Askar Akaïev. En 2005, d'importantes manifestations populaires, connues sous le nom de « Révolution des Tulipes », alimentées par des accusations de népotisme et de corruption, entraînent sa chute[815]. La même année, Kourmanbek Bakiev, ancien Premier ministre d'Akaïev, prend sa relève, avant de devoir fuir le pays et démissionner cinq ans plus tard en 2010, également suite à un important mouvement révolutionnaire et des affrontements faisant plus d'une centaine de morts[816]. La présidence suivante est assumée par Almazbek Atambaïev jusqu'en 2017, avant d'être remplacé par Sooronbay Jeenbekov qui, accusé de fraudes électorales, doit se résoudre à quitter le pouvoir en 2020 face à d'importantes manifestations[817].

[814] WORLDOMETER. Kyrgyzstan Population (2025). Worldometer [en ligne]. [Consulté le 7 avril 2025]. Disponible à l'adresse : http://www.worldometers.info/world-population/kyrgyzstan-population/
[815] HODGE, Nathan, 2010. Unrest in Central Asia: 2005 Redux, or a Dangerous Turn of Events? *Wired* [en ligne]. 8 avril 2010. [Consulté le 7 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.wired.com/2010/04/unrest-in-central-asia-2005-redux-or-a-dangerous-turn-of-events/
[816] *Ibid*.
[817] WALKER, Shaun, 2020. Kyrgyzstan election: prime minister resigns after result invalidated amid protests | Kyrgyzstan | The Guardian. *The Guardian* [en ligne]. 7 octobre 2020. [Consulté le 7 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.theguardian.com/world/2020/oct/06/kyrgyzstan-election-result-declared-invalid-after-mass-protests

En 2021, le président nouvellement élu (qui était président par intérim depuis la chute de Jeenbejov) est Sadyr Japarov. Figure populiste, Japarov avait été libéré de prison par ses partisans lors des troubles de 2020. En 2012, alors parlementaire, il était à la tête d'une vague de contestation, appelant à la nationalisation de la mine d'or de Kumtor, dans l'est du pays, qui représentait 12% du PIB kirghiz et était exploitée par une entreprise canadienne[818]. Les manifestations ont débordé vers d'autres mines exploitées par des entreprises étrangères et certains partisans de Japarov sont allés jusqu'à kidnapper le gouverneur régional du territoire où se trouve la mine[819]. Faisant face à des poursuites judiciaires, il fuit le pays avant d'y revenir en 2017 et d'être arrêté. La Présidence de Japarov se caractérise par le retour d'un pouvoir autoritaire, dans un pays qui avait connu une importante ouverture démocratique lors des dernières années, devenant le principal réceptacle d'ONG et institutions étrangères opérant en Asie centrale. En 2021, il renforce les pouvoirs présidentiels au détriment de ceux du Parlement. Mais surtout, en 2024, le Kirghizstan amorce un important virage autoritaire, avec l'adoption d'une loi sur les « agents de l'étranger »[820], très inspirée de la législation russe, la répression et condamnation de journalistes d'investigation, dont l'interdiction du média Kloop (sur les investigations duquel reposent plusieurs réflexions de ce chapitre), ou encore le durcissement des règles de régime sans-visa pour les étrangers[821]. Ce tournant entraîne le départ de plusieurs ONG du pays et un renforcement du pouvoir répressif de Japarov sur sa population.

L'objectif de ce chapitre est d'analyser les dynamiques géopolitiques derrière le minage de cryptomonnaies développé au Kirghizstan, que ce soit de manière opaque au travers de réseaux informels qui pénètrent des structures publiques par certains de leurs membres, ou grâce à la promesse du développement d'infrastructures hydroélectriques grandement nécessaires pour le pays. Cette analyse repose à la fois sur plusieurs terrains de recherche menés au Kirghizstan entre 2022 et 2023, qui ont permis de réaliser des entretiens avec des mineurs de

[818] TRILLING, David, 2013. Kyrgyzstan: Another Gold Mine Attacked as Kumtor Protests Continue. *Eurasianet* [en ligne]. 21 octobre 2013. [Consulté le 7 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://eurasianet.org/kyrgyzstan-another-gold-mine-attacked-as-kumtor-protests-continue

[819] *Radio Free Europe/Radio Liberty*. « UNHCR Web Archive ». 3 octobre 2012. https://webarchive.archive.unhcr.org/20230531001757/https://www.refworld.org/docid/5073cc72c.html.

[820] *AUYEZOV, Olzhas, 2024. Kyrgyzstan adopts law targeting foreign-funded NGOs. Reuters [en ligne]. 2 avril 2024. [Consulté le 7 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.reuters.com/world/europe/kyrgyzstan-adopts-law-targeting-foreign-funded-ngos-2024-04-02/*

[821] VAUDANO, Maxime, 2024. Au Kirghizstan, la condamnation de journalistes et militants anticorruption confirme le tournant autoritaire du régime. *Le Monde* [en ligne]. 10 octobre 2024. [Consulté le 7 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.lemonde.fr/international/article/2024/10/10/au-kirghizistan-la-condamnation-de-journalistes-et-militants-anticorruption-confirme-le-tournant-autoritaire-du-regime_6348415_3210.html

cryptomonnaies et des représentants de l'État, ainsi que sur plusieurs enquêtes du média d'investigation kirghiz *Kloop*.

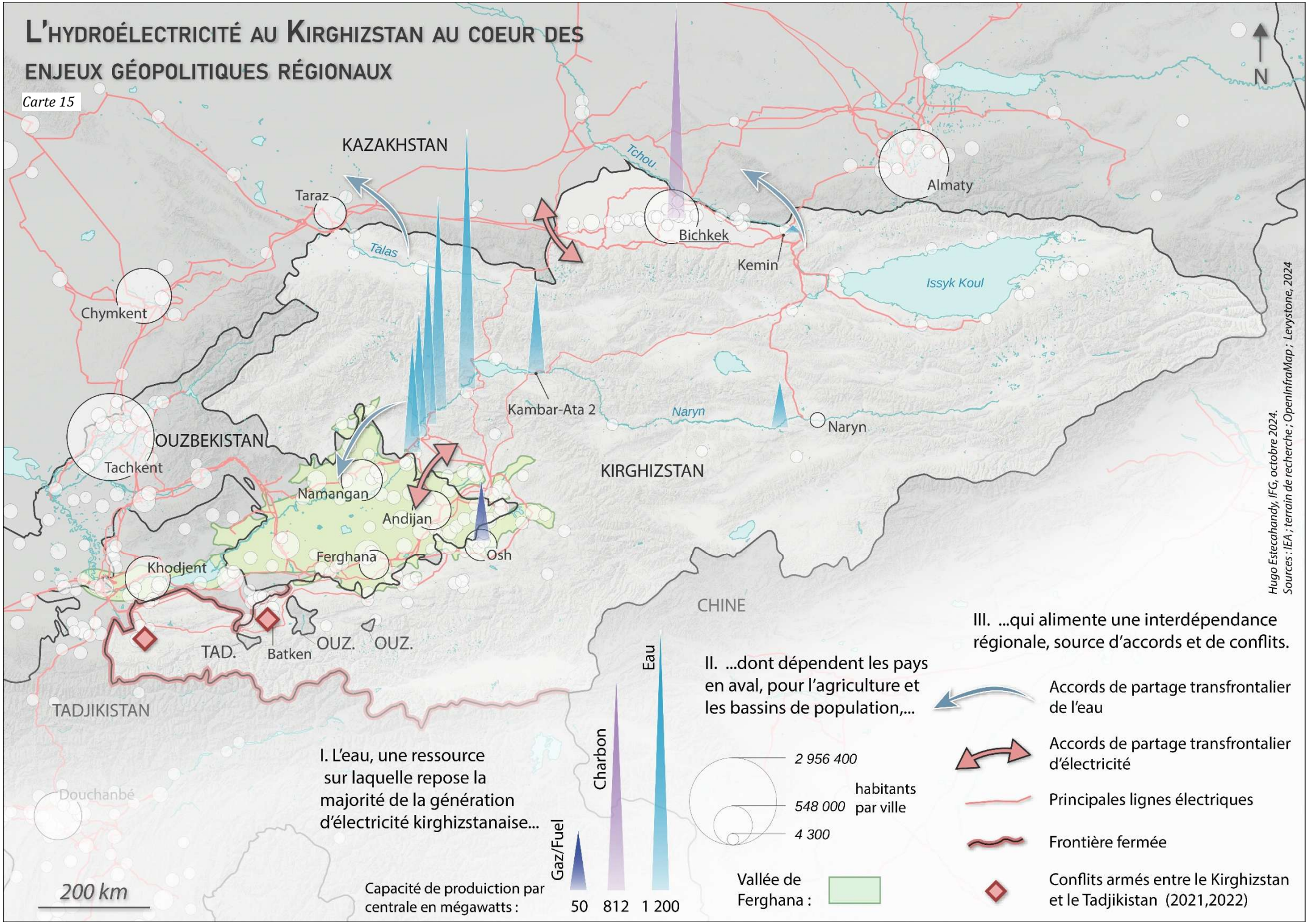
Tout d'abord, ce chapitre débute par un diagnostic géopolitique du pays et de ses ressources et infrastructures électriques, qui reposent grandement sur l'hydroélectricité et une ressource aquifère centrale dans la stabilité géopolitique de la région. Ensuite, nous revenons sur les stratégies déployées au Kirghizstan par des acteurs qui ont permis le branchement de fermes de minage numérique au réseau électrique public, pourtant en déficit d'électricité et où la consommation de cette ressource pour le minage est proscrite, grâce à une mise en réseaux d'acteurs politiques et économiques jusqu'au sommet de l'État kirghiz. Cela nous permet de réinterroger le concept de capture de l'État, c'est-à-dire le processus d'accaparement par des acteurs privés de biens autrefois publics à la chute de l'URSS, dans le sens où ce sont parfois directement des membres du gouvernement qui utilisent leur position politique pour accaparer une partie des ressources du Kirghizstan et transformer des infrastructures publiques en « zones grises ». Nous continuons, et concluons, cette géopolitique matérielle de réseaux numériques de cryptomonnaies, par l'analyse de l'intégration du minage numérique dans des logiques de développement de nouvelles infrastructures de génération d'électricité.

8.1. Le Kirghizstan, conditionné par des déficits d'énergies et de ressources et des dépendances aux pays voisins

Contrairement aux cas russe ou kazakhstanais précédemment étudiés, le Kirghizstan est très majoritairement dépendant d'une hydroélectricité contrôlée par l'État. Cette ressource compte grandement dans la stabilité du pays et de ses relations diplomatiques avec les pays voisins, avec qui l'eau doit être partagée. Malgré l'amenuisement de cette ressource hydrique causé par le réchauffement climatique, le manque croissant d'électricité pour le pays, sa dépendance aux États voisins avec lesquels les relations sont parfois tendues et à un réseau électrique régional désuet, le minage de cryptomonnaies y est développé sous la coupe de certains acteurs publics.

L'hydroélectricité au Kirghizstan au coeur des enjeux géopolitiques régionaux

Carte 15



Hugo Estecahandy, IFG, octobre 2024.
Sources : IEA ; terrain de recherche ; OpenInfraMap ; Levystone, 2024

8.1.1. La fragile hydroélectricité du Kirghizstan

La première spécificité du Kirghizstan est donc sa production d'électricité qui repose majoritairement sur des barrages hydroélectriques. Si cette caractéristique est également partagée par la région russe d'Irkoutsk, en Sibérie, dans cette petite république d'Asie centrale, les centrales électriques qui alimentent le réseau national sont quasiment toutes contrôlées par l'État. En plus d'Elektritcheskie Stantsiï, l'État détient la totalité de « Chakan GuES » qui exploite plusieurs centrales hydroélectriques, principalement dans les environs de Bichkek[822]. En 2016, l'État kirghizstanais a créé la société par actions ouvertes au public « National Energy Holding Company » (« NEHC ») dans laquelle il a transféré la totalité de ses actifs dans la génération et de distribution d'électricité et de chaleur[823]. Cette distribution de l'électricité, si elle est assurée par la NESK au niveau national grâce à des lignes hautes-tensions, est ensuite réalisée à l'échelle locale par quatre de ses filiales qui se partagent le territoire kirghizstanais : Severelectro, Vostokelectro, Oshelectro and Jalalabadelectro.

A. Un réseau électrique national qui repose sur l'hydroélectricité

L'hydroélectricité constitue la base des actifs de production d'énergie renouvelable du pays et répond à la majeure partie de la demande intérieure et des exportations d'électricité. La société publique « Elektritchetskie Stantsiï » produit 98 % de l'électricité du Kirghizstan, avec une puissance installée totale de 3 892 MW, dont 3 030 MW (90%) provenant de grandes centrales hydroélectriques[824]. Les 2% d'électricité restante sont produits par des micro stations hydroélectriques ou *M-GES* (« *МГЭС* », pour « *Малая-ГЭС* », petites centrales hydroélectriques), généralement des conduites forcées qui alimentent des turbines avec de l'eau de montagne, qui ne sont pas forcément connectées au réseau électrique national. À l'été 2023, 12 *M-GES* étaient en service, totalisant une puissance de 58,5 MW et 19 autres étaient en construction, avec une puissance totale prévue de 146,3 MW[825]. Enfin, 69 МГЭС

[822] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. « Kyrgyz Republic Energy Profile ». INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021. https://iea.blob.core.windows.net/assets/c71e642f-e0fd-4c9c-b910-c7adda2cf6c9/KyrgyzRepublicEnergyProfile.pdf.
[823] *Ibid.*
[824] MADYBAEVA, Assel et VILDANOVA-SULAIMANOVA, Darika, 2023. *Обзор климатического финансирования и инвестиций в проекты ВИЭ в Кыргызской Республике* [en ligne]. Bichkek. [Consulté le 28 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://movegreen.kg/wp-content/uploads/2024/03/Obzor-klimaticheskogo-finansirovaniya-i-investitsij-v-proekty-VIE-v-Kyrgyzskoj-Respublike.pdf
[825] *Ibid.*

supplémentaires seraient prévues, avec une puissance finale affichée de plus de 2000 MW (2 GW).

En complément à cette production hydroélectrique, mais également afin d'alimenter les systèmes de chauffage urbain des deux principaux foyers de population du pays, le Kirghizstan dispose de deux centrales thermiques. La plus importante est celle de Bichkek, qui a une puissance de 812 mégawatts et qui fonctionne au charbon. Son emplacement dans le centre-ville participe à la pollution de l'air dans la capitale, qui devient l'une des villes du monde les plus polluées l'hiver, atteignant le sommet du classement mondial de la médiocrité de la qualité de l'air en milieu urbain[826]. Durant la saison hivernale, un phénomène de smog apparaît dans la ville, un épais brouillard de pollution qui engloutit rues et immeubles et qui stagne au niveau du sol, enfermé dans la cuvette formée par la vallée dans laquelle se trouve Bichkek. Les principales sources de cette pollution sont les véhicules, souvent anciens, qui parcourent le tissu urbain grandement composé d'habitations de fortune, érigées en nombre lors de l'exode rural des années 1990 et qui ne sont pas reliées au système de chauffage central, dont les locataires brûlent des déchets pour se chauffer. Néanmoins, les écologistes appuient le rôle de la TETs qui serait grandement sous-estimé par les autorités[827].



Photographie 11 Vue sur le smog de Bichkek, qui stagne proche du sol, alors que le ciel bleu est visible au sommet de la photographie. Les fumées dégagées par les cheminées de la TETs sont également visibles, et retombent sur la ville en même temps que le reste de la pollution. Hugo Estecahandy, janvier 2023.

[826] AMATBEKOVA, Aida, 2023. Smog over Bishkek. How a Green City Became the Most Polluted City in the World. *CABAR.asia* [en ligne]. 16 février 2023. [Consulté le 9 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://cabar.asia/en/smog-over-bishkek-how-a-green-city-became-the-most-polluted-city-in-the-world

[827] *Ibid.*

La centrale thermique d'Och, quant à elle, est bien moins puissante avec ses 50 MW de puissance électrique. Pensée sous l'URSS pour fonctionner au gaz, la raréfaction de cette ressource au Kirghizstan a entraîné sa conversion au fuel dans les années 1970[828]. Dorénavant, que ce soit pour le pétrole ou le gaz, le Kirghizstan doit importer 90% de sa consommation, majoritairement depuis le Kazakhstan ou la Russie[829]. L'énergie solaire ou éolienne reste quant à elles extrêmement marginale[830], l'hydroélectricité est la solution principalement envisagée pour moderniser et augmenter les capacités du réseau électrique du Kirghizstan.

Pour autant, cette solution fait face à un défi majeur : la raréfaction de l'eau induite par le réchauffement climatique, un phénomène qui s'accentue d'année en année. Selon une estimation réalisée en 2016, sur la base d'un chiffre de production d'énergie par volume d'eau estimée à 294,8 GWh/km3, calculé à partir du débit annuel moyen de la rivière Naryn de 27,4 km3 et du total des 8 083 GWh/an produits par les barrages sur la rivière, auxquels s'ajoutent « des réductions de débit de 3,24 km3/an d'ici 2050 et de 5,90 km3 d'ici 2100, la perte de production d'électricité due au changement climatique est estimée à 956 GWh/an en 2050 et à 1 738 GWh/an en 2100 »[831].
À cette production électrique qui repose sur une ressource en raréfaction, s'ajoute une distribution qui repose sur un réseau électrique désuet et une augmentation rapide de la consommation. Entre 2010 et 2019, la demande nationale en énergie a augmenté de 54%, et continue d'augmenter de 4% à 6% chaque année[832].

Déjà en 2018, dans les villes de Bichkek et Tokmok, environ 20 à 25 % de la demande de chauffage résidentiel et public n'était pas satisfaite en raison d'un approvisionnement en chaleur et en électricité insuffisant et peu fiable en hiver[833].

[828] Global Energy Monitor. « Osh CHP Power Plant Kyrgyzstan », 2023. https://globalenergyobservatory.org/geoid/41763.
[829] International Energy Agency. « Kyrgyzstan 2022. Energy Sector Review ». International Energy Agency, 2022. https://iea.blob.core.windows.net/assets/9d0cb3be-48fd-424f-8968-e543a43e8614/Kyrgyzstan2022.pdf.
[830] MADYBAEVA, Assel et VILDANOVA-SULAIMANOVA, Darika, 2023. *Обзор климатического финансирования и инвестиций в проекты ВИЭ в Кыргызской Республике* [en ligne]. Bichkek. [Consulté le 28 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://movegreen.kg/wp-content/uploads/2024/03/Obzor-klimaticheskogo-finansirovaniya-i-investitsij-v-proekty-VIE-v-Kyrgyzskoj-Respublike.pdf
[831] CARDNO Emerging Markets (UK) Ltd. « RDTA-8119 REG: Economics of Climate Change in Central and West Asia – Adaptation Component ». Technical Assistance Consultant's Report. Oxford Road Thame OX9 2AH England United Kingdom, mai 2016, p. 75. https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents//44068-012-tacr-11.pdf.
[832] MADYBAEVA, Assel et VILDANOVA-SULAIMANOVA, Darika, 2023. *Op. cit.*
[833] MODELEWSKA, Marta et GOVERNMENT OF THE KYRGYZ REPUBLIC, 2018. *Climate Investment Programme Operational Framework for Managing and Accessing Climate Finance in the Kyrgyz Republic*.

Si le développement de l'hydroélectricité est un enjeu majeur pour le Kirghizstan, il doit s'accompagner d'une modernisation du réseau de distribution électrique. L'électricité kirghizstanaise doit composer avec une ressource qui s'amenuise de plus en plus, ce qui entraîne de nombreux défis, en termes de relations avec les pays voisins et de stabilité géopolitique régionale, mais également pour le potentiel développement économique du pays et notamment de son secteur numérique.

B. L'eau, source de tensions et coopération, garante de la stabilité géopolitique régionale

Les sept barrages hydroélectriques que compte le Kirghizstan sont installés sur la rivière Naryn, qui trouve sa source dans les montagnes à l'est du pays, proche de la frontière avec la Chine, et traverse le Kirghizstan vers l'ouest pour franchir la frontière ouzbek et desservir la vallée du Ferghana et la région de Tachkent où habite la majorité de la population centrasiatique. Comme en témoigne Nurbek Abaskanov, à la tête de la holding d'État qui rassemble les actifs de l'électricité du Kirghizstan, ce partage des ressources donne lieu à des négociations très tendues entre les deux pays[834]. À partir du printemps, le Kirghizstan essaie par exemple d'emmagasiner un maximum d'eau dans les réservoirs de ses barrages afin de pouvoir produire de l'électricité durant l'hiver. Mais les autorités ouzbeks font quant à elles pression afin qu'un débit d'eau suffisant puisse alimenter la vallée très agricole du Ferghana (voir Carte 15).

Le Kirghizstan a une production électrique stagnante, mais une croissance démographique importante (12 % entre 2015 et 2021), engendrée par une augmentation de la natalité et de l'immigration et une baisse des émigrations[835]. Le pays doit alors satisfaire les besoins en eau de son voisin ouzbek, pour pouvoir bénéficier de ses exports d'électricité, et dispose d'accords similaires avec le Kazakhstan. C'est donc cette interdépendance entraînée par le partage d'énergie et de ressources, source de tensions politiques importantes, qui fait perdurer l'utilisation du CAPS, réseau électrique transfrontalier vieillissant et peu entretenu.

---

[834] Rencontré en mai 2022 à Bichkek, Kirghizstan.
PROTASSOV, Anastasia, 2024. « Calming the Water Wars Experts . » Mythologie des guerres de l'eau dans la vallée du Ferghana: *Hérodote* [en ligne]. 6 décembre 2024. Vol. n° 195, n° 4, pp. 223-241. [Consulté le 1 avril 2025]. DOI 10.3917/her.195.0223. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/revue-herodote-2024-4-page-223?site_lang=fr

[835] AVDEEV, Alexandre A. et TROITSKAYA, Irina A., 2021. Features and factors of demographic dynamics in the Kyrgyz Republic. *Population and Economics* [en ligne]. 30 juin 2021. Vol. 5, n° 2, pp. 29-54. [Consulté le 5 décembre 2022]. DOI 10.3897/popecon.5.e67183. Disponible à l'adresse : https://populationandeconomics.pensoft.net/article/67183/

Certaines tensions liées à l'eau ont déjà muté en conflit, notamment entre le Kirghizstan et le Tadjikistan. Ayant hérité de frontières nationales tracées par l'administration soviétique, la région compte plusieurs enclaves, dont quatre se trouvent au sud-ouest du Kirghizstan : trois enclaves ouzbeks et une enclave tadjike[836]. La question de l'accès à l'eau de son enclave en territoire kirghiz est souvent mobilisée par le Tadjikistan pour justifier certaines violences à l'encontre de son voisin, surtout une absence de claire délimitation territoriale autour d'un canal qui permet l'approvisionnement en eau d'une de ses exclaves au Kirghizstan[837]. En 2021, une « escarmouche », terme consacré par la presse internationale pour ce type d'affrontements, avait fait près d'une cinquantaine de morts dans la région de Batken (voir Carte 15)[838]. Le chercheur Charles J. Sullivan note que l'accès à l'eau est souvent régi par des droits coutumiers locaux, difficiles à interpréter au sein du flou entourant l'appartenance de la ressource[839]. Reste que les accrochages se font parfois à l'aide du matériel militaire des armées nationales. En septembre 2022, ces escarmouches se sont muées en opération militaire, avec l'incursion de l'armée tadjike au Kirghizstan, toujours dans la région de Batken (voir Carte 15), et des combats qui ont fait plus d'une centaine de morts[840]. En 2025 encore, les deux pays procèdent à des échanges de territoires, dans le cadre de la finalisation de la démarcation de la frontière entre les deux pays[841].

Malgré ces événements tragiques, qui concernent surtout le Kirghizstan et le Tadjikistan, ces questions de partage de l'eau du Kirghizstan avec ses voisins en aval, qui impliquent en compensation des transferts transfrontaliers d'électricité, sont aussi à l'origine de coopérations régionales très abouties. Selon Anastasia Protassov, qui travaille sur les coopérations régionales

[836] GONON, Emmanuel et LASSERRE, Frédéric, 2004. Une critique de la notion de frontières artificielles à travers le cas de l'Asie centrale. *Cahiers de géographie du Québec* [en ligne]. 16 avril 2004. Vol. 47, n° 132, pp. 433-461. [Consulté le 15 septembre 2025]. DOI 10.7202/008090ar. Disponible à l'adresse : http://id.erudit.org/iderudit/008090ar

[837] CARIOU, Alain (éd.), 2015. *L'eau en Asie centrale: enjeux et défis contemporains*. Bichkek Paris : Ifeac. Cahies d'Asie centrale, no 25. ISBN 978-2-84743-131-5.

[838] MARCHAUD, Clara, 2021. What are the underlying reasons for the deadly Kyrgyz-Tajik border clashes? *Novastan English* [en ligne]. 3 mai 2021. [Consulté le 9 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://novastan.org/en/tajikistan/what-are-the-underlying-reasons-for-the-deadly-kyrgyz-tajik-border-clashes/

[839] SULLIVAN, Charles J., 2021. Battle at the Border: an Analysis of the 2021 Kyrgyzstan-Tajikistan Conflict. *Asian Affairs* [en ligne]. 27 mai 2021. Vol. 52, n° 3, pp. 529-535. [Consulté le 9 avril 2025]. DOI 10.1080/03068374.2021.1940587. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03068374.2021.1940587

[840] FERRANDO, Olivier, 2022. Kirghizstan et Tadjikistan : les effets funestes de la militarisation des frontières. *The Conversation* [en ligne]. 3 octobre 2022. [Consulté le 30 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : http://theconversation.com/kirghizstan-et-tadjikistan-les-effets-funestes-de-la-militarisation-des-frontieres-191379

[841] L'EXPRESS. « Le Kirghizstan annonce échanger des territoires contestés avec le Tadjikistan », 27 février 2025. https://www.lexpress.fr/monde/le-kirghizstan-annonce-echanger-des-territoires-contestes-avec-le-tadjikistan-UYH7C3NXINF6JCOQYS3MWTRHJI/

de partage de l'eau, notamment pour l'irrigation de la vallée du Ferghana, il est nécessaire de déconstruire le mythe d'une inévitable guerre de l'eau de grande envergure dans la région[842].

Si la rivière Naryn abreuve la très fertile vallée du Ferghana en Ouzbékistan, elle y rejoint la rivière Kara-Daria proche de la ville Namangan (voir Carte 15) pour former le Syr-Daria, qui remonte ensuite vers le Kazakhstan et le traverse au sud-ouest pour ensuite alimenter ce qu'il reste de la mer d'Aral par le nord. L'eau de Naryn est alors également importante pour le Kazakhstan, puisqu'elle et ses défluents irriguent la région et la ville agricoles de Chymkent, ainsi que d'autres espaces urbains à l'instar de Baïkonour.

Ainsi, le projet de l'immense barrage hydroélectrique de Kambar-Ata-1 sur la rivière Naryn au Kirghizstan, qui à terme devrait compter parmi les plus imposants du monde et devrait réduire encore plus le débit du cours d'eau pour les pays en aval, cristallise aussi bien tensions régionales autour de la question qu'il représente une capacité de dialogue et de négociation tripartite efficace. Suite à de nombreuses discussions, les représentants du Kirghizstan, Ouzbékistan et Tadjikistan ont signé un accord pour la continuation du projet, mais en diminuant sa taille de 275 mètres de haut à 256 mètres et sa puissance de 2 000 MW à 1 860 MW[843].

Le Kirghizstan partage également deux autres cours d'eau directement avec le Kazakhstan, à savoir la rivière Tchou, sur laquelle se trouve la station hydroélectrique de Kemin coté kirghizstanais, et la rivière Talas, qui trouvent toutes deux leur source dans le massif du Tian Shan, à l'est du pays. Les deux pays ont signé en 2000 des accords qui donnent un statut intergouvernemental aux installations de gestion de l'eau et une commission permanente bilatérale interétatique est chargée de coordonner les demandes en eau pour l'irrigation de part et d'autre de la frontière[844]. D'autres discussions et de coopérations ont amené le Kirghizstan

[842] PROTASSOV, Anastasia, 2024. « Calming the Water Wars Experts . » Mythologie des guerres de l'eau dans la vallée du Ferghana: *Hérodote* [en ligne]. 6 décembre 2024. Vol. n° 195, n° 4, pp. 223-241. [Consulté le 1 avril 2025]. DOI 10.3917/her.195.0223.
[843] GAZETA.UZ, 2023. Узбекистан, Кыргызстан и Казахстан подписали «дорожную карту» по Камбаратинской ГЭС-1. *Gazeta.uz* [en ligne]. 7 janvier 2023. [Consulté le 9 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.gazeta.uz/ru/2023/01/07/ges/
[844] JANUSZ-PAWLETTA, Barbara et GUBAIDULLINA, Mara, 2015. Transboundary Water Management in Central Asia. *Cahiers d'Asie centrale* [en ligne]. 22 décembre 2015. N° 25, pp. 195-215. [Consulté le 9 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/asiecentrale/3180
PROTASSOV, Anastasia, 2024, *op. cit.*

et le Tadjikistan à trouver une entente sur le tracé de certaines frontières et à procéder à des échanges territoriaux[845].

Reste que la question de l'électricité au Kirghizstan est intrinsèquement liée à celle de l'eau, et que malgré des coopérations régionales fonctionnelles, la situation est restée tendue ces dernières années, notamment avec les restrictions précédemment évoquées. Ces limites du réseau électrique kirghiz conditionnent et restreignent également beaucoup le secteur local du numérique. En mars 2022, Erbek Niyazov, directeur de l'entreprise de *datacenters* NSP, un vétéran du secteur kirghiz des télécoms et l'un des membres fondateurs de la mission de l'ISOC dans le pays, témoignait des limites de développement d'infrastructures physiques du numérique dans le pays[846]. Selon lui, alors que le secteur privé du pays émettait la nécessité et le souhait d'augmenter les solutions locales de stockage de leurs données numériques, les trop faibles capacités énergétiques du pays empêchaient toute construction de nouveaux centres.

8.2. Quand l'État capture l'État : les très formels acteurs des réseaux informels du minage numérique au Kirghizstan

Malgré ce déficit énergétique, des fermes de minage continuent d'opérer au Kirghizstan. Comme mentionné précédemment, beaucoup ont été fermées en 2019. Hormis des fermes branchées sur des micro stations hydroélectriques de montagne que nous abordons dans la section suivante, d'autres ont continué d'être opérées, et ont même été nouvellement installées, avec le soutien d'acteurs importants d'institutions publiques. Pour les autres mineurs de cryptomonnaies, dont les installations étaient branchées au réseau électrique public de manière sauvage avec la participation de certains employés locaux du secteur de l'énergie ou de la police, ou qui bénéficiaient pas de la protection de fonctionnaires assez puissants, la pression est souvent devenue de trop importante à partir de 2021 pour qu'ils continuent leur activité.

[845] L'EXPRESS. « Le Kirghizstan annonce échanger des territoires contestés avec le Tadjikistan », 27 février 2025. https://www.lexpress.fr/monde/le-kirghizstan-annonce-echanger-des-territoires-contestes-avec-le-tadjikistan-UYH7C3NXINF6JCOQYS3MWTRHJI/.

[846] Rencontré en mars 2022, à Bichkek (Kirghizstan).
L'ISOC (Internet Society) est une organisation internationale à but non lucratif qui promeut et défend un Internet ouvert, universel et fondé sur des standards librement accessibles.

8.2.1. Le difficile exercice d'un minage numérique sans soutien politique

En avril 2023, une camarade chercheuse disait être hébergée à Bichkek chez deux Turcs, qui lui ont révélé séjourner au Kirghizstan pour superviser une ferme de minage de cryptomonnaies. Malgré des demandes d'entretien transmises, ils n'ont jamais accepté d'entrevue. Mais leur présence indiquait que l'activité continuait au Kirghizstan, sans forcément de soutien politique visible. Alors, avant de nous concentrer sur ce minage de cryptomonnaies qui subsiste au Kirghizstan via le soutien d'importantes figures politiques nationales, nous nous intéressons à des témoignages de mineurs numériques qui ne bénéficiaient pas de ce type de parapluie, afin de comprendre un peu mieux la manière dont ils devaient ou doivent évoluer dans le pays.

Plus tôt, en mars 2022, quelques jours après notre première arrivée à Bichkek, plusieurs acteurs de la sphère des cryptomonnaies du Kirghizstan ont été rencontrés. Parmi eux, il y avait Iliias , qui disait avoir exploité une ferme de minage dans le pays jusqu'en 2021[847]. Il témoignait que, malgré un accord passé avec des employés locaux d'une compagnie d'électricité, des membres du GKNB, le service de sécurité intérieure kirghizstanais, étaient venus sur le site de l'installation en lui sommant de la déconnecter. Après avoir payé un pot-de-vin aux employés des forces de l'ordre afin de conserver ses processeurs, Iliias a partagé son expérience avec certains de ses contacts qui possédaient également des fermes numériques en fonctionnement dans le pays. Selon lui, ils lui ont sermonné que la première chose qu'il aurait dû faire était de contacter les services de sécurité dès le début, afin de négocier avec eux leur « protection » en échange de paiements réguliers. Toujours selon Iliias , suite à cette mésaventure, lui et un de ses associés ont déménagé leurs opérations en Ouzbékistan, où il a directement appliqué le conseil donné précédemment auprès des forces de l'ordre locales, et il n'avait pas eu jusque-là le moindre souci. Iliias semblait vouloir à tout prix miner des cryptomonnaies, sans forcément chercher à le faire dans la légalité, il a même partagé l'un de ses projets qui n'a pas vu le jour faute de possibilités techniques : aménager un autocar en ferme de minage mobile, afin de pouvoir ponctionner sauvagement de l'électricité sur le réseau public kirghizstanais et reprendre la route avant d'être repéré.

[847] Rencontré en mars 2022 à Bichkek, Kirghizstan. Le prénom a été modifié.

Un autre acteur du minage de cryptomonnaies que nous avons rencontré en 2022, Kantor, a dû cesser son activité au Kirghizstan également en 2021[848]. S'il n'a pas partagé la localisation de ces anciennes installations, ni même les connexions personnelles qui lui ont permis de faire fonctionner ses fermes après 2019, son parcours illustre les trajectoires individuelles qui structurent la circulation des savoirs, des équipements et des capitaux liés au minage de cryptomonnaies au Kirghizstan et plus généralement en Asie centrale.

Kantor a découvert le minage de cryptomonnaies en 2017, alors qu'il travaillait à Istanbul pour une entreprise de *datacenters*. Alors que ses partenaires turcs se délestaient de certains GPU, au profit de modèles plus récents, il a racheté le stock à moindres coûts afin de les revendre et de réaliser un bénéfice, avant qu'un adolescent local lui ait parlé de la possibilité de miner des ethers avec cet équipement. Ainsi, il s'essaie au minage numérique avec quelques GPU installés en Turquie et réalise rapidement un bénéfice. L'augmentation soudaine du prix des cartes graphiques l'a convaincu de suspendre les ventes et de dédier l'équipement au minage. Il a rapidement l'idée de délocaliser son activité au Kirghizstan, son pays d'origine, où il savait que les prix de l'électricité étaient encore plus avantageux. Il a alors passé un an à se former au minage de bitcoins sur des ASICs.

Au Kirghizstan, il est entré en contact avec des Chinois installés dans le pays, qui cherchaient à vendre leurs ASICs, n'arrivant pas à obtenir l'autorisation du gouvernement pour activer leur ferme de minage. Ainsi, entre décembre 2018 et mai 2019, il a acquis 300 unités Antminer S9, pour un montant total avoisinant les 100 000 dollars. Il les répartit dans trois petites fermes de minage, chacune équipée d'une centaine d'unités. L'opération fut rapidement rentable : dès le premier mois, les revenus du minage ont couvert les frais d'électricité et généré un profit.

Fort de cette première expérience, Kantor a opéré une diversification de son activité. Ainsi, son témoignage permet de comprendre comment un mineur de cryptomonnaies, grâce à une accumulation de savoirs techniques, de contacts et d'objets technologiques, a pu faire varier ses rôles et modèles économiques dans un secteur qui apparait très hétérogène. Ne pouvant brancher tous les processeurs que ses nouveaux partenaires chinois pouvaient lui vendre, il décide d'en faire lui-même le commerce et de proposer en parallèle à ses clients de les former au minage, biens et services qu'il diffuse via un canal Telegram qui a rapidement gagné en visibilité. La première personne à venir se former dans les installations de Kantor avait un profil

[848] Rencontré en avril 2022. Le nom a été modifié.

plutôt atypique : un jeune Daghestanais qui étudiait la théologie à Moscou en vue de devenir prêtre orthodoxe. Puis, des Kazakhs sont venus acheter une dizaine d'ASICs. Deux mois plus tard, ils ont recontacté Kantor, lui annonçant qu'ils voulaient 200 S9, qu'ils répartiraient entre deux voitures pour traverser la frontière. Kantor a lors adopté une stratégie de revente directe : il achetait massivement des ASICs à bas prix auprès de fournisseurs chinois installés et coincés au Kirghizstan, et les revendait à des clients situés dans toute la région, principalement au Kazakhstan, mais aussi en Russie (Krasnoïarsk, Tcheliabinsk, Saint-Pétersbourg). Au fil du temps, il dit avoir formé plus d'un millier de personnes au minage de cryptomonnaies, diffusant ainsi une expertise jusque-là limitée à quelques cercles spécialisés.

En parallèle, Kantor a continué pendant un temps à exploiter ses fermes de minage et a embauché des employés pour la maintenance. Son expérience d'exploitant de ferme de minage au Kirghizstan révèle un détail intéressant sur la sociologie de ce secteur dans ce pays. Il a ainsi expliqué avoir au début embauché de « jeunes Russes du Kirghizstan qui possédaient une formation dans l'informatique ». Mais Kantor explique que ces derniers se sont révélés peu fiables : ils arrivaient souvent en retard au travail et leur consommation d'alcool influait grandement sur leurs performances professionnelles, certains ne venant parfois pas travailler de la journée après une soirée d'excès la veille. De plus, l'un d'entre eux lui aurait dérobé plusieurs processeurs pour les revendre à son compte. Il a alors pris la décision d'embaucher à la place « *de jeunes Kirghizs musulmans qui ne consommaient pas d'alcool et venaient de villages pauvres et, même [s'il a] dû passer plus de temps à les former, qui se sont révélés bien plus respectueux de leur travail et fiables* ».

En 2021, confronté à une charge de travail qu'il a qualifiée de trop stressante et chronophage, à des douleurs physiques, notamment aux mains, consécutives à la maintenance de ses installations ainsi qu'à « l'augmentation de pressions extérieures », Kantor a décidé de cesser le minage de cryptomonnaies. Il a alors exploité sa notoriété sur Telegram pour revendre ses derniers ASICs qu'il avait en stock, notamment à « un entrepreneur kirghiz influent disposant de trois centrales hydroélectriques privées près du lac Issyk-Koul », que nous soupçonnons fortement d'être Nayaz Irsaliev, rencontré plus tôt en 2022 et dont nous parlons dans la section suivante. Puis, Kantor a une fois de plus diversifié ses activités liées au minage de cryptomonnaies, et s'est spécialisé dans la modification, l'aménagement et l'exportation de conteneurs de fret maritime transformés en petites fermes de minage. Sur ses réseaux sociaux, Kantor a partagé plusieurs captations de ses productions, chargées directement sur la remorque de camion, imageant l'importante mobilité de ce type d'installation.







Image 10 Photographies des conteneurs de minage numérique de Kantor qu'il a partagé sur les réseaux sociaux. 2023.

8.2.2. Le minage de cryptomonnaies au Kirghizstan, une affaire d'État

Si le développement d'un minage numérique opaque basé sur des schémas classiques de corruption d'acteurs des énergies ou de la sécurité a pu être observé au Kirghizstan, la spécificité d'une production énergétique quasi exclusivement monopolisée par l'État entraîne l'implication d'acteurs très formels dans les réseaux informels du développement de l'activité.

A. Un minage numérique facilité par des acteurs officiels

Les personnalités impliquées dans ces processus opaques sont parfois au plus haut sommet de l'État, comme l'explicite le projet de ferme de minage dans le barrage hydroélectrique de

Kambar-Ata 2, sur lequel est revenue l'équipe d'investigation de *Kloop*[849]. Actuellement en construction, l'édifice produira à terme 360 MW d'électricité et en produit déjà 120 MW depuis 2010. Pourtant, pour le moment, seulement 90 MW peuvent être distribués à travers le réseau kirghizstanais, étant donné les limites de capacités des lignes et transformateurs locaux[850]. Alibek Japarov, chef du cabinet des ministres, équivalent kirghiz de Premier ministre, et président du cabinet de la Présidence, proposait alors en juin 2023, via une résolution officielle, qu' « Elektritcheskie Stantsiï » fournisse ces 30 MW à l'entreprise MBT Stroï. Sans qu'aucun appel d'offres ne soit publié, Japarov imposait alors la présence de cette entreprise, fondée en 2022 au Kirghizstan comme « société de commerce de gros » puis réenregistrée courant 2023 en tant qu'entreprise dans le « domaine des technologies de l'information et de l'informatique », au sein de la centrale hydroélectrique d'État, infrastructure publique critique.

Cet « accord » stipule une vente de l'électricité au tarif du coût de production, à savoir entre 0,25 et 0.50 som (entre 0.0026 et 0.0052 euro) le kWh – bien en deçà du tarif prévu par la loi. Cela, alors que quelques mois auparavant, en décembre 2022, le vice-ministre de l'Énergie Taalaibek Tolubaev autorisait l'installation d'équipements de minage de cryptomonnaies en sein de la centrale.

En réalité, MBT Stroï appartient à Alexeï Zaïtsev, propriétaire d'« A Group », importante entreprise russe dans le commerce de métaux en ex-URSS[851]. Ses filiales, dont MBT, au Kirghizstan, sont toutes enregistrées à la même adresse, au sein d'un complexe industriel privatisé par les membres de la famille de l'ancien président kirghiz Kourmanbek Bakiev. L'enquête de *Kloop* détaille bien plus les relations opaques qu'entretient Zaïtsev avec des réseaux locaux de corruption, notamment le clan Bakiev. Maksim Bakiev a capturé une partie des actifs publics du Kirghizstan durant la présidence de son père, renversé en 2010 sur fond d'accusation de corruption qui ont entraîné des émeutes et un changement de présidence. Maksim a fui à l'étranger, et est resté de nombreuses années recherché par Interpol. Mais l'accès privilégié à l'électricité publique accordée à MBT Stroï pour le minage de cryptomonnaies, ce

[849] MUKHIN, Victor, SOLTONOY, Aruuke, REZNIKOVA, Ekaterina et LEE, Alexandra, 2023. Тариф «Охреневший». Правительство Жапарова по дешевке отдает электричество фирме, связанной с Бакиевыми. *KLOOP.KG - Новости Кыргызстана* [en ligne]. 4 juillet 2023. [Consulté le 19 mars 2024]. Disponible à l'adresse : https://kloop.kg/blog/2023/07/04/tarif-ohrenevshij-pravitelstvo-zhaparova-po-deshevke-otdaet-elektrichestvo-firme-svyazannoj-s-bakievymi/

[850] KAKTUS. 2022. Минэнерго разрешило одной майнинг-компании поставить свое оборудование на ГЭС. *Kaktus Media* [en ligne]. [Consulté le 12 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://kaktus.media/doc/472287_minenergo_razreshilo_odnoy_mayning_kompanii_postavit_svoe_oborydovanie_na_ges.html

[851] Site officiel d'A Group : https://agrupp.com/about/

qui est théoriquement interdit dans le pays par la NEHC, et l'engagement personnel du chef du cabinet des ministres et du vice-ministre de l'Énergie, semblent montrer que les liens entre Zaïtsev et l'élite politique du pays sont toujours très forts, voire que les Bakiev sont toujours influant au Kirghizstan. Et ce n'était pas la première fois que des membres du gouvernement facilitaient l'installation d'une ferme de minage au sein d'une infrastructure critique du Kirghizstan.

En mai 2022, un autre des ministres adjoints de l'Énergie du Kirghizstan, Tilek Aytaliev, annonçait que l'autorisation d'installer une ferme de minage dans l'enceinte de la centrale électrique de Bichkek, la capitale du pays, était à l'étude et qu'elle avait été présignée par le gouvernement[852]. Ce projet a récolté une vive opposition au sein des employés de la centrale à charbon, qu'ils ont exprimé à travers une lettre ouverte. Le 29 septembre, le vice-ministre annonçait finalement que le projet était annulé[853]. Il est particulièrement intéressant qu'une telle proposition ait pu être acceptée par une partie des dirigeants du pays, malgré l'interdiction de mener l'activité, le stress électrique que traverse le pays et l'état de déliquescence avancée de la centrale qui reste une infrastructure critique pour la capitale et le pays. Cette centrale thermique, qui fonctionne grâce à la combustion de charbon, produit une puissance électrique de 812 MW (près de 20% de la production nationale publique) et fournit toute la ville en chauffage.

Particulièrement sollicitée en hiver, la centrale avait connu un important dysfonctionnement en janvier 2018 et avait cessé de fonctionner durant quatre jours, quelques mois après des rénovations effectuées par une entreprise chinoise contre un prêt contracté à une banque également chinoise, le tout sur fond d'importants soupçons de corruption[854].

Début février 2024, une explosion survenait dans la centrale, emportant sa toiture et endommageant sa structure, la rendant inopérante pendant toute une journée[855]. Ces incidents sont les points culminants d'années de situations alarmantes concernant cette centrale, qui

[852] KAKTUS, 2022. Кабмин может разрешить открыть майнинг-ферму на ТЭЦ Бишкека. [en ligne]. 20 mai 2022. [Consulté le 24 avril 2024]. Disponible à l'adresse : https://kaktus.media/doc/460223_kabmin_mojet_razreshit_otkryt_mayning_fermy_na_tec_bishkeka.html
[853] KAKTUS, 2022. Решение об открытии на ТЭЦ Бишкека майнинг-фермы отменили. *Kaktus Media* [en ligne]. 29 septembre 2022. [Consulté le 12 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://kaktus.media/doc/468044_reshenie_ob_otkrytii_na_tec_bishkeka_mayning_fermy_otmenili.html
[854] DZHANIBEKOVA, Nurzhamal, 2018. Kyrgyzstan: Freeze Turns to Hot Fury Over Bishkek's Power Plant Failure. *Eurasianet* [en ligne]. 30 janvier 2018. [Consulté le 30 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://eurasianet.org/kyrgyzstan-freeze-turns-to-hot-fury-over-bishkeks-power-plant-failure.
[855] PUTZ, Catherine, 2024. Bishkek's Ever Problematic Power Plant Explodes. *The Diplomat* [en ligne]. 7 février 2024. [Consulté le 27 mars 2024]. Disponible à l'adresse : https://thediplomat.com/2024/02/bishkeks-ever-problematic-power-plant-explodes/

n’apparaît pas comme le réceptacle optimal pour une ferme de minage, qui fonctionne 24 heures sur 24 et sept jours sur sept.



Photographie 13 Vue sur la centrale à charbon de Bichkek, janvier 2023. Hugo Estecahandy

Si au Kazakhstan, des centrales électriques et leurs réseaux électriques avaient été privatisés dans les années 1990 ou 2000 et certaines avaient pu de fait être transformées en « zones grises » où le minage pouvait être développé de manières opaques par les personnes en charge, au Kirghizstan, il semble que ce soit directement des membres du gouvernement qui participent à capturer, du moins partiellement, des infrastructures critiques publiques. La capture de l’État semble réalisée par l’État lui-même, en tous cas par les membres au sommet de sa hiérarchie. Des membres du gouvernement font usage de leur pouvoir politique pour accorder des droits spécifiques à des entrepreneurs, parfois étrangers, afin qu’ils puissent développer leur ferme de minage. Et cela, au sein d’infrastructures publiques de génération d’électricité, qui peuvent devenir, de fait, des zones grises, dans lesquelles des individus privés génèrent de la valeur financière au détriment de la population locale. Cela est sans compter les nombreuses autres fermes de minage alimentées à l’électricité publique que le gouvernement permettrait de faire fonctionner, maladroitement évoquées par le ministre de l’Énergie début mars 2024 lorsqu’il voulait justifier le fonctionnement de la ferme de Solarcoin.

B. Solarcoin : écologie politique d'une ferme de minage informelle au Kirghizstan

Au Kirghizstan, cette ferme de minage de Solarcoin LLC est particulièrement représentative des collusions entre acteurs privés, locaux et étrangers, et les institutions publiques. Les équipes de *Kloop* avaient réalisé en juillet 2023 une enquête qui révélait les liens entre une des cofondatrices de la ferme ainsi que sa gérante officielle, et des hommes d'affaires impliqués dans les comités d'administration de deux entreprises publiques en charge, respectivement, de la production et de la distribution d'électricité au niveau national[856]. Solarcoin a été fondé le 20 janvier 2023 et est officiellement une entreprise spécialisée dans « les technologies de l'information et l'informatique »[857]. Le 15 février de la même année, selon un document du ministère de l'Énergie[858], Solarcoin était enregistré sur la liste des « grands consommateurs d'électricité » du pays autorisés à être connectés aux infrastructures des sociétés publiques Elektritcheskie Stantsiï et NESK. En mars 2023, elle est indiquée comme étant le deuxième plus important consommateur d'électricité du pays[859]. Solarcoin a été cofondé par NBTS KG, Lu Jincheng et Tatiana Martinova et est géré par Aïssana Ismaïlova. NTBC KG est la filiale kirghizstanaise de l'entreprise chinoise NTBC, qui appartient elle-même à The9 Limited, une importante entreprise du numérique en Chine, notamment spécialisée dans le secteur vidéoludique.

Solarcoin n'est pas le premier projet de minage numérique de The9 Limited, qui aurait fondé NTBC spécifiquement pour développer du minage de cryptomonnaies, et est loin d'être le plus important. En septembre 2021, l'entreprise avait annoncé un projet de ferme numérique de 200 MW au Kazakhstan, qui suivait l'annonce de la construction d'une première ferme dans

---

[856] SOLTONOY, Arououke, MOUKHIN, Viktor et REZNIKOVA, Ekaterina, 2023. А вы собирайте кизяк. Миллионы государственных киловатт продают майнерам, связанным с чиновниками. *KLOOP.KG* [en ligne]. 26 juillet 2023. [Consulté le 26 mars 2024]. Disponible à l'adresse : https://kloop.kg/blog/2023/07/26/a-vy-sobirajte-kizyak-milliony-gosudarstvennyh-kilovatt-prodayut-majneram-svyazannym-s-chinovnikami/

[857] MINISTÈRE DE LA JUSTINE DU KIRGHIZSTAN, 2023. Электронная база данных юридических лиц, филиалов (представительств) :: *ministère de la Justine du Kirghizstan* [en ligne]. 9 octobre 2023. [Consulté le 15 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20231009135623/https://register.minjust.gov.kg/register/Public.seam?publicId=58597

[858] Ordonnance n°81 du 29 avril 2023, Département de régulation des secteurs des carburants et énergie du ministère d de l'Énergie de la République kirghiz : https://regultek.gov.kg/media/documents/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%B7_%D0%94%D0%A2%D0%AD%D0%9A_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D0%9A%D0%9F%D0%AD_%D0%BE%D1%82_29.04.2023%D0%B3.__81.pdf

[859] KERTS, 2023. Баланс электрической энергии по КПЭ ОПП ПП за Июль 2023 года. *Кыргызский энергетический расчетный центр* [en ligne]. 26 septembre 2023. [Consulté le 15 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://esep.energo.kg/?p=6606

le pays pour une puissance de 100 MW[860]. À la même période, NTBC envisageait des fermes aux États-Unis et au Canada[861]. Bien que les premières mises en route aient été prévues pour la fin de l'année 2021, ces projets ne semblent pas avoir pu voir le jour au Kazakhstan. Pourtant, The9 avait grandement investi dans le minage numérique, avec un objectif affiché de représenter 10% du *hashrate* mondial de Bitcoin. En mars 2021, avant le bannissement du minage numérique par le gouvernement chinois, NTBC avait acheté 24 000 mineurs dernier cri de Bitmain, les Antminer S19J, pour un coût total d'environ 120 millions de dollars. C'est en mai 2022 que The9 Limited a annoncé le projet Solarcoin, avec un communiqué de presse qui précisait une puissance de 31,5 MW pour une ferme qui renfermerait 7 500 Antminer S19J[862]. Le texte annonçait également l'acquisition par sa filiale kirghizstanaise d'un accès à l'électricité ainsi qu'au matériel permettant de la recevoir et de la transformer. Située en marge de Bistrovka, une petite zone industrielle au sud de la ville de Kemin sur la route reliant Bichkek au lac Issyk-Koul, la ferme de Solarcoin est effectivement très récente, comme cela est visible sur les images satellites de la zone disponibles sur Google Earth[863]. Il est à noter que l'installation se trouve proche de la centrale hydroélectrique de Bistrovskaïa qui devrait produire une puissance de 8,7 MW à ses pleines capacités, mais ne produisait que 2,3 MW en 2023 avant les travaux de rénovation[864].

[860] K-NEWS, 2021. Китайские криптомайнеры построят крупномасштабную майнинговую ферму в Казахстане. *K-News* [en ligne]. [Consulté le 30 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://knews.kg/2021/09/15/kitajskie-kriptomajnery-postroyat-krupnomasshtabnuyu-majningovuyu-fermu-v-kazahstane/

[861] Ashraf, Aoyon. « Chinese Crypto Miner The9 Expands in US With Compute North Deal ». CoinDesk, 12 novembre 2021. https://www.coindesk.com/business/2021/11/12/chinese-crypto-miner-the9-expands-in-us-with-compute-north-deal.

[862] THE9 LIMITED. « The9 Limited and SolarCoin, a Kyrgyzstan Cryptomining Company, Signed Contract on Purchase of Computing Center ». PR Newswire, 11 mai 2022. https://www.prnewswire.com/news-releases/the9-limited-and-solarcoin-a-kyrgyzstan-cryptomining-company-signed-contract-on-purchase-of-computing-center-301544801.html.

[863] La ferme se trouve aux coordonnées 42.75389185489756, 75.67453399305477.

[864] THE WORLD BANK. « Appraisal Environmental and Social Review Summary Appraisal Stage (ESRS Appraisal Stage) ». Kyrgyz Renewable Energy Development Project (P178286). The World Bank, Ministry of Energy of Kirghizstan, 4 mai 2023. https://documents1.worldbank.org/curated/en/099050423084026584/pdf/P17828601ec36a03308c9e05d58632a5da9.pdf.

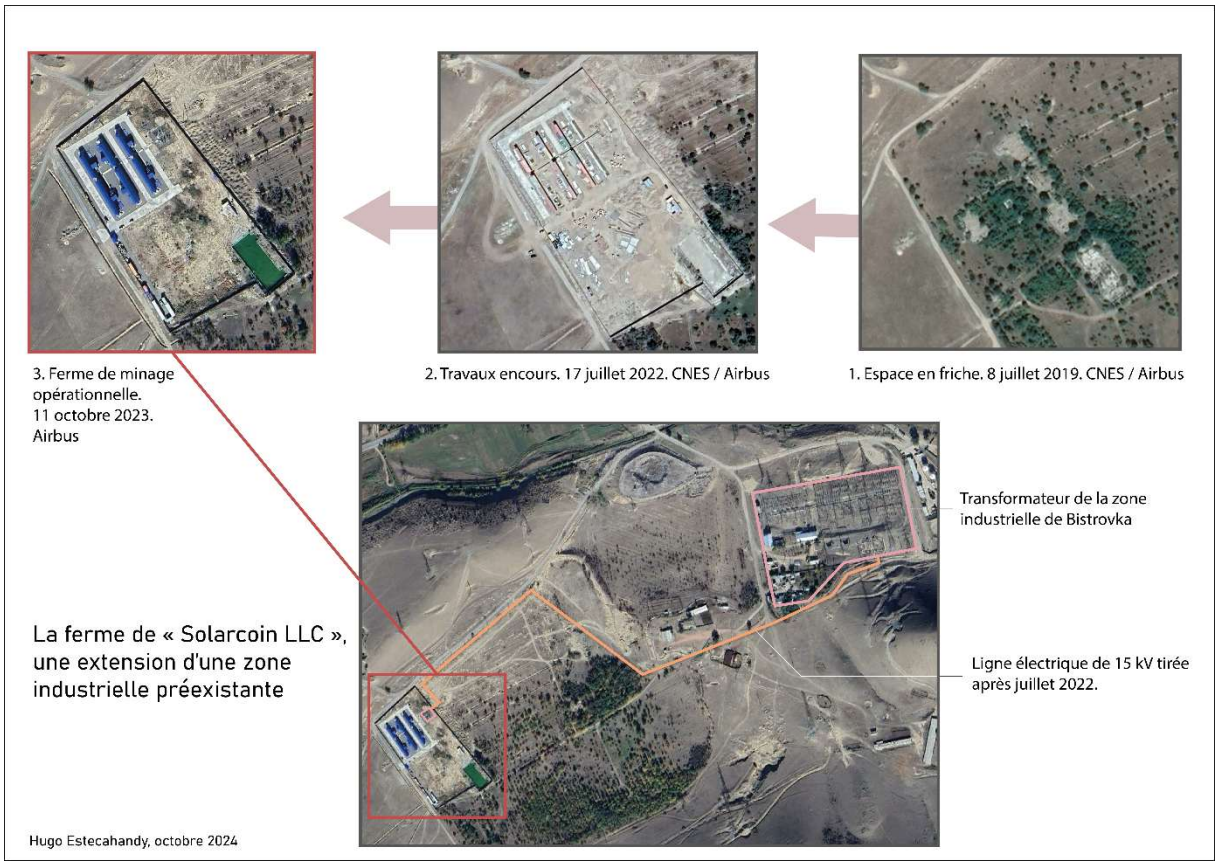
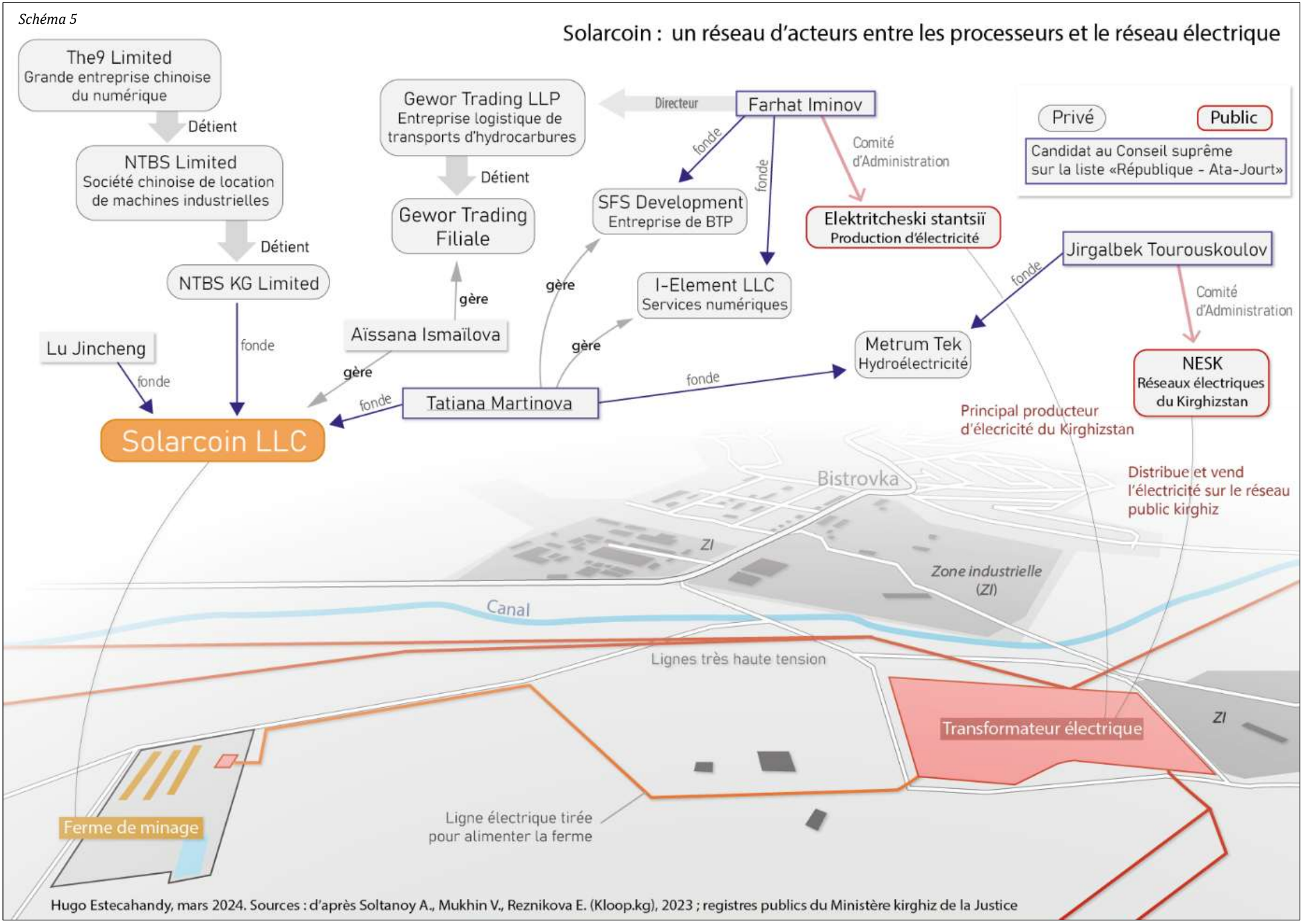


Planche 11 Télédétection de la ferme de minage de Solarcoin.

En juillet 2019, les clichés révèlent que l'emplacement de la future ferme de Solarcoin est encore jonché de ruines envahies par la végétation. Cependant, une capture datant de juillet 2022 montre clairement un chantier en cours, où se dessinent déjà les contours de la ferme en voie d'achèvement. Cette évolution se confirme sur une image d'octobre 2023, où l'infrastructure est désormais finalisée. Sur ce dernier cliché, on distingue également un transformateur électrique au sein de l'enceinte de la ferme. Plus notable encore est l'apparition d'une ligne électrique, vraisemblablement de 35 kilovolts (kV), qui correspond à la tension autorisée pour la connexion de l'entreprise. Cette ligne relie le transformateur de la ferme à un autre transformateur de grande capacité, situé à environ 700 mètres, à proximité de la zone industrielle de Bistrovka. Ce dernier est lui-même raccordé à des lignes de très haute tension de 220 kV. Comme pour de nombreuses fermes de minage, le choix de cet emplacement semble avoir été mûrement réfléchi afin de minimiser la distance avec la source d'alimentation électrique, optimisant ainsi les coûts de raccordement. L'emplacement physique de la ferme de Solarcoin apparaît donc aussi stratégique que le réseau d'acteurs auquel ses fondateurs sont liés.

Schéma 5



Hugo Estecahandy, mars 2024. Sources : d'après Soltanoy A., Mukhin V., Reznikova E. (Kloop.kg), 2023 ; registres publics du Ministère kirghiz de la Justice

Si le rôle de NTBC est plutôt clair, puisque l'entreprise a communiqué sur ses acquisitions infrastructurelles, aucune information ne transparaît sur L. Jincheng. En revanche, Tatiana Martinova, la troisième cofondatrice de Solarcoin, semble avoir des relations locales qui ont pu directement bénéficier au projet. Elle gère deux entreprises, « I-Element » qui est spécialisée dans les « services numériques » et l'entreprise de construction « SFS Developments », fondées toutes deux par Farhat Iminov, qui figure au conseil d'administration d'Elektritcheskie Stantsiï. Iminov est aussi le directeur de l'entreprise de transport logistique d'hydrocarbures Gewor Trading, dont une succursale est administrée par Aïssana Ismaïlova, la gérante de Solarcoin. Tatiana Martinova a également cofondé Metrum KG, entreprise d'hydroélectricité, qui compte parmi ses fondateurs Jirgalbek Toursouskoulov, quant à lui présent au conseil d'administration de « NESK ». De plus, trois des membres de ce réseau (Martinova, Iminov et Tourouskoulov) étaient candidats sur une liste commune du parti conservateur et nationaliste « Respublika - Ata-jourt » pour les élections législatives de 2017.

Ainsi, les acteurs d'un réseau formé par leurs proximités politiques et économiques jouent toutes et tous un rôle dans l'exploitation d'une ferme de minage et dans la production et la distribution de la principale ressource qui en permet le fonctionnement. Deux jours après la publication de l'enquête de Kloop, le président du Kirghizstan, Sadyr Japarov, a reconnu l'existence de la ferme de Solarcoin, mais a tenté de justifier la vente d'électricité publique aux mineurs de cryptomonnaies qui étaient effectuée « *seulement lorsqu'il y avait un surplus énergétique* »[865]. Trois jours encore après cette déclaration présidentielle, c'est le ministre de l'Énergie du Kirghizstan, Taalaibek Ibrayev, qui annonce que finalement Solarcoin cessera d'acheter l'électricité publique du pays, mais en importera depuis le Kazakhstan[866]. Ibrayev reproche tout de même aux journalistes d'être à l'origine d'une perte de revenus pour l'État.

En octobre 2023, les journalistes de Kloop relaient l'information obtenue par Taalaibek Ibrayev, selon laquelle Solarcoin achète désormais son électricité au Kazakhstan via un intermédiaire spécialisé : « GES-Energo Almaty »[867]. Fondée au Kazakhstan en 1998, GES-

[865] KALYKOV, Munduzbek, 2023. Расследование о продаже миллионов киловатт: Президент подтвердил работу майнинг-фермы в Кемине. *KLOOP.KG* [en ligne]. 28 juillet 2023. [Consulté le 16 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://storage.googleapis.com/qurium/kloop.kg/blog-2023-07-28-rassledovanie-o-prodazhe-millionov-kilovatt-prezident-podtverdil-rabotu-majning-fermy-v-kemine.html.
[866] *Radio Azattyk*. « Министр энергетики сообщил о прекращении с 1 августа продажи электроэнергии майнинг-ферме в Кемине ». 31 juillet 2023. https://rus.azattyk.org/a/32527646.html.
[867] SOLTONOY, Aruuke et MUKHIN, Victor, 2023. Казахстан, говорите? Майнеры покупают электричество у фирмы, связанной с Бакиевым. *KLOOP.KG* [en ligne]. 4 octobre 2023.

Energo Almaty est impliquée dans plusieurs scandales de corruption autour de l'achat frauduleux d'électricité kirghizstanaise par l'intermédiaire d'un cadre d'Elektritcheskie Stantsiï, revendue ensuite au Kazakhstan au début des années 2010. C'est également une structure supplémentaire qui est à la fois liée au minage de cryptomonnaies développé au Kirghizstan et à Maksim Bakiev, le fils de l'ancien président kirghizstanais déchu en 2013. Maksim Bakiev était à l'époque directeur de Chakan GES, société d'exploitation de centrales hydroélectriques par la suite étatisées, et aurait bénéficié d'opérations menées par GES-Energo Almaty et son directeur pour acquérir 80% des actions des sociétés publiques kirghizstanaises Severelectro et Vostokelectro à un prix 45 fois inférieur à leur valeur initiale.

De plus, cette entreprise kazakhstanaise impliquée depuis plus de dix ans dans des scandales de corruption et de commerce transfrontalier opaque de l'électricité kirghizstanaise n'aurait aucunement accès aux montants d'énergie nécessaires pour le fonctionnement de Solarcoin. Ainsi, il est peu probable que l'électricité consommée par Solarcoin soit achetée au Kazakhstan, du moins pas auprès de GES-Energo Almaty. Il est possible que cette annonce des autorités du Kirghizstan ne fût qu'une tentative de masquer le fait que Solarcoin continue de faire tourner ses processeurs avec de l'électricité publique kirghizstanaise. D'autant plus que la liste mensuelle des principaux consommateurs d'électricité du Kirghizstan, celle-là même qui affichait Solarcoin comme le deuxième consommateur d'énergie électrique du pays à partir d'avril 2023 et qui avait mis les journalistes d'investigation sur la piste de cette ferme de minage, a cessé d'être publiée par le Centre kirghizstanais de règlementation de l'énergie [868] à partir de juillet 2023, une époque qui correspond à la publication de la première enquête de Kloop sur Solarcoin.

8.3 Le minage de cryptomonnaies comme potentiel vecteur de développement du secteur électrique kirghizstanais ?

Si ces projets controversés mettent le minage de cryptomonnaies au centre d'affaires de corruption et de collusions d'acteurs étatiques et privés au Kirghizstan, tout en les liant à la fragilité énergétique traversée par le pays, d'autres fermes numériques fonctionnent grâce à de

[Consulté le 16 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://kloop.kg/blog/2023/10/04/kazahstan-govorite-majnery-pokupayut-elektrichestvo-u-firmy-svyazannoj-s-bakievym/

[868] https://esep.energo.kg/?cat=152&_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=fr&_x_tr_hl=fr

petites centrales hydroélectriques privées. Ce qui n'était au début qu'une stratégie de quelques acteurs privés locaux qui pouvaient se permettre de construire de telles infrastructures dans les montagnes kirghizes, l'alimentation de fermes de minage par ces micro-stations privées a commencé à être envisagée par certaines entreprises locales qui y voient une potentielle solution pour financer la construction de nouvelles capacités de génération d'électricité. Le directeur de la NEHC lui-même, rencontré en mars 2022, essayait de défendre cette idée auprès du gouvernement. Au Kirghizstan, le minage de cryptomonnaies pourrait ainsi devenir un soutien, dans une mesure tout de même limitée, pour l'amélioration d'un réseau électrique à bout de souffle.

8.3.1 Dans les montagnes du Kirghizstan, un minage numérique sur de petites centrales hydroélectriques privées

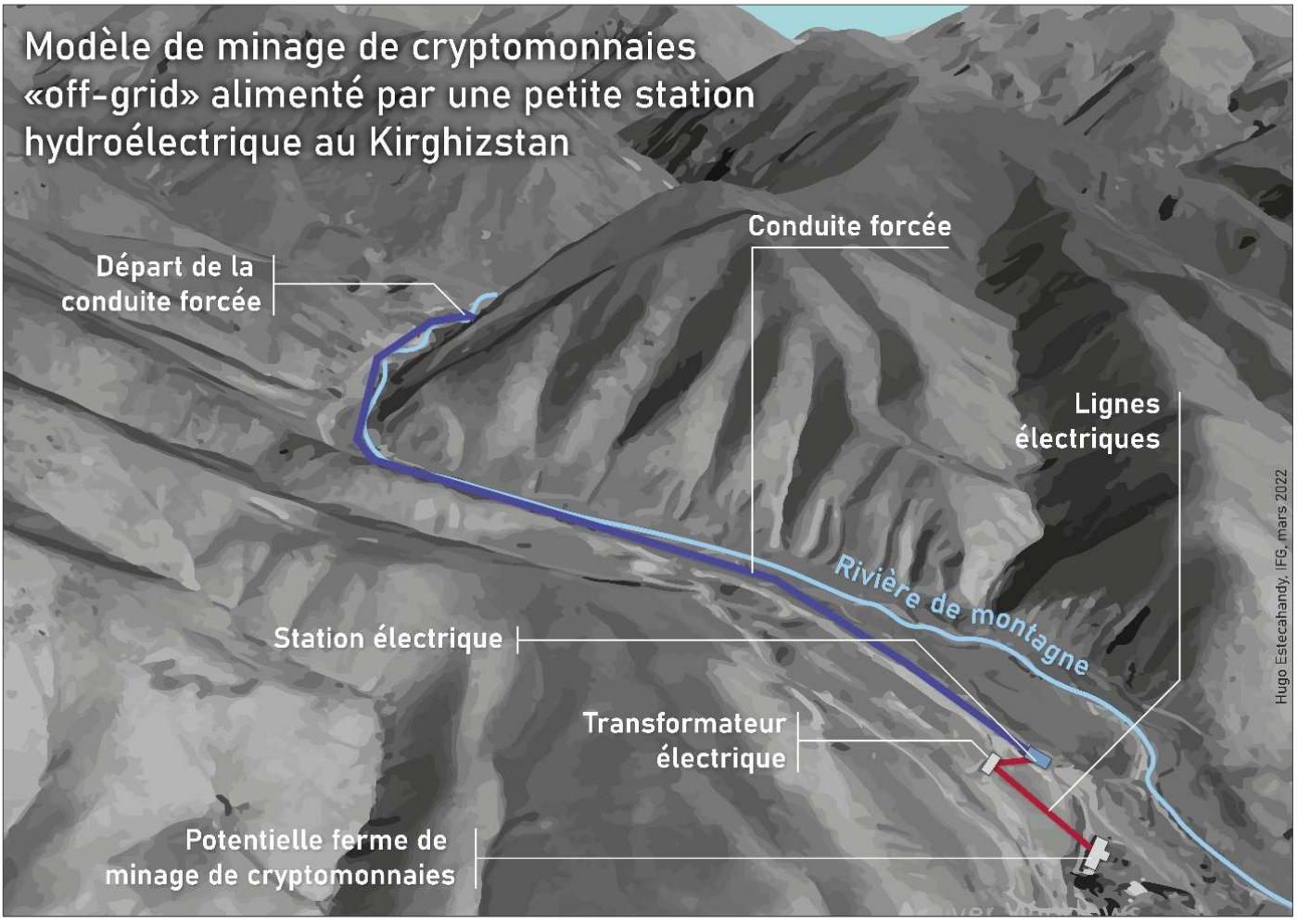
Au 27 décembre 2024, il y avait dix sociétés légalement enregistrées au Kirghizstan qui déclaraient faire du minage de cryptomonnaies[869]. Parmi elles, nous retrouvons MBT Stroï et Solarcoin, déjà mentionnées, ainsi que « ViNET » (« ВиНЭТ »), la plus ancienne de la liste, officiellement enregistrée le 2 août 2021[870]. Contrairement aux deux autres entreprises, les fermes de ViNET ne sont pas connectées au réseau électrique public du Kirghizstan et fonctionnent donc « *off-grid* ». Elles sont alimentées par des micro-stations électriques en montagne. Nous avons rencontré Nayaz Irsaliev, à la tête de ViNET, en mars 2022. Il a ainsi pu expliquer le fonctionnement de ses fermes qui sont alimentées grâce à ces petites centrales électriques, premiers projets de la sorte à voir le jour au Kirghizstan depuis l'indépendance, qui ont ensuite été rejoints par d'autres installations dans le pays.

> *« Nous avons trois M-GES au Kirghizstan et une quatrième est en projet. Nous utilisons deux d'entre-elles pour miner des cryptomonnaies, du bitcoin et du bitcoinCash, et nous revendons l'électricité générée par la troisième à l'État. C'était la condition pour obtenir l'autorisation et le soutien de l'administration pour notre projet, nous revendons l'électricité au tarif fixé par l'État ce qui n'est pas rentable pour nous, mais les cryptomonnaies générées par le minage permettent de faire du profit ».* Nayaz Irsaliev, directeur de ViNET, en mars 2022.

[869] MINISTERE DE L'ÉCONOMIE ET DU COMMERCE DE LA REPUBLIQUE KIRGHIZE. « Реестры — СЛУЖБА РЕГУЛИРОВАНИЯ И НАДЗОРА ЗА ФИНАНСОВЫМ РЫНКОМ ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ ЭКОНОМИКИ И КОММЕРЦИИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ », 27 décembre 2024. https://fsa.gov.kg/%d1%80%d0%b5%d0%b5%d1%81%d1%82%d1%80%d1%8b/.

[870] FSA, « Общество с ограниченной ответственностью «ВиНЭТ» », 2 août 2024. https://fsa.gov.kg/2024/08/02/общество-с-ограниченной-ответственн-395/

Sur ces deux sites, dont la puissance électrique générée est de 3 MW et 3,5 MW, Irsaliev a fait installer 4700 processeurs de minage, mais il précise que tous ne sont pas branchés. Contrairement à des barrages hydroélectriques, tels que ceux d'Elektritchetskie Stantsiï installés sur la rivière Naryn, les petites ou micro-stations hydroélectriques ne disposent pas de bassins de retenues d'eau, ou alors ceux-ci sont de petite envergure et ne retiennent qu'une partie détournée du flux de la rivière. Comme toutes les M-GES du Kirghizstan, les stations de ViNET sont disposées sur des rivières de montagnes, et ne comportent pas de retenues d'eau. Une partie du flux de la rivière est entraînée dans une conduite forcée, un tuyau au sein duquel l'eau descend à grande vitesse vers la station électrique en aval où elle active des turbines. À proximité des turbines se trouve alors un transformateur qui permet la distribution de l'électricité, parfois donc à des processeurs. Ce fonctionnement est clairement visible avec des images satellites de la seule station hydroélectrique d'Irsaliev dont nous avons pu retrouver l'emplacement, au nord-ouest du lac Issyk-Koul, sans savoir si cette dernière alimente du minage numérique.



Carte 16

Sur des captures satellites, un conteneur jaune est présent à proximité du transformateur du cliché de juin 2017 à celui d'octobre 2019, qui disparaît sur la capture suivante en juillet 2022 alors qu'apparaît une excroissance d'un bâtiment fraichement rénové un peu plus au sud de l'installation. Il n'est pas possible d'affirmer que ce sont des emplacements successifs de processeurs de minage, mais cette supposition permet d'imager le fonctionnement de ce type d'installation. Les fermes d'Irsaliev n'ont pas de vocation commerciale selon lui, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de modèle économique d'hébergement – de *hosting* – d'appliqué, les cryptomonnaies minées reviennent exclusivement à sa société et il en vend directement une partie pour pouvoir réinjecter des liquidités dans son entreprise et garde l'autre partie sous forme de cryptomonnaies. L'une des angoisses qu'il a partagées en 2022 était que le gouvernement interdise subitement le minage de cryptomonnaies dans le pays, ce qui l'obligerait à vendre, à perte, son électricité à l'État.

Selon Irsaliev, il y avait, en mars 2022, environ « six ou sept stations hydroélectriques privées, la plupart [étant utilisées] pour du minage [de cryptomonnaies] ». Par exemple, parmi la liste des dix entreprises kirghizstanaises enregistrées pour du minage de cryptomonnaies en 2024, se trouve « Sattelit-2005 » (« Саттелит-2005 »), une société qui dispose de deux petites stations hydroélectriques dans la région d'Och, dans le sud-est du pays.

A. Le minage comme générateur d'électricité ?

Le coût de l'électricité au Kirghizstan, et donc son prix de vente fixé par l'État, ne permet pas de rendre le développement rentable et attractif d'infrastructures électriques privées. Comme dans la plupart des pays d'ex-URSS, notamment au Kirghizstan et au Kazakhstan, les rénovations et constructions de capacités de génération d'électricité privées sont financièrement soutenues par l'État ou des banques d'investissement étrangères, à l'instar de la Banque européenne de développement et de reconstruction qui est très présente dans le secteur électrique kazakhstanais. Ce soutien financier extérieur est nécessaire pour le développement de petites centrales électriques de montagne, dont les coûts de construction sont parfois de plusieurs millions de dollars états-uniens qui ne peuvent tout simplement pas être couverts par la vente de l'énergie avant plusieurs décennies.

Ainsi, certains acteurs du développement de l'énergie renouvelable envisagent le minage de cryptomonnaies comme un potentiel vecteur de liquidité qui permettrait d'amortir plus

rapidement les coûts de construction de M-GES. La startup DATT Energy, par exemple, a pour projet de construire plusieurs de ces stations hydroélectriques dans les montagnes kirghizes, et d'utiliser l'électricité produite pour miner des cryptomonnaies, du moins le temps de rentabiliser les coûts de construction. Nous avons pu rencontrer la représentante de DATT, Aïzada Japarova, par deux fois, en mai 2022 et en septembre 2023, à Bichkek.

Lors de notre rencontre en 2022, Aïzada et ses collègues prévoyaient de construire 18 M-GES, d'une puissance allant de 2 MW à 10 MW. Elle explique que le flux des rivières de montagne sur lesquelles ils avaient envisagé la construction des stations variait grandement en fonction des périodes, mais qu'ils pouvaient être assurés d'un minimum constant de 25 % du flux total de la rivière sur l'année. DATT envisage la possibilité de, non pas miner directement des cryptomonnaies pour rembourser les coûts de construction, mais de vendre leur électricité à des mineurs numériques. Selon Aïzada, DATT serait en mesure de vendre le kilowattheure à 5 ou 6 centimes de dollar états-unien à des mineurs numériques, ce qui se trouvait dans la fourchette de rentabilité recherchée dans l'industrie du minage de cryptomonnaies à l'époque, contre 0,4 centime au gouvernement. L'objectif est de vendre une partie de l'électricité générée à des mineurs de cryptomonnaies tandis que le reste serait vendu à l'État et donc à la NEHC.

DATT a été fondé par le père d'Aïzada, Tolonbek Japarov, dont le père était lui-même ingénieur électricien sous l'Union soviétique, qui aurait été à la tête, d'après sa petite-fille, de projets de petites stations hydroélectriques de montagne, qui n'ont jamais vu le jour en disparaissant en même temps que l'URSS. Ainsi, ses descendants ont fondé DATT en 2015 en cherchant à développer ce potentiel énergétique pour le Kirghizstan. Ils avaient trouvé un endroit propice à leur première installation non loin de Bichkek, mais aucun investisseur n'a souhaité rejoindre le projet, les seuls intéressés voulaient une puissance minimale de 50 MW par installation.

La sélection des sites potentiels pour les centrales électriques leur a demandé une prise en compte de nombreux paramètres. D'une part, il est nécessaire que les installations – turbines, transformateurs, potentielle ferme de minage – ne soient pas trop éloignées les unes des autres, afin de garder une courte distance de lignes électriques et de ne pas défigurer le paysage. Puis, il y a également une phase de rencontre et d'explication auprès des populations locales, durant laquelle il est nécessaire de démontrer l'intérêt du projet pour les personnes habitant à proximité. Aïzada a pris l'exemple d'un projet de barrage de 100 MW près de la ville de Naryn,

dont la construction a commencé en 2022 et a entraîné d'importantes vagues de protestations de la part des résidents[871].

Selon les calculs de DATT, la durée d'exploitation de ces installations serait d'une trentaine d'années, avant que la raréfaction de l'eau de montagne combinée au vieillissement de l'infrastructure ne permette plus leur fonctionnement. Pour elle, il est nécessaire que le gouvernement accepte de payer ou de subventionner davantage les énergies renouvelables. L'autre enjeu est de faire accepter aux autorités locales l'installation de processeurs de minage pour consommer cette électricité, sujet sur lequel Aïzada n'est pas totalement confiante : « au Kirghizstan, le minage [de cryptomonnaies] est développé de manière cachée et protégé par des gens puissants ».

B. Le minage de cryptomonnaies comme vecteur d'un renforcement de la souveraineté énergétique du Kirghizstan ?

Dans ce contexte de ce sous-investissement dans les infrastructures énergétiques et de dépendance saisonnière vis-à-vis des pays voisins, l'utilisation du minage de cryptomonnaies est perçue par certains acteurs des institutions publiques comme un potentiel vecteur de souveraineté énergétique. Lors d'un entretien mené à Bichkek en mai 2022 avec Nurbek Abaskanov, directeur de la NEHC, ce dernier défendait l'idée d'intégrer le minage numérique dans le développement énergétique national, qui pourrait permettre à la fois de rentabiliser la production d'électricité, de générer des devises étrangères – notamment en dollars états-uniens – et d'accroître l'autonomie financière du secteur énergétique kirghizstanais.

> « Cette démarche serait bénéfique pour notre pays à plusieurs niveaux. Nous avons besoin de nouvelles infrastructures de production d'électricité, et nous [l'État] pourrions les rembourser en revendant les cryptomonnaies créées. De plus, le minage pourrait être opéré à moindre coût par les autorités si elles utilisent les processeurs saisis aux mineurs illégaux par les forces de police. Et cela permettrait également à l'État d'acquérir rapidement et facilement des devises étrangères, comme des dollars états-uniens, lors de la revente. » Entretien avec Nurbek Arbaskanov, directeur de la NEHC, à Bichkek en mai 2022.

Il précise que le secteur de l'énergie est nouveau pour lui, et qu'avant il était directeur du comité d'État sur les technologies de l'information et avant cela cadre chez Beeline, l'un des principaux opérateurs mobiles du pays. Mais il affirme que sa vision technique, et non économique, le

[871] KRAYNOVA, Natalia, 2022. Начата реализация проекта по строительству ГЭС « Куланак » на реке Нарын. *Вечерний Бишкек* [en ligne]. 13 avril 2022. [Consulté le 15 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.vb.kg/doc/416756_nachata_realizaciia_proekta_po_stroitelstvy_ges_kylanak_na_reke_naryn.html

pousse à faire des recommandations qu'il sait être bénéfiques pour l'infrastructure électrique du pays, mais que les membres du gouvernement peinent à comprendre.

Au-delà des micro-centrales, il envisage également un déploiement de fermes de minage adossées directement aux barrages hydroélectriques situés le long de la rivière Naryn. Il expose un raisonnement stratégique où le minage, effectué principalement au printemps durant les pics de production hydroélectrique, permettrait de financer l'import d'électricité en hiver, période de faibles débits.

> « J'ai pensé au minage comme solution potentielle pour développer le réseau électrique du Kirghizstan. C'est une bonne option, car nous pouvons par exemple miner au printemps et utiliser l'argent récolté pour acheter de l'électricité au Kazakhstan durant l'hiver. » Entretien avec Nurbek Arbaskanov, directeur de la NEHC, à Bichkek en mai 2022.

Cette logique repose sur une gestion différenciée des flux saisonniers d'eau : en période de hauts débits, la production excédentaire pourrait être utilisée pour le minage numérique et donc convertie en cryptomonnaies, contribuant à un amortissement des coûts d'importation hivernaux. Il suggère même une division artificielle de la rivière Naryn avant son entrée en Ouzbékistan, en deux cours d'eau, afin d'optimiser la répartition hydraulique, et d'utiliser successivement à pleine capacité l'un des flux d'eau pour générer de l'énergie pour du minage de cryptomonnaies ou encore de l'électrolyse[872].

Abaskanov légitime sa stratégie de monétiser l'hydroélectricité du Kirghizstan en exposant, schématiquement, les limites du secteur électrique kirghizstanais :

> « Pour faire simple, 70 % de l'électricité consommée l'est à des tarifs fortement subventionnés, à 1 centime de dollar états-unien le kilowattheure (1ct/kWh) pour les ménages, tandis que seuls 30 % sont achetés à un tarif économiquement viable à 3 ct/kWh par le secteur industriel. Cela empêche toute rentabilité, et contribue à une dégradation de nos infrastructures énergétiques à l'instar du barrage de Karakoul qui est obsolète depuis 1995, en plus d'une maintenance insuffisante et une stagnation de l'investissement ». Entretien avec Nurbek Arbaskanov, directeur de la NEHC, à Bichkek en mai 2022.

Le minage de cryptomonnaies est ainsi perçu comme une source de liquidités alternatives, susceptible de redynamiser un secteur énergétique kirghizstanais stagnant et atrophié. Par ailleurs, la réutilisation des équipements saisis lors de campagnes de répression contre le minage

[872] L'électrolyse permet de décomposer des molécules d'eau à l'aide d'un courant électrique, afin de produire de l'hydrogène et de l'oxygène.

illégal est évoquée comme une opportunité pour l'État d'amorcer une activité à coût réduit. Abaskanov affirme que même avec un l'achat de matériel informatique de minage, le retour sur investissement rapide recherché pour les petites centrales hydroélectriques de montagne est tout à fait envisageable, et les deux millions de dollars théoriques dépensés pour une de ces installations de 1 MW, un million pour la centrale et un million pour la ferme de minage, pourraient être amortis entre deux à cinq ans.

Et même sur une vision encore plus court-termiste, avant que l'argent issu du minage de cryptomonnaies ne vienne financer l'amélioration des infrastructures électriques kirghizstanaises, Abaskanov affirme que la revente de cryptomonnaies produites directement par l'État et l'acquisition de devises étrangères qui en suivraient, permettraient non seulement à l'État kirghizstanais d'acheter de l'électricité au Kazakhstan pendant la période hivernale, mais également de renforcer sa position dans les négociations de ces achats, qui sont complexes et parfois tendus. Il rappelle que l'urgence absolue du Kirghizstan est de trouver davantage d'électricité au plus vite : *« qu'elle soit générée par des micro centrales de montagnes ou des centrales à charbon au Kazakhstan, le Kirghizstan doit absolument sécuriser son accès à l'électricité. Et l'amélioration de notre génération d'électricité nous permettra de réduire notre dépendance au Kazakhstan et d'autres pays voisins, et de consolider notre souveraineté énergétique »*[873].

Conclusion du chapitre 8

Cette étude de cas sur le développement du minage de cryptomonnaies permet de mettre en évidence plusieurs particularités propres au Kirghizstan. Si le pays a également hérité d'infrastructures hydroélectriques mises en place sous l'URSS, comme en Sibérie orientale ou au Kazakhstan, leur nationalisation complète et l'appauvrissement progressif de la ressource hydrique qui permet la génération d'électricité font apparaître des enjeux et logiques différents pour le développement du minage numérique.

La situation analysée au Kirghizstan illustre une forme originale de capture de l'État, différente de celles analysées en Sibérie et dans une moindre mesure au Kazakhstan, où ce ne sont pas seulement des groupes d'intérêts privés qui détournent les infrastructures publiques à leur

[873] Entretien avec Nurbek Arbaskanov, directeur de la NEHC, à Bichkek en mai 2022.

profit, mais également des agents étatiques eux-mêmes, légitimant, organisant, voire institutionnalisant des pratiques informelles. Le minage numérique devient ainsi un révélateur des rapports locaux de pouvoir, des dynamiques de gouvernance et des modes d'appropriation de ressources publiques dans un contexte postsoviétique où les infrastructures sont à la fois centralisées, stratégiques et vulnérables. Que deux des acteurs impliqués dans les deux principaux projets de minage de cryptomonnaies favorisés par l'élite politique du Kirghizstan soient liés à Maksim Bakiev, qui avait capturé une partie des ressources et infrastructures du pays durant la présidence de son père une quinzaine d'années plus tôt, permet également de prendre la mesure de la persistance de certains modèles et réseaux de corruption à l'échelle nationale.

Cette capture de l'État « par l'État », ou « à travers l'État », intervient en contexte de déficit énergétique, entraîné par un stress hydrique de plus en plus important et la déliquescence des infrastructures énergétiques qui peinent à être rénovées et augmentées suffisamment rapidement pour couvrir des besoins exponentiels. Ainsi, la ressource électrique est détournée directement par des représentants de l'État au profit d'acteurs privés, parfois étrangers, dans alors même que la crise énergétique menace une partie de la population et que ce manque de ressources énergétique et hydraulique fragilise la position géopolitique du Kirghizstan à l'échelle régionale.

Si le minage de cryptomonnaies est donc directement associé aux défis énergétiques du Kirghizstan et à ses conséquences, il l'est par des acteurs qui détournent, « parasitent » directement le secteur énergétique kirghizstanais pour leur propre profit, avec l'aval de personnalités placées aux plus hauts sommets de l'État. C'est donc par l'État que sont entretenues certaines « zones grises » au sein du territoire kirghizstanais et de certaines infrastructures publiques. Cette absence de transparence par une partie de l'administration sur l'utilisation de l'électricité publique a entraîné des tensions au sein du Parlement, qui a refusé d'examiner le projet de loi sur les économies d'énergie, fin mai 2024, alors que cela faisait plus d'un mois qu'un député essayait en vain d'obtenir des réponses du gouvernement du le nombre réel de fermes de minage de cryptomonnaies branchées au réseau électrique public.

L'étude du minage de cryptomonnaies permet de mettre en lumière des stratégies et réseaux de prédation de ressources critiques du Kirghizstan tout en montrant qu'il pourrait jouer un rôle dans l'optimisation, voire dans la génération, de la ressource énergétique. Les quelques exemples proposés dans cette analyse qui présentaient le minage de cryptomonnaies comme

potentiel vecteur d'une amélioration du secteur électrique kirghizstanais n'ont encore rien de concret. Mais l'adossement de fermes de minage à la rentabilité de petites stations hydroélectriques privées permet d'attester de la pertinence du concept envisagé pour le réseau électrique public, par des *start-ups* comme DATT Energy ou même le directeur de l'organe public qui régit le secteur kirghizstanais de l'électricité.

Il a fallu attendre 2025, alors que sont rédigées les lignes de ce dernier chapitre, pour que le Parlement kirghizstanais approuve un projet de loi pour encadrer le minage de cryptomonnaies[874]. Mais déjà en novembre de la même année, d'importantes restrictions sur la consommation d'électricité étaient implémentées au Kirghizstan à l'arrivée de l'hiver : certains établissements (restaurants, lieux culturels) doivent désormais fermer à partir d'une certaine heure en soirée et le ministre de l'Énergie a annoncé la déconnexion de toutes les fermes de minage en activité[875]. De futures recherches permettront d'analyser les formes et l'impact de ce texte de loi et de ces restrictions sur le secteur du minage de cryptomonnaies dans le pays. D'autant plus que, outre le minage numérique lui-même, le manque de régulation du secteur des cryptomonnaies permet également l'implantation de projets qui permettraient à des acteurs russes de contourner les sanctions internationales, comme nous l'avons relevé dans le Chapitre 3 (voir Encadré 8).

[874] KUTUEVA, Aizada, 2025. Parliament approves bill on introduction of state cryptocurrency mining tools -. *24.kg* [en ligne]. 10 septembre 2025. [Consulté le 15 septembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://24.kg/english/342980_Parliament_approves_bill_on_introduction_of_state_cryptocurrency_mining_tools/

[875] AIGYROV, Turdubek, 2025. Таалайбек Ибраев: Энергетика — это не место для споров, а работа 24/7. *24.kg* [en ligne]. 12 novembre 2025. [Consulté le 22 novembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://24.kg/vlast/350594_taalaybek_ibraev_energetika_eto_nemesto_dlya_sporov_arabota_24_7/

Conclusion de la Partie III

Cette troisième partie de la thèse a clôturé notre exploration de la géopolitique matérielle des cryptomonnaies à travers leur minage en ex-URSS, en se concentrant sur les cas spécifiques du Kazakhstan et du Kirghizstan. L'objectif principal était d'analyser dans quelle mesure le développement du minage numérique dans ces pays, s'appuyant sur des infrastructures énergétiques héritées de l'URSS, contribue à révéler ou accentuer des fragilités structurelles et des dépendances infrastructurelles régionales, tout en s'intégrant pleinement aux dynamiques locales d'exercice du pouvoir. Les études de cas ont mis en exergue des formes et des dynamiques de développement différentes de celles observées en Russie, soulignant des enjeux énergétiques et politiques à la fois internes et régionalisés.

Le Chapitre 6 a permis de révéler qu'une double fracture territoriale, énergétique et climatique, au Kazakhstan qui a façonné les formes, échelles et localisation de l'activité. Le nord du pays, avec ses puissantes centrales à charbon héritées de l'URSS et son climat froid, a attiré un minage industriel à grande échelle, notamment autour d'Ekibastouz, le « cœur énergétique » du Kazakhstan. Ce développement a parfois bénéficié d'un soutien politique régional explicite, comme l'illustre l'implication de l'*akim* de Pavlodar dans l'implantation de fermes telles que MineBest et Enegix. Le concept de « crypto-régionalisme » (Atkins & al., 2021) permet d'éclairer ces stratégies de promotion du minage par des acteurs politiques locaux pour attirer des capitaux, bien que le cas kazakhstanais en présente une version très localisée et bien moins institutionnalisée que dans l'étude de cas sur le Québec qui a permis la création de ec concept[876]. En revanche, le sud du Kazakhstan, aux capacités électriques plus limitées et au réseau fragile, a vu émerger des projets de minage numérique à plus petite échelle, souvent opaques et sans soutien politique visible. Ce déploiement a exposé la dépendance infrastructurelle du Kazakhstan à la Russie dans le secteur énergétique, qu'il s'agisse de l'interconnexion des réseaux électriques, de la présence d'acteurs russes dans l'exploitation des infrastructures énergétiques, ou de la dépendance à un charbon exploité par des acteurs russes. L'infrastructuration (Högselius, 2022) soviétique de l'espace *via* des infrastructures de production et de transit

[876] ATKINS, Ed, FOLLIS, Luca, NEIMARK, Benjamin David et THOMAS, Vanessa, 2021. Uneven development, crypto-regionalism, and the (un-)tethering of nature in Quebec. *Geoforum* [en ligne]. juin 2021. Vol. 122, pp. 63-73. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1016/j.geoforum.2020.12.019. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718520303031

d'électricité a créé des liens de dépendance qui perdurent[877]. Parallèlement, l'afflux massif de processeurs ASIC depuis la Chine, via les corridors de transport de la Belt and Road Initiative (BRI), a donné naissance à ce que nous nommons une "crypto-Route de la Soie" informelle, soulignant l'émergence de nouvelles dépendances envers la Chine, bien que le secteur du minage ait évolué indépendamment des stratégies officielles de Pékin.

Le Chapitre 7 a approfondi les dynamiques politiques internes liées au minage numérique au Kazakhstan. La crise énergétique de 2022 a servi de catalyseur à la « dénazarbaïefication », du terme consacré par Marlène Laruelle (2019), une stratégie du président Tokaïev pour purger les structures politiques et économiques des proches de l'ancien président Nazarbaïev, souvent accusés de s'être enrichis en « capturant » des biens et ressources étatiques[878]. Des personnalités comme Kaïrat Intemgenov, Alexandre Klebanov et Yerlan Nigmatulin ont été publiquement associées au minage numérique opaque, utilisant leurs réseaux de pouvoir et leur accès privilégié aux infrastructures énergétiques pour détourner l'électricité et générer des profits. Ces pratiques s'inscrivent dans la « technopolitique » du minage de cryptomonnaies, adaptation du concept de Gabrielle Hecht (1998), où les logiques de pouvoir, de gains financiers et de clientélisme s'entrecroisent[879]. Elles ont créé des « zones grises » sur le réseau électrique, des espaces privatisés où le pouvoir est exercé par des micro-autorités alternatives qui ont détourné l'usage de l'électricité à des fins personnelles. Le concept de « blat » (Ledeneva, 1999), décrivant l'utilisation de réseaux personnels et de contacts informels pour contourner les procédures officielles, est pertinent pour lire et comprendre ces dynamiques[880].

En réponse à cette crise, le Kazakhstan a mis en place la loi 193-VII d'avril 2023, visant à réguler le minage de manière pérenne. Cette législation instaure un double régime juridique : le minage est encadré par le ministère du Développement numérique (licences, localisation, consommation énergétique, traçabilité des équipements), tandis que les cryptomonnaies relèvent de l'Astana International Financial Center (AIFC). L'AIFC, avec son propre régime

[877] HÖGSELIUS, Per, 2022. The hidden integration of Central Asia: the making of a region through technical infrastructures. *Central Asian Survey* [en ligne]. 3 avril 2022. Vol. 41, n° 2, pp. 223-243. [Consulté le 26 septembre 2022]. DOI 10.1080/02634937.2021.1953963. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02634937.2021.1953963

[878] LARUELLE, Marlène, 2019. On Track to a Kazakh Spring? *The Diplomat* [en ligne]. 2019. [Consulté le 5 juin 2023]. Disponible à l'adresse : https://thediplomat.com/2019/06/on-track-to-a-kazakh-spring/

[879] HECHT, Gabrielle, 1998. *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge, MA, USA : MIT Press. Inside Technology. ISBN 978-0-262-08266-2.

[880] LEDENEVA, Alena V., 1999. *Russia's economy of favours: blat, networking, and informal exchange*. Transferred to digital printing. Cambridge : Cambridge Univ. Press. Cambridge Russian, Soviet and post-Soviet studies, 102. ISBN 978-0-521-62174-8.

juridique, vise à créer un marché national régulé et à fournir à l'État des outils de lutte contre le « minage gris ». Cette stratégie de régulation du secteur des cryptomonnaies « à travers l'infrastructure numérique » et de « territorialisation » des flux numériques permet un contrôle quasi omniscient des capacités de production et des transactions, avec l'AIFC se positionnant aux nœuds stratégiques des flux de données. Cependant, les effets immédiats de cette régulation, couplée à la répression, ont été une réduction drastique du nombre de mineurs dans le pays, malgré l'émergence de nouveaux acteurs du numérique diversifiant leurs activités vers l'IA ou développant des solutions « *off-grid* » basées sur la production de leur propre électricité.

Le Chapitre 8 a déplacé l'analyse vers le Kirghizstan, un pays confronté à un stress énergétique chronique. Sa production électrique dépend à 90% de l'hydroélectricité de la rivière Naryn, dont la ressource hydrique se raréfie à cause du réchauffement climatique. Cette situation exacerbe les tensions régionales autour du partage de l'eau, tout en nécessitant une coopération pour les échanges d'électricité avec l'Ouzbékistan et le Kazakhstan. Malgré un déficit énergétique et une interdiction *de facto* du minage par la National Energy Holding Company (NEHC) depuis 2019, l'activité a perduré, voire s'est développée, grâce à l'implication de personnalités politiques et de membres du gouvernement. Cela illustre une forme de « capture de l'État par l'État », où des agents étatiques utilisent leur position pour accorder des droits spécifiques à des entrepreneurs, parfois étrangers, pour le minage au sein d'infrastructures publiques critiques, les transformant de fait en « zones grises ». Les enquêtes sur des projets comme MBT Stroï ou Solarcoin ont révélé des liens avec des réseaux de corruption et des figures influentes comme la famille de l'ancien président Bakiev. Néanmoins, le minage de cryptomonnaies est également envisagé comme un potentiel vecteur de développement du secteur électrique kirghizstanais. Des projets de micro-centrales hydroélectriques privées (*M-GES*) alimentent des fermes « *off-grid* » (ViNET), et des entreprises comme DATT Energy proposent d'utiliser le minage pour financer la construction de nouvelles *M-GES*. Le directeur de la NEHC lui-même défend l'idée d'intégrer le minage numérique pour rentabiliser la production d'électricité, générer des devises étrangères, et renforcer l'autonomie financière et la souveraineté énergétique du pays, notamment en période de faibles débits des rivières.

En définitive, cette partie de la thèse démontre que l'analyse du minage de cryptomonnaies en Asie centrale est un puissant révélateur des vulnérabilités, interdépendances et stratégies géopolitiques complexes de ces pays. L'héritage technique soviétique, en particulier les infrastructures électriques transfrontalières, constitue ici un fil conducteur qui, bien que

commun, se manifeste par des dynamiques contemporaines diverses : des dépendances persistantes à la Russie, de nouvelles interdépendances avec la Chine, et des formes de gouvernance opaques ancrées dans des logiques de pouvoir post-soviétiques. Le minage numérique n'est pas seulement un consommateur d'énergie et un facteur de tension, il peut jouer un double rôle de catalyseur de problèmes plus systémiques et, potentiellement, de moteur pour le développement de nouvelles infrastructures énergétiques et numériques.

Conclusion générale

L'ambition de cette thèse était d'analyser comment les besoins spécifiques du minage de cryptomonnaies entraînent une concentration de la partie matérielle de réseaux numériques, réseaux initialement conçus autour du concept de décentralisation, au sein de certains territoires postsoviétiques. Pour construire notre analyse, il a été primordial de comprendre les spécificités des réseaux d'acteurs qui ont constitué leur pouvoir sur la maîtrise des ressources dans ces mêmes territoires, entraînant consécutivement un développement particulier de ce minage numérique. Cette problématique transversale a guidé une investigation géopolitique et géographique approfondie, menée à travers plusieurs terrains d'étude en Russie, au Kazakhstan et au Kirghizstan et une méthode d'enquête qui combine à la fois observations directes sur le terrain physique et collecte de données numériques.

De ces cinq ans de travail et de ces multiples terrains de recherche à travers l'espace postsoviétique, se dégagent **cinq principaux résultats de recherche**. Premièrement, **(1)** nous avons vu à quel point un réseau numérique, aussi décentralisé soit-il dans son architecture logique et physique et sa gouvernance initiale, est toujours sujet à des processus de concentration et de centralisation, que ce soit des pouvoirs ou encore des moyens de production. Notre travail a permis de visualiser et d'analyser en profondeur des processus de concentration géographique dans la couche physique de certains réseaux de cryptomonnaies, entraînés notamment par les capacités de calcul informatique qui permettent leur fonctionnement.

Ensuite, **(2)** nous avons montré que les formes et échelles dans lesquelles se matérialisent ces réseaux numériques sont intrinsèquement liées aux caractéristiques présentes dans les territoires où est implantée cette puissance de calcul. Nous avons tout d'abord mis en avant l'importance de la disponibilité d'une énergie électrique bon marché ainsi que les acteurs et formes de l'exercice du pouvoir à l'échelle locale, sur les territoires concernés et sur les ressources nécessaires.

Puis, **(3)** nous pouvons également affirmer la singularité de la géographie du minage de cryptomonnaies et de la relation dialectique entre les infrastructures numériques de cryptomonnaies et l'espace physique. Ces infrastructures numériques sont pétries d'une importante dualité entre un fort ancrage territorial et une grande mobilité à travers le globe. Cet ancrage territorial est d'abord le fait de l'importance de certains facteurs de localisation propre aux territoires et aux réseaux locaux d'acteurs de pouvoir. L'importante mobilité de l'activité

est quant à elle régit par l'apparition ou disparition de certaines opportunités locales ou des changements radicaux dans la législation du territoire hôte. C'est une différence notable avec la géographie de centres de données plus classiques, dont la présence au sein d'un territoire spécifique sur un temps long semble davantage contrainte par les services qu'ils y permettent, alors que la géographie des fermes de minage est régie par la seule rentabilité des processeurs qu'elles renferment. Cette analyse géographique et géopolitique du minage numérique est un cadre analytique qui permettra de futures recherches sur la puissance de calcul nécessaire à l'économie émergente de la génération et du fonctionnement de certains modèles d'IA.

Ces recherches ont également montré **(4)** que, si les cryptomonnaies ont fait émerger des enjeux inédits pour la souveraineté des États en questionnant à la fois l'exercice de leur souveraineté monétaire et de leur souveraineté numérique sur leur territoire, certaines autorités étatiques ont pensé et construit des formes innovantes de régulation. C'est notamment le cas au Kazakhstan où a été implémentée une régulation « au travers » de l'infrastructure numérique, et où les instruments de cette régulation ont été greffés à des composants préexistants de ces réseaux numériques, tels que les plateformes d'échange.

Mais surtout, et cela sera le fer de lance de nos futures recherches, **(5)** nous avons vu comment ces réseaux numériques de cryptomonnaies, originellement pensés pour émanciper l'individu de l'État, sont dorénavant récupérés par des gouvernements afin de nourrir leurs discours et stratégies géopolitiques.

Ces principaux résultats sont le fruit d'une démarche rigoureuse que nous avons pris le temps de développer sur trois parties. Notre démonstration a tout d'abord été amorcée avec une présentation générale de notre objet d'étude, puis de notre cadre conceptuel, pour ensuite appliquer la méthode géopolitique à l'analyse de territoires spécifiques. La première partie de ce travail a établi un cadre conceptuel et analytique fondamental pour la suite de la démarche. Elle a démontré que Bitcoin, dès sa conception en 2009, est un projet profondément politique, né d'une vision critique des rapports de force centralisés sur la monnaie et dans le cyberespace. Cette vision politique et géopolitique aux origines de la cryptomonnaie est ancrée dans les idéaux technologiques et politiques du mouvement cypherpunk ainsi que dans le contexte de la crise financière de 2008.

Si l'intention initiale était de proposer une alternative décentralisée et pair-à-pair aux systèmes financiers traditionnels, l'évolution du réseau a révélé d'importants processus internes de centralisation et de concentration. L'émergence de plateformes d'échange centralisées et de « *pools* » de minage a réintroduit des logiques de centralisation et d'intermédiation, contredisant

la promesse initiale de décentralisation du projet Bitcoin. C'est l'utilisation du bitcoin sur des marchés illicites qui a attiré en premier lieu l'attention des autorités, conduisant au développement d'outils de traçabilité qui ont fragilisé l'anonymat. D'un point de vue conceptuel, cette thèse a appréhendé Bitcoin comme une infrastructure sociotechnique numérique complexe. En mobilisant un modèle du cyberespace découpé en couches (matérielle, logique, applicative) pour l'appliquer à Bitcoin, l'étude a illustré comment chacune de ces couches devient le théâtre de stratégies de pouvoir et de processus de territorialisation. Les cryptomonnaies se sont ainsi affirmées comme des outils et des enjeux géopolitiques majeurs, utilisés tant par des individus pour contourner les contrôles étatiques, comme WikiLeaks ou les manifestants nigérians, que par des États eux-mêmes à des fins stratégiques, notamment pour soutenir des stratégies ou discours de dédollarisation ou de contournement des sanctions internationales. Cette analyse a souligné que la souveraineté monétaire ne se définit plus uniquement par l'émission de monnaie ou le contrôle des instruments monétaires classiques, mais aussi par le contrôle de l'accès aux infrastructures numériques de cryptomonnaies *via* leurs « portes d'entrée », à savoir les services tiers qui permettent d'interagir avec les infrastructures numériques et notamment les plateformes d'échange.

La deuxième partie a approfondi cette démarche en se penchant sur la matérialisation du minage de cryptomonnaies en Russie, en particulier dans l'*oblast'* sibérien d'Irkoutsk. Notre travail a révélé une dialectique entre l'héritage industriel et énergétique soviétique, notamment une hydroélectricité abondante et bon marché, des conditions climatiques favorables et des dynamiques sociopolitiques spécifiques. À Irkoutsk, le minage a été développé sous deux formes principales : un « minage gris » informel, largement pratiqué par des individus comme activité de subsistance, entraînant des tensions avec les compagnies d'électricité en raison de la surcharge des réseaux et un secteur de minage industriel et stratégique. Ce dernier est caractérisé par la convergence de l'« énergopouvoir » (incarné par le groupe EN+ d'Oleg Deripaska, contrôlant la production électrique sibérienne) et du « technopouvoir » (les entreprises de minage comme BitRiver). Cette relation, souvent clientéliste, a permis à BitRiver de devenir une industrie stratégique nationale, valorisant l'énergie excédentaire et contribuant à une potentielle résilience économique face aux sanctions internationales. La Russie, après une période d'incertitude, a légalisé le minage en 2024, ce qui participe à une instrumentalisation de cette activité au service de ses discours géopolitiques dans le contexte de la guerre en Ukraine.

Enfin, la troisième partie a élargi le cadre de la géopolitique matérielle du minage de cryptomonnaies à l'Asie centrale, avec des études de cas au Kazakhstan et au Kirghizstan,

mettant en évidence des dynamiques distinctes, mais interconnectées. Au Kazakhstan, l'afflux massif d'opérations de minage après le bannissement chinois de 2021 a révélé une double fracture territoriale, énergétique et climatique. Le nord, riche en centrales à charbon soviétiques et doté d'un climat froid, a attiré le minage industriel à grande échelle, parfois soutenu explicitement par des acteurs politiques régionaux. La crise énergétique de 2022, à laquelle le minage de cryptomonnaies a été associé, est devenue un catalyseur de la « dénazarbaïefication » permettant à l'administration Tokaïev de cibler des rivaux politiques liés à des activités opaques de minage numérique. La loi 193-VII de 2023 a ensuite permis la mise en place d'un régime juridique dual et innovant pour réguler le minage et les transactions en cryptomonnaies, visant à reprendre le contrôle étatique sur cette industrie. L' étude du développement du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan a mis en lumière des interdépendances régionales : celles liées aux infrastructures énergétiques de la Russie et à un réseau électrique hérité de la période soviétique et celles liées aux équipements et à l'expertise chinoises. Ces nouvelles dépendances à la Chine et le croisement d'intérêts entre ces deux États, nous ont conduit à parler d'une « crypto-Route de la Soie ». Au Kirghizstan, l'analyse a mis en évidence un minage informel s'inscrivant dans un contexte de stress énergétique chronique. La dépendance à une hydroélectricité de la rivière Naryn et à une ressource hydrique en raréfaction exacerbe les tensions régionales autour du partage de l'eau. Malgré une interdiction officielle du minage numérique, des réseaux opaques impliquant des élites politiques ont exploité les infrastructures publiques, les transformant en « zones grises » au profit d'intérêts personnels. La thèse a également exploré le potentiel du minage numérique « *off-grid* » sur de petites centrales hydroélectriques privées comme moyen de financer de nouvelles infrastructures énergétiques.

DISCUSSION DES CONCEPTS ET APPORT DES DEMARCHES ET METHODES

La méthode d'analyse géopolitique que nous avons appliquée, axée sur l'étude des acteurs, de leurs stratégies de pouvoir et de leurs représentations du territoire, a été centrale dans la structuration de notre propos. Elle a permis de déconstruire l'apparente immatérialité de ces monnaies numériques pour en révéler les ancrages physiques forts liés aux contraintes et particularités des espaces postsoviétiques et les dynamiques de pouvoir locales associées.

L'intégration des *Science and Technology Studies* (STS) et des études de sociologie de l'infrastructure a offert une visualisation de Bitcoin comme une infrastructure sociotechnique, puis comme un espace au sein duquel nous avons pu observer des stratégies d'acteurs. L'un des apports majeurs de cette thèse réside justement dans la mobilisation d'une littérature et d'approches issues des STS pour venir augmenter et faire évoluer la méthode géopolitique afin

d'étudier des espaces numériques. Des concepts comme celui de « matérialité continue » des infrastructures numériques (Knoespel & Zhu, 2009 ; Serada, 2020) ont été essentiels pour lier les composants physiques (fermes de minage, réseaux électriques) aux couches logiques et applicatives, notamment en montrant comment le code et la conception technique sont porteurs de choix politiques, voire idéologiques, et de rapports de force[881]. Le modèle en couches du cyberespace et des infrastructures numériques, avec lequel ont été fusionnées des approches sociotechniques et géopolitiques, a été déterminant pour visualiser des processus de territorialisation à différents niveaux. Enfin, l'approche topologique, bien que cantonnée à des modélisations théoriques dans ce travail, a permis d'analyser des relations de pouvoir qui, bien qu'émancipées de la distance physique, se manifestent concrètement dans l'organisation des infrastructures ou des réseaux d'acteurs. Cette proposition innovante et transdisciplinaire s'inscrit dans la nécessaire adaptation de la géographie et de ses outils afin d'étudier au mieux les phénomènes numériques et dans l'émergence et la continuelle mutation de ce qu'Ash, Kitchin et Leszczinski (2018) nomment la « géographie du numérique »[882].

Ensuite, la démarche méthodologique combinant des terrains de recherche physiques et numériques, constitue également un apport majeur de cette thèse, bien qu'exploité à un degré bien en deçà de ce qui était prévu avant la recomposition forcée de cette thèse suite au début de la guerre en Ukraine. L'approche « par le bas », à travers 55 entretiens semi-directifs menés sur le terrain en Russie, au Kazakhstan et au Kirghizstan (voir Annexe 3), a fourni une richesse empirique inestimable, révélant des pratiques informelles, des motivations de subsistance et des dynamiques de pouvoir locales souvent invisibles dans les analyses macro. L'adaptation forcée du projet de thèse suite à l'invasion de l'Ukraine a souligné la nécessité et l'efficacité des terrains numériques (images satellites, outils d'OSInt, bases de données publiques) pour compléter, voire suppléer, l'accès physique à certaines zones inaccessibles. La localisation et la vérification des fermes de minage par imagerie satellite (notamment à Oussolie-Sibirskoïe) sont un parfait

---

[881] KNOESPEL, Kenneth J. et ZHU, Jichen, 2008. Continuous Materiality: Through a Hierarchy of Computational Codes. *The FIbreculture Journal* [en ligne]. 2008. [Consulté le 4 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://eleven.fibreculturejournal.org/fcj-076-continuous-materiality-through-a-hierarchy-of-computational-codes/

SERADA, Alesha, 2020. The Continuous Materiality of Blockchain. In : *Konferenzband Zum Scientific Track Der Blockchain Autumn School 2020* [en ligne]. Mittweida: Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences. 2020. pp. 7176. Disponible à l'adresse : https://www.forschung.hs-mittweida.de/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1606201402&hash=63990e96a87b4fa53396afebcabe99e4f26f4f52&file=fileadmin/verzeichnisfreigaben/forschng/dokumente/Scientific_Reports/Scientific_Reports_2020/Tagungsband_Blockchain_2020.pdf

[882] ASH, James, KITCHIN, Rob et LESZCZYNSKI, Agnieszka, 2018. Digital turn, digital geographies? *Progress in Human Geography* [en ligne]. 1 février 2018. Vol. 42, n° 1, pp. 2543. [Consulté le 2 novembre 2021]. DOI 10.1177/0309132516664800. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1177/0309132516664800

exemple des apports de cette méthodologie, qui a permis de continuer une investigation sur un terrain physique désormais inaccessible.

Nous avons également proposé une analyse multiscalaire, qui a permis de naviguer entre les dynamiques transnationales (valeur du bitcoin, guerre en Ukraine, bannissement chinois), les politiques nationales (légalisation russe, régulation kazakhstanaise) et les spécificités locales (héritage énergétique d'Irkoutsk, énergopouvoirs, réseaux informels kirghizstanais). Cette approche a offert une compréhension détaillée des interactions qui façonnent la géopolitique du minage de cryptomonnaies. Enfin, l'approche pluridisciplinaire a enrichi l'analyse en mobilisant des concepts issus de l'économie, de l'informatique, du droit et de l'histoire, tout en maintenant un ancrage solide dans la géographie et la géopolitique.

APPORTS A LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE ET A LA COMMUNAUTE SCIENTIFIQUE

Cette thèse apporte également plusieurs contributions significatives au champ académique. Tout d'abord, elle comble un angle mort empirique de la littérature scientifique en sciences sociales consacrée au minage de cryptomonnaies, en particulier dans les territoires postsoviétiques. Alors que la recherche se concentre souvent sur les contextes du « Nord global » ou du « Sud global », pour reprendre les termes généralement utilisés par les auteurs, elle propose une perspective d'analyse des territoires d'ex-URSS aux héritages et réseaux d'acteurs spécifiques. Cette approche met en évidence la manière dont des héritages techniques soviétiques, associés à des réseaux de pouvoir particuliers, façonnent le développement d'une activité numérique énergivore.

Ainsi, un autre apport essentiel réside dans l'approfondissement de la compréhension des dynamiques propres à l'espace postsoviétique. L'analyse des réappropriations d'infrastructures héritées de l'ère soviétique et de la persistance de réseaux de pouvoir informels offre un éclairage nouveau sur l'exercice, parfois très local, du pouvoir et de l'intégration d'activités aussi récentes que le minage de cryptomonnaies. Ces processus, accélérés par des événements majeurs comme la guerre en Ukraine, mettent en lumière le rôle primordial de ce que nous nommons « énergopouvoirs », d'après le concept de Dominic Boyer (2011, 2014) ou de « technopouvoirs », que nous avons construit sur le concept de « technopolitique » de Gabrielle Hecht (1998), face aux enjeux contemporains de la région[883]. De plus, cette thèse permet de

[883] BOYER, Dominic, 2011. Energopolitics and the Anthropology of Energy. *Anthropology News* [en ligne]. mai 2011. Vol. 52, n° 5, pp. 57. [Consulté le 8 avril 2024]. DOI 10.1111/j.1556-3502.2011.52505.x. Disponible à l'adresse : https://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1556-3502.2011.52505.x

mettre en lumière la continuation de stratégies, parfois très locales, de contournement des réseaux et marchés classiques apparues sous l'URSS et qui se sont généralisées durant les années 1990, décrits sous le terme de « blat » par la politiste Alena Ledeneva[884].

Cette thèse permet de discuter, voire d'élargir, le concept de « parasitisme computationnel » de Lally et al. (2022) d'après leur étude sur le minage numérique au nord-ouest des États-Unis[885]. Pour rappel, les auteurs entendent par ce terme la manière dont le minage de cryptomonnaies se nourrit et dépend de systèmes énergétiques préexistants, en les fragilisant et en impactant donc les populations locales, tout en n'offrant que peu en retour. Les auteurs présentent ce minage numérique comme quasi personnifié, comme un parasite qui évoluerait selon son propre instinct. Or, notre travail a bien montré que les externalités négatives du minage numérique sont principalement du fait d'une part de l'activité développée de manière opaque et non déclarée, issue d'actions et de stratégies d'acteurs classables en deux catégories. La première concerne le minage numérique opaque de petite échelle ou individuel, généralement mené à l'insu des autorités comme des fournisseurs d'électricité, et observé dans diverses régions. La seconde renvoie à un minage informel pratiqué par des acteurs contrôlant l'accès à l'électricité. Cette configuration élargit la notion de parasitisme : elle ne découle pas uniquement du secteur du minage et de ses promoteurs, mais également de pratiques d'acteurs politiquement ou économiquement privilégiés détournant le réseau électrique pour en tirer des bénéfices, au détriment de l'intérêt collectif. Ainsi, la notion de parasitisme appliquée aux réseaux électriques, et plus largement aux ressources énergétiques, permet de l'élargir à certains acteurs spécifiques.

Notre travail permet également de visualiser une version alternative des concepts de « cryptorégion » et de « crypto-régionalisme », tels que développés par Atkins & al. (2021)

BOYER, Dominic, 2014. Energopower: An Introduction. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 309333. [Consulté le 20 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0020. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545589

HECHT, Gabrielle, 1998. *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge, MA, USA : MIT Press. Inside Technology. ISBN 978-0-262-08266-2.

[884] LEDENEVA, Alena V., 1999. *Russia's economy of favours: blat, networking, and informal exchange*. Transferred to digital printing. Cambridge : Cambridge Univ. Press. Cambridge Russian, Soviet and post-Soviet studies, 102. ISBN 978-0-521-62174-8.

[885] LALLY, Nick, KAY, Kelly et THATCHER, Jim, 2022. Computational parasites and hydropower: A political ecology of Bitcoin mining on the Columbia River. *Environment and Planning E: Nature and Space* [en ligne]. mars 2022. Vol. 5, n° 1, pp. 1838. [Consulté le 5 février 2024]. DOI 10.1177/2514848619867608. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2514848619867608

dans leur article sur le minage numérique au Québec (Canada)[886]. Pour les auteurs, le crypto-régionalisme est la production d'un imaginaire politico-économique régional dans lequel les intérêts du minage de cryptomonnaies infusent dans une région via des discours et des promesses d'investissements renouvelés et de création d'emplois, de la part des autorités locales ou d'entreprises de minage numérique. Si nous n'avons pas relevé de stratégies discursives similaires dans les territoires étudiés, nous relevons la tentative de l'*akim* de Pavlodar de promouvoir sa propre région comme territoire propice au minage de cryptomonnaies auprès d'entreprises du secteur. Dans cette thèse, nous avons préféré parler de « bassin cryptominier », en référence à l'héritage de l'exploitation des ressources primaires dans cette région, montrant ainsi l'évolution d'activités traditionnellement d'exploitations minières, vers celles du minage numérique, qui se rapprochent quant à elles des industries de l'aluminium, également très présentes dans la région, en termes de consommation de ressources.

Ce travail propose également un apport théorique via un cadre d'analyse novateur, celui d'une « géopolitique matérielle » du minage de cryptomonnaies, qui permet de dépasser les visions réductrices centrées sur la supposée « dématérialisation » du numérique. En soulignant les ancrages physiques, la consommation de ressources et les impacts territoriaux des infrastructures numériques, la thèse montre la profondeur des interconnexions entre le monde numérique et les réalités géopolitiques concrètes. La thèse contribue ainsi à nuancer la compréhension du rôle des cryptomonnaies dans la souveraineté étatique. Elle déconstruit une vision trop binaire selon laquelle ces technologies ne feraient qu'affaiblir ou renforcer l'autorité des États. Au contraire, elles apparaissent comme des instruments ambivalents, à la fois utilisés par des acteurs non étatiques pour contourner des contraintes et mobilisés par les États eux-mêmes dans des stratégies de monétisation des ressources ou de résistance face aux régimes de sanctions.

L'originalité de ce travail tient aussi à ses apports méthodologiques. En combinant un travail de terrain intensif avec des techniques avancées de télédétection et d'OSInt, il propose un modèle particulièrement adapté à l'étude de phénomènes numériques opaques ou géopolitiquement sensibles. Cette approche se révèle d'autant plus pertinente qu'elle permet d'augmenter un terrain rendu inaccessible durant sa réalisation. Elle devra sûrement être

[886] ATKINS, Ed, FOLLIS, Luca, NEIMARK, Benjamin David et THOMAS, Vanessa, 2021. Uneven development, crypto-regionalism, and the (un-)tethering of nature in Quebec. *Geoforum* [en ligne]. juin 2021. Vol. 122, pp. 6373. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1016/j.geoforum.2020.12.019. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718520303031

généralisée dans les sciences sociales compte tenu du contexte mondial d'instabilité et de conflictualité croissantes, où l'accès au terrain physique peut être rendu impossible, comme cela fut le cas avec la Russie, ou complexe, comme dans certaines zones du Kazakhstan.

Enfin, la grille d'analyse développée ouvre des perspectives nouvelles pour la recherche. En se centrant sur les industries à forte intensité de calcul et leur ancrage territorial, elle offre des outils transposables à d'autres secteurs numériques émergents, notamment celui de l'intelligence artificielle, autre industrie numérique qui requiert une puissance de calcul informatique massive et entraîne d'importantes consommations de ressources. De cette manière, elle contribue à initier de futurs travaux sur les infrastructures physiques du numérique et sur les implications géopolitiques de leur déploiement.

Au-delà de ce texte, cette recherche a permis de participer à l'évolution et à l'adaptation nécessaires des sciences sociales pour l'analyse des enjeux du numérique, notamment grâce à de nombreuses rencontres et de riches échanges intellectuels interdisciplinaires. Tout d'abord, cet intérêt pour les enjeux géopolitiques d'une puissance de calcul informatique a entraîné un dialogue avec Valentin Goujon et Adrien Tournier, qui réalisent respectivement une thèse en sociologie sur la recherche en IA et une thèse en histoire des sciences et des techniques sur le développement de la 5G en France, ce qui a par la suite débouché sur la création du groupe de travail « Matérialités du numérique » au sein du Centre Internet et Société (CNRS)[887]. Cela nous a permis de proposer des séminaires de recherche mensualisés depuis 2023 et la mise en réseau de nombreuses personnes de divers horizons, académiques ou non. Ce projet a permis la découverte d'individus, et de leurs travaux, cités dans cette thèse ainsi que la création d'un espace d'échanges et d'une petite communauté de recherche principalement composée de doctorantes et doctorants travaillant sur les dimensions matérielles du numérique issus de diverses disciplines en sciences sociales. Ce groupe de travail va continuer de promouvoir ce dialogue interdisciplinaire, ô combien nécessaire pour faire évoluer les études en sciences sociales sur le numérique.

[887] GOUJON, Valentin, depuis 2021. *De la profondeur des réseaux de neurones artificiels : la recherche en intelligence artificielle à l'heure de l'apprentissage automatique profond* [en ligne]. Thèse en préparation. Paris, Institut d'études politiques. [Consulté le 23 novembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://theses.fr/s304966

TOURNIER, Adrien, depuis 2021. *Comment se fabrique l'infrastructure de la 5G ? Acteurs, enjeux et promesses de l'intelligence des réseaux* [en ligne]. Thèse en préparation. Paris, CNAM. [Consulté le 23 novembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://theses.fr/s297013

GOUJON, Valentin, TOURNIER, Adrien et ESTECAHANDY, Hugo, 2023. Matérialités du numérique. *Centre Internet et Société* [en ligne]. 4 avril 2023. [Consulté le 23 novembre 2025]. Disponible à l'adresse : https://cis.cnrs.fr/materialites-du-numerique/

Ensuite, parmi les 25 présentations académiques réalisées afin de valoriser les résultats de recherche de cette thèse, nombre de ces prises de parole ont été faites dans des conférences très exclusivement composées d'économistes, de sociologues ou encore de juristes. Cette thèse en géopolitique, qui s'approprie un objet de recherche à ce point technique (bien entendu loin d'être la première) aura ainsi permis de faire dialoguer la géographie et la géopolitique du numérique avec des représentants d'autres disciplines, intéressés par des thématiques similaires.

PERSPECTIVES DE FUTURES RECHERCHES

Ce travail ouvre de nombreuses perspectives de recherche. Nous avons développé un cadre analytique qui peut être répliqué et adapté à l'étude du développement du minage de cryptomonnaies sur d'autres territoires et notamment d'autres territoires postsoviétiques. La rédaction de cette thèse a été finalisée pendant un séjour de plusieurs mois en Géorgie, durant lequel l'actualité locale faisait la part belle à la consommation électrique problématique engendrée par le minage numérique au nord du pays. Si la priorité avait alors été donnée à la rédaction de la thèse, nous avons pris le temps de nous assurer qu'il y avait bien matière à développer un futur projet et futur terrain de recherche en Géorgie, dans la continuité de notre travail et de l'étude des « géographies matérielles » du minage de cryptomonnaies dans le pays amorcée par Wyeth, Rella et Atkins en 2023[888].

Ce même cadre analytique et ces mêmes démarches pourront également être réadaptés à l'analyse géopolitique du développement d'autres activités numériques nécessitant une puissance de calcul informatique et une consommation consécutive de ressources. Comme nous l'avons mentionné dans ce travail, plusieurs acteurs du minage numérique se sont tournés, exclusivement ou en partie, vers l'hébergement de GPU et autres machines nécessaires à l'entraînement de grands modèles de langage (Ou *LLM*, pour *Large Language Models*) ou au fonctionnement d'intelligences artificielles (IA) génératives. La forte demande en capacité de calcul entraîné par la nouvelle bulle technologique de l'IA et la diversité d'acteurs à l'origine de cette demande, pourraient amener vers une transformation, à l'instar du minage de cryptomonnaie, des formes et modèles de d'entraînement et génération d'IA. Si certaines entreprises ont un besoin occasionnel de capacités de calcul, une installation de GPU installée

[888] WYETH, Ryan, RELLA, Ludovico et ATKINS, Ed, 2023. The material geographies of Bitfury in Georgia: Integrating cryptoasset firms into global financial networks. *Environment and Planning A: Economy and Space* [en ligne]. 30 novembre 2023. pp. 0308518X231211789. [Consulté le 6 décembre 2023]. DOI 10.1177/0308518X231211789. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0308518X231211789

à l'autre bout du monde pourrait tout à fait satisfaire ce besoin ponctuel. En somme, nous verrons peut-être émerger du calcul informatique haute intensité *as-a-service*, qui pourrait très bien être proposé par des fermes de calcul branchées en *off-grid* au sein d'un espace proposant des conditions optimales. Ainsi, un suivi des évolutions de ce secteur est effectué et l'adaptation de nos méthodes de recherche à l'étude de ce nouveau modèle d'industrie en émergence est en constante réflexion.

Enfin, la perspective de recherche que nous voyons comme prioritaire et qui prendra directement le relais des études menées avec ce doctorat est l'analyse des usages stratégiques du minage de cryptomonnaies et des cryptomonnaies elles-mêmes par des acteurs étatiques. L'enjeu est désormais d'analyser plus précisément comment l'État russe intègre le secteur des cryptomonnaies à ses discours et à son économie, et comment les cryptomonnaies sont passées de risques à atouts pour la souveraineté d'un pays. Cette thématique va également nous permettre de parfaire et développer des méthodes d'OSInt. L'objectif sera alors de pouvoir utiliser des images satellites plus précises et couvrant des zones qu'il n'a pour le moment pas été possible de scruter, ainsi que de développer une méthodologie de recherche en utilisant des outils de traçage de transactions en cryptomonnaies, ce qu'il n'a pas été possible de faire avec cette thèse.

En conclusion, cette thèse démontre de manière convaincante, nous l'espérons, les implications géographiques et géopolitiques du minage de cryptomonnaies sur des espaces postsoviétiques. En traçant minutieusement le parcours de Bitcoin, d'un idéal décentralisé à un phénomène territorialisé, elle éclaire les manières dont les technologies numériques s'entremêlent à l'échelle locale avec les héritages techniques, les stratégies politiques et les luttes de pouvoir. L'espace postsoviétique, composé d'un mélange unique d'infrastructures techniques héritées et de réseaux informels d'acteurs, constitue un laboratoire exceptionnel pour comprendre ces transformations globales et leurs nouvelles dynamiques territoriales. Ce travail offre des clés de lecture indispensables pour interpréter les recompositions actuelles du pouvoir à l'ère numérique, affirmant que même les infrastructures numériques présentées comme décentralisées et déterritorialisées, voire éthérées, demeurent profondément ancrées dans un espace physique et ses dynamiques géopolitiques.

Bibliographie

Articles universitaires

ACKERMAN, Galia, 2004. Un oligarque heureux - Entretien avec Oleg Deripaska, Grand industriel russe, magnat de l'aluminium, directeur du holding RUSAL. *Politique internationale* [en ligne]. Printemps 2004. N° 103. [Consulté le 19 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://politiqueinternationale.com/revue/n103/article/un-oligarque-heureux

AFANASOV, Oleg V., 2002. Documents on the history of the Lake Camp in the Irkutsk *oblast'* (1948–63). *The Journal of Slavic Military Studies* [en ligne]. mars 2002. Vol. 15, n° 1, pp. 145-164. [Consulté le 26 juillet 2024]. DOI 10.1080/13518040208430515. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13518040208430515

AGAPITOVA, Olga, 2019. Social and economic development of Irkutsk region. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en ligne]. 1 novembre 2019. Vol. 667, n° 1, pp. 012002. [Consulté le 11 août 2024]. DOI 10.1088/1757-899X/667/1/012002. Disponible à l'adresse : https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/667/1/012002

AMINJONOV, Farkhod, 2016. Central Asian Countries' Power Systems Are Now Isolated, But Not Everyone Is Happy!*. *Eurasian Research Institute* [en ligne]. avril 2016. [Consulté le 30 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.eurasian-research.org/publication/central-asian-countries-power-systems-are-now-isolated-but-not-everyone-is-happy/

ANACKER, Shonin, 2004. Geographies of Power in Nazarbayev's Astana. *Eurasian Geography and Economics* [en ligne]. octobre 2004. Vol. 45, n° 7, pp. 515-533. [Consulté le 11 février 2025]. DOI 10.2747/1538-7216.45.7.515. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2747/1538-7216.45.7.515

ANTE, Lennart, 2022. The Non-Fungible Token (NFT) Market and Its Relationship with Bitcoin and Ethereum. *FinTech*. 2022. DOI https://doi.org/10.3390/fintech1030017.

ASH, James, KITCHIN, Rob et LESZCZYNSKI, Agnieszka, 2018. Digital turn, digital geographies? *Progress in Human Geography* [en ligne]. 1 février 2018. Vol. 42, n° 1, pp. 25-43. [Consulté le 2 novembre 2021]. DOI 10.1177/0309132516664800. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1177/0309132516664800

ATKINS, Ed, FOLLIS, Luca, NEIMARK, Benjamin David et THOMAS, Vanessa, 2021. Uneven development, crypto-regionalism, and the (un-)tethering of nature in Quebec. *Geoforum* [en ligne]. juin 2021. Vol. 122, pp. 63-73. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1016/j.geoforum.2020.12.019. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718520303031

AUBIN, Lukas, 2018. Quel sport power pour la Russie ?: *Hérodote* [en ligne]. 15 janvier 2018. Vol. N° 166-167, n° 3, pp. 189-202. [Consulté le 20 juin 2024]. DOI 10.3917/her.166.0189. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2017-3-page-189.htm?ref=doi

AUBIN, Lukas, 2024. L'espace postsoviétique : anatomie d'une représentation géopolitique: *Revue internationale et stratégique* [en ligne]. 27 septembre 2024. Vol. n° 135, n° 3, pp. 39-51. [Consulté le 25 octobre 2024]. DOI 10.3917/ris.135.0039. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/revue-internationale-et-strategique-2024-3-page-39?site_lang=fr

AUDINET, Maxime et GÉRARD, Colin, 2024. Sous les radars: Crise, recomposition et clandestinisation du dispositif d'influence informationnelle de la Russie après l'invasion de l'Ukraine. *Réseaux* [en ligne]. 30 septembre 2024. Vol. N° 244, n° 3, pp. 113-152. [Consulté le 22 octobre 2024]. DOI 10.3917/res.245.0113. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/revue-reseaux-2024-3-page-113?site_lang=fr

AUDINET, Maxime et LIMONIER, Kévin, 2017. La stratégie d'influence informationnelle et numérique de la Russie en Europe: *Hérodote* [en ligne]. 27 avril 2017. Vol. N° 164, n° 1, pp. 123-144. [Consulté le 4 juin 2025]. DOI 10.3917/her.164.0123. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2017-1-page-123.htm?ref=doi

AUDINET, Maxime et LIMONIER, Kevin, 2022. Le dispositif d'influence informationnelle de la Russie en Afrique subsaharienne francophone : un écosystème flexible et composite. *Questions de communication* [en ligne]. 1 juin 2022. N° 41, pp. 129-148. [Consulté le 4 juin 2025]. DOI 10.4000/questionsdecommunication.29005. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/questionsdecommunication/29005

AVDEEV, Alexandre A. et TROITSKAYA, Irina A., 2021. Features and factors of demographic dynamics in the Kyrgyz Republic. *Population and Economics* [en ligne]. 30 juin 2021. Vol. 5, n° 2, pp. 29-54. [Consulté le 5 décembre 2022]. DOI 10.3897/popecon.5.e67183. Disponible à l'adresse : https://populationandeconomics.pensoft.net/article/67183/

BACHELET, Ariane, DUQUESNEY, Laura-Jane et MERLE, Thomas, 2017. Conflits de souveraineté et frontières contestées: Les États de facto de l'espace postsoviétique. *The Journal of power institutions in post-soviet societies* [en ligne]. 8 octobre 2017. N° Issue 18. [Consulté le 24 août 2023]. DOI 10.4000/pipss.4303. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/pipss/4303

BAKIS, Henry, 2013. Les facteurs de localisation d'un nouveau type d'établissements tertiaires : les datacentres. *Netcom. Réseaux, communication et territoires* [en ligne]. 1 octobre 2013. N° 27-3/4, pp. 351-384. [Consulté le 21 septembre 2020]. DOI 10.4000/netcom.1473. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/netcom/1473

BALDAKOVA, Oyuna et OREGLIA, Elisa, 2025. Beyond geopolitics: Agency and modularity in mobile telecommunications in Kazakhstan. *Telecommunications Policy* [en ligne]. mars 2025. Vol. 49, n° 2, pp. 102878. [Consulté le 11 février 2025]. DOI 10.1016/j.telpol.2024.102878. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308596124001757

BARINOVA, Vera, SHESTOPEROV, Aleksey et TSAREVA, Yulia, 2023. Samozanjatye v Rossii: razvitie sfery MSP ili dviženie k «garažnoj èkonomike» [Self-Employment in Russia: The Development of the SME Sector or the "Garage Economy" Trend]. *Ekonomicheskaya politika* [en ligne]. 2023. Vol. 3. [Consulté le 18 juillet 2024]. DOI 10.18288/1994-5124-2023-3-136-163. Disponible à l'adresse : https://ecpolicy.ru/upload/iblock/722/f0wncq8aj8rrrb8c8bffev5geb6m33cy/005_%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf

BARIOU, Robert et EQUIPE COSTEL, 1992. Télédétection et géographie. *Norois* [en ligne]. 1992. Vol. 155, n° 1, pp. 251-254. [Consulté le 26 mai 2025]. DOI 10.3406/noroi.1992.6431. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/noroi_0029-182x_1992_num_155_1_6431

BATSIUN, Natalia, JAKOBSON, Anatol et JAKOBSON, Yuri, 2020. Irkutsk as a Potential Growth Point of Greening Processes in Russia. *Studies of the Industrial Geography Commission of the Polish Geographical Society* [en ligne]. 28 septembre 2020. Vol. 34, n° 3. [Consulté le 19 septembre 2023]. DOI 10.24917/20801653.343.12. Disponible à l'adresse : https://prace-kgp.up.krakow.pl/article/view/7416

BENJAMINSEN, Tor A. et SVARSTAD, Hanne, 2009. Qu'est-ce que la "political ecology "? *Natures Sciences Sociétés* [en ligne]. janvier 2009. Vol. 17, n° 1, pp. 3-11. [Consulté le 11 mars 2024]. DOI 10.1051/nss/2009002. Disponible à l'adresse : http://www.nss-journal.org/10.1051/nss/2009002

BENNETT, Mia M., 2020. Is a pixel worth 1000 words? Critical remote sensing and China's Belt and Road Initiative. *Political Geography* [en ligne]. avril 2020. Vol. 78, pp. 102127. [Consulté le 20 septembre 2022]. DOI 10.1016/j.polgeo.2019.102127. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0962629818305043

BERNERS-LEE, Tim, HENDLER, James et LASSILA, Ora, 2001. The Semantic Web. *Scientific American*. mai 2001. Vol. 284, n° 5, pp. 34-43.

BERTRAN, Marie-Gabrielle, 2018. Le Runet, objet ou moyen de mise en place d'une nouvelle frontière înumériqueÖ en Russie? *Bulletin du Conseil québecois de géopolitique*. 2018. Vol. 4, n° 2, pp. 45-54.

BERTRAN, Marie-Gabrielle, 2020. La place des logiciels libres et *open source* dans les nouvelles politiques du numérique en Russie. *Hérodote* [en ligne]. 2020. Vol. N°177-178, n° 2, pp. 235. [Consulté le 6 avril 2021]. DOI 10.3917/her.177.0235. Disponible à l'adresse : http://www.cairn.info/revue-herodote-2020-2-page-235.htm?ref=doi

BERTRAN, Marie-Gabrielle, 2024. La souveraineté numérique en Russie : analyse géopolitique des enjeux et limites de la stratégie de cyber puissance russe. . 2024.

BEZRUKOV, L. A., 2020. Transformation of the structures of the economy and population of Siberia at the post-Soviet stage. *Geography and Natural Resources* [en ligne]. novembre 2020. Vol. 41, n° 4, pp. 327-337. [Consulté le 29 juillet 2024]. DOI 10.1134/S1875372841040034. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1134/S1875372841040034

BLANC, Jérôme, 2002. Invariants et variants de la souveraineté monétaire. Réflexions sur un cadre conceptuel compréhensif. *Economies et sociétés*. février 2002. Vol. 4, pp. 193-213.

BLANCHETTE, Jean-François, 2011. A material history of bits. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* [en ligne]. juin 2011. Vol. 62, n° 6, pp. 1042-1057. [Consulté le 22 décembre 2021]. DOI 10.1002/asi.21542. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.21542

BONNEAU, Thierry, 2023. Fasc. 2500 : MICA. – Règlement (UE) 2023/1114 du 31 mai 2023. *JurisClasseur Droit bancaire et financier*. 1 septembre 2023.

BOUZAROVSKI, Stefan, BICHSEL, Christine, BOYER, Dominic, FERENČUHOVÁ, Slavomíra, GENTILE, Michael, MYKHNENKO, Vlad, OGUZ, Zeynep et TYSIACHNIOUK, Maria, 2023. Forum: Russia, Europe and the colonial present: the power of everyday geopolitics. *Geographica Helvetica* [en ligne]. 5 septembre 2023. Vol. 78, n° 3, pp. 429-451. [Consulté le 15 novembre 2024]. DOI 10.5194/gh-78-429-2023. Disponible à l'adresse : https://gh.copernicus.org/articles/78/429/2023/

BOYER, Dominic, 2014. Energopower: An Introduction. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 309-333. [Consulté le 20 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0020. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545589

BREMMER, Ian, 1994. Nazarbaev and the north: State-building and ethnic relations in Kazakhstan. *Ethnic and Racial Studies* [en ligne]. octobre 1994. Vol. 17, n° 4, pp. 619-635. [Consulté le 11 février 2025]. DOI 10.1080/01419870.1994.9993843. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01419870.1994.9993843

BRUNET, Roger, 1981. Géographie du Goulag. *L'Espace géographique* [en ligne]. 1981. Vol. 10, n° 3, pp. 215-232. [Consulté le 26 juillet 2024]. DOI 10.3406/spgeo.1981.3657. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/spgeo_0046-2497_1981_num_10_3_3657

BRUNO, August, WEBER, Paige et YATES, Andrew J., 2023. Can Bitcoin mining increase renewable electricity capacity? *Resource and Energy Economics* [en ligne]. août 2023. Vol. 74, pp. 101376. [Consulté le 29 février 2024]. DOI 10.1016/j.reseneeco.2023.101376. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0928765523000313

CATTARUZZA, Amaël, 2012. «Zones grises » , interstices durables de la carte politique ? Relecture critique d'un concept géopolitique («Grey zones », sustainable interstices of the political map ? Critical reassessment of a geopolitical concept). *Bulletin de l'Association de géographes français* [en ligne]. 2012. Vol. 89, n° 1, pp. 104-120. [Consulté le 28 novembre 2023]. DOI 10.3406/bagf.2012.8247. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/bagf_0004-5322_2012_num_89_1_8247

CATTARUZZA, Amaël, 2020. The geopolitics behind data, the data behind geopolitics. *Annales des Mines*. septembre 2020. N° 11.

CATTARUZZA, Amaël et LIMONIER, Kévin, 2022. Terrains numériques : la datasphère, nouveau(x) terrain(s) exploratoire(s) de la géographie ? *Bulletin de l'association de géographes français. Géographies* [en ligne]. 11 juillet 2022. Vol. 99, n° Numéro 2, pp. 269-288. [Consulté le 25 août 2022]. DOI 10.4000/bagf.9459. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/bagf/9459#ftn6

CHENG, Jing et ZENG, Jinghan, 2023. "Digital Silk Road" as a Slogan Instead of a Grand Strategy. *Journal of Contemporary China* [en ligne]. 2023. Vol. 0, n° 0, pp. 1-16. [Consulté le 27 novembre 2023]. DOI 10.1080/10670564.2023.2222269. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1080/10670564.2023.2222269

CHRISTIN, Nicolas, 2013. Traveling the silk road: a measurement analysis of a large anonymous online marketplace. In : *Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web* [en ligne]. Rio de Janeiro Brazil : ACM. 13 mai 2013. pp. 213-224. [Consulté le 2 août 2023]. ISBN 978-1-4503-2035-1. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/2488388.2488408

CLARKE, Michael, 2018. The Belt and Road Initiative: Exploring Beijing's Motivations and Challenges for its New Silk Road. *Strategic Analysis* [en ligne]. 4 mars 2018. Vol. 42, n° 2, pp. 84-102. [Consulté le 17 janvier 2025]. DOI 10.1080/09700161.2018.1439326. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09700161.2018.1439326

CŒURÉ, Benoît, 2021. Les banques centrales pendant et après la pandémie de Covid-19: *Revue d'économie financière* [en ligne]. 8 février 2021. Vol. N° 139-140, n° 3, pp. 269-280. [Consulté le 16 août 2023]. DOI 10.3917/ecofi.139.0269. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-d-economie-financiere-2020-3-page-269.htm?ref=doi

DANIÉLOU, Maxime, 2023. BRICS : la fabrique d'un ordre international post-occidental - AOC media. *AOC media - Analyse Opinion Critique* [en ligne]. 4 septembre 2023. [Consulté le 4 septembre 2023]. Disponible à l'adresse : https://aoc.media/analyse/2023/09/04/brics-la-fabrique-dun-ordre-international-post-occidental/

DE FILIPPI, Primavera et LOVELUCK, Benjamin, 2016. The invisible politics of Bitcoin: governance crisis of a decentralised infrastructure. *Internet Policy Review* [en ligne]. 30 septembre 2016. Vol. 5, n° 3. [Consulté le 12 octobre 2021]. DOI 10.14763/2016.3.427. Disponible à l'adresse : https://policyreview.info/node/427

DE FILIPPI, Primavera, WRAY, Chris et SILENO, Giovanni, 2021. Smart contracts. *Internet Policy Review* [en ligne]. 20 avril 2021. Vol. 10, n° 2. [Consulté le 8 août 2023]. DOI 10.14763/2021.2.1549. Disponible à l'adresse : https://policyreview.info/glossary/smart-contracts

DELAHAYE, Jean-Paul, 2022. Les cryptomonnaies dans la guerre d'Ukraine ? *Institut Rousseau* [en ligne]. 31 mars 2022. Disponible à l'adresse : https://institut-rousseau.fr/les-cryptomonnaies-dans-la-guerre-dukraine/

DESFORGES, Alix, 2014. Les représentations du cyberespace : un outil géopolitique: *Hérodote* [en ligne]. 1 juin 2014. Vol. n° 152-153, n° 1, pp. 67-81. [Consulté le 21 décembre 2021]. DOI 10.3917/her.152.0067. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2014-1-page-67.htm?ref=doi

DE VRIES, Alex, GALLERSDÖRFER, Ulrich, KLAASSEN, Lena et STOLL, Christian, 2022. Revisiting Bitcoin's carbon footprint. *Joule* [en ligne]. 16 mars 2022. Vol. 6, n° 3, pp. 498-502. [Consulté le 28 avril 2023]. DOI 10.1016/j.joule.2022.02.005. Disponible à l'adresse : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435122000861

DE VRIES, Alex et STOLL, Christian, 2021. Bitcoin's growing e-waste problem. *Resources, Conservation and Recycling* [en ligne]. 1 décembre 2021. Vol. 175, pp. 105901. [Consulté le 18 septembre 2023]. DOI 10.1016/j.resconrec.2021.105901. Disponible à l'adresse : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921005103

DIFFIE, Whitfied et HELLMAN, Marty, 1976. New Directions in Cryptography. *IEEE Transactions on Information Theory*. novembre 1976. Vol. 22, n° 6.

DOUZET, Frédérick, 2014. La géopolitique pour comprendre le cyberespace: *Hérodote* [en ligne]. 1 juin 2014. Vol. n° 152-153, n° 1, pp. 3-21. [Consulté le 10 janvier 2022]. DOI 10.3917/her.152.0003. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2014-1-page-3.htm?ref=doi

DOUZET, Frédérick, LIMONIER, Kévin, ROBINE, Jérémy, SALAMATIAN, Kavé, GÉRAUD, Rémi et CAMPIGOTTO, Romain, 2017. Les nouveaux territoires stratégiques du cyberespace : le cas de la Russie. *Strategique* [en ligne]. 2017. Vol. 117, n° 4, pp. 169-186. [Consulté le 28 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-strategique-2017-4-page-169.htm?ref=doi

DURAND, Cédric, 2004. De la prédation à la rente, émergence et stabilisation d'une oligarchie capitaliste dans la métallurgie russe (1991-2002). *Géographie, économie, société* [en ligne]. 19 mars 2004. Vol. 6, n° 1, pp. 23-42. [Consulté le 7 juin 2024]. DOI 10.3166/ges.6.23-42. Disponible à l'adresse : http://ges.revuesonline.com/article.jsp?articleId=6599

DYHRBERG, Anne Haubo, 2016. Bitcoin, gold and the dollar – A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters* [en ligne]. février 2016. Vol. 16, pp. 85-92. [Consulté le 17 août 2023]. DOI 10.1016/j.frl.2015.10.008. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1544612315001038

FAUVE, Adrien, 2015. La fabrique de la nation production des symboles et pratiques quotidiennes au KazaKhstan. *Revue d'études comparatives Est-Ouest*. 2015. Vol. 46.

FERRANDO, Olivier, 2022. Kirghizstan et Tadjikistan : les effets funestes de la militarisation des frontières. *The Conversation* [en ligne]. 3 octobre 2022. [Consulté le 30 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : http://theconversation.com/kirghizstan-et-tadjikistan-les-effets-funestes-de-la-militarisation-des-frontieres-191379

FERRARI, Valeria, 2020. The regulation of crypto-assets in the EU – investment and payment tokens under the radar. *Maastricht Journal of European and Comparative Law* [en ligne]. juin 2020. Vol. 27, n° 3, pp. 325-342. [Consulté le 27 août 2023]. DOI 10.1177/1023263X20911538. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1023263X20911538

FILATOV, Evgeniy, 2023. Analysis of profitability of production of energy companies of the Irkutsk region. STENNIKOV, V., SENDEROV, S., MICHALEVICH, A. et GULIEV, H. (éd.), *E3S Web of Conferences* [en ligne]. 2023. Vol. 461, pp. 01045. [Consulté le 16 juin 2024]. DOI 10.1051/e3sconf/202346101045. Disponible à l'adresse : https://www.e3s-conferences.org/10.1051/e3sconf/202346101045

FRAYSSÉ, Olivier, 2015. La « grande récession américaine » de 2007, les retraites et le « rêve américain ». *IdeAs. Idées d'Amériques* [en ligne]. 22 mai 2015. N° 5. [Consulté le 24 juillet 2023]. DOI 10.4000/ideas.947. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/ideas/947

FURLONG, Kathryn, 2020. Geographies of infrastructure 1: Economies. *Progress in Human Geography* [en ligne]. juin 2020. Vol. 44, n° 3, pp. 572-582. [Consulté le 11 mars 2024]. DOI 10.1177/0309132519850913. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132519850913

FURLONG, Kathryn, 2021. Geographies of infrastructure II: Concrete, cloud and layered (in)visibilities. *Progress in Human Geography* [en ligne]. février 2021. Vol. 45, n° 1, pp. 190-198. [Consulté le 11 mars 2024]. DOI 10.1177/0309132520923098. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132520923098

GERMANI-BOYER, Noe, FRANCOIS, Pierre et FRENOT, Stephane, [sans date]. A toolkit for indexing and representing cryptocurrencies evolution. .

GERTLER, Mark et GILCHRIST, Simon, 2018. What Happened: Financial Factors in the Great Recession. *Journal of Economic Perspectives* [en ligne]. 1 août 2018. Vol. 32, n° 3, pp. 3-30. [Consulté le 24 juillet 2023]. DOI 10.1257/jep.32.3.3. Disponible à l'adresse : https://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/jep.32.3.3

GIBLIN, Béatrice, 2012. La géopolitique : un raisonnement géographique d'avant-garde: *Hérodote* [en ligne]. 1 octobre 2012. Vol. n° 146-147, n° 3, pp. 3-13. [Consulté le 6 juin 2025]. DOI 10.3917/her.146.0003. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2012-3-page-3.htm?ref=doi

GLASER, Florian et BEZZENBERGER, Luis, 2015. Beyond Cryptocurrencies : a Taxonomy of Decentralized Consensus Systems. *23rd European Conference on Information Systems (ECIS 2015)*. 2015.

GLEASON, Gregory, 2003. Russia and the Politics of the Central Asian Electricity Grid. *Problems of Post-Communism* [en ligne]. mai 2003. Vol. 50, n° 3, pp. 42-52. [Consulté le 31 octobre 2022]. DOI 10.1080/10758216.2003.11656038. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10758216.2003.11656038

GONON, Emmanuel et LASSERRE, Frédéric, 2004. Une critique de la notion de frontières artificielles à travers le cas de l'Asie centrale. *Cahiers de géographie du Québec* [en ligne]. 16 avril 2004. Vol. 47, n° 132, pp. 433-461. [Consulté le 15 septembre 2025]. DOI 10.7202/008090ar. Disponible à l'adresse : http://id.erudit.org/iderudit/008090ar

HANSETH, Ole, MONTEIRO, Eric et HATLING, Morten, 1996. Developing Information Infrastructure: The Tension Between Standardization and Flexibility. *Science, Technology, & Human Values* [en ligne]. octobre 1996. Vol. 21, n° 4, pp. 407-426. [Consulté le 21 juillet 2025]. DOI 10.1177/016224399602100402. Disponible à l'adresse : https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/016224399602100402

HELLMAN, Joel S, JONES, Geraint et KAUFMANN, Daniel, 2003. Seize the state, seize the day: state capture and influence in transition economies. *Journal of Comparative Economics* [en ligne]. décembre 2003. Vol. 31, n° 4, pp. 751-773. [Consulté le 30 mai 2024]. DOI 10.1016/j.jce.2003.09.006. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147596703001021

HÖGSELIUS, Per, 2022. The hidden integration of Central Asia: the making of a region through technical infrastructures. *Central Asian Survey* [en ligne]. 3 avril 2022. Vol. 41, n° 2, pp. 223-243. [Consulté le 26 septembre 2022]. DOI 10.1080/02634937.2021.1953963. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02634937.2021.1953963

HOU, Jiaxi, 2023. Making Ends Meet by Mining on Blockchain: Subalternity, Materiality, and Yearnings of Chinise Amateur Crypto Miners. *Journal of Digital Social Research*. 2023. Vol. 5, n° 2.

HOU, Sophie, 2013. La Gazéification De L'oblast D'Irkoutsk : Entre Volontarisme et Échec Annoncé ? *Revue d'études comparatives Est-Ouest* [en ligne]. juin 2013. Vol. 44, n° 02, pp. 109-139. [Consulté le 2 novembre 2021]. DOI 10.4074/S0338059913002052. Disponible à

l'adresse : https://www.cairn.info/revue-revue-d-etudes-comparatives-est-ouest1-2013-2-page-109.htm

HUGHES, J. R., 1989. The Irkutsk affair: Stalin, Siberian politics and the end. *Soviet Studies* [en ligne]. avril 1989. Vol. 41, n° 2, pp. 228-253. [Consulté le 25 juillet 2024]. DOI 10.1080/09668138908411808. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09668138908411808

INGHAM, Geoffrey, 2004. The nature of money. *Economic Sociology: European Electronic Newsletter*. 2004. Vol. 5, n° 2, pp. 18-28.

IPPOLITOVA, N. A. et GRIGORYEVA, M. A., 2021. The Current Territorial Differentiation of the Industry of Irkutsk Oblast. *Geography and Natural Resources* [en ligne]. décembre 2021. Vol. 42, n° 4, pp. 370-376. [Consulté le 25 juillet 2024]. DOI 10.1134/S1875372821040077. Disponible à l'adresse : https://link.springer.com/10.1134/S1875372821040077

ISAACS, Rico, 2020. The Role of Party Interest Articulation in the Personalist-Authoritarian Regimes of the Central Asian Republics of Kazakhstan, Turkmenistan, and Tajikistan. *Problems of Post-Communism* [en ligne]. 2 septembre 2020. Vol. 67, n° 4-5, pp. 375-387. [Consulté le 15 février 2025]. DOI 10.1080/10758216.2019.1645606. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10758216.2019.1645606

JANUSZ-PAWLETTA, Barbara et GUBAIDULLINA, Mara, 2015. Transboundary Water Management in Central Asia. *Cahiers d'Asie centrale* [en ligne]. 22 décembre 2015. N° 25, pp. 195-215. [Consulté le 9 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/asiecentrale/3180

JEONG, Sarah, 2013. The Bitcoin Protocol as Law, and the Politics of a Stateless Currency. *SSRN Electronic Journal* [en ligne]. 2013. [Consulté le 12 octobre 2021]. DOI 10.2139/ssrn.2294124. Disponible à l'adresse : http://www.ssrn.com/abstract=2294124

JEPSON, Nicholas et BALDAKOVA, Oyuna, 2024. Chinese State Capital as a Partner for Resource-Based Structural Transformation? The Belt and Road Initiative and Downstream Linkages in Bolivia and Kazakhstan. *The European Journal of Development Research* [en ligne]. 20 juin 2024. [Consulté le 21 juin 2024]. DOI 10.1057/s41287-024-00640-1. Disponible à l'adresse : https://link.springer.com/10.1057/s41287-024-00640-1

JOUBERT, Grégory, 2019. Existe-t-il un cyberespace centrasiatique ? *Diploweb* [en ligne]. 31 mars 2019. Disponible à l'adresse : https://www.diploweb.com/Existe-t-il-un-cyberespace-centrasiatique.html

KIM, Heeu Millie, LEE, June et PAIK, Rachel, 2022. North Korean Cryptocurrency Operations: An Alternative Revenue Stream. . 2022.

KINYAKIN, Andrey A., 2014. Les oligarques dans la Russie contemporaine : de la « capture » de l'État à leur mise sous tutelle: *Revue internationale de politique comparée* [en ligne]. 21 février 2014. Vol. Vol. 20, n° 3, pp. 115-131. [Consulté le 2 avril 2024]. DOI 10.3917/ripc.203.0115. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-internationale-de-politique-comparee-2013-3-page-115.htm?ref=doi

KNOESPEL, Kenneth J et ZHU, Jichen, 2008. Continuous Materiality: Through a Hierarchy of Computational Codes. . 2008. pp. 15.

LACOSTE, Yves, 2012. La géographie, la géopolitique et le raisonnement géographique. *Hérodote*. 1 octobre 2012. Vol. 3, n° n° 146-147.

LALLY, Nick, KAY, Kelly et THATCHER, Jim, 2022. Computational parasites and hydropower: A political ecology of Bitcoin mining on the Columbia River. *Environment and Planning E: Nature and Space* [en ligne]. mars 2022. Vol. 5, n° 1, pp. 18-38. [Consulté le 5 février 2024]. DOI 10.1177/2514848619867608. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2514848619867608

LARUELLE, Marlène, 2019. On Track to a Kazakh Spring? *The Diplomat* [en ligne]. 2019. [Consulté le 5 juin 2023]. Disponible à l'adresse : https://thediplomat.com/2019/06/on-track-to-a-kazakh-spring/

LARUELLE, Marlene et LIMONIER, Kevin, 2021. Beyond "hybrid warfare": a digital exploration of Russia's entrepreneurs of influence. Post-Soviet Affairs [en ligne]. 4 juillet 2021. Vol. 37, n° 4, pp. 318-335. [Consulté le 27 septembre 2024]. DOI 10.1080/1060586X.2021.1936409. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1060586X.2021.1936409

LAURET, Alexandre, 2023. Histoires et récits du trafic de migrants : le soft power des passeurs djiboutiens. Revue européenne des migrations internationales [en ligne]. 2023. Vol. 39, n° 4, pp. 43-65. [Consulté le 14 novembre 2025]. DOI 10.4000/remi.24419. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/remi/24419

LEGEAIS, Dominique, 2019. Les dispositions de la loi PACTE relatives aux actifs numériques et aux prestataires de services numériques. La Semaine Juridique Entreprise et Affaires. 27 juin 2019. N° 26, pp. 33-41.

LEJNIECE, Aija, 2022. Les cryptomonnaies au cœur de la guerre de la Russie contre l'Ukraine. *Revue européenne du droit* [en ligne]. 18 octobre 2022. Vol. N° 4, n° 1, pp. 78-83. [Consulté le 22 juillet 2025]. DOI 10.3917/red.004.0078. Disponible à l'adresse : https://droit.cairn.info/revue-red-2022-1-page-78?lang=fr

LENNON, J. John et TIBERGHIEN, Guillaume, 2022. Ambiguity and dilution in Kazakhstan's Gulag heritage. *Tourism Recreation Research* [en ligne]. 2 novembre 2022. Vol. 47, n° 5-6, pp. 470-482. [Consulté le 7 novembre 2024]. DOI 10.1080/02508281.2021.1875681. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02508281.2021.1875681

LICKLINER, Joseph Carl Robnett, 1960. Man-Computer Symbiosis. *IRE TRANSACTIONS ON HUMAN FACTORS IN ELECTRONICS*. 1960. Vol. 1, n° 1. DOI 10.1109/thfe2.1960.4503259.

LIMONIER, Kevin, 2021. Vers un « Runet souverain » ? Perspectives et limites de la stratégie russe de contrôle de l'Internet. *EchoGéo* [en ligne]. 2021. Vol. 56. [Consulté le 21 juillet 2025]. DOI 10.4000/echogeo.21804. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/echogeo/21804

LIMONIER, Kévin et AUDINET, Maxime, 2022. De l'enquête au terrain numérique : les apports de l'Osint à l'étude des phénomènes géopolitiques: *Hérodote* [en ligne]. 29 septembre 2022. Vol. N° 186, n° 3, pp. 5-17. [Consulté le 19 janvier 2023]. DOI 10.3917/her.186.0005. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2022-3-page-5.htm?ref=doi

LORENZO, Luis et ARROYO, Javier, 2022. Analysis of the cryptocurrency market using different prototype-based clustering techniques. *Financial Innovation* [en ligne]. décembre 2022. Vol. 8, n° 1, pp. 7. [Consulté le 10 février 2024]. DOI 10.1186/s40854-021-00310-9. Disponible à l'adresse : https://jfin-swufe.springeropen.com/articles/10.1186/s40854-021-00310-9

MAC-GLANDIÈRES, Yéléna, 2024. Recompositions logistiques autour de la mer Caspienne : une géopolitique de la liminalité: *Revue internationale et stratégique* [en ligne]. 27 septembre 2024. Vol. n° 135, n° 3, pp. 109-118. [Consulté le 25 octobre 2024]. DOI 10.3917/ris.135.0109. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/revue-internationale-et-strategique-2024-3-page-109?site_lang=fr

MAKAROV, Igor et SCHOAR, Antoinette, 2021. *Blockchain Analysis of the Bitcoin Market* [en ligne]. SSRN Scholarly Paper. 13 octobre 2021. Rochester, NY. 3942181. [Consulté le 4 février 2024]. Disponible à l'adresse : https://papers.ssrn.com/abstract=3942181

MALLARD, Alexandre, MÉADEL, Cécile et MUSIANI, Francesca, [sans date]. The Paradoxes of Distributed Trust: Peer-to-Peer Architecture and User Confidence in Bitcoin. .

MALLINSON, Kate, 2024. Russia's influence in Kazakhstan is increasing despite the war in Ukraine. *Chatam House* [en ligne]. 29 février 2024. [Consulté le 12 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.chathamhouse.org/2024/02/russias-influence-kazakhstan-increasing-despite-war-ukraine

MARTIN, C. Dianne, 1988. Awareness of the social impact of computers in the USSR. *ACM SIGCAS Computers and Society* [en ligne]. octobre 1988. Vol. 18, n° 4, pp. 11-13. [Consulté le 30 juillet 2024]. DOI 10.1145/57124.57126. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/57124.57126

MARTIN, James, 2014. Lost on the *Silk Road* : Online drug distribution and the 'cryptomarket'. *Criminology & Criminal Justice* [en ligne]. juillet 2014. Vol. 14, n° 3, pp. 351-367. [Consulté le 1 août 2023]. DOI 10.1177/1748895813505234. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1748895813505234

MAURER, Bill, NELMS, Taylor C. et SWARTZ, Lana, 2013. "When perhaps the real problem is money itself!": the practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics* [en ligne]. avril 2013. Vol. 23, n° 2, pp. 261-277. [Consulté le 4 janvier 2022]. DOI 10.1080/10350330.2013.777594. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10350330.2013.777594

MÉDARD, Jean-François, 1990. L'État patrimonialisé. *Politique africaine* [en ligne]. 1990. Vol. 39, n° 1, pp. 25-36. [Consulté le 15 février 2025]. DOI 10.3406/polaf.1990.5394. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/polaf_0244-7827_1990_num_39_1_5394

MEIKLEJOHN, Sarah, POMAROLE, Marjori, JORDAN, Grant, LEVCHENKO, Kirill, MCCOY, Damon, VOELKER, Geoffrey M. et SAVAGE, Stefan, 2013. A fistful of bitcoins: characterizing payments among men with no names. In : *Proceedings of the 2013 conference on Internet measurement conference* [en ligne]. Barcelona Spain : ACM. 23 octobre 2013. pp. 127-140. [Consulté le 22 janvier 2024]. ISBN 978-1-4503-1953-9. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/2504730.2504747

MOSES, Joel, 2017. Political Rivalry and Conflict in Putin's Russia. *Europe-Asia Studies* [en ligne]. 3 juillet 2017. Vol. 69, n° 6, pp. 961-988. [Consulté le 30 juillet 2024].

DOI 10.1080/09668136.2017.1364700. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09668136.2017.1364700

MÜLLER, Martin, 2020. In Search of the Global East: Thinking between North and South. *Geopolitics* [en ligne]. 26 mai 2020. Vol. 25, n° 3, pp. 734-755. [Consulté le 24 août 2023]. DOI 10.1080/14650045.2018.1477757. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14650045.2018.1477757

MUSIANI, Francesca, 2018. L'invisible qui façonne. Études d'infrastructure et gouvernance d'Internet. *Tracés* [en ligne]. 4 décembre 2018. N° 35, pp. 161-176. [Consulté le 27 octobre 2021]. DOI 10.4000/traces.8419. Disponible à l'adresse : http://journals.openedition.org/traces/8419

MUSKHELISHVILI, Marina, BAUMANN, Eveline, JORJOLIANI, Gia et TSAGARELI, Alexander, 2023. The Great Transformation in a Local Context Tourism, Crypto Mining and Oath in Upper Svaneti. *Environment and Society*. décembre 2023. Vol. 9, n° 9, pp. 67-86.

NAKAMOTO, Satoshi, 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Bitcoin.org* [en ligne]. 2008. Disponible à l'adresse : https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

NEACȘU, Marius-Cristian, ANDREI, Maria-Ioana, ZGURĂ, Danie et ȚĂRANU, Denisa, 2022. Cryptocurrencies" Phenomenon and Geopolitical Risks. In : *New Trends in Sustainable Business and Consumption* [en ligne]. Editura ASE. 27 mai 2022. [Consulté le 15 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.conference.ase.ro/wp-content/uploads/2022/06/22100_Final.pdf

NOCETTI, Julien, 2019. La Russie en quête de son « Internet souverain ». *La Revue des Médias* [en ligne]. 21 juin 2019. [Consulté le 10 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://larevuedesmedias.ina.fr/la-russie-en-quete-de-son-internet-souverain

NOTHEISEN, Benedikt, HAWLITSCHEK, Florian et WEINHARDT, Christof, 2017. Breaking Down the Blockchain Hype - Towards a Blockchain Market Engeneering Approach. *25th European Conference on Information Systems (ECIS)*. 2017.

PAYE, Jean-Claude, 2011. Affaire Swift : de la domination à l'hégémonie. *Pyramides. Revue du Centre d'études et de recherches en administration publique* [en ligne]. 2011. Vol. 21, pp. 213-228. Disponible à l'adresse : https://journals.openedition.org/pyramides/801

PERRIN, Amaury, 2019. Le bitcoin et le droit : problématiques de qualification, enjeux de régulation. *Gestion & Finances Publiques* [en ligne]. janvier 2019. N° 1, pp. 84-93. [Consulté le 30 août 2023]. DOI 10.3166/gfp.2019.00014. Disponible à l'adresse : https://gfp.revuesonline.com/10.3166/gfp.2019.00014

PÉTINIAUD, Louis, 2014. Cartographie de l'affaire Snowden: *Hérodote* [en ligne]. 1 juin 2014. Vol. n° 152-153, n° 1, pp. 35-42. [Consulté le 23 janvier 2024]. DOI 10.3917/her.152.0035. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2014-1-page-35.htm?ref=doi

PÉTINIAUD, Louis, 2022. Les routes des données, enjeu géopolitique de la guerre en Ukraine. *Herodote* [en ligne]. 11 octobre 2022. Vol. 186, n° 3, pp. 113-134. [Consulté le 28 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-herodote-2022-3-page-113.htm

PÉTINIAUD, Louis, LIMONIER, Kevin, SALAMATIAN, Loqman et ROSA-MARTIN, Antonin, 2023. The Human Factor in the Geopolitics of the Internet. *RIPE Labs* [en ligne]. 4 avril 2023. [Consulté le 23 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://labs.ripe.net/author/louis_petiniaud/the-human-factor-in-the-geopolitics-of-the-internet/

PEYROUSE, Sebastien, [sans date]. The Kazakh Neopatrimonial Regime: Balancing Uncertainties among the "Family," Oligarchs and Technocrats. .

PEYROUSE, Sébastien, 2009. THE CENTRAL ASIAN POWER GRID IN DANGER? *The Central-Asia Caucasus Analyst* [en ligne]. 9 décembre 2009. [Consulté le 11 décembre 2022]. Disponible à l'adresse : http://www.cacianalyst.org/publications/analytical-articles/item/11960-analytical-articles635

PICKREN, Graham, 2018. 'The global assemblage of digital flow': Critical data studies and the infrastructures of computing. *Progress in Human Geography* [en ligne]. avril 2018. Vol. 42, n° 2, pp. 225-243. [Consulté le 13 août 2025]. DOI 10.1177/0309132516673241. Disponible à l'adresse : https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309132516673241

PITEAU, Michel, 2002. Monnaie de compte et système de paiements chez James Steuart: Quel rôle pour la stabilité bancaire ? *Revue économique* [en ligne]. 2002. Vol. 53, n° 2, pp. 245. [Consulté le 6 janvier 2022]. DOI 10.3917/reco.532.0245. Disponible à l'adresse : http://www.cairn.info/revue-economique-2002-2-page-245.htm

POLESE, Abel, 2008. « If I receive it, it is a gift; if I demand it, then it is a bribe »: On the Local Meaning of Economic Transactions in Post-Soviet Ukraine. *Anthropology in Action* [en ligne]. 1 janvier 2008. Vol. 15, n° 3. [Consulté le 20 mars 2024]. DOI 10.3167/aia.2008.150305. Disponible à l'adresse : http://berghahnjournals.com/view/journals/aia/15/3/aia150305.xml

PONAMORENKO, V.E., NASYROVA, G.A., KODASHEVA, G.S., SCHYUKINA, T.V. et KONOVALOV, N.N., 2022. TOPICAL ISSUES OF THE CRYPTOCURRENCY MINING IMPACT ON ENERGY SECURITY OF THE EURASIAN REGION (AS EXEMPLIFIED BY THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND THE RUSSIAN FEDERATION). *Ugol'* [en ligne]. 8 avril 2022. N° 04, pp. 61-66. [Consulté le 1 novembre 2022]. DOI 10.18796/0041-5790-2022-4-61-66. Disponible à l'adresse : http://www.ugolinfo.ru/index.php?article=202204061

PORTAL, Roger, 1958. Les Russes en Sibérie au XVIIe siècle. *Revue d'Histoire Moderne & Contemporaine* [en ligne]. 1958. Vol. 5, n° 1, pp. 5-38. [Consulté le 13 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/rhmc_0048-8003_1958_num_5_1_2648

PROTASSOV, Anastasia, 2024. « Calming the Water Wars Experts . » Mythologie des guerres de l'eau dans la vallée du Ferghana: *Hérodote* [en ligne]. 6 décembre 2024. Vol. n° 195, n° 4, pp. 223-241. [Consulté le 1 avril 2025]. DOI 10.3917/her.195.0223. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/revue-herodote-2024-4-page-223?site_lang=fr

PUSCHMANN, Thomas et ALT, Rainer, 2016. Sharing Economy. *Business & Information Systems Engineering* [en ligne]. février 2016. Vol. 58, n° 1, pp. 93-99. [Consulté le 11 août 2023]. DOI 10.1007/s12599-015-0420-2. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/s12599-015-0420-2

RAMAN, Ram Sundara, EVDOKIMOV, Leonid, WURSTROW, Eric, HALDERMAN, J. Alex et ENSAFI, Roya, 2020. Investigating Large Scale HTTPS Interception in Kazakhstan. In : *Proceedings of the ACM Internet Measurement Conference* [en ligne]. Virtual Event USA : ACM. 27 octobre 2020. pp. 125-132. [Consulté le 1 novembre 2022]. ISBN 978-1-4503-8138-3. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/3419394.3423665

RAVIOT, Jean-Robert, 2017. Le prétorianisme russe : l'exercice du pouvoir selon Vladimir Poutine. *Hérodote* [en ligne]. 2017. Vol. 166-167, n° 3, pp. 9. [Consulté le 2 novembre 2021]. DOI 10.3917/her.166.0009. Disponible à l'adresse : http://www.cairn.info/revue-herodote-2017-3-page-9.htm

RELLA, Ludovico, [sans date]. Close to the metal: Towards a material political economy of the epistemology of computation. *Social Studies of Science*.

RÉNAUD, Clément, 2019. Interview: Bitcoin Mining Pioneer, Qi Hardware's Liu Xiangfu, on Open-Source History. *CoinSpice* [en ligne]. 03 2019. [Consulté le 31 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : https://web.archive.org/web/20190403174718/https://coinspice.io/interivew/interview-bitcoin-mining-pioneer-qi-hardwares-liu-xiangfu-on-open-source-history/

ROGERS, Douglas, 2014. Energopolitical Russia: Corporation, State, and the Rise of Social and Cultural Projects. *Anthropological Quarterly* [en ligne]. mars 2014. Vol. 87, n° 2, pp. 431-451. [Consulté le 8 avril 2024]. DOI 10.1353/anq.2014.0017. Disponible à l'adresse : https://muse.jhu.edu/article/545594

ROMITI, Matteo, JUDMAYER, Aljosha, ZAMYATIN, Alexei et HASLHOFER, Bernhard, 2019. A Deep Dive into Bitcoin Mining Pools: An Empirical Analysis of Mining Shares. *arXiv:1905.05999 [cs]* [en ligne]. 15 mai 2019. [Consulté le 1 avril 2021]. Disponible à l'adresse : http://arxiv.org/abs/1905.05999

ROSALES, Antulio, 2021. Unveiling the power behind cryptocurrency mining in Venezuela: A fragile energy infrastructure and precarious labor. *Energy Research & Social Science* [en ligne]. 1 septembre 2021. Vol. 79, pp. 102167. [Consulté le 13 septembre 2023]. DOI 10.1016/j.erss.2021.102167. Disponible à l'adresse : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629621002607

ROSALES, Antulio, VAN ROEKEL, Eva, HOWSON, Peter et KANTERS, Coco, 2023. Poor miners and empty e-wallets: Latin American experiences with cryptocurrencies in crisis. *Human Geography* [en ligne]. 15 août 2023. pp. 19427786231193985. [Consulté le 24 août 2023]. DOI 10.1177/19427786231193985. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/19427786231193985

ROSIÈRE, Stéphane, 2001. Géographie politique, géopolitique et géostratégie: distinctions opératoires. *L'Information Géographique* [en ligne]. 2001. Vol. 65, n° 1, pp. 33-42. [Consulté le 6 mai 2022]. DOI 10.3406/ingeo.2001.2732. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/ingeo_0020-0093_2001_num_65_1_2732

RUDNEVA, Vera, 2019. Innovation Potential for the Reindustrialisation of Eastern Siberia (Example of Krasnoyarsk and Irkutsk). *Studies of the Industrial Geography Commission of the Polish Geographical Society* [en ligne]. 31 décembre 2019. Vol. 33, n° 4, pp. 165-175-

165-175. [Consulté le 24 novembre 2020]. DOI 10.24917/20801653.334.10. Disponible à l'adresse : https://prace-kgp.up.krakow.pl/article/view/5741

SAGADATOVA, Nadezhda, NUGUMANOVA, Aliya, ZHAKIYEV, Nurkhat et TALAS, Balnur, 2023. FORECASTING ELECTRICITY DEMAND WITH FORECASTERAUTOREG: CASE STUDY IN ASTANA. *Scientific Journal of Astana IT University* [en ligne]. 30 juin 2023. pp. 16-25. [Consulté le 24 octobre 2024]. DOI 10.37943/14TRMF1662. Disponible à l'adresse : https://journal.astanait.edu.kz/index.php/ojs/article/view/285

SAI, Ashish Rajendra et VRANKEN, Harald, 2024. Promoting rigor in blockchain energy and environmental footprint research: A systematic literature review. *Blockchain: Research and Applications* [en ligne]. mars 2024. Vol. 5, n° 1, pp. 100169. [Consulté le 17 avril 2024]. DOI 10.1016/j.bcra.2023.100169. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2096720923000441

SALAMATIAN, Loqman, DOUZET, Frédérick, SALAMATIAN, Kavé et LIMONIER, Kévin, 2021. The geopolitics behind the routes data travel: a case study of Iran. *Journal of Cybersecurity* [en ligne]. 17 août 2021. Vol. 7, n° 1, pp. tyab018. [Consulté le 4 juin 2025]. DOI 10.1093/cybsec/tyab018. Disponible à l'adresse : https://academic.oup.com/cybersecurity/article/doi/10.1093/cybsec/tyab018/6353268

SANDERS, Anthony, 2008. The subprime crisis and its role in the financial crisis. *Journal of Housing Economics* [en ligne]. décembre 2008. Vol. 17, n° 4, pp. 254-261. [Consulté le 24 juillet 2023]. DOI 10.1016/j.jhe.2008.10.001. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1051137708000363

SARSEMBAYEV, Azamat, 1999. Imagined communities: Kazak nationalism and Kazakification in the 1990s. *Central Asian Survey* [en ligne]. septembre 1999. Vol. 18, n° 3, pp. 319-346. [Consulté le 11 février 2025]. DOI 10.1080/02634939995605. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02634939995605

SAYFUTDINOVA, Leyla, 2015. Negotiating welfare with the informalizing state: Formal and informal practices among engineers in post-Soviet Azerbaijan. *Journal of Eurasian Studies* [en ligne]. janvier 2015. Vol. 6, n° 1, pp. 24-33. [Consulté le 20 mars 2024]. DOI 10.1016/j.euras.2014.08.002. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1016/j.euras.2014.08.002

SCHATZ, Edward, 2004. What Capital Cities Say About State and Nation Building. *Nationalism and Ethnic Politics* [en ligne]. janvier 2004. Vol. 9, n° 4, pp. 111-140. [Consulté le 10 mars 2024]. DOI 10.1080/13537110390444140. Disponible à l'adresse : http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13537110390444140

SCHUEFFEL, Patrick, 2016. Taming the Beast: A Scientific Definition of Fintech. . 2016.

SERADA, Alesha, 2020. The Continious Materiality of Blockchain. . 2020. pp. 7.

STAR, Susan Leigh, 1999. The Ethnography of Instrastructure. *American Bahavioral Scientist*. décembre 1999. Vol. 43, n° 3.

STAR, Susan Leigh et RUHLEDER, Karen, 1996. Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces. *INFORMATION SYSTEMS RESEARCH*. 1996. Vol. 7, n° 1, pp. 25.

STECK, Jean-Fabien, 2012. Être sur le terrain, faire du terrain: *Hypothèses* [en ligne]. 12 septembre 2012. Vol. 15, n° 1, pp. 75-84. [Consulté le 14 novembre 2025]. DOI 10.3917/hyp.111.0075. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/revue-hypotheses-2012-1-page-75.htm?ref=doi

STOLL, Christian, KLAASSEN, Lena et GALLERSDÖRFER, Ulrich, 2019. The Carbon Footprint of Bitcoin. *Joule* [en ligne]. juillet 2019. Vol. 3, n° 7, pp. 1647-1661. [Consulté le 11 janvier 2025]. DOI 10.1016/j.joule.2019.05.012. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2542435119302557

STOLL, Christian, KLAASSEN, Lena, GALLERSDÖRFER, Ulrich et NEUMÜLLER, Alexander, 2023. Climate Impacts of Bitcoin Mining in the U.S. . 2023.

SULLIVAN, Charles J., 2021. Battle at the Border: an Analysis of the 2021 Kyrgyzstan-Tajikistan Conflict. *Asian Affairs* [en ligne]. 27 mai 2021. Vol. 52, n° 3, pp. 529-535. [Consulté le 9 avril 2025]. DOI 10.1080/03068374.2021.1940587. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03068374.2021.1940587

TOVANICH, Natkamon, HEULOT, Nicolas, FEKETE, Jean-Daniel et ISENBERG, Petra, 2021. Visualization of Blockchain Data: A Systematic Review. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* [en ligne]. 1 juillet 2021. Vol. 27, n° 7, pp. 3135-3152. [Consulté le 10 février 2024]. DOI 10.1109/TVCG.2019.2963018. Disponible à l'adresse : https://ieeexplore.ieee.org/document/8945380/

UMAROV, Temur, 2023. Is Putin About to Get His Gas Union With Kazakhstan and Uzbekistan? *Carnegie Endowment for International Peace* [en ligne]. 13 mars 2023. [Consulté le 12 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://carnegieendowment.org/russia-eurasia/politika/2023/03/is-putin-about-to-get-his-gas-union-with-kazakhstan-and-uzbekistan?lang=en

UPHAM, Paul, SOVACOOL, Benjamin et MONYEI, Chukwuka, 2022. Digital bricolage: Infrastructuring lower carbon digital space via Nordic datacentre development. *Political Geography* [en ligne]. juin 2022. Vol. 96, pp. 102617. [Consulté le 19 février 2024]. DOI 10.1016/j.polgeo.2022.102617. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0962629822000312

VALDIVIA, Ana, 2024. The *supply chain capitalism of AI*: a call to (re)think algorithmic harms and resistance through environmental lens. *Information, Communication & Society* [en ligne]. 30 octobre 2024. pp. 1-17. [Consulté le 6 novembre 2024]. DOI 10.1080/1369118X.2024.2420021. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1369118X.2024.2420021

VELKOVA, Julia, 2019. Data Centers as Impermanent Infrastructures. *CULTURE MACHINE*. 2019.

VENTRE, Daniel, 2012. Le cyberespace : définitions, représentations. *Revue Défense Nationale* [en ligne]. juin 2012. pp. 33-38. [Consulté le 21 décembre 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.defnat.com/e-RDN/vue-article.php?carticle=10549

VERBLE, Joseph, 2014. The NSA and Edward Snowden: surveillance in the 21st century. *ACM SIGCAS Computers and Society* [en ligne]. 23 octobre 2014. Vol. 44, n° 3, pp. 14-20. [Consulté le 26 juillet 2023]. DOI 10.1145/2684097.2684101. Disponible à l'adresse : https://dl.acm.org/doi/10.1145/2684097.2684101

VOLOSOVYCH, Svitlana, NEZHYVA, Mariia, VASYLENKO, Antonina, MOROZOVA, Liudmyla et NAPADOVSKYI, Ihor, 2024. The cryptocurrency assets markets in the conditions of military aggression*. *Financial and credit activity problems of theory and practice* [en ligne]. 29 février 2024. Vol. 1, n° 54, pp. 114-126. [Consulté le 22 juillet 2025]. DOI 10.55643/fcaptp.1.54.2024.4305. Disponible à l'adresse : https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/4305

VONDERAU, Asta, 2019a. Scaling the Cloud: Making State and Infrastructure in Sweden. *Ethnos* [en ligne]. 8 août 2019. Vol. 84, n° 4, pp. 698-718. [Consulté le 11 mai 2021]. DOI 10.1080/00141844.2018.1471513. Disponible à l'adresse : https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00141844.2018.1471513

VONDERAU, Asta, 2019b. Storing Data, Infrastructuring the Air: Thermocultures of the Cloud. . 2019.

WANG, Hongchuan et LIM, Guanie, 2023. Catching-up in the semiconductor industry: comparing the Chinese and Malaysian experience. *Asian Journal of Technology Innovation* [en ligne]. 2 janvier 2023. Vol. 31, n° 1, pp. 49-71. [Consulté le 12 janvier 2025]. DOI 10.1080/19761597.2021.2007144. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1080/19761597.2021.2007144

WEN, Fenghua, TONG, Xi et REN, Xiaohang, 2022. Gold or Bitcoin, which is the safe haven during the COVID-19 pandemic? *International Review of Financial Analysis* [en ligne]. mai 2022. Vol. 81, pp. 102121. [Consulté le 16 août 2023]. DOI 10.1016/j.irfa.2022.102121. Disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1057521922000898

WERNER, Cynthia, 2000. Gifts, Bribes, and Development in Post-Soviet Kazakstan. *Human Organization* [en ligne]. mars 2000. Vol. 59, n° 1, pp. 11-22. [Consulté le 20 mars 2024]. DOI 10.17730/humo.59.1.w2582tqj18v3880p. Disponible à l'adresse : https://meridian.allenpress.com/human-organization/article/59/1/11/72287/Gifts-Bribes-and-Development-in-Post-Soviet

WESTPHAL, Kristen, PASTUKHOVA, Maria et PEPE, Jacopo Maria, 2022. Geopolitics of electricity: Grids, space and (political) power. *SWP Research Paper*. 2022. N° 6.

WYETH, Ryan, RELLA, Ludovico et ATKINS, Ed, 2023. The material geographies of Bitfury in Georgia: Integrating cryptoasset firms into global financial networks. *Environment and Planning A: Economy and Space* [en ligne]. 30 novembre 2023. pp. 0308518X231211789. [Consulté le 6 décembre 2023]. DOI 10.1177/0308518X231211789. Disponible à l'adresse : http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0308518X231211789

ZABORTSEVA, T. I., KUZNETSOVA, A. N. et VIOLIN, S. I., 2017. The potential of a "green" economy in the socioeconomic development of Irkutsk Oblast. *Geography and Natural*

Resources [en ligne]. octobre 2017. Vol. 38, n° 4, pp. 379-385. [Consulté le 19 septembre 2025]. DOI 10.1134/S1875372817040102. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1134/S1875372817040102

ZAMAN, Salma, YAQUB, Ussama et SALEEM, Tauqeer, 2023. Analysis of Bitcoin's price spike in context of Elon Musk's Twitter activity. *Global Knowledge, Memory and Communication* [en ligne]. 19 mai 2023. Vol. 72, n° 4/5, pp. 341-355. [Consulté le 17 août 2023]. DOI 10.1108/GKMC-09-2021-0154. Disponible à l'adresse : https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/GKMC-09-2021-0154/full/html

ZETZSCHE, Dirk A, ARNER, Douglas W et BUCKLEY, Ross P, 2020. Decentralized Finance. *Journal of Financial Regulation* [en ligne]. 20 septembre 2020. Vol. 6, n° 2, pp. 172-203. [Consulté le 14 août 2023]. DOI 10.1093/jfr/fjaa010. Disponible à l'adresse : https://academic.oup.com/jfr/article/6/2/172/5913239

ZHANG, Yilun, 2025. Trump's Crypto Ambition: Populism, Economic Strategy, and the Competition for Digital Future. *ICAS* [en ligne]. 9 mai 2025. [Consulté le 19 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://chinaus-icas.org/research/trumps-crypto-ambition-populism-economic-strategy-and-the-competition-for-digital-future/

ZOOK, Matthew et MCCANLESS, Michael, 2022. Mapping the uneven geographies of digital phenomena: The case of blockchain. *Canadian Geographies / Géographies canadiennes* [en ligne]. mars 2022. Vol. 66, n° 1, pp. 23-36. [Consulté le 3 avril 2024]. DOI 10.1111/cag.12738. Disponible à l'adresse : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cag.12738

Chapitres d'ouvrages universitaires

AKRICH, Madeleine, 2006. La description des objets techniques. In : CALLON, Michel, LATOUR, Bruno et AKRICH, Madeleine, *Sociologie de la traduction: textes fondateurs*. Paris : Mines Paris, les Presses. Collection sciences sociales. ISBN 978-2-911762-75-8.301.01

ARMKNECHT, Frederik, KARAME, Ghassan O., MANDAL, Avikarsha, YOUSSEF, Franck et ZENNER, Erik, 2015. Ripple: Overview and Outlook. In : CONTI, Mauro, SCHUNTER, Matthias et ASKOXYLAKIS, Ioannis (éd.), *Trust and Trustworthy Computing* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 163-180. Lecture Notes in Computer Science. [Consulté le 9 août 2023]. ISBN 978-3-319-22845-7. Disponible à l'adresse : https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-22846-4_10

ASIRYAN, Aleksey, 2021. European engagement with China's Belt and Road Initiative A. Central Asian perspective. In : BOSSUYT, Fabienne et DESSEIN, Bart, *The European Union, China and Central Asia: Global and Regional Cooperation in a New Era* [en ligne]. 1. London : Routledge. pp. 115-128. [Consulté le 17 janvier 2025]. ISBN 978-1-003-02233-6. Disponible à l'adresse : https://www.taylorfrancis.com/books/9781003022336

BALDAKOVA, Oyuna, 2022. Kazakhstan's three-way balancing act between competing powers is under pressure. In : LEGARDA, Helena et GUNTER, Jacob (éd.), *Beyond Blocs. Global views on China and US-China relations.* pp. 45-53. MERICS Papers on China, 11.

BARTON, Benjamin, 2024. The Belt and Road Initiative at ten (2013–2023). In : HENDERSON, Julian, L. MORGAN, Stephen et SALONIA, Matteo, *Reimagining the Silk Roads* [en ligne]. 1. London : Routledge. pp. 298-308. [Consulté le 28 décembre 2024]. ISBN 978-1-003-34870-2. Disponible à l'adresse : https://www.taylorfrancis.com/books/9781003348702/chapters/10.4324/9781003348702-26

BOWKER, Geoffrey C., BAKER, Karen, MILLERAND, Florence et RIBES, David, 2010. Toward Information Infrastructure Studies: Ways of Knowing in a Networked Environment. In : HUNSINGER, Jeremy, KLASTRUP, Lisbeth et ALLEN, Matthew (éd.), *International Handbook of Internet Research* [en ligne]. Dordrecht : Springer Netherlands. [Consulté le 12 octobre 2021]. ISBN 978-1-4020-9788-1. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-1-4020-9789-8

BRUN, Élodie, 2024. Sud (global), un concept discuté et disputé. In : *Annuaire français de relations internationales* [en ligne]. Éditions Panthéon-Assas. pp. 93-100. [Consulté le 19 mai 2025]. ISBN 978-2-37651-067-3. Disponible à l'adresse : https://shs.cairn.info/annuaire-francais-de-relations-internationales--9782376510673-page-93?site_lang=fr

DENARDIS, Laura et MUSIANI, Francesca, 2016. Governance by Infrastructure. In : MUSIANI, Francesca, COGBURN, Derrick L., DENARDIS, Laura et LEVINSON, Nanette S. (éd.), *The Turn to Infrastructure in Internet Governance* [en ligne]. New York : Palgrave Macmillan US. pp. 3-21. [Consulté le 2 février 2021]. ISBN 978-1-349-57846-7. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1057/9781137483591_1

ERMOSHINA, Ksenia, LOVELUCK, Benjamin et MUSIANI, Francesca, 2023. Surveillance et censure des infrastructures Internet en Russie : marchés, régulation et boîtes noires. In : DAUCÉ, Françoise, LOVELUCK, Benjamin et MUSIANI, Francesca (éd.), *Genèse d'un autoritarisme numérique* [en ligne]. Presses des Mines. pp. 51-71. [Consulté le 27 août 2023]. ISBN 978-2-35671-972-0. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/pressesmines/9073

GORDON, David et NOUWENS, Meia, 2022. Introduction. In : GORDON, David et NOUWENS, Meia, *The Digital Silk Road: China's Technological Rise and the Geopolitics of Cyberspace* [en ligne]. 1. London : Routledge. [Consulté le 18 janvier 2025]. ISBN 978-1-003-39026-8. Disponible à l'adresse : https://www.taylorfrancis.com/books/9781003390268

KUDAIBERGENOVA, Diana, 2016. Nationalizing Elites and Regimes. Nation-building in Post-Soviet Authoritarian and Democratic Contexts. In : LARUELLE, Marlène, *Kazakhstan in the making: legitimacy, symbols, and social changes*. Lanham : Lexington Books. pp. 113-129. Contemporary Central Asia: societies, politics, and culture. ISBN 978-1-4985-2547-3.HN670.23.A8 K385 2016

LIMONIER, Kevin, 2018. Des cyberespaces souverains ? Le cas de la Russie. In : TAILLAT, Stéphane, CATTARUZZA, Amaël et DANET, Didier, *La Cyberdéfense* [en ligne]. Armand Colin. [Consulté le 23 mars 2024]. ISBN 978-2-200-62397-5. Disponible à l'adresse : http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=1266112460D4F2A3C4D8797CF0F5ADFA

MARTIN, Ciaran, 2022. Geopolitics and Digital Sovereignty. In : WERTHNER, Hannes, PREM, Erich, LEE, Edward A. et GHEZZI, Carlo (éd.), *Perspectives on Digital Humanism*

[en ligne]. Cham : Springer International Publishing. [Consulté le 9 juin 2023]. ISBN 978-3-030-86143-8. Disponible à l'adresse : https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-86144-5

MORGUS, Robert, 2019. The Spread of Russia's Digital Authoritarianism. In : *Artificial Intelligence, China, Russia, and the Global Order*. pp. 10.

MUSIANI, Francesca, MALLARD, Alexandre et MÉADEL, Cécile, 2018. Governing what wasn't meant to be governed. A controversy-based approach to the study of Bitcoin governance. In : CAMPBELL-VERDUYN, Malcolm, *Bitcoin and beyond: cryptocurrencies, blockchains and global governance*. London ; New York : Routledge, Taylor & Francis Group. RIPE series in global political economy. ISBN 978-0-415-79214-1.HG1710 .B545 2018

OPALINSKI, Nowmay et DOUZET, Frédérick, 2023. À la conquête de la datasphère Les routes de la soie numériques de la Chine. In : LASSERRE, Frédéric, MOTTET, Eric et COURMONT, Barthélémy, *À LA CROISÉE DES NOUVELLES ROUTES DE LA SOIE*. Presses de l'Université du Québec.

STRYKER, Cian, 2021. Digital Silk Road and Surveillance Technology in Central Asia. In : KASSENOVA, Nargis et DUPREY, Brendan (éd.), *Digital Silk Road in Central Asia: Present and Future*. Davis Center for Russian and Eurasian Studies. ISBN 978-0-578-93435-8.

TIKHOMIROV, Sergei, 2018. Ethereum: State of Knowledge and Research Perspectives. In : IMINE, Abdessamad, FERNANDEZ, José M., MARION, Jean-Yves, LOGRIPPO, Luigi et GARCIA-ALFARO, Joaquin (éd.), *Foundations and Practice of Security* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 189-205. Lecture Notes in Computer Science. [Consulté le 8 août 2023]. ISBN 978-3-319-75649-3. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-75650-9_13

VELASCO, Pablo R., 2016. Sketching Bitcoin: Empirical Research of Digital Affordances. In : KUBITSCHKO, Sebastian et KAUN, Anne (éd.), *Innovative Methods in Media and Communication Research* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 99-122. [Consulté le 4 janvier 2022]. ISBN 978-3-319-40699-2. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-40700-5_6

Ouvrages

ALIZART, Mark, 2019. *Cryptocommunisme* [en ligne]. PUF. [Consulté le 7 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.puf.com/content/Cryptocommunisme

BECKER, Howard Saul, 1982. *Art worlds*. University of California Press.

BOUTE, Anatole, 2015. *Russian electricity and energy investment law*. Leiden Boston : Brill Nijhoff. Law in Eastern Europe, 65. ISBN 978-90-04-20327-3.

343.470 929

BOWKER, Geoffrey C. et STAR, Susan Leigh, 1999. *Sorting Things Out: Classification and Its Consequences* [en ligne]. The MIT Press. [Consulté le 21 juillet 2025]. ISBN 978-0-262-

26907-0. Disponible à l'adresse : https://direct.mit.edu/books/book/4738/Sorting-Things-OutClassification-and-Its

BRATTON, Benjamin H., 2015. *The Stack: On Software and Sovereignty*. MIT Press. ISBN 978-0-262-02957-5.

BRITO, Jerry et CASTILLO, Andrea, 2013. *Bitcoin: A Primer for Policymakers*. Mercatus Center at George Mason University.

BRUNET, Roger, FERRAS, Robert et THÉRY, Hervé, 1993. *Les mots de la géographie: dictionnaire critique*. Montpellier Paris : RECLUS la Documentation française. Collection Dynamiques du territoire. ISBN 978-2-11-005943-7.910.3

CARIOU, Alain (éd.), 2015. *L'eau en Asie centrale: enjeux et défis contemporains*. Bichkek Paris : Ifeac. Cahies d'Asie centrale, no 25. ISBN 978-2-84743-131-5.

CARREAU, Dominique, 1970. *Souveraineté et coopération monétaire internationale*. Cujas. Paris.

CATTARUZZA, Amaël, 2019. *Géopolitique des données numériques* [en ligne]. Le Cavalier Bleu. [Consulté le 2 novembre 2021]. ISBN 979-10-318-0348-7. Disponible à l'adresse : https://www.cairn.info/geopolitique-des-donnees-numeriques--9791031803487.htm

CIPOLLA, Carlo M., 1977. *Clocks and Culture, 1300-1700*. Norton. ISBN 978-0-393-00866-1.

COOLEY, Alexander et HEATHERSHAW, John, 2019. *Dictators Without Borders: Power and Money in Central Asia*. Reprint edition. New Haven : Yale University Press. ISBN 978-0-300-24319-2.

DAUCÉ, Françoise, LOVELUCK, Benjamin et MUSIANI, Francesca (éd.), 2023. *Genèse d'un autoritarisme numérique* [en ligne]. Presses des Mines. [Consulté le 10 juin 2023]. ISBN 978-2-35671-972-0. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/pressesmines/9023

DE FILIPPI, Primavera et WRIGHT, Aaron, 2018. *Blockchain and the law: the rule of code*. Cambridge, Massachusetts : Harvard University Press. ISBN 978-0-674-97642-9.

QA76.9.D32 D44 2018

DUPONT, Quinn, 2019. *Cryptocurrencies and blockchains* [en ligne]. John Wiley & Sons. [Consulté le 22 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=duaLDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=info:YBl2yV9k20EJ:scholar.google.com&ots=f5jCyAd0WI&sig=C3nBbQvJnc8PyLrvLFygcjdnpGM

FAVIER, Jacques et TAKKAL BATAILLE, Adli, 2023. *Bitcoin. La monnaie acéphale*. CNRS Editions. ISBN 978-2-271-11555-3.

GARFINKEL, Simson, 1995. *PGP: Pretty Good Privacy*. O'Reilly Media, Inc. ISBN 978-1-56592-098-9.

GARLICK, Jeremy, 2020. *The Impact of China's Belt and Road Initiative: From Asia to Europe* [en ligne]. Routledge. [Consulté le 29 janvier 2024]. Rethinking Asia and International Relations. ISBN 978-0-8153-9610-9. Disponible à l'adresse : http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=9048107DA78EB4F905A7B2189E135F9D

GOLUMBIA, David, 2016. *The Politics of Bitcoin: Software as Right-Wing Extremism*. U of Minnesota Press. ISBN 978-1-4529-5381-6.

GORDON, David et NOUWENS, Meia, 2022. *The Digital Silk Road: China's Technological Rise and the Geopolitics of Cyberspace* [en ligne]. 1. London : Routledge. [Consulté le 18 janvier 2025]. ISBN 978-1-003-39026-8. Disponible à l'adresse : https://www.taylorfrancis.com/books/9781003390268

HECHT, Gabrielle, 1998. *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge, MA, USA : MIT Press. Inside Technology. ISBN 978-0-262-08266-2.

ISAACS, Rico, 2011. *Party System Formation in Kazakhstan: Between Formal and Informal Politics* [en ligne]. 1. Routledge. [Consulté le 12 mai 2023]. ISBN 978-0-203-82600-3. Disponible à l'adresse : https://www.taylorfrancis.com/books/9780203826003

KAPPELER, Andreas, 2001. *The Russian Empire: A Multiethnic History*. Longman. ISBN 978-0-582-23415-4.

KASSENOVA, Nargis et DUPREY, Brendan (éd.), 2021. *Digital Silk Road in Central Asia: Present and Future*. Davis Center for Russian and Eurasian Studies. ISBN 978-0-578-93435-8.

KOSTAKIS, Vasilis et BAUWENS, Michel, 2014. *Network Society and Future Scenarios for a Collaborative Economy* [en ligne]. London : Palgrave Macmillan UK. [Consulté le 4 janvier 2022]. ISBN 978-1-349-49049-3. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1057/9781137406897

LACOSTE, Yves, 1976. *La géographie , ça sert, d'abord, à faire la guerre*. Ed. Maspero. ISBN 978-2-7071-8183-1.

LATOUR, Bruno et HERMANT, Emilie, 1998. *Paris ville invisible*. Paris : Le Plessis-Robinson : Empécheurs de penser rond. ISBN 978-2-84324-057-7.

LAVE, Jean et WENGER, Etienne, 1991. *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge : Cambridge university press. Learning in doing. ISBN 978-0-521-42374-8.

LEDENEVA, Alena V., 1999. *Russia's economy of favours: blat, networking, and informal exchange*. Transferred to digital printing. Cambridge : Cambridge Univ. Press. Cambridge Russian, Soviet and post-Soviet studies, 102. ISBN 978-0-521-62174-8.

LEDENEVA, Alena V., 2013. *Can Russia Modernise?: Sistema, Power Networks and Informal Governance* [en ligne]. 1. Cambridge University Press. [Consulté le 18 août 2025]. ISBN 978-0-521-12563-5. Disponible à l'adresse : https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9780511978494/type/book

LESSIG, Lawrence, 2006. *Code*. Version 2.0. New York : Basic Books. ISBN 978-0-465-03914-2.K564.C6 L47 2006

LÉVY, Jacques, 1994. *L'espace légitime: sur la dimension géographique de la fonction politique*. Paris : Presses de la Fondation nationale des sciences politiques. ISBN 978-2-7246-0644-7.JC319 .L45 1994

LEVYSTONE, Michaël, 2024. *Asie centrale: le réveil*. Malakoff : Armand Colin. Objectif monde. ISBN 978-2-200-63686-9.327.58

LIMONIER, Kevin, 2018a. *L'archipel des savants : Histoire des anciennes villes d'élite du complexe scientifique soviétique*. Paris : Editions B2. ISBN 978-2-36509-078-0.

LIMONIER, Kevin, 2018b. *Ru.net: géopolitique du cyberespace russophone*. Les éditions L'Inventaire. ISBN 978-2-35597-032-0.

LOYER, Barbara, 2019. *Géopolitique - Méthodes et concepts: Méthodes et concepts*. Armand Colin. ISBN 978-2-200-62576-4.

MILLER, Chris, 2018. *Putinomics: power and money in resurgent Russia*. Chapel Hill : The University of North Carolina Press. ISBN 978-1-4696-4066-2.

MINASSIAN, Gaïdz, 2011. *Zones grises: quand les États perdent le contrôle*. Autrement. ISBN 978-2-7467-3045-8.

MODY, Cyrus C. M., 2016. *The Long Arm of Moore's Law: Microelectronics and American Science* [en ligne]. The MIT Press. [Consulté le 24 janvier 2024]. ISBN 978-0-262-34140-0. Disponible à l'adresse : https://direct.mit.edu/books/book/3522/The-Long-Arm-of-Moore-s-LawMicroelectronics-and

MUSIANI, Francesca, 2012. *Nains sans géants: Architecture décentralisée et services Internet* [en ligne]. Presses des Mines. [Consulté le 18 janvier 2024]. ISBN 978-2-35671-146-5. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/pressesmines/1853

MUSIANI, Francesca, COGBURN, Derrick L., DENARDIS, Laura et LEVINSON, Nanette S. (éd.), 2016. *The Turn to Infrastructure in Internet Governance* [en ligne]. New York : Palgrave Macmillan US. [Consulté le 10 août 2022]. ISBN 978-1-349-57846-7. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1057/9781137483591

NAUMOV, Igor V., 2006. *The history of Siberia*. London : Routledge/Taylor & Francis Group. Routledge studies in the history of Russia and Eastern Europe, 6. ISBN 978-0-415-36819-3.

DK761 .N34 2006

NOZDRACHEV, A. D., 2015. *ВЕЛИКАЯ РОССИЯ. РОССИЙСКАЯ БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИ*. Sankt-Peterburg : Nauchnoe izdatel′stvo « Gumanistika ». Velikai͡a Rossiia. Rossiĭskai͡a biograficheskai͡a ėntsiklopediia, 22. ISBN 978-5-86050-338-0.

QP26.P35 N69 2015

PINK, Sarah, ADÈVOL, Elisenda et LANZENI, Débora (éd.), 2016. *Digital Materialities. Design and Anthropology*. Bloomsbury. Bloomsbury Academic.

RAFFESTIN, Claude, 1980. *Pour une géographie du pouvoir* [en ligne]. Lyon : ENS Éditions. [Consulté le 25 août 2022]. Bibliothèque idéale des sciences sociales. ISBN 979-10-362-0150-9. Disponible à l'adresse : http://books.openedition.org/enseditions/7627

SOLDATOV, Andreĭ et BOROGAN, Irina, 2015. *The red web: the struggle between Russia's digital dictators and the new online revolutionaries*. First edition. New York : PublicAffairs. ISBN 978-1-61039-573-1.

JN6695.A55 A859 2015

STOURDZÉ, Yves, 1973. *Organisation, anti-organisation*. Paris : Sens & Tonka. ISBN 978-2-84534-254-5.

TRÉGUER, Félix, 2019. *L'utopie déchue: une contre-histoire d'internet XVe-XXIe siècle*. Paris : Fayard. À venir. ISBN 978-2-213-71004-4.303.483

TURNER, Fred, 2006. *From counterculture to cyberculture: Stewart Brand, the Whole Earth Network, and the rise of digital utopianism*. Chicago : University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-81741-5.QA76.9.C66 T875 2006

WEBER, Alfred, 1909. *Theory of the Location of Industries*. University of Chicago.

Thèses et Habilitations à Diriger des Recherches

AUDINET, Maxime, 2020. *Une fabrique étatique du soft power : acteurs et pratiques de l'influence par la diplomatie publique en Russie postsoviétique* [en ligne]. These de doctorat. Paris 10. [Consulté le 4 juin 2025]. Disponible à l'adresse : https://theses.fr/2020PA100046

CATTARUZZA, Amaël, 2017. *Géopolitique des données. Pour une approche critique de la datafication du monde*. Université de Grenoble-Alpes : Université de Grenoble-Alpes.

DESFORGES, Alix, 2018. *Approche géopolitique du cyberespace, enjeux pour la défense et la sécurité nationale, l'exemple de la France*. Université Paris 8.

FAUVE, Adrien, 2013. *La construction d'une capitale nationale en régime autoritaire : Astana au Kazakhstan*. Institut d'Études Politiques de Paris.

GASULL, Clément, 2023. *Ni lois, ni centres: gouverner par les transactions avec les blockchains*.

HOU, Sophie, 2015. *Transport et distribution du gaz naturel en Russie orientale: enjeux économiques, politiques et territoriaux*. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I.

MARQUET, Clement, 2019. *Binaire béton : Quand les infrastructures numériques aménagent la ville*. Paris-Saclay.

PÉTINIAUD, Louis, 2021. *De la fragmentation géopolitique à la fragmentation numérique de l'Ukraine, 2013 - 2020*. Thèse de doctorat. Saint-Denis : Université Paris 8.

VOLKOV, Roman, 2017. *La Russie de Vladimir Poutine : sociologie politique d'un État néopatrimonial* [en ligne]. These de doctorat. Bordeaux. [Consulté le 18 août 2025]. Disponible à l'adresse : https://theses.fr/2017BORD0808

Rapports

CENTER FOR INFORMATION RESILIENCE, 2025. *A7A5: Circumventing Sanctions with Stablecoin Cryptocurrency* [en ligne]. Center for Information Resilience. [Consulté le 28 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.info-res.org/app/uploads/2025/06/A7A5-Report-June-2025-Final-Draft-1.pdf

ELTOVSKIY, Vladislav et PETROVETS, Ksenia, 2024. *New regulation for digital assets*. Birch Legal.

KABYSHEV, Yelzhan, DAIYRBEKOV, Ruslan, MELYAKOV, Vadim, LOSKUTOV, Igor, XYNOU, Maria, YACHMENEVA, Elizaveta, FILASTÒ, Arturo et GULATI, Mehul, 2024. *Kazakhstan: TLS MITM attacks and blocking of news media, human rights, and circumvention tool sites* [en ligne]. OONI. [Consulté le 23 novembre 2024]. Disponible à l'adresse : https://ooni.org/post/2024-kazakhstan-report/

KADRZHANOVA, Azhar, 2013. *Kazakhstan: Power Generation and Distribution Industry*. The U.S. Commercial Service.

KOJOLA, Erik, ARCHER, Joshua et WELLNER, Pamela, 2023. *Investing in Bitcoin's Climate Pollution. Big Finance Betting on Dirty Bitcoin* [en ligne]. Greenpeace. Disponible à l'adresse : https://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/2023/07/Bitcoin-Final.pdf

LIU, Ankun, GONI, Orria et MITHA, Aiaze, [sans date]. *Cryptocurrency in Africa. Alternative Opportunities for Advancing the Sustainable Development Goals?* [en ligne]. United Nations Development Programme. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-01/UNDP-DFS-Cryptocurrency-in-Africa_0.pdf

MADYBAEVA, Assel et VILDANOVA-SULAIMANOVA, Darika, 2023. *Обзор климатического финансирования и инвестиций в проекты ВИЭ в Кыргызской Республике* [en ligne]. Bichkek. [Consulté le 28 mars 2025]. Disponible à l'adresse : https://movegreen.kg/wp-content/uploads/2024/03/Obzor-klimaticheskogo-finansirovaniya-i-investitsij-v-proekty-VIE-v-Kyrgyzskoj-Respublike.pdf

MODELEWSKA, Marta et GOVERNMENT OF THE KYRGYZ REPUBLIC, 2018. *Climate Investment Programme Operational Framework for Managing and Accessing Climate Finance in the Kyrgyz Republic*.

MUELLER, Robert S., 2019. *Report on the Investigation into Russian Interference in the 2016 Presidential Election*. Washington, D.C. : U.S. Department of Justice.

NEUMUELLER, Alexander, PIETERS, Gina, MOHADDES, Kamiar, ROUSSEAU, Valentin et ZHANG, Bryan, 2025. *Cambridge Digital Mining Industry Report. Global Operations,*

Sentiment, and Energy Use [en ligne]. Cambridge Centre for Alternative Finance. [Consulté le 30 avril 2025]. Disponible à l'adresse : https://www.jbs.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2025/04/2025-04-cambridge-digital-mining-industry-report.pdf

SHARSHENOVA, Aijan, 2021. 69 : *Mapping Russia's Influence in the Kyrgyz Republic* [en ligne]. Policy brief. Bischkek : OSCE Academy. Disponible à l'adresse : https://osce-academy.net/upload/file/PB_69-compressed.pdf

Œuvres de fiction

GIBSON, William, 1984. *Neuromancer* [en ligne]. Ace. [Consulté le 19 janvier 2024]. ISBN 978-0-441-56959-5. Disponible à l'adresse : http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=801ad2955035d654ca6940ecd48c83d0

ORWELL, George, 1949. *1984*. Secker&Warburg.

RAND, Ayn, 1957. *Atlas Shrugged*. Random House. ISBN 978-1-101-13719-2.

Table des matières

Remerciements 5
Glossaire des acronymes 7
Sommaire 9

Introduction générale 12

Hypothèses et questions de recherche 16
La méthode d'analyse géopolitique et ses outils 17
Apports de la thèse et état de l'art 25
Structure de la thèse 39

Partie I. Le réseau numérique Bitcoin : d'un projet politique alternatif à un espace géopolitique 43

Chapitre 1. Bitcoin, un projet politique pour redessiner les rapports de force sur la monnaie et dans le cyberspace 50

1.1 Un réseau numérique pensé comme une alternative aux outils financiers traditionnels 51
1.1.1. La promesse d'une décentralisation politique portée par une décentralisation technique 51
A. Bitcoin P2P e-cash paper 51
B. Une décentralisation technique portée par la « blockchain » 53
C. Une décentralisation politique : la gouvernance théorique de Bitcoin basée sur le consensus 57
1.1.2. Bitcoin comme projet politique, héritage de contre-cultures du XXe siècle 60
A. L'alternative à la finance traditionnelle et à un cyberespace surveillé 60
B. Des hippies aux cypherpunks, l'important héritage de la contre-culture étatsunienne des secteurs de l'informatique 64
1.2 De Bitcoin à l'écosystème complexe des cryptomonnaies 70
1.2.1. De la communauté aux premiers marchés, de Bitcoin aux cryptomonnaies (2009 – 2014) 70
A. 2009 – 2011 Des expérimentations dans un cercle d'initiés 70
B. Spéculation financière et amphétamines par voie postale : le début de l'adoption du bitcoin 72
C. De Bitcoin aux cryptomonnaies 74
1.2.2 Entre spéculations financières et entrepreneuriales, les cryptomonnaies aux origines d'un écosystème diversifié et fragile 77
A. La concrétisation d'un écosystème de cryptomonnaies porté par des bouleversements géopolitiques majeurs 77
B. Vers l'émergence d'un écosystème financier et technologique 81
Conclusion du Chapitre 1 82

Chapitre 2. L'infrastructure Bitcoin, un espace géopolitique : centralisation et territorialisation 84

2.1. De l'infrastructure numérique à l'espace géopolitique 86
2.1.1. L'infrastructure Bitcoin, un espace numérique 86
A. L'infrastructure numérique Bitcoin 87
B. Bitcoin, un espace dans le cyberespace 91
2.1.2 Concentration des pouvoirs, centralisation des flux et stratégies d'acteurs dans l'espace Bitcoin 96
A. D'importants phénomènes de centralisation des pouvoirs perceptibles au sein des différentes couches de Bitcoin 96
B. Une fragilisation de l'infrastructure et une augmentation des risques induites par une centralisation des flux 98
C. Stratégies d'acteurs et processus de territorialisation dans la couche des applications de Bitcoin 102
2.2 Un espace numérique fortement ancré dans le territoire physique 107
2.2.1. Une infrastructure numérique à la matérialité importante 107
A. Quelle(s) matérialité(s) pour Bitcoin ? 108

B. De la complexité de quantifier et localiser la dimension physique de Bitcoin : apports et limites des données numériques 110
2.2.2. L'ancrage territorial de Bitcoin par son minage 112
A. Du salon au hangar: le minage, une activité numérique alternative multiscalaire 113
B. L'impossible cartographie mondiale du minage de cryptomonnaies 114
C. Facteurs de localisation et logiques spatiales du minage 117
Conclusion du Chapitre 2 121

Chapitre 3. Les cryptomonnaies, outils et enjeux géopolitiques.....124
3.1. Mises en application des cryptomonnaies comme outils de contournement des limites de réseaux financiers classiques 124
3.1.1. La cryptomonnaie, outil de contre-pouvoir et de dissidence 126
A. Bitcoin et Wikileaks, le baptême du feu des cypherpunks 126
B. Contourner la censure, financer la dissidence 127
C. Financements de conflits asymétriques 128
3.1.2. La guerre en Ukraine, révélatrice des possibilités et des limites des cryptomonnaies comme alternative en temps de crise 130
A. La guerre en Ukraine, une crise révélatrice du potentiel des cryptomonnaies pour contourner les restrictions des réseaux financiers classiques 130
B. La mobilisation des cryptomonnaies par les Russes, révélatrice des limites de l'usage des cryptomonnaies imposées par l'institutionnalisation de l'écosystème 135
3.2. Bitcoin, entre risques d'affaiblissement et potentiel de consolidation de la souveraineté des États.. 137
3.2.1 Les cryptomonnaies, concurrentes théoriques des instruments de souveraineté monétaire..... 137
A. La monnaie, instrument essentiel de la souveraineté de l'État 138
B. Entre interdiction et régulation, la complexe réponse étatique face à un paradigme monétaire nouveau 140
3.2.2. Les cryptomonnaies au service des États 144
A. Du Salvador à la République centrafricaine, une recherche de souveraineté par l'adoption étatique de Bitcoin 144
B. Un renforcement de la souveraineté étatique par le bitcoin dans les « Suds » : un discours émergent dans les pays émergents ? 148
3.3. Étude de cas de l'usage des cryptomonnaie par la Russie : d'un risque pour la souveraineté à un outil stratégique 149
3.3.1. Entre risque souverain et levier de développement économique 150
A. L'impossible consensus entre acteurs étatiques 150
B. La tentative de blocage de TRON (Telegram) ou la convergence entre enjeux de souverainetés numérique et monétaire 152
3.3.2. Les cryptomonnaies, comme atout stratégique pour la Russie et ses acteurs de pouvoir 153
A. De la mobilisation stratégique informelle des cryptomonnaies pour servir les intérêts russes.... 154
B. L'affirmation des cryptomonnaies comme atout stratégique dans le discours russe : vers l'outil géopolitique 158
Conclusion du Chapitre 3 164

Conclusion de la Partie I.....166

Partie II. De la matérialisation de l'infrastructure numérique en Russie : miner des bitcoins sur l'héritage industriel soviétique et ses réseaux d'acteurs 170

Chapitre 4. Irkoutsk, Sibérie, laboratoire géopolitique du minage de cryptomonnaies.....180
4.1. Entre héritage énergétique soviétique et marginalisation politico-économique : la fabrique du « bassin cryptominier » d'Irkoutsk 184
4.1.1. L'héritage énergétique et technique soviétique 186
A. Un épicentre énergétique 187
B. Une région historiquement tournée vers l'industrie lourde, puis l'extractivisme 191

4.1.2. Une région marginalisée en Sibérie et en Russie 196
A. Irkoutsk, marginalisée dans les politiques fédérales de développement du numérique 197
B. La marginalisation d'Irkoutsk des centres économiques et politiques 202
4.2. Une activité numérique alternative développée « par le bas », d'une communauté locale d'entrepreneurs à une démocratisation du minage de cryptomonnaies informel 204
4.2.1. Bienvenue dans la « Crypto stolitsa » 204
A. Une industrie d'abord développée par des entrepreneurs locaux 205
B. Un champ local de l'innovation portée par le minage numérique 209
4.2.2. Une activité informelle, vectrice de tensions sur la ressource électrique 213
A. Le minage de cryptomonnaies, extractivisme numérique démocratisé et informel 214
B. Le « minage gris » et les tensions sur le réseau électrique 216
C. Le complexe rapport de force entre fournisseurs d'électricité et mineurs numériques gris 220
Conclusion du Chapitre 4 224

Chapitre 5. Le minage de cryptomonnaies industriel et commercial, vers une industrie stratégique en Russie 229
5.1. La géopolitique locale du minage numérique : la ferme d'Oussolie-Sibirskoïe 233
5.1.1. Un exemple d'économie politique de fermes numériques industrielles : Oussolie-Sibirskoïe 233
A. Les modèles économiques des fermes de minage de grande capacité 234
B. Les mineurs fantômes d'Oussolié-Sibirskoïe 235
C. Un emplacement stratégique pour le minage numérique, hérité de l'histoire industrielle soviétique locale 238
5.1.2. De la complémentarité des terrains physiques et numériques : une virée à Oussolie-Sibirskoïe 240
A. La visite sur site pour t'enter d'observer un minage de cryptomonnaies dissimulé dans les ruines de l'industrie soviétique 240
B. Le terrain numérique pour compléter les limites du terrain physique : retour dans le « Tchernobyl de Sibérie » 245
C. Une géopolitique locale du minage 248
5.2. La co-construction d'un secteur stratégique I : EN+, l'empire énergétique qui alimente les infrastructures numériques de l'*oblast'* d'Irkoutsk 250
5.2.1. De la capture de l'État à la consolidation d'une position politico-économique forte : l'ascension de Deripaska et d'EN+ 251
A. Aux origines d'un empire énergétique 251
B. L'énergopouvoir de Deripaska 253
5.2.2. EN+, un acteur stratégique pour le numérique russe par la maîtrise des énergies 257
A. L'instrumentalisation du positionnement stratégique d'EN+ en faveur de la relation de patronage entre Poutine et Deripaska 257
B. EN+ et ses filiales, des acteurs proactifs dans le développement du minage numérique 261
5.3 La co-construction d'un secteur stratégique II : la technopolitique de BitRiver, d'une industrie alternative à stratégique 268
5.3.1. Bratsk, épicentre et origine du partenariat stratégique entre EN+ et BitRiver 268
A. Miner du bitcoin sur les épaules d'un géant : la ferme de BitRiver à Bratsk 268
B. Extension du domaine de la lutte : des sanctions états-uniennes contre BitRiver 272
5.3.2. L'émergence d'un "technopouvoir" 275
A. BitRiver : d'une industrie alternative à un technopouvoir 275
B. La technopolitique d'une industrie alternative devenue stratégique 284
C. Vers une intégration à l'économie de guerre ? 287
Conclusion du chapitre 5 290

Conclusion de la Partie II 293

Partie III. Entre tensions électriques et géopolitiques : en Asie centrale, le minage de cryptomonnaies au cœur d'enjeux énergétiques et politiques. Études de cas du Kazakhstan et du Kirghizstan 298

Chapitre 6. Anatomie d'une crise : le minage de cryptomonnaies comme révélateur des dépendances infrastructurelles du Kazakhstan 304

6.1. Un minage de cryptomonnaies spatialisé à travers une double fracture territoriale, énergétique et climatique 308

6.1.1. Dans le nord du Kazakhstan, un minage de cryptomonnaies au plus proche de la ressource électrique, dans un espace stratégique pour le pays 314

A. Ekibastouz, cœur énergétique du Kazakhstan et épicentre du minage numérique industriel 315

B. La ferme d'Enegix à Ekibastouz, une localisation stratégique 320

C. Un espace stratégique pour la souveraineté du Kazakhstan 324

6.2. Une explosion du minage de cryptomonnaies et une crise énergétique accélérée par de multiples dépendances infrastructurelles du Kazakhstan aux puissances voisines 329

6.2.1. Au sud du Kazakhstan, un minage numérique branché sur un réseau électrique désuet, vecteur d'un fragile équilibre géopolitique régional 331

A. Au sud, le poids du minage de cryptomonnaies développé à plus petite échelle de manière parfois opaque 331

B. Une crise énergétique symptomatique d'une infrastructure électrique transfrontalière désuète et révélatrice des enjeux géopolitiques régionaux de l'électricité 334

6.2.2. Vecteurs de localisation et dépendances infrastructurelles émergentes : les infrastructures de connectivité au cœur de l'explosion et des crises du minage de cryptomonnaies au Kazakhstan 337

A. Le cyberspace centrasiatique, autre espace de conquête, entre dépendance physique à la Russie et nouvelles dépendances logiques à la Chine 337

B. Une « crypto-Route de la Soie », envers des politiques et stratégies chinoises, revers du multivectorialisme kazakhstanais 342

Conclusion du Chapitre 6 345

Chapitre 7. Des zones grises du minage numérique à la régulation « à travers » l'infrastructure : les cryptomonnaies au centre des recompositions du pouvoir au Kazakhstan 348

7.1 La technopolitique du minage numérique et ses acteurs de pouvoir au centre de règlements de compte politiques 351

7.1.1. Des connexions électriques aux connexions politiques des fermes de minage 354

A. À Ekibastouz, l'électricité d'une culture sous serre détournée pour alimenter les fermes de MineBest 354

B. Genesis DA : les luttes intestines d'une entreprise révélatrices des réseaux informels du minage numérique 358

7.1.2. La lutte gouvernementale contre le minage numérique, extension du domaine de la « dénazarbaïefication » 361

A. Débrancher les processeurs, déraciner les acteurs : le « name & shame » de la galaxie Nazarbaïev 362

B. La « dénazarbaïefication », un processus de déracinement d'acteurs profondément ancrés dans le territoire kazakhstanais et son économie 364

C. Dans les zones grises du réseau électrique kazakhstanais mises à profit pour un minage de cryptomonnaies informel, entretenues par un soutien politique 367

7.2 Vers un panoptique juridique : encadrer le minage de cryptomonnaies « à travers » l'infrastructure numérique 374

7.2.1. Un ancrage territorial forcé du minage de cryptomonnaies 375

A. Contrôler la consommation de ressources 375

B. Ancrer et mesurer la production 376

7.2.2. Créer, surveiller et contrôler un marché national des cryptomonnaies 378

A. Centraliser les flux de cryptomonnaies au sein de l'AIFC 379

B. Une vitrine régionale d'un Kazakhstan moderne et innovant 383
7.2.3. Les effets de la loi 193-VII sur le minage de cryptomonnaies et le secteur du numérique au Kazakhstan 384
A. Réductions et effet de concentration 384
B. Vers l'émergence de nouveaux acteurs du numérique ? 387
Conclusion du Chapitre 7 392

Chapitre 8. Au Kirghizstan, un minage de cryptomonnaies informel au centre d'enjeux politiques et énergétiques 395
8.1. Le Kirghizstan, conditionné par des déficits d'énergies et de ressources et des dépendances aux pays voisins 399
8.1.1. La fragile hydroélectricité du Kirghizstan 401
A. Un réseau électrique national qui repose sur l'hydroélectricité 401
B. L'eau, source de tensions et coopération, garante de la stabilité géopolitique régionale 404
8.2. Quand l'État capture l'État : les très formels acteurs des réseaux informels du minage numérique au Kirghizstan 407
8.2.1. Le difficile exercice d'un minage numérique sans soutien politique 408
8.2.2. Le minage de cryptomonnaies au Kirghizstan, une affaire d'État 411
A. Un minage numérique facilité par des acteurs officiels 411
B. Solarcoin : écologie politique d'une ferme de minage informelle au Kirghizstan 415
8.3 Le minage de cryptomonnaies comme potentiel vecteur de développement du secteur électrique kirghizstanais ? 420
8.3.1 Dans les montagnes du Kirghizstan, un minage numérique sur de petites centrales hydroélectriques privées 421
A. Le minage comme générateur d'électricité ? 423
B. Le minage de cryptomonnaies comme vecteur d'un renforcement de la souveraineté énergétique du Kirghizstan ? 425
Conclusion du chapitre 8 427

Conclusion de la Partie III 430

Conclusion générale 434

Bibliographie 445
Articles universitaires 445
Chapitres d'ouvrages universitaires 461
Ouvrages 463
Thèses et Habilitations à Diriger des Recherches 467
Rapports 468
Œuvres de fiction 469

Table des matières 470

Tables des illustrations 475
Table des Cartes 475
Table des Encadrés 476
Table des Figures 476
Table des Images 476
Table des Photographies (de l'auteur) 477
Table des Planches 477
Table des Schémas 478
Table des Tableaux 478

Annexes 479

Tables des illustrations

Table des Cartes

Carte 1. Un terrain de recherche recomposé depuis le début de la guerre en Ukraine. Page 21.

Carte 2. Parcours schématique d'une information de transaction à travers l'infrastructure Bitcoin. Page 95.

Carte 3. Visualisation schématique des facteurs de localisation du minage de cryptomonnaies. Page 119.

Carte 4. La fabrique d'un « bassin cryptominier » I : des caractéristiques techniques et climatiques attractives dans l'oblast' d'Irkoutsk. Page 185.

Carte 5. La fabrique d'un « bassin cryptominier » II : l'important héritage énergétique et industriel soviétique dans l'oblast' d'Irkoutsk. Page 195.

Carte 6. La fabrique d'un « bassin cryptominier » III : une dualité du District fédéral de Sibérie. Page 201.

Carte 7. En 2021, une relocalisation importante du minage de cryptomonnaies après le bannissement depuis la Chine. Page 230.

Carte 8. Itinéraire d'une tentative d'observer un minage de cryptomonnaies dissimulé dans une zone fermée par le terrain physique. Page 242.

Carte 9. Sur les épaules d'un géant : la méga-ferme de BitRiver installée au cœur de l'empire énergétique d'EN+. Page 270.

Carte 10. De la Sibérie à l'Arctique russe, la diversification progressive de la localisation des opérations de minage de cryptomonnaies de BitRiver. Page 277.

Carte 11. La double fracture territoriale du Kazakhstan, énergétique et climatique. Page 312.

Carte 12. Ekibastouz : cœur énergétique du Kazakhstan, épicentre du minage de cryptomonnaies. Page 322.

Carte 13. Anciennes et nouvelles (inter)dépendances infrastructurelles en Asie centrale. Page 330.

Carte 14. Ancrer la production et contrôler les flux : au Kazakhstan, la régulation des cryptomonnaies « à travers » l'infrastructure. Page 381.

Carte 15. L'hydroélectricité au Kirghizstan au cœur des enjeux géopolitiques régionaux. Page 400.

Carte 16. Modèle de minage de cryptomonnaies « off-grid » alimenté par une petite station hydroélectrique au Kirghizstan. Page 422.

Table des Encadrés

Encadré 1. Avant-propos. Page 11.

Encadré 2. Une thèse recomposée dans l'urgence à la suite de l'invasion de l'Ukraine par la Russie. Page 19.

Encadré 3. Le hachage. Page 54.

Encadré 4. Blockchain et technologies de registre distribué. Page 58.

Encadré 5. Une crise financière qui nourrit les représentations d'un système financier international centralisé et fragile. Page 62.

Encadré 6. Extension de la problématique : les cryptomonnaies d'entreprises privées du numérique. Page 142.

Encadré 7. Extension de la problématique : les Monnaies Numériques de Banque Centrale (MNBC). Page 147.

Encadré 8. Bichkek, Kirghizstan, plaque tournante des contournements de sanctions par *stablecoins* ? Page 162.

Encadré 9. À Irkoutsk, un minage numérique démocratisé et une activité de subsistance. Page 181.

Encadré 10. L'arrestation. Page 244.

Table des Figures

Figure 1. Evolution du tarif d'électricité pour les particuliers dans l'oblast' d'Irkoutsk (2015 – 2024). Page 219.

Figure 2. Publications des communiqués de presse de l'ASF relatifs au minage gris. Page 353.

Table des Images

Image 1. Les fondateurs du mouvement cypherpunk John Gilmore, Timothy C. May et Eric Hugues en couverture du magazine Wired en 1993. Page 67.

Image 2. Captures d'écran de l'interface Bitnodes.io. Page 111.

Image 3. Capture d'écran du tweet du gouvernement ukrainien appelant aux dons le 26 février 2022. Page 131.

Image 4. Montage de plusieurs captures d'écran des publications Instagram d'Alicia entre février et mars 2022. Page 134.

Image 5. Capture d'écran des catégories de contenus présentées sur le compte Instagram d'Irkutskenergosbyt. Page 221.

Image 6. Affiche de sensibilisation d'Irkutskergosbyt contre le minage de cryptomonnaies non déclaré et d'information pour contacter la compagnie et dénoncer les installations irrégulières. Page 222.

Image 7. À gauche, une photographie tirée du reportage « Maïning kampf ». À droite, la même ferme dans un transformateur retrouvée en croisant des images satellites et des informations des reportages. Page 265.

Image 8. Capture d'écran n°1 du compte Instagram de Baikal Mining Company. Page 266.

Image 9. Capture d'écran n°2 du compte Instagram de Baikal Mining Company. Page 266.

Image 10. Photographies des conteneurs de minage numérique de Kantor qu'il a partagé sur les réseaux sociaux. 2023. Page 411.

Table des Photographies (de l'auteur)

Photographie 1. Services d'échange de cryptomonnaies à Pristina, Kosovo. Page 125.

Photographie 2. La station hydroélectrique d'Irkoutsk. Février 2022. Page 189.

Photographie 3. Vue depuis le barrage d'Irkoutsk, la route qui passe sur l'édifice est visible sur la gauche, alors que sur la droite un enfant se jette en luge sur la pente de neige qui descend jusqu'au réservoir d'eau gelée. Février 2022. Page 189.

Photographie 4. Vue sur le barrage d'Irkoutsk depuis le réservoir gelé. Février 2022. Page 189.

Photographie 5. Policiers russes dans les rues de Novossibirsk. 5 mars 2022. Page 198.

Photographie 6. Vue d'Akademgorodok. 5 mars 2022. Page 199.

Photographie 7. Installation de processeurs de minage reliés au système de chauffage central d'un immeuble d'Irkoutsk. Le 6 avril 2019. Page 211.

Photographie 26. Une des entrées de la petite zone industrielle à l'est d'Oussolie-Sibirskoïe. Page 241.

Photographie 27. Matérialisation de l'énergopouvoir d'EN+ dans la ville d'Irkoutsk. Page 256.

Photographie 10. Vue partielle de la mine de charbon à ciel ouvert d'Ekibastouz. Page 311.

Photographie 11. Vue sur le smog de Bichkek, qui stagne proche du sol, alors que le ciel bleu est visible au sommet de la photographie. Les fumées dégagées par les cheminées de la TETs sont également visibles, et retombent sur la ville en même temps que le reste de la pollution. Janvier 2023. Page 402.

Photographie 1228. Vue sur la centrale à charbon de Bichkek, janvier 2023. Page 414.

Table des Planches

Planche 1. À Oussolié-Sibirskoïe, un minage numérique installé dans une zone industrielle fermée et sinistrée. Page 246.

Planche 2. Télédétection de l'emplacement « propice au minage » proposé par Irkutskenergo dans l'enceinte de la centrale Novo-Irkoutskaïa. Page 263.

Planche 3. L'emplacement stratégique de la ferme de minage de Baïkal Mining, à proximité directe d'un transformateur électrique dans la banlieue de la ville d'Irkoutsk. Page 265.

Planche 4. Télédétection de la ferme de minage de cryptomonnaies de BitRiver à Mukhorshibir en Bouriatie. Page 289.

Planche 1. Télédétection d'une des fermes de minage de cryptomonnaies de BTC.kz à Solnetchni, proche de la centrale GRES-2 d'Ekibastouz. Page 316.

Planche 6. Des fermes de minage de MineBest installées au sein du territoire de la GRES-1 d'Ekibastouz. Page 320.

Planche 7. Des fermes de minage de MineBest installées au sein du territoire de la GRES-1 d'Ekibastouz : une mise à profit des connexions politiques d'acteurs des énergies pour détourner l'électricité de la centrale. Page 357.

Planche 8. Evolution du nombre et de la localisation des entreprises de minage de cryptomonnaies enregistrées au Kazakhstan (2021 – 2024). Page 386.

Planche 9. Le projet de ferme de minage de Xive à Aktaou, alimentée par une électricité générée à partir de gaz naturel. Page 388.

Planche 10. Deux fermes de minage d'AQ Group, basées sur des ressources différentes. Page 391.

Planche 11. Télédétection de la ferme de minage de Solarcoin. Page 417.

Table des Schémas

Schéma 1. Exemples de hachage avec SHA-256. Page 54.

Schéma 2. Schématisation de la blockchain Bitcoin. Page 55.

Schéma 3. Schématisation d'une potentielle stratégie de contournement de sanctions pour une transaction financière entre la Russie et l'Union européenne. Page 163.

Schéma 4. La répression contre le minage de cryptomonnaies au Kazakhstan en 2022 : extension du domaine de la « dénazarbaïefication ». Page 373.

Schéma 5. Solarcoin un réseau d'acteurs entre les processeurs et le réseau électrique. Page 418.

Table des Tableaux

Tableau 1. L'infrastructure Bitcoin, un objet sociotechnique selon l'approche de Susan L. Star. Pages 89 et 90.

Tableau 2. Le concept de cyberespace comme clé de lecture géopolitique du réseau Bitcoin ? Page 93.

Tableau 3. Le modèle d'exercice du pouvoir et de territorialisation des plateformes d'échange au sein de l'espace Bitcoin par le prisme de la sociologie des organisations de Stourdzé. Page 104.

Tableau 4. Typologie des facteurs de localisation du minage de cryptomonnaies. Page 120.

Tableau 5. Infrastructures de génération d'électricité dans l'*oblast'* d'Irkoutsk en 2024. Page 188.

Tableau 6. Les huit entreprises de minage numérique russes qui déclaraient le plus de revenus en 2022. Page 230.

Annexes

Annexe 1. Les fermes de minage de l'oblast' d'Irkoutsk affichées sur la Carte 5.

#	Nom de l'entreprise (+ n° ferme)	Municipalité d'emplacement	Puissance installée affichée
1	BitRiver Bratsk	Bratsk	100
2	BitCluster	Angarsk	30
3	Cryptoreactor	Bratsk	75
4	Newmining	Angarsk	25
5	Baikal Mining Company	Irkoutsk	30
6	SibMain I	Angarsk	?
7	Megawatt 2	Angarsk	?
8	New Hosting Company	Bratsk	10
9	Bit+	Bratsk	30
10	Minery 1	Bratsk	?
11	Megawatt 3	Cheremkhovo	87,2
12	LeoMining	Entre Angarsk et Irkoutsk	20
13	Impulse Engineering Irkutsk	Irkoutsk	20
14	Megawatt 1	Irkoutsk	?
15	Inconnus d'Oussolié Sibirskoïe	Oussolie-Sibirskoïe	100
16	BitRiver Ust-Ilimsk	Oust-Ilimsk	?
17	Minery 2	Oust-Ilimsk	?
18	BitRiver Bratsk 2	Vikhorevka	?

Annexe 2. Listes des entreprises de minage de cryptomonnaies déclarées au Kazakhstan affichées sur la Planche 8. Source : Ministère du Développement numérique du Kazakhstan

a. Entreprises enregistrées dans le minage de cryptomonnaies au Kazakhstan au 8 juillet 2022

#	Nom de l'entreprise	Municipalité d'enregistrement
1	ЧК "Algorithm LTD."	Astana
2	ТОО "Smart Lab Ltd."	Astana
3	ТОО "КазИнтерс"	Almaty
4	ЧК "Netlogic Ltd."	Astana
5	ТОО "Инфопрогсервис"	Taraz
6	ТОО "Инновация информационных технологий"	Taraz
7	ТОО "Алтын 2020"	Kostanay
8	ТОО "Dala - Ulytau"	Astana
9	ТОО "QYBERTECH"	Uralsk
10	ТОО "Тараз Сити Сервис"	Taraz
11	ИП "Султанов Р.З."	Almaty
12	ИП "Султанов А.З."	Almaty
13	ТОО "The Qoin"	Astana
14	ЧК "TGK KRG Ltd."	Astana
15	ТОО "ItService Plus"	Aktobe
16	ТОО "Maksi trade KST"	Kostanay
17	ИП "Фещенко"	Boralday

18	ТОО "West Smart Trading"	Aktobe
19	ТОО "Aktobe Smart Tech"	Aktobe
20	ТОО "MINING GRES-1"	Ekibastuz
21	"Bitfury KZ Limited"	Astana
22	ЧК "Blockrose DC 1 Ltd."	Astana
23	ТОО "ULI DALA SERVICES"	Ekibastuz
24	ТОО "Aper IT"	Almaty
25	ТОО "SmartT"	Taldykorgan
26	ТОО "Midas Technologies"	Qapshaghay
27	ТОО "Каскад Каратальских ГЭС"	Tekely
28	ИП "Mesxet"	Almaty
29	ТОО "Mega Stroy Company"	Almaty
30	ТОО "Adver Consult Group"	Almaty
31	ТОО "АвтоТехИнвест"	Temirtau
32	ИП "Eco RB"	?
33	ЧК "Kazakhstan Future Energy Co., Ltd."	Astana
34	ТОО "Mining Hub"	Almaty
35	ТОО "Полиметалл холдинг"	Almaty
36	ТОО "Qazmin Aqtobe"	Astana
37	ТОО "Friday Ventures"	Aktobe
38	ТОО "Qazmin Currency"	Astana
39	ТОО "QAZAQ DCS"	Tekely
40	ЧК "Harmony Tech Ltd"	Astana
41	ИП "IT-Service company"	Taldykorgan
42	"EM Technologies Ltd."	Astana
43	ИП "Абу Шахнур Олжасулы"	Almaty
45	ТОО "Nova Element"	Almaty
46	ТОО "B&F Service Mining Group"	Almaty
47	ТОО "Cointech"	Almaty
48	ТОО "VerCom"	Ekibastuz
49	ТОО "CryptoМИР"	Astana
50	ТОО "Arma Infomation Technology LTD."	Almaty
51	ТОО "ENERGYONE (ЭНЕРДЖИУАН)"	Almaty
52	ТОО "ТКМ EAST (ТКМ ИСТ)"	Almaty
53	ТОО "Protek Teknoloji Kazakhstan"	Karaganda
54	ЧК "Volting Ltd."	Astana
55	ТОО "XFinity Solutions"	Almaty
56	ТОО "Sirius Shine"	Almaty
57	ТОО "ADS industries"	Almaty
58	ЧК "Digital Diamond KZ Ltd."	Astana
59	ТОО "Falcon Energy Company"	Taldykorgan
60	ТОО "Solar Wind"	Almaty
61	ИП "Валетов"	Almaty
62	ТОО "Kazprof Facade"	Almaty
63	ТОО "LLY "AGRO-ENERGY"	Astana
64	ИП "K-Maining"	Almaty
65	ИП "Язиси Еркан"	Kostanay

66	ИП "Исингарина А.Н."	Almaty
67	ТОО "Smart integration"	Almaty
68	ТОО "Turan-IT"	Shardara
69	ЧК "SAVAbit Limited"	Astana
70	ТОО "ТехАгроСтрой XXI"	Astana
71	ИП "Коккозов"	Astana
72	ЧК "Bitcathome Ltd."	Astana
73	ЧК "Falcon Technology Company Ltd."	Taldykorgan
74	ТОО "ВЛК"	Talgar
75	ТОО "Кулерторг"	Almaty
76	ТОО "MicroBT"	Almaty
77	ТОО "SP Production"	Almaty
78	ТОО "Modern Digital Technology"	Oskemen
79	ТОО "Рудненская топливная компания"	Rudnyy
80	ТОО "KazPetroleum"	Pavlodar
81	ТОО "Bit-Q"	Astana
82	ТОО "Chem-Invest"	Uralsk
83	ИП "Тохтахунова"	Almaty
84	ЧК "Gett Ltd"	Astana
85	ТОО "Молния 9"	Astana
86	ИП "TRANS CARGO"	Temirtau
87	ИП "КФК"	Shymkent
88	ИП "Бутусов Руслан Викторович"	Semey
89	ИП "Черкасов"	Almaty
90	ЧК "Homeland Ltd."	Astana
91	ИП "Щербакова Е.В."	Almaty
92	ЧК "RUC Digital Ltd"	Astana
93	ТОО "Фирма "Опера Холдинг"	Almaty
94	ЧК "Russel company Ltd"	Astana
95	ЧК "Hashtech Ltd."	Astana
96	ТОО "Криптомание"	Almaty
97	ТОО "ВИЖУ CREATIVE GROUP"	Pavlodar
98	ИП "Семенюта Н.Ю."	Kostanay
99	ИП "CyberGarage"	Almaty
100	ТОО "IRKA Blockchain solutions"	Almaty
101	ТОО "Estate Harbor"	Almaty
102	ТОО "ПКК САКТАГАН"	Almaty
103	ИП "Ивашкин О.Н."	Almaty
104	ИП "Magister"	Almaty
105	ТОО "Кайсар Сарбаз"	Taraz
106	ТОО "Bitcoin KZ"	Taraz
107	ТОО "Hash and Coins"	Taraz
108	ТОО "BKZ company"	Karaganda
109	ТОО "Taraz Platinum"	Taraz
110	ТОО "Астерия Капитал"	Taraz
111	"Сити группа"	?

b. Entreprises enregistrées au 28 février 2024

#	Nom de l'entreprise	ИИН (Identifiant national)	Municipalité d'enregistrement
1	ЧК «TT TECH Limited»	221040900490	Astana
2	ТОО «KINUR INVEST»	211040037537	Taraz
3	ТОО «Nova Element»	210140039488	Almaty
4	ТОО «AISolutions»	180540013758	Astana
5	ТОО «Aktobe Smart Tech»	180140015393	Astana
6	ТОО «VerCom»	141140002911	Ekibastouz
7	ПОО «LGHSTR LLP»	210840900564	Astana
8	ТОО «BCD Company»	180540013718	Astana
9	ЧК «Falcon Technology Company Ltd»	211140900145	Astana
10	ЧК «LGHSTRS Ltd»	211140900363	Astana
11	ЧК «Green Power Solution Ltd»	210640900150	Astana
12	ЧК «SM Digital Ltd.»	230640900194	Astana
13	ТОО «KZ Systems»	150840022831	Astana
14	ТОО «KZ Systems»	150840022831	Astana
15	ТОО «AISolutions»	180540013758	Astana
16	ТОО «Techno Kar»	210140029639	Ekibastouz
17	ТОО «BCD Company»	180540013718	Astana
18	ТОО «ULI DALA SERVICES»	151140000779	Ekibastouz
19	ТОО «West Smart Trading»	180240006497	Astana
20	ТОО «Инфопрогсервис»	201140025627	Taraz
21	ЧК «Invescore Astana Ltd»	210540900197	Astana
22	Жамбылский филиал общества с ограниченной ответственностью «Кинур»	200841010316	Taraz
23	ЧК «BITCATHOME Ltd»	211140900224	Astana
24	ЧК «Canaan Creative Kazakhstan Limited»	210840900425	Astana
25	ЧК « Silk Way Date Center Co. Ltd.»	220640900300	Astana
26	ЧК «BITLION Ltd»	211240900446	Astana
27	ЧК «JJboom Technology Ltd»	230640900104	Astana
28	ЧК «Smart Lab Ltd»	200740900073	Astana
29	ЧК «Altyn BlockChain Co. Ltd.»	220640900241	Astana
30	ЧК «WinWay Global Ltd.»	210640900288	Astana
31	ТОО «Инфобайт»	230340038381	Almaty
32	ЧК « SAVAbit Limited»	210140900291	Astana
33	ЧК « Zhetisu Technology Co., Ltd.»	211140900402	Astana
34	ЧК «Bitmain Kazakhstan Limited»	210740900124	Astana
35	ТОО «NBTC KZ»	211140002194	Almaty
36	ТОО «БатырТех»	230840020832	Astana
37	ЧК « Panda Power Ltd.»	211140900056	Astana
38	ТОО «Digital performance group»	240140012431	Ekibastouz
39	ЧК «Grey Cattle Management Ltd.»	220240900019	Astana
40	ЧК «Netlogic Ltd»	200740900093	Astana
41	ЧК «Algorithm Ltd»	200740900063	Astana
42	ТОО «Панда майнинг»	210940002140	Almaty

43	ТОО «VerCom»	141140002911	Ekibastouz
44	ТОО «Aqtobe Wind Energy»	190840030146	Almaty
45	ТОО «Bit-Q»	171040040222	Astana
46	ТОО «Solis ortus»	220540012879	Pavlodar
47	ТОО «ТриА-Макс»	110340002920	Taraz
48	ТОО «B&F Service Mining Group»	210440023786	Almaty
49	ТОО «LRV»	231140009313	Almaty
50	ТОО «LLY «AGRO ENERGY»	190440003104	Astana

Annexe 3. Entretiens (Master 2 et doctorat)

Russie

1. Iouri Dromachko, entrepreneur dans le minage de cryptomonnaies, mars et avril 2019. Irkoutsk, Russie.
2. Konstantin Lagoutine, entrepreneur dans le minage de cryptomonnaies, mars 2019. Irkoutsk, Russie.
3. Igor, journaliste PQR, a visité la zone industrielle d'Oussolié-Sibirskoïe, avril 2019. Irkoutsk, Russie.
4. Tatiana, ancienne journaliste, a placé l'un de ses ASICs dans une petite ferme de minage, avril 2019. Irkoutsk, Russie.
5. Ilia Frolov, entrepreneur dans le minage de cryptomonnaies, mars et avril 2019, février 2022.
6. Sniéjana (pseudonyme), serveuse, a installé un processeur de minage de cryptomonnaies dans son salon, février 2022. Irkoutsk, Russie.
7. Revendeur d'ASICs entre la Chine et Irkoutsk, février 2022. Irkoutsk, Russie.
8. Anton Klimov, photojournaliste, auteur de reportage sur le minage de cryptomonnaies à Irkoutsk, mars 2019. Irkoutsk, Russie.
9. Alexandrina, porte-parole du gouvernement régional, mars 2019.
10. Irina, ancienne ingénieure informatique, reconvertie dans l'art et promotrice de Bitcoin à l'échelle régionale, avril 2019. Irkoutsk, Russie.
11. Alexeï (pseudonyme), étudiant, exploite une petite ferme de minage de cryptomonnaies dans les environs d'Irkoutsk, février 2022.

Kazakhstan

12. Didar Bekbaouov, PDG de Xive, entreprise de minage de cryptomonnaies, février 2023. A distance (depuis Almaty).
13. Kaïrat Sultanov, CTO d'AQ Group, entreprise spécialisée dans le gaz et les cryptomonnaies, mars 2023. Astana, Kazakhstan.
14. Dmitri Ivanov, directeur des ventes chez Enegix, entreprise de minage de cryptomonnaies, février et avril 2023, février 2024. Almaty, Kazakhstan.
15. Employé d'une entreprise de minage de cryptomonnaies européenne en activité au Kazakhstan. 2023.

16. Denis Rusinovich, ancien employé de Genesis DA, entreprise de minage de cryptomonnaies kazakhstanaise, juin 2023. À distance (depuis Pavlodar, Kazakhstan).
17. Guil, entrepreneure dans le minage de cryptomonnaies, 2022, 2023 et 2024. Almaty, Kazakhstan.
18. Nurbek, revendeur légal de processeurs de minage, février 2023. Astana, Kazakhstan.
19. Zhanibek Mukhamedzhanov, directeur du département Minage et crypto-actifs au ministère kazakhstanais du Développement numérique, mars 2023. Astana, Kazakhstan.
20. Dauren Karashev, juriste et co-auteur de la loi 193-VII, mars et mai 2023.
21. Aïdar Beknazarov, juriste et co-auteur de la loi 193-VII, mars 2023.
22. Dinara Zhaishibekova, juriste et co-autrice de la loi 193-VII, juin 2023. Almaty, Kazakhstan.
23. Danyar Mubakarov, membre de l'AIFC, représentant de la plateforme d'échange UpBit Eurasia, membre de la Kazakhstan Blockchain and Data Center Association, mai 2023. Astana, Kazakhstan.
24. Employée de Kaspersky Lab KZ. 2023. Kazakhstan.
25. « Dima », propriétaire d'une installation de minage de cryptomonnaies dans la région de Pavlodar. A distance (depuis Pavlodar, Kazakhstan).
26. Journaliste pour *Shishkin Live*, ayant enquêté sur les liens entre personnalités politico-économiques et minage de cryptomonnaies, 2025. Almaty, Kazakhstan.
27. Hélène Thibault, professeure de Sciences politiques à l'Université Nazarbayev, avril 2023. Astana, Kazakhstan.
28. Madina, étudiante à la Nazarbayev University, témoin d'une ferme de minage illégale à Almaty, mars 2023. Astana, Kazakhstan.
29. Employé n° 1 du Service économique de l'ambassade de France au Kazakhstan, avril 2023. Astana, Kazakhstan.
30. Employé n° 2 du Service Économique de l'ambassade de France au Kazakhstan, février 2024. Astana, Kazakhstan.

Kirghizstan

31. Iliias (pseudonyme), mineur illégal de cryptomonnaies au Kirghizstan et au Kazakhstan. 2022. Kirghizstan.
32. Niaz Irsaliev, entrepreneur dans le BTP et propriétaire de micro-stations hydroélectriques et de fermes de minage au Kirghizstan, mars 2022. Bichkek, Kirghizstan.
33. Ancien directeur d'une administration kirghizstanaise, développeur d'une plateforme d'échange de cryptomonnaies au Kirghizstan, ancien mineur de cryptomonnaies, arrêté pour tentative d'extorsion, 2022 et 2023. Kirghizstan.
34. Kantor (pseudonyme), ancien propriétaire de fermes de minage au Kirghizstan, revendeur de processeurs de minage, avril 2022 et mars 2023. Bichkek, Kirghizstan.
35. Aïzada Japarova, représentante de DATT Energy, entreprise de construction de micro-stations hydroélectriques au Kirghizstan qui projette d'utiliser le minage de cryptomonnaies pour rentabiliser les infrastructures énergétiques développées, 2022 et 2024. Bichkek, Kirghizstan.
36. Ataï, analyste et formateur OSInt auprès de l'administration kirghizstanaise, spécialiste du traçage de transactions en cryptomonnaies, mars 2022. Bichkek, Kirghizstan.
37. Ingénieur électricien de General Electrics sur le barrage hydroélectrique Kambar-Ata 2, 2022, 2023 et 2024. Bichkek, Kirghizstan.

38. Nazira, chargée du pôle « Finances numériques » à la Bank of Asia, avril 2022. Bichkek, Kirghizstan.
39. Nurbek Abaskanov, directeur de la National Energy Holding Company (NEHC) du Kirghizstan, avril 2022. Bichkek, Kirghizstan.
40. Aziz Abakirov, directeur d'Unique Technologies, entreprise kirghizstanaise de centres de données, mars 2022. Bichkek, Kirghizstan.
41. Aman Tentiyev, directeur de Namba, entreprise kirghizstanaise de FinTech, avril 2022. Bichkek, Kirghizistan.
42. Talant Sultanov, ISOC Kirghizstan, chargé de développer la connectivité Internet au Kirghizstan, mai 2023. Bichkek, Kirghizstan.
43. Aziz Soltobayev, ISOC Kirghizstan, mars 2022. Bichkek, Kirghizstan.
44. Journaliste française enquêtant sur la crise énergétique au Kirghizstan et les transformations politiques au Kazakhstan, janvier 2023. Bichkek, Kirghizstan.
45. Sergueï, chercheur à CABAR Asia (*think tank*), mars 2022. Bichkek, Kirghizstan.
46. Guénaël Le Breton, directeur du projet LEICA (Law Enforcement in Central Asia), mars 2022. Bichkek, Kirghizstan.

Autres

47. Clément Rénaud, chercheur français qui s'est entretenu avec le créateur des premiers processeurs dédiés au minage de cryptomonnaies, 2023. Paris, France.
48. Alice Pontarlier, journaliste pour *Intelligence Online*, enquêtant sur des affaires citées dans la thèse, janvier 2025. Paris, France.
49. Mineur illégal de cryptomonnaies en France, 2023. France.
50. Propriétaire d'ASICs installés dans des fermes de minage de cryptomonnaies en Russie, 2024. Suisse.
51. Membre de l'administration de l'Union européenne chargée de la mise en place de paquets de sanctions à l'encontre de la Russie, 2024. France.
52. Employé de Chainalysis n° 1, entreprise américaine spécialisée dans le traçage de transactions en cryptomonnaies, 2021 et 2022. À distance (depuis Paris, France) et à Paris, France.
53. Employé de Chainalysis n° 2, entreprise américaine spécialisée dans le traçage de transactions en cryptomonnaies, 2021. A distance (depuis Paris, France).
54. Employé d'une plateforme française d'échange de cryptomonnaies, 2023. Paris, France.
55. Alicia, *stalker* dans la zone d'exclusion de Tchernobyl en Ukraine et bénévole depuis le début de la guerre, 2022, 2023. A distance.