UNIVERSITÉ DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE

ÉCOLE DOCTORALE BIOLOGIE CHIMIE SANTÉ N°619

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE

Discipline : ***SCIENCES DE L'UNIVERS***

Spécialité : Science des matériaux

Présentée et soutenue publiquement par

Adrien ARAS-GAUDRY

Le 11 décembre 2025

Le patrimoine en carreaux de terre crue de Champagne

Redécouverte d'une architecture vernaculaire oubliée
pour penser une éthique environnementale de la construction

Thèse dirigée par **Gilles FRONTEAU**

JURY

M. Gilles FRONTEAU	Prof., Université de Reims Champagne-Ardenne	Directeur de thèse
M. Erwan HAMARD	Ingénieur de recherche, Université Gustave Eiffel	Co-directeur de thèse
Mme Nathalie TORNAY	Maîtresse de conférence, ENSA Toulouse	Rapporteure
Mme Paulina FARIA	Professeure associée, NOVA University Lisbon	Rapporteure
M. Jean-Claude MOREL	Directeur de recherche, ENTPE Lyon	Président du jury
M. Emmanuel MILLE	Docteur, ENSA Grenoble	Examinateur

MEMBRE INVITE

M. Olivier BERTHAUT	Maçon du bâti ancien	Invité

RÉSUMÉ

Cette thèse porte sur le patrimoine en terre crue de la Champagne. Elle révèle une culture constructive locale, riche mais oubliée : le carreau de terre ; et offre des pistes de réflexions sur les plans pragmatiques, théoriques et éthiques, pour imaginer de nouvelles manières de construire localement.

Ce travail s'inscrit dans le mouvement de la redécouverte des architectures de terre en France, longtemps ignorées, témoignant de nouvelles histoires constructives à contre-courant des récits dominants du champ de la construction actuelle. L'approche développée tisse un récit plus dense et plus complet des diverses réalités par une recherche sensible et pluridisciplinaire (recherches archivistiques ; études de terrain ; essais en laboratoire ; approche Humaine et Sociale).

Nous découvrons ainsi près de 2 000 ans d'histoire d'une culture constructive répartie majoritairement sur la Champagne crayeuse, aussi bien en milieu rural qu'urbain : le carreau de terre est un matériau essentiel de l'extension urbaine de Reims au 19e siècle ; mais également présent dans les villes de Troyes, Châlons-en-Champagne et Épernay. La terre employée, majoritairement calcaire, est prélevée dans des carrières communales. Le carreau de terre, par ses caractéristiques mécaniques, hygrothermiques et de réemploi, permet d'imaginer la réalisation de bâtiments confortables et sains.

Toutefois, l'état de préservation de ce patrimoine et le changement de paradigme nécessaire du secteur du bâtiment, nous amènent à envisager une dynamique locale basée sur une éthique environnementale de la construction, autour de la notion du care et en faveur d'un savoir-faire local partagé.

Mots clés :

Réhabilitation du bâti / Patrimoine / Brique de terre crue / Champagne / Savoir-faire

ABSTRACT

This thesis focuses on the raw earth heritage of the Champagne region. It reveals a rich but forgotten local building culture: earth bricks locally called “carreaux de terre”; and offers line of thought on pragmatic, theoretical and ethical levels, to imagine new ways of building locally.

This work is part of a movement to rediscover earthen architecture in France, which has long been ignored, revealing new construction histories that run counter to the dominant narratives in the field of contemporary construction. The approach developed allow a denser and more complete narrative of the various realities through sensitive and multidisciplinary research (archival research; field studies; laboratory tests; human and social approach).

We thus discover nearly 2,000 years of history of a constructive culture spread mainly across the chalky Champagne region, in both rural and urban areas: earth bricks were an essential material in the urban expansion of Reims in the 19th century, but they were also used in other cities: Troyes, Châlons-en-Champagne and Epernay. The earth used, mainly limestone, is taken from communal quarries. The mechanical, hygrothermal and reusable characteristics of earth bricks make it possible to imagine the construction of comfortable and healthy buildings.

However, the state of preservation of this heritage and the necessary paradigm shift in the building sector lead us to envisage a local dynamic based on an environmental ethic in construction, centered on the notion of care and promoting shared local know-how.

Keywords :

Building rehabilitation / Heritage / Earth brick / Champagne region / Know-how

REMERCIEMENTS

Quelle aventure ! Quatre années de travail autour de cette matière ordinaire (quelconque ?), façonnée par la main d'hommes et de femmes sur ce plateau calcaire champenois. Quatre années, cela semble si court face à ces gestes pluriséculaires, trouvant des échos partout sur cette terre. Si court en regard de cette matière qui nous plonge dans une échelle de temps dont je ne prendrai jamais tout à fait la mesure. Quatre années, qui une fois terminées, ne semblent donc pas si longues. Mais je crois me souvenir que lors de ce parcours, tout n'a pas été si simple, la sensation du temps fut inégale… et cette aventure n'a pas été menée seule, loin s'en faut. Les aides ont été multiples et de différents ordres. Ainsi en clôturant ce manuscrit, mes pensées vont vers celles et ceux qui ont permis sa réalisation et ont participé à ce travail de mémoire locale, à la redécouverte d'une culture constructive qui m'est chère et m'habite aujourd'hui plus que jamais.

Je tiens en premier lieu à m'excuser envers les personnes qui ne seraient pas mentionnées directement, ou celles dont le souvenir me fait défaut au moment de rédiger ces quelques lignes. Je partagerai avec joie une accolade amicale le moment venu.

Je commence mes remerciements par la fin, et tiens à saluer sincèrement les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail. Paulia Faria et Nathalie Tornay pour en avoir été les rapporteures, je n'avais pas idée que la lecture d'un rapport pouvait être aussi plaisante, donnant - presque - l'envie de prolonger ce travail encore et encore ; Jean-Claude Morel, pour avoir présidé le jury et pour ta confiance, mais également d'avoir été membre de mon CSI en apportant ton regard éclairé sur ce travail ; Emmanuel Mille, pour nos quelques échanges avant que je me lance dans cette thèse, puis lors de la découverte d'un bâtiment en pisé égaré sur notre territoire, ainsi que pour ton retour lors de la soutenance. Olivier Berthaut enfin, maçon du patrimoine, philosophe et bien plus encore, tes mots m'ont ému. Il était impensable de clôturer ce travail sans la présence d'un artisan terreux du territoire (même aubois), d'une personne qui prend soin quotidiennement de cette terre et transmet cette mémoire dans les écoles. Que cette soutenance fût belle, vos retours constructifs, vos regards bienveillants, et comme le temps d'échange est finalement trop court… J'ai une pensée également pour Céline Perlot-Bascoulès qui a enrichi ces réflexions doctorales en ayant accepté de faire partie de mon CSI.

Je tiens à remercier – infiniment - mes directeurs de thèse, Gilles Fronteau et Erwan Hamard. Mes mots seront ici bien trop modestes, vous mériteriez un recueil de poèmes tout entier (et je ne suis pas poète). Les échanges qui ont précédés cette aventure seront gravés à jamais dans ma mémoire. Vous savez combien sans vous cela n'aurait pas vu le jour. Erwan, tu as planté la première graine, nous partageons le même territoire originel et cela fut un honneur de le parcourir avec toi. Je crois que cela me manque désormais. Gilles, que dire de ton énergie et de la confiance que tu m'as donnée quotidiennement, sans relâche... Merci à vous deux d'avoir cru en moi et de m'avoir accordé cette liberté, quand bien même je découvrais le monde de la recherche. Quelques larmes-lumineuses mériteraient de se former ici sur le papier.

Je remercie également l'Université de Reims Champagne-Ardenne qui a permis la réalisation de ce travail à travers le contrat doctoral, et donc d'un confort de vie non négligeable, dont j'ai pu bénéficier pour mener à bien ce projet. Merci aux membres de l'école doctorale aujourd'hui BCS, en particulier Hamid Morjani, son directeur, et surtout Valérie Piraube, pour sa présence sans faille et sa bonne humeur lors de nos nombreux échanges du début à la toute fin de ce parcours.

Chers membres du laboratoire du GEGENA, quel plaisir cela a été de passer du temps à vos côtés. Merci à vous toutes et tous d'avoir été là quand je vous ai sollicité et pour l'état d'esprit joyeux au quotidien, lors des repas partagés ou autres conversations de couloir. Le travail en bureau, qui n'est pas simple lorsqu'on rêve du dehors, en fut largement facilité. J'ai une pensée toute particulière pour Alex et Julien qui ont passé un temps certain à préparer et « maniper » des petits échantillons de terre, également heureux et épanouis entre de si bonnes mains (parole d'échantillon !). Merci aux doctorants et doctorantes avec qui j'ai partagé la même pièce, mais surtout les mêmes émotions ! Je pense fort à Safa, ta joie, ton énergie et ton sourire m'ont toujours accompagné. Elie, le marathon nous l'avons fait une bonne partie ensemble, je ne pouvais pas mieux tomber. Maintenant à nous les concerts ! Dédicace spéciale à Aurélie pour le dernier rush bibliographique !

Merci au laboratoire du GPEM de l'Université Gustave Eiffel de Bouguenais, de m'avoir accueilli et fait découvrir de nouveaux matériels m'ayant permis d'effectuer de nouvelles manipulations sur les carreaux, et surtout à Annick, pour le temps que tu as accordé au traitement des échantillons.

J'ai une pensée chaleureuse envers les personnes qui ont jalonné ce parcours à travers diverses et joyeuses collaborations. Tout d'abord merci à Caroline Feneuil, du Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims, la première personne que j'ai rencontrée en revenant sur le territoire et qui m'a donné les pistes d'Olivier et Gilles... Merci également pour le travail qui est porté en lien avec l'association Des Idées Plein La Terre ; Véronique Maire, de l'ESAD de Reims et Dominique Roux, alors directrice du laboratoire REGARDS, pour le travail croisé et les journées organisées avec les étudiant-es d'univers différents ; et plus particulièrement Véronique, pour m'avoir fait confiance dans l'accompagnement du master « Design objet & espace » en permettant de remettre de la terre au centre du musée Saint-Remi durant plusieurs mois (Réalise-t-on vraiment ?) ! Pour compléter le côté de l'enseignement, merci à l'ESI Reims et Benoît Dugua de m'avoir proposé le cours sur l'architecture bioclimatique et la ville frugale des étudiant-es GUE. Benoît cette rencontre s'est évidemment prolongée au-delà des liens professionnels. Ces deux expériences n'ont pas été anodines, et l'enseignement est aujourd'hui un fil sur lequel je vais continuer de tirer.

Enfin, du côté des partenariats, je ressens une immense reconnaissance au laboratoire ITheMM, en particulier Guillaume Polidori et Fabien Bogard. Quelle chance que vous m'ayez contacté ! Votre énergie et votre capacité impressionnante à abattre un travail colossal en collectif et dans la bonne humeur ont permis d'approfondir de manière inespérée l'étude des carreaux. Je remercie évidemment l'ensemble de l'équipe et notamment Seb, Fabien, Mohammed, Rita qui ont même participé aux activités postdoctorales (les mains dans la terre !) ayant jalonné la dernière année de rédaction. À ce titre, j'en profite pour remercier ici Anna Goychman et Sabine Galicher de Châlons agglo, dont la confiance accordée pour le post-doctorat m'a permis d'achever cette aventure doctorale dans des conditions optimales. Ce fut une réelle chance et un grand plaisir pour moi de toutes et tous vous côtoyer en parallèle de cette période d'écriture, tout en continuant à développer la recherche, la sensibilisation autour de la terre et même un peu la pratique !

Un grand merci également à Bruno Decrock et Julien Marasi, qui m'ont ouvert la voie vers les boîtes d'archive et autres textes anciens. Vous avez tracé quelques sillons qu'il m'a suffi de suivre pour découvrir des trésors d'informations ! Dans le même élan, merci aux personnes travaillant à la bibliothèque Carnegie et aux Archives départementales de la Marne, à Châlons-en-Champagne et à Reims, qui constituent les gardiens et gardiennes de ces trésors. J'ai une pensée particulière à Audrey Carbonnelle qui, depuis Grenoble, m'a permis de retrouver la trace de mémoires d'écoles d'architecture sur les carreaux de terre (dont les fameux travaux de Perrine

Chapelon qui m'ont d'abord valu une crise d'angoisse après 12 mois de travail déjà bien engagés). Merci à Florent Delencre, Marie-Cécile Truc, Vincent Marchaisseau et Régis Bontrond pour votre temps et vos précieux retours sur la partie archéologie, ainsi qu'à Charles Poulain, dont le contact m'a été transmis par Jean-Jacques Charpy, pour cette découverte incroyable des articles de journaux de la fin du 19e siècle, dépeignant une société dans laquelle les carreaux faisaient partie de la vie quotidienne (Que nous est-il arrivé ?). Je veux adresser des remerciements aux personnes du territoire restées dans l'ombre de la valorisation des résultats de ce manuscrit, (une trentaine quand même : architectes, ingénieurs, artisans, chercheureuses, etc.), avec lesquelles j'ai mené de précieux entretiens. Bien que je n'aie pas trouvé le temps et l'énergie de les valoriser comme je le voulais dans ces pages, le temps qu'ils m'ont accordé m'ont enrichi d'une compréhension inestimable du terrain, me permettant finalement d'en dresser un état des lieux plus fidèle à la réalité. Je veux faire un hommage particulier à Pierre Possémé et Gérard Batalla, pionniers du renouveau de la terre en Champagne, trop en avance, mais au parcours remarquable, ainsi qu'à Gérard Bavay, dont la lecture d'un premier article a été pour moi celui de la découverte des carreaux de terre et d'un second qui a été celui de l'initiation au concept « d'invision ». Un premier échange au tout début de la thèse, poursuivit par d'autres après soutenance… la magie de la distorsion du temps : quel honneur-heureux. Ce paragraphe est un résumé non exhaustif des personnes qui ont permis la rédaction d'une large partie du premier chapitre et bien plus.

Merci aux chercheurs et chercheuses, des différents domaines touchés et traversés, d'avoir posé les fondements de ma démarche. À vous aussi, chercheurs et chercheuses insatisfaites de notre état du monde, des injustices et de nos responsabilités respectives, merci pour vos travaux inspirants m'ayant offert le précieux rappel que dans tout microcosme, des gens se lèvent et résistent. Je n'oublie pas celleux qui font de la recherche différemment, de manière informelle, participative, citoyenne, ou qui ne peuvent pas en faire alors qu'ils auraient fait des merveilles. Une mention spéciale pour les personnes essentielles qui nettoient nos locaux de travail, au personnel informatique qui m'ont fait oublier que parfois, cela beug et que l'entretien est nécessaire et souvent invisible. Il s'agit finalement de celles et ceux qui font que tout cela tient, que l'on croise rarement, à qui l'on pense trop peu.

Que serait ce travail sans les personnes qui ont été présentes en amont ? Je pense à l'école d'architecture, aux amitiés fabuleuses et aux personnes rencontrées, par la suite, sur les chemins de traverse. Il s'agit des premiers chantiers participatifs, alors que je réalisais que d'autres possibles tendent parfois la main, puis de l'aventure bretonne : le centre de formation Noria et compagnie, ses formateurs et formatrices, les copaines, l'association chantier ! (Chacun et chacune d'entre vous ayant façonné cette expérience collective inouïe), le collectif des terreux armoricains… Ces rencontres furent décisives, notamment en ce qu'elles portent un regard depuis les mains qui façonnent les matières locales. Orane, pour les rayons de soleil face à l'indignité et cet espoir qui se concrétise à travers la communauté Emmaüs Terre. Je n'ai jamais vu de projet aussi fou.

Merci aux professionnel-les de la terre crue en général, à la Confédération de la Construction en Terre Crue et au personnes investies dans le Projet National Terre, qui font bouger les lignes et, par ce biais, aux personnes croisées dans différents axes de recherche. Une pensée pour le réseau local de Maison Paysanne de France et pour sa délégation marnaise, et tout particulièrement pour Véronique Aviat, présidente de l'association à l'occasion de mon retour à Reims, dont l'investissement est tout simplement fabuleux.

Grand câlin aux relecteurs et relectrices de chapitres entiers ! Marie, Loris, Antoine, Carole, Elise, Aymone, Alain, Leïla.

Pour finir, je rentre à présent dans une sphère plus resserrée (là toute proche du cœur, quand cela s'agite, tourbillonne, respire). Celle qui nous accompagne au quotidien, parfois à côté de ce travail et pourtant tout aussi indispensable (Oh que oui !). Une envolée de barbotine pour le Doc' Terre Crew : Sofia, Pierre, Marie, Jean, Léa, Antoine, Loris, Raphaël, Quentin, Marta. Sans vous, c'est plus la même thèse, sans vous, c'est plus la même vie et l'aventure continue. Quelle richesse de partages, alors que, pourtant, nous étions si éloigné-es… Je n'ose imaginer des liens plus étroits... Joies terreuses ! Margot et Camille, votre accueil et ces séjours si doux à Bouguenais (et plus encore). Elie, de l'autre côté de la frontière, là en Belgique ! Les ami-es loin de Reims, que je n'ai que trop peu vu, mais dont le soutien et la pensée me réchauffe, Lucie, Etienne, Erwan, Pauline, Joanne, François, Lucie (encore !), Agathe, Simon, Caro, Mélanie, Olivier, Emmanuelle, Camille, Claire… Damien, ma petite chèvre de métal ! Dansons ! Et les amitiés rémoises inespérées à mon retour : Hélène, Marion, Margot, Geoffroy, Charlotte, Josefa, Benoît, Elise, Claire, Laëtitia, Julie… la rue des Augustins. Merci pour le plaisir que cela a été de vivre au quotidien à Reims (et Châlons) en rendant ce parcours heureux, ce n'était pas gagné ! Vous êtes précieux-ses !

Pierre-Yves, notre rencontre s'est faite sur le tard du fait de notre éloignement de site, et dans un cadre où nous devions fournir une dose de travail supplémentaire pour finir cette thèse ! Bien au-delà de cette stimulation intellectuelle, et de ta poésie des mots, merci pour cette amitié sublime et ta présence salvatrice dans les moments moins joyeux, pour ces paysages de la vallée de la Bruche, le Climont, les courses, les aquarelles… la vie quoi, pour finir ce manuscrit.
Danaé, à quoi aurait ressemblé ce manuscrit sans ton implication acharnée dans le sprint final ? A pas grand-chose. Mais bien bien bien au-delà de la qualité graphique du document, j'ai une pensée vive pour tous ces moments et échanges partagés et, quelque part, à la mémoire de nos ancêtres.

Adeline et Sandrine (Je deviens timide). Cette aventure sans vous... bah non ! Le quotidien dans le quotidien au numéro 16. Merci pour le bonheur infini, votre force inégalable et cette douceur de chaque instant. C'est aussi Des Idées Plein la Terre. Inondation de terre à Reims ! Vous mériteriez également un recueil de poèmes tout entier (et je ne suis toujours pas poète). Une pensée tendre à Mélanie, Val (she's back ! ça va bauger !), et aux Bons restes ! Plus largement aux associations rémoises, aux théâtres, bars et salles de concert, maisons de quartier, etc. qui œuvrent pour plus d'humanité et me rappellent que la culture et les liens sont essentiels à nos équilibres sensibles.

Un océan d'amour à ma famille, mes grands-parents partis, mon grand-père, ma mère, mon père, mes frères et bien plus largement. Merci d'avoir été là depuis bien avant la thèse (depuis toujours en fait), du soutien indéfectible que vous me témoignez et de cet incendie de chaleur familiale. Il est facile de prendre des risques dans ces conditions.

Entendez-vous ces chants d'oiseaux ? Malgré la distance infinie. Margot, mille tendresses pour les dessins fabuleux et le soleil au centre de la poitrine.

André, Carole. Vous êtes le vent intime qui a sonné mon retour sur ces terres, alors que je vivais intensément en paradis breton. Vous mériteriez bien plus qu'un recueil de poème entier. Vous m'êtes ce recueil de poèmes, ce qui m'est fondamental, loin là-bas après les mots.

A cette terre, modeste mais unique, aux habitant et habitantes, aux animaux, à la pluie, au vent, au soleil, au temps, qui ont façonné ce qui était juste là et qui contre toute attente, a perduré.

SOMMAIRE

AVANT - PROPOS ... 15

INTRODUCTION ... 21

A. Changement fondamental attendu pour le secteur de la construction ... 22

A.1. Quelques éléments de contexte en période de crises ... 22

A.2. Le secteur du bâtiment et les matériaux concernés ... 26

B. Renouveau de la construction en terre crue en France ... 29

B.1. La terre crue : de quoi parle-t-on ? ... 29

B.2. Des réseaux organisés sur le territoire ... 33

B.3. La recherche s'empare du sujet et naissance du Projet National Terre ... 34

B.4. Architectures vernaculaires et patrimoine en terre comme objet d'étude ... 35

C. La Champagne : un patrimoine en terre peu étudié ... 36

C.1. Présentation du secteur d'étude ... 36

C.2. Quelques preuves de la présence d'un patrimoine en terre ... 41

C.3. État des lieux des dynamiques locales ... 43

D. Objet de la thèse ... 47

D.1. Problématiques et objectifs de la thèse ... 47

D.2. Méthodologie : ... 47

D.3. Organisation du manuscrit ... 48

I. ÉTAT DE L'ART : LES CARREAUX DE TERRE DE CHAMPAGNE ... 51

I.1. Introduction lexicale : Carreau de terre pour brique de terre crue moulée ... 54

I.2. Approche chronologique : Emploi du carreau de terre en Champagne ... 55

I.2.1.Empire romain : Apparition du carreau de terre en Champagne ... 55

I.2.2. Premier Moyen Âge (5e–11e siècle) ... 57

I.2.3. Second Moyen Âge (12e–15e siècle) ... 60

I.2.4. Époque moderne (16e–18e siècle) ... 60

I.2.5. 19e siècle ... 60

I.2.6. 1ère moitié du 20e siècle et abandon ... 63

I.2.7. Disparition du carreau de terre à l'entre-deux guerre : le constat pour les villages de Sommepy et Thillois ... 66

I.2.8. Redécouverte de la terre crue en Champagne dans les années 80 ... 69

I.2.8.1. Travaux de fin d'études d'architecture ... 69

I.2.8.2. Dynamisme du Parc Naturel Régional de la Montagne de reims ... 70

I.2.8.3. Foire de Paris et opérations de logements en terre crue ... 70

I.2.9. Synthèse de la période d'emploi du carreau de terre ... 74
I.3. Approche spatiale : ... 76
I.3.1. Cartes nationales de patrimoine en terre crue ... 76
I.3.2. Cartes régionales et départementales ... 76
I.3.3. Carreaux de terre, géologie et paysage ... 80
I.3.4. Carreaux de terre : présence rurale et urbaine ... 84
I.3.4.1. Le carreau de terre, matériau de construction des nouveaux faubourgs et des logements ouvriers du 19e siècle à Reims et alentours ... 82
I.3.4.2. Témoignages d'une présence actuelle en milieu urbain à Reims ... 87
I.4. Fabrication des carreaux de terre ... 88
I.4.1. Choix de la matière ... 88
I.4.2. Carrières de terre à carreaux ... 89
I.4.3. Fabrication des carreaux de terre ... 98
I.4.4. Méthode de fabrication ... 99
I.4.5. Fabricants ... 110
I.5. Mise en œuvre ... 113
I.5.1. Mortier ... 114
I.5.2. Appareillage pour les murs en carreaux porteur ... 115
I.5.3. Les éléments de construction ... 117
I.6. Typologie du patrimoine en carreaux de terre ... 118
I.7. Approche économique ... 119
I.8. Caractéristiques des carreaux de terre d'après l'étude de Dumoulin ... 121
I.8.1. Sites de prélèvement des carreaux ... 121
I.8.2. Composition des carreaux ... 122
I.8.3. Aspects mécaniques ... 123
I.9. Conclusion sur l'état de l'art des carreaux de terre champenois ... 124
II. LES CARREAUX DE TERRE EN CHAMPAGNE : RÉPARTITION ET SPÉCIFICITÉS DU PATRIMOINE ... 129
II.1. Méthodes d'analyse de la présence des carreaux de terre ... 131
II.1.1. Sorties de terrain ... 131
II.1.1.1. Collecte des données ... 131
II.1.1.2. Définition des limites de l'étendu du patrimoine en carreaux de terre ... 138
II.1.1.3. Transect à l'intérieur des limites ... 138
II.1.1.4. Transect en zone de front ... 140
II.1.1.5. Transect dans la Ville de Reims ... 141
II.1.1.6. Limites des sorties de terrain : ... 141
II.1.2. Traitement des données de terrain ... 142
II.1.3. Analyse documentaire des archives départementales de la Marne ... 144
II.2. Résultats des sorties de terrain ... 148

II.2.1.Cartographie du carreau de terre : présence sur un vaste territoire 148
II.2.2. Découvertes de techniques en terre crue non répertoriées 159
II.2.3. Les techniques de construction en terre 161
II.2.3.1. Carreaux de terre 161
II.2.3.2. Torchis en remplissage de pans de bois 170
II.2.3.3. Pisé 171
II.2.3.4. Bauge et damier : Particularités de la vallée de la Seine au niveau de la Bassée (Seine-et-Marne) et présence de bauge dans les marais de la Souche (Aisne) 172
II.2.4. Mixité : différentes techniques de terre sur un même bâtiment 178
II.2.5. Combinaisons de matières locales 181
II.2.6. Récurrence de spécificités architecturales 184
II.2.7. Présence urbaine du carreau de terre 196
II.2.8. Diversité de la ressource 204
II.2.9. Les pathologies du patrimoine 212
II.2.9.1. Fissure et déformation 212
II.2.9.2. Décollement et détachement de l'enduit 213
II.2.9.3. Pertes de matière 214
II.2.9.4. Décoloration et dépôts par encroûtement 220
II.2.9.5. Colonisation biologique 220
II.2.10. INTERVENTIONS ACTUELLES SUR LE PATRIMOINE 222
II.3. Impacts de la guerre en zone de front : en zone rurale et à Reims 224
II.3.1. Transect en zone de front. 225
II.3.2. L'apport des archives : omniprésence du carreau de terre avant-guerre 234
II.3.3 Présence urbaine : cas de la ville de Reims au début du 20e siècle 237
II.4. Approche sensible du travail de terrain. 241
II.4.1. Trajectoire de fin de vie : étude de cas 241
II.4.2. Photographie de terrain : mêler l'approche sensible au travail documentaire du patrimoine 246
II.4.2.1. La photographie et le patrimoine 246
II.4.2.2. L'exemple contemporain du projet d'Atlas des Régions Naturelles 247
II.4.2.3. Approche sensible photographique du travail de thèse 247
II.5. Conclusion partie 2 : révéler l'invu et le disparu comme point de départ d'une dynamique territoriale 256
III.CARACTÉRISATION ET CARACTÉRISTIQUES DES CARREAUX DE TERRE 259
III.1. Méthodes d'analyse des carreaux de terre en laboratoire 260
III.1.1. Choix des carreaux de terre et sites de prélèvement 260
III.1.1.1. Récupération et stockage des carreaux 264
III.1.1.2. Sélection pour analyses en laboratoire 264
III.1.1.3. Choix de terre de l'époque gallo-romaine 264

III.1.2. Expérimentations et répartitions entre laboratoires 266
III.1.2.1. Préparation des échantillons pour les manipulations 266
III.1.3. Caractérisation de la matière 268
III.1.3.1. Granulométrie (GEGENA / GPEM / ITHEMM) 268
III.1.3.2. Caractérisation géotechnique : 270
Essai au bleu de méthylène (ITHEMM) 270
III.1.3.3. Teneur en carbonate (ITHEMM) 271
III.1.3.4. Minéralogie (GEGENA) 271
III.1.3.5. Pétrographie / Étude microscopique (GEGENA) 274
III.1.4. Comportements mécaniques (GPEM & ITHEMM) 275
III.1.4.1. Essais de flexion trois points (GPEM) 277
III.1.4.2. Essais de résistance à la compression 278
III.1.5. Comportement hygrothermique 280
III.1.5.1. Porosimétrie au mercure (GEGENA) 280
III.1.5.2. Analyse thermique (ITHEMM) 281
III.1.5.3. Valeur tampon hydrique (MBV) (ITHEMM) 281
III.1.6. Réutilisation de la matière (ITHEMM) 281
III.2. Résultats d'analyse des carreaux de terre 284
III.2.1. Dimensions des carreaux de terre 284
III.2.2. Caractérisation des sols utilisés dans la fabrication des carreaux de terre 285
III.2.2.1. Des sols diversifiés 285
III.2.2.2. Première analyse visuelle des carreaux de terre 286
III.2.2.3. Caractérisation colorimétrique : couleur des carreaux de terre 287
III.2.2.4. Approche pétrographique 291
III.2.2.5. Analyse morphologique : microscope électronique à balayagage (MEB) 300
III.2.2.6. Cartographie élémentaire et analyse chimique (ITHEMM) 302
III.2.2.7. Caractérisation de la porosité par injection de mercure 304
III.2.2.8. Caractérisation granulométrique : diversité de répartition des grains 312
III.2.2.9. Teneur en argile 316
III.2.2.10. Argilosité par l'essai au bleu de méthylène 317
III.2.2.11. Classification du Guide des Terrassements Routiers (GTR) 318
III.2.3. Conclusion sur les sols employés pour la réalisation des carreaux 322
III.2.4. Caractérisation des carreaux de terre 323
III.2.4.1. Comportements mécaniques 323
III.2.4.2. Conclusion sur les résistances mécaniques des carreaux de terre 327
III.2.4.3. Comportement hygrothermique (ITHEMM) 328
III.2.4.4. Réutilisation de la matière et réversibilité (ITHEMM) 331
III.2.4.5. Conclusion sur la réversibilité des carreaux de terre à travers leur réutilisation 335
III.3. Conclusion du chapitre 3 : Carreaux de terre champenois. Diversité de la ressource et spécificité d'une terre riche en carbonate 336

IV. RÉFLEXIONS AUTOUR D'UNE FILIÈRE TERRE EN CHAMPAGNE 339

IV.1. Réhabiliter l'usage de la terre 341

IV.1.1. Où l'on découvre que son image négative et son association à la pauvreté sont à modérer. 341

IV.1.2. Une revalorisation à travers la remise en question des matériaux conventionnels et de ses propriétés physiques 345

IV.2. Où révéler l'invu et le disparu permet d'envisager le renouveau d'une dynamique territoriale 346

IV.2.1. Abandon du carreau de terre et disqualification des savoirs vernaculaires : où la fabrique à découvert disparaît et voit l'apparition du savoir expert. 346

IV.2.3. Où l'on perçoit les conséquences de la disparition du savoir vernaculaire : vers une éthique du *care* et une politique de la maintenance ? 349

IV.3. Métabolisme urbain et écologie territoriale : où lorsque Homo detritus considère comme déchet ce qui était richesse ? 354

IV.4. Maillage territorial des carrières de terre à bâtir : 358

Vers une possibilité de subsistance et de gestion commune ? 358

IV.5. Où la perspective d'une dynamique territoriale à partir du patrimoine et de la terre : vers des perspectives désirables 361

CONCLUSION & PERSPECTIVE 365

Bibliographie 374

Liste des figures 390

Liste des tableaux 397



AVANT - PROPOS

« La réflexivité est une manière de revenir au contact du monde, d'accepter d'être affecté.e par son objet-sujet de recherche (toucher et être touché ; Puig de la Bellacasa, 2012b), d'être transformé.e par lui, de ne plus voir les choses pareil après avoir été à son contact ; d'accepter que l'on se déplace par l'expérience vécue, et par le quotidien et le terrain de recherche notamment comme des expériences vécues, que l'on se situe mieux. Et que l'on connaît mieux en démultipliant les points de vue et les voix, en les tissant plutôt qu'en faisant prédominer les unes sur les autres. Et qu'il s'agit même d'un impératif éthique et politique, pour un monde plein de vitalité et non mortifère (Allport, 1954 ; Piron, 2000). Il s'agit de refuser de se mettre à l'écart du monde et d'entretenir la distance comme critère de « meilleure connaissance ». Il s'agit de penser collectivement nos critères de confiance dans les représentations que nous construisons collectivement. De revenir au monde, autrement (reclaim). Revenir à un autre monde, désirable, et à sa réalité élargie : « la revendication et l'affirmation d'une puissance d'agir et de penser sensible. Comment se (re)connecter au monde, de manière responsable, si l'on doute de ses propres sensations, de ses propres expériences, de sa propre existence ? » (Hache, 2016) ».

Faury (2020, p.24)

« Lorsque la question de la crise écologique se profilera, je suggérerai plutôt que l'urgence est moins de parler, de « prendre conscience » ou de « reprendre pied » que de libérer l'accès au parterre ; que pour rouvrir les possibles, il faut surtout réunir les conditions pratiques qui permettent de le faire. Si l'avenir est un peu entre les mains des scientifiques, c'est alors autant pour leur capacité à se déprendre de leur objet afin de le « prêter » aux autres que pour celle de produire des connaissances générales les concernant. »

Mariani (2022, p. 29)

Un regard situé

Un travail de thèse, comme toute production scientifique, est à la fois un travail individuel (dont la rédaction est la partie visible), et collectif (fruit de rencontres, d'échanges, d'entraides, de collaborations, etc.). Il est porté majoritairement par un individu (le ou la doctorante), caractérisé par un genre, un statut social, un parcours, des croyances, un système de valeurs etc., au sein d'un groupe social qui partage plus ou moins les mêmes valeurs, explicitées ou non, conscientes ou non. Or, l'ensemble de ces caractéristiques, ne sont pas neutres et ont une influence sur le travail qui est produit. Ce propos va à l'encontre de l'ancrage positiviste d'une science objective, universelle et neutre, cherchant ainsi à faire le lien avec la notion des savoirs situés (Haraway, 1988). Il s'agit donc, avant de plonger dans la présentation de ce travail de recherche, de revenir brièvement sur cette notion, d'expliquer en quoi situer le regard participe de la rigueur scientifique, avant d'expliciter, même de manière incomplète, où est situé le regard à l'origine de ce travail.

• La neutralité en science et les savoirs situés

La notion des savoirs situés est introduite par Donna Haraway en 1988[1] , par la remise en question d'une science qui se voudrait objective, universelle et neutre, s'inscrivant alors dans le mouvement critique des sciences, celui des Sciences Studies. Ce dernier a participé à démontrer que « la situation historique conditionne le contenu des propositions scientifiques, que les dispositifs empiriques sont toujours contestables, car ils sont eux aussi des processus sociaux. La neutralité n'existe donc pas » (Michel et Michaud-Trévinal, 2022, p.284).

Or, la notion de neutralité semble encore perçue aujourd'hui, en tout cas dans les champs scientifiques dit « durs », comme une caractéristique centrale de la démarche scientifique (Frangière, 2022). C'est ainsi qu'un rapport a été publié par un groupe de travail de l'Université de Lausanne, dans le contexte d'un regain d'intérêt pour la question de l'engagement public des universitaires (Ibid.). Le message principal qui ressort de leur réflexion sur la neutralité est le suivant :

> *« La notion de neutralité est souvent associée à l'idée d'une science « sans valeurs » et isolée des influences sociales, comme seule garante de l'impartialité et de la crédibilité des institutions scientifiques. Les développements récents en philosophie et sociologie des sciences montrent qu'un tel idéal est non seulement inatteignable, mais également indésirable, que ce soit dans les pratiques de recherche ou dans les prises de parole publiques.* ***On lui préférera donc l'idée de quête d'objectivité, de déontologie scientifique et de transparence sur les valeurs.*** *» (Frangière, 2022, p.31).*

Ainsi, se pose la question de l'objectivité. Sur ce point Haraway (1988) propose de « sortir de la fausse dichotomie entre sujet et objet » (Michel et Michaud-Trévinal, 2022, p.285), en rejetant l'idée d'un observateur en surplomb où le savoir est organisé selon un point de vue désencorporé, pour au contraire encorporer[2] la vision (Ibid.). Elle défend alors le principe de perspective partielle, car la vision est incomplète, ancrée dans la réalité. « En d'autres termes, le chercheur [...] fait partie de réalités sociales qui influencent nécessairement sa vision »[3] (Pelé-Peltier, 23023, p.20). En assumant alors la perspective partielle, situer le point de vue permet de réduire les biais de cet impensé. Tout d'abord en favorisant une réflexivité quant à ses propres influences, mais également en étant transparent sur les valeurs portées, pour permettre aux personnes extérieures de pouvoir les considérer. C'est ainsi qu'Haraway soutient que la perspective partielle permet d'améliorer la rigueur et la qualité de la science (Ibid.).

Il est important de préciser également qu'Haraway (1988), en rejetant la neutralité de la science, s'est également opposée à l'épistémologie relativiste, qui rejette complètement l'objectivité scientifique et considère les savoirs sur un même plan. « Tout est relatif » ne doit pas être confondu avec « tout est arbitraire » (Michel et Michaud-Trévinal, 2022). Pour l'illustrer nous reprenons à nouveau un passage du rapport mentionné plus haut :

> *« Assigner aux valeurs inévitablement présentes à certains points d'un processus de recherche un rôle indirect, c'est-à-dire subsidiaire aux évidences empiriques, et encadré méthodologiquement permet en revanche d'assurer la plus grande validité possible au savoir produit. La recherche scientifique est une source extrêmement fiable de production*

1 "Situated knowledges: the science question in Feminism and the Privilege of partial perspective" (Haraway, 1988)

2 « Le verbe « incorporer » serait la traduction française plus exacte grammaticalement. Cependant, nous préférons utiliser le néologisme « encorporer » pour mieux rendre compte de la corporéité de cette attitude et cette manière de faire, qui prennent en compte les corps, car D. Haraway insiste dans son œuvre sur cette prise en compte du sensible » (Michel et Michaud-Trévinal, 2022, p.284).

3 Traduit de l'anglais. Version originale : « In other words, the researcher who observes a phenomenon (of any type: social, natural, physical...), is part of the social realities that necessarily bias its vision. »

de savoir et elle doit notamment cela à l'usage de méthodes et de procédures (p.ex. protocole expérimentaux de récolte et d'analyse des données, systématicité, rigueur de l'argumentation, reproductibilité, système du peer review, etc.) qui visent à garantir au mieux l'objectivité et la qualité des résultats » (Frangière, 2022, p.32).

• Déclaration de valeurs et éthique du sensible

La notion de savoirs situés est aujourd'hui utilisée dans les études de sciences sociales, mais est plus rare dans le domaine des sciences « dures » (ou sciences pour l'ingénieur). Toutefois, elle commence à faire son apparition. Nous pouvons prendre pour exemple Alessandra Quadrelli et sa réflexion sur les « chimies situées »[4]. Antoine Pelé-Peltier (2023)[5] et Loris Verron (2024), les ont récemment mobilisés dans le domaine du génie civil et de la construction terre crue.

Les valeurs induisant une perspective partielle, voici quelques éléments de mon parcours qui permettront de situer mon regard.

Bien avant ce travail de recherche, j'ai déjà touché-été-touché[6] par la terre, tel que l'exprime Bachelard (1948) dans ses poétiques autour de la matière. Tout d'abord à travers mes expériences de chantiers participatifs, mais également après ma formation en maçonnerie terre crue, mon implication dans le milieu associatif (CHANTIER ![7]), la pratique professionnelle de la maçonnerie sur le territoire de Rennes, mon implication dans le réseau professionnel local de la terre crue (Collectif des Terreux Armoricains[8]) et la participation à la création d'une briqueterie solidaire (Emmaüs Terre[9]). Je pourrais dire qu'en touchant la terre, elle m'a touché en retour sur divers aspects : le sensoriel, l'intellectuel, le spirituel. Ces notions sont par ailleurs, évidemment et intimement reliées. Ainsi, la pratique de la terre m'a permis de regarder le monde différemment. M'apportant notamment une réflexivité nouvelle sur le secteur de la construction. Car penser la construction à partir de la terre, plus encore à partir des savoir- faire vernaculaires partagés et un engagement contre les inégalités sociales, ce n'est pas être du côté de la vision dominante moderne de la construction et c'est ainsi développer un regard critique et étranger.
Pour reprendre les cinq groupes de professionnels du champ de la construction en terre crue identifiés par Villain[10] (2020, p.212), je me sens plus proche de celui des « avant-gardistes consacrés qui travaillent à un changement de structures sociales en privilégiant, par exemple,

---

4 Directrice de recherche au CNRS en chimie à l'Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon (Ircelyon). Pour plus d'informations sur la notion de « chimies situées » voir ses cours publics, dont voici le premier : https://www.youtube.com/watch?v=gpDhpgy2U9g&list=PL3q4hlXuGY4Te6uU3HvvkRMs9s1XcLo-VR&index=1

5 Dans la fin de son chapitre 2 de son travail de thèse, sur la question des freins et leviers pour le développement de la construction en terre, Pelé-Peltier (2023) identifie les influences dues à des valeurs non énoncées à travers l'analyse de l'introduction d'articles scientifiques sur le sujet de la construction en terre. Soulignant en quoi situer sa position serait nécessaire.

6 "Ce toucher-être-touché·e, je le reprends à la philosophe et danseuse Emma Bigé (2024) qui propose à partir du texte du linguiste Émile Benveniste « Actif et moyen dans le verbe » (1950) de défendre l'idée qu'il existe une alternative à la binarité de l'actif et du passif opérant dans de nombreuses langues indoeuropéennes. En français, par exemple, c'est toujours soit l'un soit l'autre : soit nous touchons, soit nous sommes touché·es [...] dans certaines langues anciennes, il existe une « voix médiane ou moyenne » qui indique « tout un ensemble d'actions qui proviennent du milieu et qui produisent le sujet au moins autant qu'elles sortent de lui et qu'elles sont produites par lui. En grec, en sanskrit, en latin, un certain nombre de verbes ne se disent ainsi qu'à la voix moyenne » (Prost, 2025, p.34)

7 https://www.chantier.org

8 https://webmaster50050.wixsite.com/terreux-armoricains/le-collectif

9 https://www.emmausterre.com/briqueterie-solidaire

10 (1) les producteurs industriels qui sont favorables à ce que le nomos du champ de la construction en terre puisse satisfaire les exigences économiques du champ de la construction conventionnelle pour rendre ce dernier plus écologique par un développement industriel de la terre ; (2) les professionnels relevant de la production clivée

le travail humain au capital technique ».
Par le toucher de la matière, je m'inscris dans la pensée de Jean-Philippe Pierron (2021, p.93) qui « fait l'hypothèse [...] que c'est en mobilisant des expériences sensibles et poétiques, l'onirisme des travailleurs et de la main au travail, que l'on pourra soutenir une écologie non seulement de réparation, mais de fondation ».

Je me sens proche également de la critique de la rationalité occidentale, dualiste et anthropocentrée développée par Val Plumwood (2024) qui propose « l'adoption d'une pensée dialogique, pour nous permettre de développer de véritables relations éthiques avec le monde non humain » (Savard- Laroche, 2024). Et dans ce sentiment d'urgence, vivant avec le trouble (Haraway, 2020), je m'associe à l'hypothèse formulée dans l'introduction du dossier thématique « Être touché. Éthique, épistémologie et politique des affects en temps de crise », de la revue Érès :

> *« L'hypothèse que nous souhaitons formuler est la suivante : l'accès et la circulation de l'information, la construction et la diffusion des savoirs, l'affirmation et la défense de valeurs ne suffisent pas à tisser une relation avec le monde, ne suffisent pas à produire des axes de résonances qui nous engagent individuellement et collectivement à agir, lorsqu'ils sont vides de leur dimension sensible, lorsque l'affect qui les sous-tend, ou du moins les traverse, est refoulé, inhibé, invisibilisé voire réprimandé. Or, aussi en guise d'hypothèse : être touché, atteint, ému ou animé par ce qui nous entoure est peut-être l'une des capacités indispensables pour faire face aux crises, capacité sous-déterminante de nos sphères informationnelles, de nos efforts cognitifs, de nos revendications axiologiques ».* Coutellec et al. (2021)

Je termine cet avant-propos en bouclant la boucle de ce travail de recherche. J'ai grandi à Reims en Champagne crayeuse et j'en suis parti à dix-huit ans pour étudier l'architecture. Une dizaine d'années plus tard, je participe à la création de la Briqueterie Communauté Emmaüs TERRE en Bretagne. La terre est alors hautement liée à des questions environnementales et sociales (pourraient-elles être seulement dissociables ?). Ce n'est finalement qu'à mon retour à Reims[11], quinze années après mon départ, que j'entends parler pour la première fois de l'existence d'un patrimoine en carreaux de terre, que je ne sais pas reconnaitre la première fois (vraiment ?) que je l'aperçois.

Je questionne dès lors la notion d'aliénation. Que se passe-t-il individuellement et collectivement lorsque nous sommes étrangers de la culture constructive qui fait le lieu où l'on vit ?

---

en raison d'une inclinaison partagée entre une logique industrielle et une logique artisanale ; (3)les avant- gardistes consacrés qui travaillent à un changement de structures sociales en privilégiant, par exemple, le travail humain au capital technique ; (4 et 5)les nouveaux avant-gardistes pouvant être qualifiés d' « engagés » ou de « désengagés »

11 Didier Eribon, Retour à Reims, Fayard, coll. « A venir », 2009, 247 p.

INTRODUCTION

« 1980. Bernard et son père, à la truelle, font les joints entre les parpaings de la première pièce de leur future maison. Un tas de terre excavée gît dans le jardin, en attente d'être convoyé jusqu'à la décharge municipale. L'été se passe à monter des murs, couler la dalle du rez-de-chaussée. Et le tas de terre reste en place, essuyant les pluies diluviennes des orages estivaux et la chaleur, passant de l'état gluant à l'état craquelé jusqu'à former une masse compacte, inamovible. A l'automne, Bernard doit de tout son long donner des coups de pioche pour ébranler ce tas désormais aussi dur que du béton. La voisine, soixante-dix ans, regarde la scène par-dessus la haie avec commisération - non pas pour les lombaires du jeune homme, mais pour les kilos de terre excavée. Elle soupèse mentalement les grains d'argile. Elle disparaît dans son garage et revient avec un rectangle en bois grisé par la poussière et l'humidité : "Avec ça, vous pouvez faire des briques". Bernard qui comprend que la septuagénaire brandit un moule, décline sa proposition. Il lui montre du doigt les palettes de parpaings.

Elle insiste : "C'est de la bonne terre..."

Voyant que Bernard n'est pas convaincu et qu'en même temps, il a lâché sa pioche pour l'écouter, la voisine poursuit, comme si elle lisait dans ses pensées "C'est sûr que c'est pas de la terre à légumes, mais c'est de la bonne terre à bâtir. C'est avec ça qu'on a fait la ferme et la grange, avec des briques de terre qu'on a fait sécher au soleil. Tout le village est en terre." »

Geneviève Pruvost (2021, p.31)

A. Changement fondamental attendu pour le secteur de la construction[1]

« Il s'agit d'une opportunité majeure pour le secteur de réimaginer les bâtiments du futur, des bâtiments qui donnent la priorité à la résilience, à la rénovation et à la réutilisation, à la production d'énergie renouvelable et à la construction à faible émission de carbone, tout en s'attaquant aux inégalités sociales. Le moment est venu pour les gouvernements et les industries de donner suite aux promesses de la COP28 et de réaliser des réductions d'émissions concrètes grâce à une véritable percée dans le secteur du bâtiment» [2]

A.1. Quelques éléments de contexte en période de crises

Avant d'aborder de front le sujet de ce projet de recherche, nous proposons de le resituer au sein du constat plus global des urgences environnementales et sociales. Ceci dans le but de comprendre en quoi la matérialité du patrimoine qui est étudiée prend sens au sein des bouleversements en cours.

• Des bouleversements d'origine humaine...

Au sein de la communauté scientifique, il y a des certitudes : l'influence humaine sur le réchauffement climatique (Figure 0-1) est « sans équivoque », à « un rythme sans précédent » et « affecte déjà toutes les régions habitées de la planète » (GIEC, 2021, p.4, 6 et 10), tout en augmentant les inégalités (GIEC, 2023). En effet, le réchauffement climatique est considéré comme une menace pour la santé publique, entrainant des déplacements de population (Bellizzi et al. 2023). Mais plus que d'inégalité, il est question d'injustice climatique persistante, car ce sont souvent les moins responsables qui subissent les conséquences, aussi bien entre les pays qu'au sein-même de ces derniers (Schöngart et al., 2025). Seulement, le réchauffement climatique n'est pas le seul impact environnemental provoqué par les êtres humains[3]. Ainsi, le concept de « limites planétaires » (Rockström et al., 2009), adopté par l'Organisation des Nations Unies, a été établi afin d'observer les équilibres naturels tout en fixant des seuils qui ne devraient pas être dépassés pour préserver l'habitabilité de la planète. Or, depuis que ce concept existe, les seuils ne cessent d'être dépassés, année après année (Figure 0-2). Il semble qu'aujourd'hui sept limites sur neuf aient été dépassées, la dernière en date étant l'acidification des océans[4].

• ... à l'origine et source d'inégalité

Dans ce contexte, cette période vient à être qualifié par certains d'« anthropocène ». Notion introduite en 2000 par Paul Crutzen, chimiste de l'atmosphère et Prix Nobel en 1995, « pour désigner un basculement temporel où la pression exercée par l'humain sur les écosystèmes devient prépondérante et génère des déséquilibres au sein du système Terre » (Prost, 2025, p.45). Toutefois, ce terme est sujet à controverse, et est perçu par certaines personnes comme étant dépolitisé, conduisant à naturaliser le phénomène. En effet, les questions d'inégalités et d'injustices, évoquées plus haut, ont conduit Andreas Malm (2014 et 2017) à parler de «

1 En référence à la phrase prononcée par Inger Andersen, directrice générale du Programme des Nations Unies Pour l'Environnement : « There is no credible path to address climate change without a fundamental shift in the building and construction sector ». https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/not-yet-built- purpose-global-building-sector-emissions-still- high#:~:text="There%20is%20no%20credible%20path,have%20not%20yet%20been%20built. Consulté le 11.09.2025

2 Citation d'Inger Andersen (ibid.)

3 Sur le sujet, voir « Atlas de l'Anthropocène », Gemenne et al., Paris, Les Presses de Sciences Po, 2019, 158 p.

4 https://www.vie-publique.fr/questions-reponses/291386-les-limites-planetaires-en-six-questions consulté le 11.09.2025

capitalocène». Toute personne habitant sur cette planète n'étant pas responsable de la même manière, le phénomène serait « sociogénique »[5], signifiant que « les forces motrices proviennent d'une structure sociale spécifique, plutôt que d'un trait commun à toute une espèce » (Malm, 2014, p.67). À ce titre, l'approche historique de l'Anthropocène proposée par Bonneuil et Fressoz (2013) tente également de dépasser l'idée d'une humanité indifférenciée, en repolitisant cette notion. Nous retiendrons que « si la désignation « anthropocène » peut aussi se présenter comme une base équivoque et malléable que chacun peut utiliser à l'aune de sa lecture du monde, celles-ci ne modère en rien « l'évidence massive de la ruine croissante des conditions d'habitabilité de la Terre par nos systèmes productifs. » (Duperrex, 2022, p. 15) » (Prost, 2025, p.48), et où sont prépondérantes des injustices sociales.

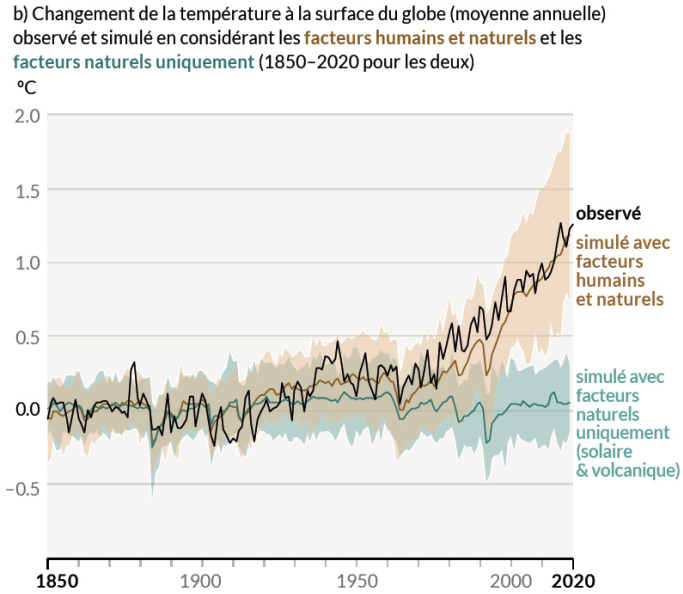


Figure 0-1 : Changement de la température à la surface du globe (moyenne annuelle) observé et simulé en considérant les facteurs humains et naturels et les facteurs naturels uniquement (1850 – 2020 pour les deux). Source : GIEC, 2021

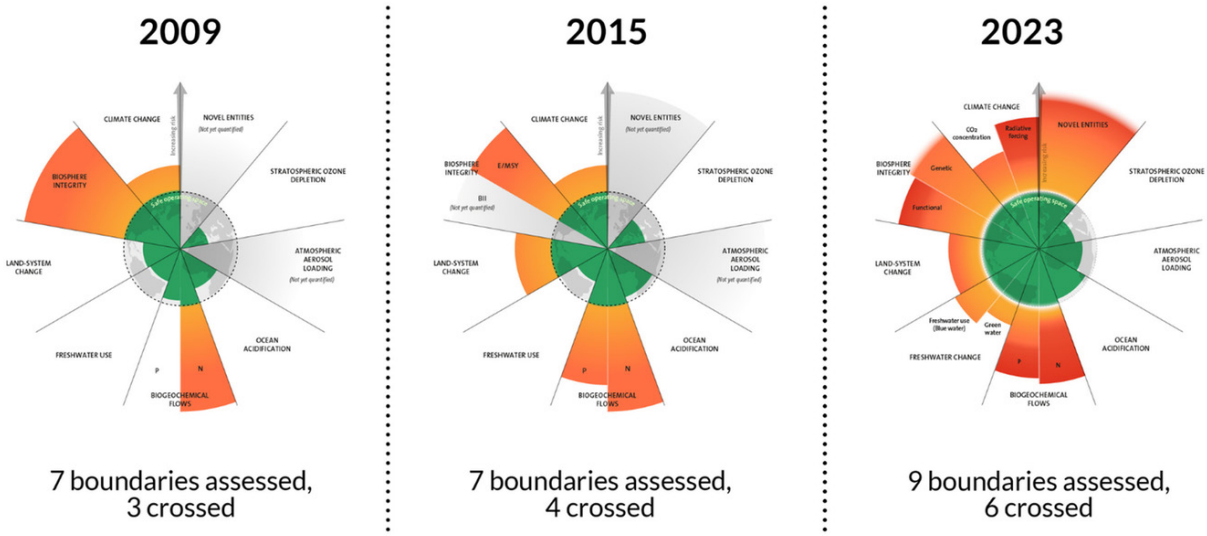


Figure 0-2 : L'évolution du cadre des limites planétaires. Sous licence CC BY-NC-ND 3.0 (Credit: Azote for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University. Based on Richardson et al. 2023, Steffen et al. 2015, and Rockström et al. 2009)

5 « Sociogenic » dans le texte anglais.

• Des crises aux transitions

Pour qualifier ces bouleversements, la notion de « crise » est alors devenue un lieu commun (Botero, 2025). Or ce terme, issu du domaine médical, indique pendant longtemps un caractère provisoire[6] du phénomène en question. Ceci ne semble plus le cas vis-à-vis des phénomènes actuels où la question temporelle demeure en suspens. De plus que cette notion véhicule également le mythe d'un retour à un équilibre antérieur et son glissement sémantique « ne véhicule plus qu'accessoirement la dimension d'examen, de jugement et de décision, et se limite désormais à désigner des moments de rupture et des périodes graves » (Ordoni, 2011). Face à ces crises (climatiques, environnementales, sociales, etc.) sont proposées des « transitions »[7]. Ce terme, se voulant rassurant et pouvant même évoquer une certaine douceur, suppose « que les changements sont en cours, les solutions à portée de main, les sociétés d'ores et déjà engagées sur des trajectoires environnementales vertueuses»[8] et permet « d'arrimer le futur à une rationalité planificatrice et gestionnaire » (Larrère, 2021).

• Vous avez bien dit transition ? Le cas de l'énergie.

Pour rendre compte des difficultés qui se cachent derrière la notion de transition, nous reprenons ici le travail effectué par Jean-Baptiste Fressoz (2024), historien des sciences, des techniques et de l'environnement, qui propose « une nouvelle histoire de l'énergie ». En couplant l'histoire des techniques et l'histoire des matières, il produit «une analyse de la circulation des matières permet[tant] de décrire avec précision le métabolisme social d'une époque » (Ecrement, 2024). Ainsi, on apprend que les matières ne se substituent pas, mais sont en « symbiose » ou « encastrées ». « De ce fait, l'augmentation de l'usage d'une énergie, loin d'être en concurrence avec les autres, va stimuler la demande pour d'autres matières et énergies » (ibid.). L'un des exemples correspond à la relation entre le bois et le charbon, où les historiens de l'énergie « racontent l'industrialisation au 19e siècle comme un processus de transition : le bois recule comme source d'énergie face à la houille » (Fressoz, 2023). Pour permettre ce récit, les tonnes de bois et de charbon pour la production d'énergie sont considérées en part relative. Or, « du point de vue des arbres et des écosystèmes qu'ils entretiennent et aussi du point de vue du climat, ce sont bien entendu les valeurs absolues qui importent, le nombre d'arbres abattus et réduits en cendres » (ibid.). Et pour cause, à cette période, la consommation de bois s'envole à cause du charbon. En effet, pour réaliser les galeries, c'est bien le bois qui est consommé. Donnant lieu à un véritable commerce entre la France et l'Angleterre. « Les navires déchargent le charbon à Bordeaux et repartent de Bayonne, les cales remplies d'étais qu'ils emportent à Newcastle ou ailleurs » (Figure 0-3 ; ibid.). L'histoire globale de l'énergie est donc cumulative. En se détachant des approches « phasistes », qui décrives des « fresques transitionnistes », où une matière se substituerait à une autre, Fressoz (2024) déclare qu'en terme d'énergie il n'y a jamais eu de transition, seulement accumulation. Comme nous le montre l'évolution de la consommation d'énergie par personne, en moyenne mondiale, depuis 1860 (Figure 0-4).

Enfin, il semble important de préciser que même les scénarios proposés par le GIEC, reposent souvent sur des hypothèses technologiques optimistes et entretiennent alors l'illusion d'une solution technique, sans remise en cause des modèles de production et de consommation (Fressoz,

---

6 Voir définition CNRTL : « Ensemble des phénomènes pathologiques se manifestant de façon brusque et intense, mais **pendant une période limitée**, et laissant prévoir un changement généralement décisif, en bien ou en mal, dans l'évolution d'une maladie. »

7 L'importance qu'a pris ce terme est traduit en France notamment à travers le changement d'appellation du Ministère de l'Environnement (1971), devenu ministère de l'Écologie et du Développement durable (2000), puis ministère de la Transition écologique et solidaire (2017). À partir de cette date les changements successifs ont gardé le terme « transition », encore actuellement, à savoir le Ministère de la transition écologique, de l'énergie, du climat et de la prévention des risques.

8 Dans : « Regards interdisciplinaires sur l'étude et l'enseignement de la transition écologique », Colloque, Calenda, Publié le lundi 09 octobre 2023, https://doi.org/10.58079/1by2

2025). Le tout dans une recherche de croissance économique positive (Kuhnenn 2018 ; Cointe, Pottier 2023 ; dans Ecrement, 2024).

• Constat

Nous pouvons donc établir que l'impact de certains modèles de société remet en cause profondément les conditions d'habitabilité de la planète, tout en intensifiant les injustices sociales. Dans le même temps, les transitions proposées par les politiques publiques semblent encore loin d'offrir de véritables transformations nécessaires pour répondre aux urgences sociales et environnementales. Ces transformations concernent tous les secteurs, et celui de la construction est particulièrement visé du fait de sa grande participation aux impacts écologiques.



Figure 0-3 : Déchargement de bois de mine à West Hartlepool, au sud de Newcastle. Source. T. W. Birch, 1936, p. 22. Dans Fressoz (2023).

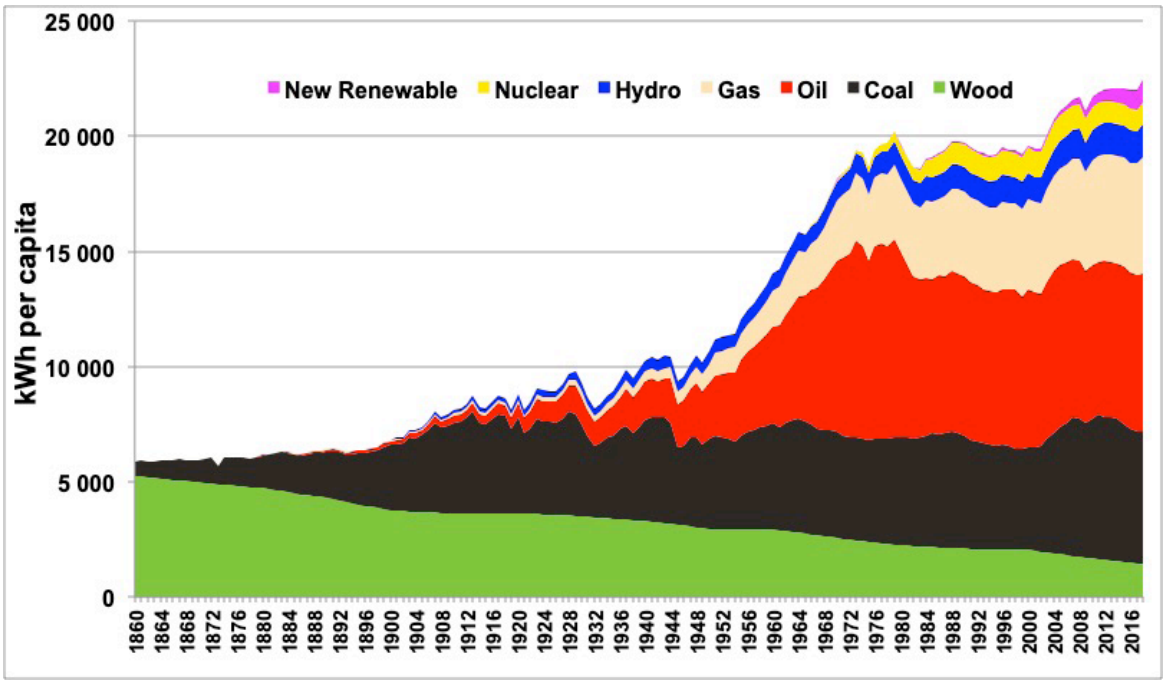


Figure 0-4 : Évolution de la consommation d'énergie par personne, en moyenne mondiale, depuis 1860. Jancovici, d'après Shilling et al. 1977, BP Statistical Review 2019, Smil 2019

A.2. Le secteur du bâtiment et les matériaux concernés

Nous abordons ici succinctement quelques éléments de contexte vis-à-vis du secteur de la construction en France. La démarche est avant tout de montrer en quoi la matérialité prend une part prépondérante sur les impacts écologiques du secteur et offre par la même occasion, une piste de réflexion privilégiée pour limiter, voire diminuer ces impacts.

• Quelques chiffres au niveau mondial

Au niveau mondial, les bâtiments représentaient en 2021, 37 % des émissions de CO2 (Dyson, 2023). Sur la totalité des émissions qu'émet un bâtiment, on peut distinguer la part liée aux matériaux et à la construction et celle émise pendant la durée de vie du bâtiment, dite «opérationnelle» (consommation pour le chauffage, éclairage, etc.). La consommation opérationnelle a bénéficié de nombreux efforts, notamment via l'isolation des bâtiments, ce qui a pour conséquence, de renforcer les efforts à faire du côté des matériaux eux-mêmes. Il est important de rappeler que « les matériaux issus de la biomasse où de la terre, ont dominé la construction mondiale jusqu'à la moitié du 20e siècle. Ce n'est que depuis quelques décennies que la majorité des matériaux proviennent de processus extractiviste, toxiques et non renouvelables » (Dyson, 2023, p.3). Pour information aujourd'hui seuls trois matériaux (béton, métal et aluminium) sont responsable de 23 % des émissions globales (ibid.). Parmi l'ensemble des matériaux de construction, le ciment représente 36 % des émissions liées aux activités de la construction et 8% des émissions de CO2 anthropiques totale (Habert et al., 2020).

Dans le but de diminuer l'impact environnemental du secteur de la construction, la question des matériaux est devenue centrale. Deux stratégies existent alors. Celle visant à améliorer les performances des matériaux industriels, tel le béton (Blankendaal et al., 2014; Kim et al., 2016 ; dans Pelé-Peltier, 2023, p.24). Ou bien celle visant à employer des matériaux dit « alternatifs » à faible émission de carbone (Giesekam et al., 2014 ; ibid.).

• Quelques éléments pour la France

Cette importance pour les matériaux de construction se traduit en France par l'évolution de la réglementation. En terme de consommation énergétique, le premier arrêté date de 1974, qui fait suite au premier choc pétrolier, a pour but de diminuer la consommation des bâtiments, alors estimée à 300 kWh/m^2.an, de 25 %. On parle de « réglementation thermique » (RT). Cette dernière évoluera jusqu'à sa dernière version, la RT 2012. Elle est remplacée par la réglementation environnementale 2020, ou « RE 2020 » applicable notamment pour les constructions de bâtiments depuis janvier 2022. Le terme « environnement » se substitue à « thermique ». Ce n'est plus seulement la consommation énergétique des bâtiments qui est pris en compte, mais également le bilan carbone qui inclue l'analyse du cycle de vie des matériaux de construction. Ainsi, la matérialité du bâti, au-delà des aspects esthétiques et/ou mécaniques, compte d'un point de vue environnemental.

D'après l'ADEME (2023) en France, les matériaux de construction représentent 53 % de la consommation intérieure totale, soient 394 Mt, pour une évolution très légèrement à la baisse depuis 1990 (Figure 0-5). Dans le même temps les déchets de construction représentent 67 % de la production totale de déchets, soient 213 Mt, sans baisse particulière depuis 2004 (Figure 0-6). Parmi ces déchets, environ la moitié sont des terres et matériaux meubles non pollués (Chauvet-Peyrard et Montérémal, 2018).

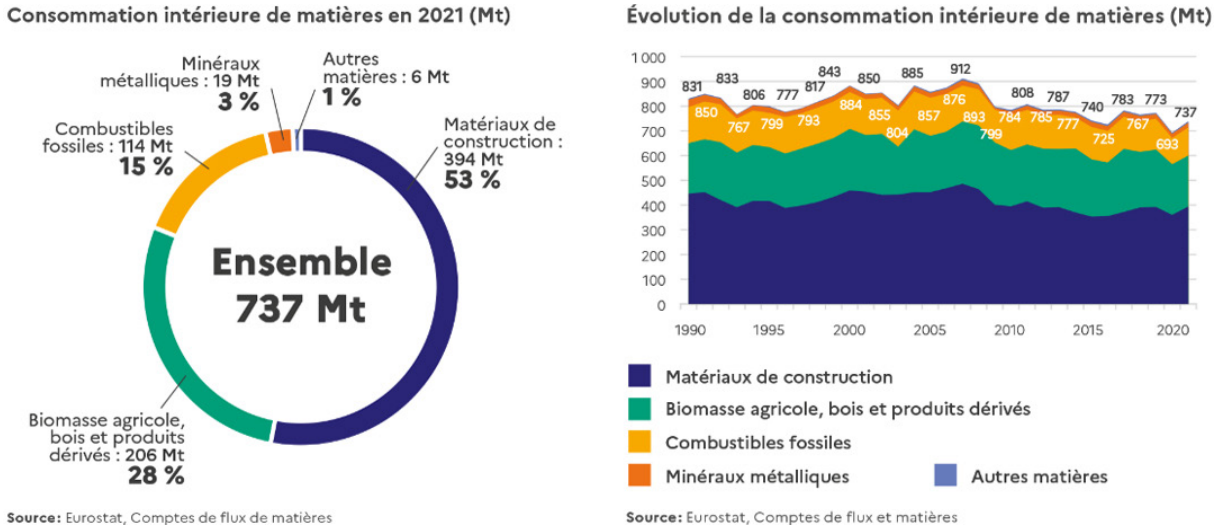


Figure 0-5 : Consommation de matière en France en 2021 et évolution depuis 1990. Source : ADEME, 2023

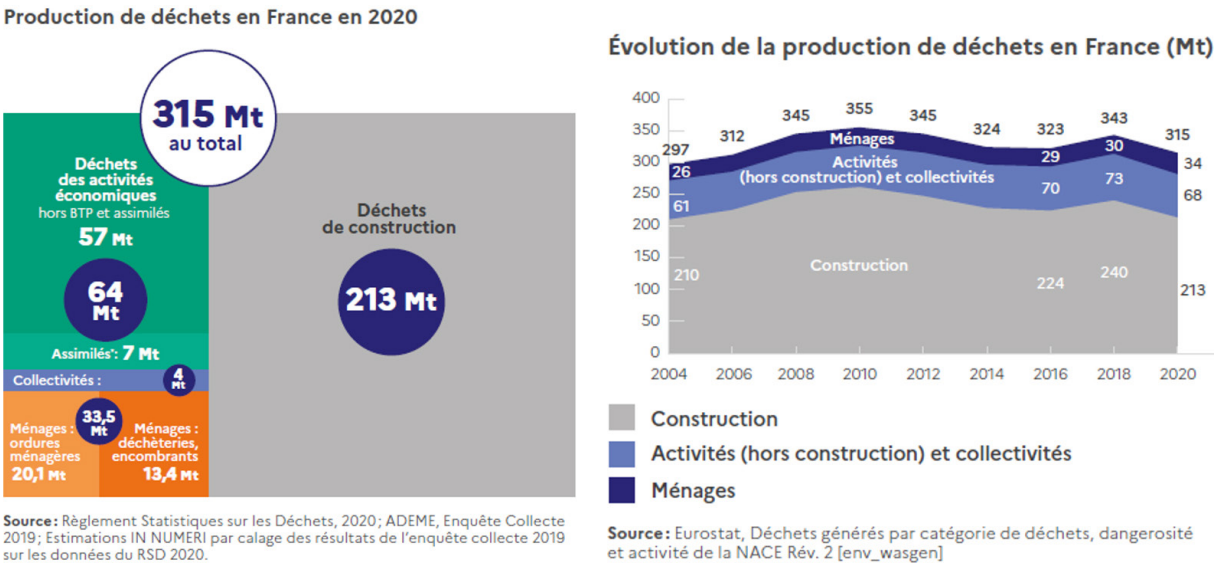


Figure 0-6 : Production de déchets en France en 2020 et évolution depuis 2004. Source : ADEME, 2023

• Le milieu de l'architecture en mouvement

C'est dans ce contexte de crises sociales et environnementales que le milieu de l'architecture voit des remises en question de sa pratique, et où les questions liées à la matérialité s'invitent sur le devant de la scène. Du côté de la recherche, nous pouvons citer comme exemple le cycle de séminaires intitulé « Entre ressources et écologie, l'architecture en question. Méthodes, mise en œuvre, formes produites », organisé par l'ESNA Normandie, et dont le premier cycle de juin 2022, portait sur « Les matériaux, ressources constructives en architecture ». Faisant échos également à la revue scientifique « Les cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère » de mars 2021 intitulé « Penser l'architecture par la ressource » (Fiévé et Guillot , 2021). Chez les professionnelles de l'architecture et des territoires, le mouvement de la « Frugalité heureuse et créative » est représentatif d'une prise de conscience. Reconnaissant « la lourde part des bâtisseurs » dans les désastres en cours, le mouvement s'organise autour de divers engagement: « "Ne plus administrer – s'engager", "Ne plus construire – réhabiliter", "Ne plus aménager – ménager", "Ne plus consommer – contenter" »[9] et souhaite « développer des établissements humains frugaux en énergie, en matière et en technicité, créatifs et heureux pour la terre et pour l'ensemble de ses habitants, humains et non humains »[10]. Nous reprenons le paragraphe du manifeste sur la question de la frugalité de matière :

> *« Nous savons nous passer de matériaux qui gaspillent les ressources. La construction en bois, longtemps limitée aux maisons individuelles, est mise en œuvre à présent pour des équipements publics d'envergure et des habitations collectives de plus de 20 étages. Les isolants biosourcés, marginaux il y a peu, représentent près de 10% du marché et progressent de 10% chaque année.* ***La terre crue, matière de nos patrimoines, sort du purgatoire dans lequel le XXe siècle l'avait plongée****. Toutes ces avancées consolident le développement de filières et de savoir-faire locaux à l'échelle des territoires. ».*
> (Bornarel et al., 2018)

• Constat

Les matériaux de construction constituent une part non négligeable d'émissions de CO2 du secteur du bâtiment. Ces dernières sont dues principalement à trois matériaux (ciment, métal, aluminium), à travers leur cycle de vie (extraction, transport, transformation...) correspondant à un modèle extractiviste extrêmement récent si l'on prend en compte l'échelle de l'humanité. C'est ainsi que la construction en terre, à l'instar d'autres matériaux dit « naturels », trouve un regain d'intérêt dans le secteur de la construction, notamment vis-à-vis de son faible impact environnemental.

9 https://frugalite.org/a-propos-de-la-frugalite/mouvement. Consulté le 13.09.2025

10 Ibid.

B. Renouveau de la construction en terre crue en France

Nous revenons ici sur les spécificités de la terre crue dans la construction. Nous commençons par la définition de ce terme, avant d'aborder sa présence au niveau mondial et sur le territoire métropolitain de la France. Nous évoquons ensuite les caractéristiques du matériau et faisons un point sur l'état de la filière française. Enfin, nous abordons la terre crue comme sujet de recherche en tant que matériau, et objet patrimonial.

B.1. La terre crue : de quoi parle-t-on ?

• La terre crue définition

Du point de vue physique, la terre crue, appelé aussi « terre à bâtir » se trouve dans la couche inférieure des sols, sous les horizons riches en matière organique et en organismes vivants (aussi appelée terre végétale ou horizon A (Figure 0-7)). On y trouve essentiellement des éléments minéraux qui ne s'altèrent que peu dans le temps et qui sont issus de la décomposition des roches mères sous-jacentes. La terre crue est une matière en grains[11] (Figure 0-7), liée uniquement par des composés présents naturellement dans les sols, dont majoritairement les argiles. La nature des argiles influe sur la cohésion du matériau (Arris-Roucan, 2024), assurée notamment par la force de succion (Jaquin et al., 2009) ceci permet au matériau d'être réversible de deux manières : d'une part « le fait que les matériaux naturels utilisés pour la construction restent compatibles avec le milieu naturel et peuvent donc reprendre leur place dans les flux naturels », et d'autres part « le fait que les mécanismes assurant la cohésion du matériau conservent leurs propriétés initiales, même après plusieurs phases de construction et de déconstruction »[12]. C'est ainsi que la terre « stabilisée » par un liant hydraulique (chaux ou ciment), sort du cadre de définition de la « terre crue ».

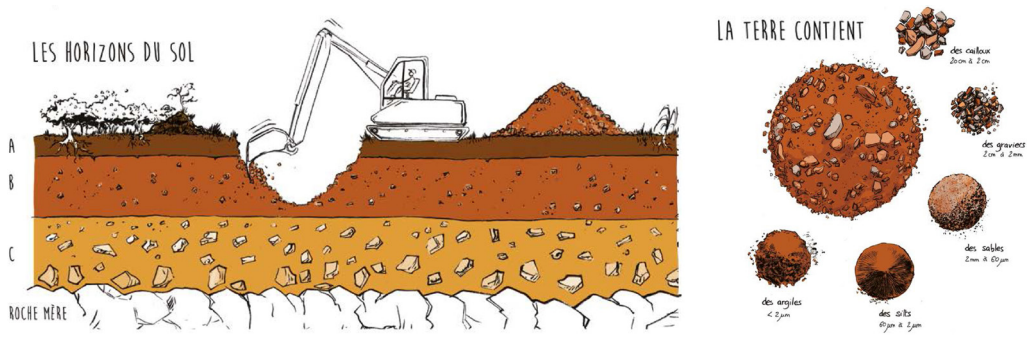


Figure 0-7 : Différents horizons de la terre et représentation des grains contenus dans la terre. Source : TERRA Award. Illustration Pauline Sémon (2016).

• Variété des terres et des techniques dans le monde et en France métropolitaine

C'est un matériau de construction qui existe partout dans le monde (Figure 0-8) depuis des milliers d'années (Hamard et al., 2022). En fonction des territoires, la proportion des différents grains varie constamment ainsi que la nature de la roche mère, ce qui conduit à une grande variété des terres employées dans la construction, entrainant une diversité des textures et couleurs (Ibid.). À travers le temps et l'espace, la terre est travaillée dans un état plus ou moins humide, avec parfois l'ajout de fibres. Cette diversité est symbolisée par la roue des techniques (Figure 0-9) qui représente de manière synthétique les variantes des procédés de mise en œuvre en fonction de la teneur en eau, traduisant ainsi la richesse des cultures constructives relative à cette matière.

11 Du plus gros au plus petit : cailloux, graviers, sables, silts et limons, argiles.

12 https://projet-national-terre.univ-gustave-eiffel.fr/presentation/pourquoi-la-terre-crue Consulté le 13.09.2025



Figure 0-8 : Présence de la construction en terre dans le monde, avec la localisation des sites au patrimoine mondial de l'UNESCO. Source : CRAterre.

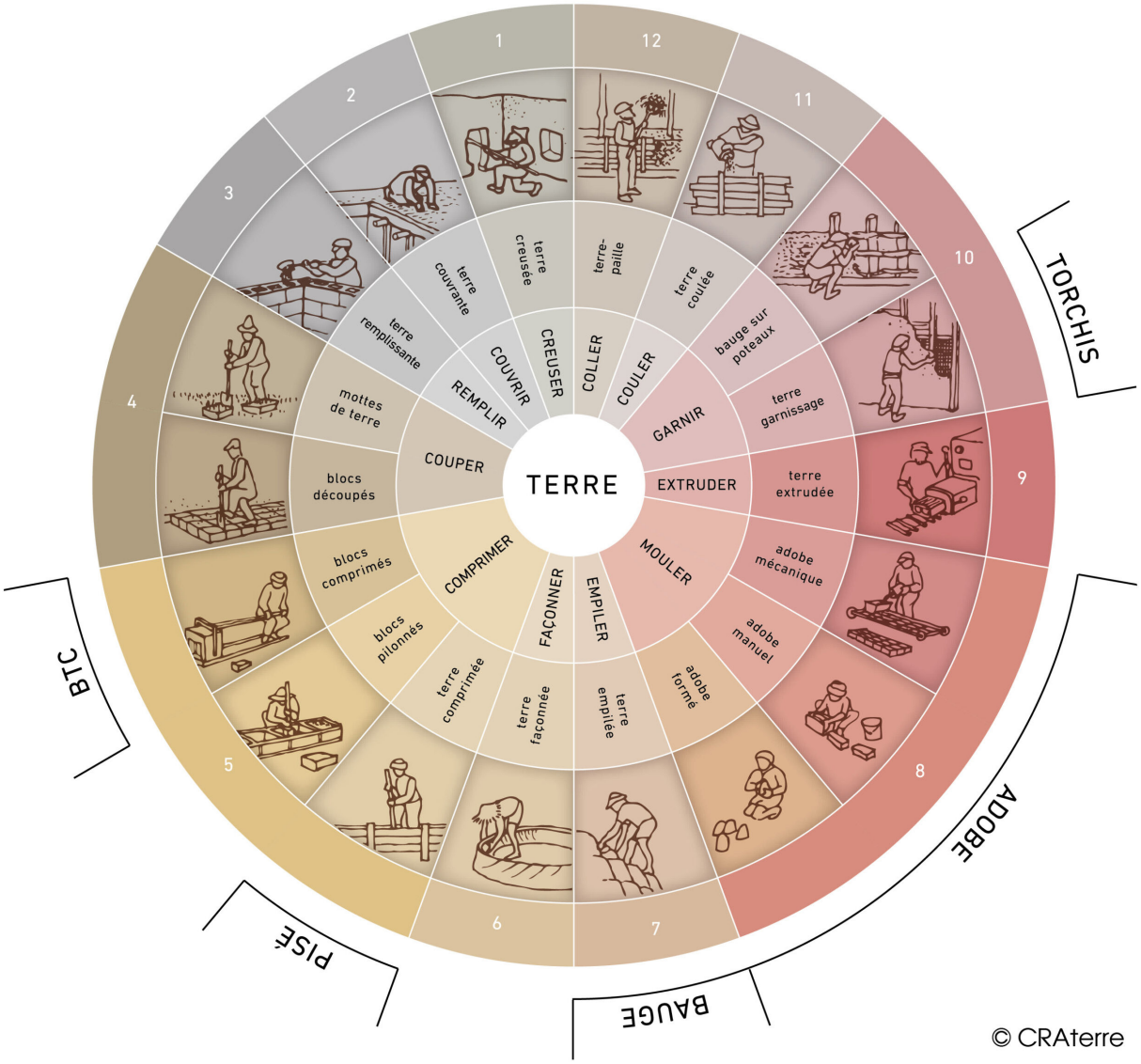


Figure 0-9 : Roue des techniques de la construction en terre, élaborée par le CRAterre et diffusée en 1989 dans l'ouvrage « Traité de construction en terre crue » (Houben et Guillaud, 1989).

Cette variété des techniques se retrouve également en France métropolitaine avec quatre grandes familles : l'adobe (ou brique de terre crue), la bauge, le pisé et le torchis (Figure 0-10). La cartographie démontre une présence de la construction en terre sur une large partie du territoire.

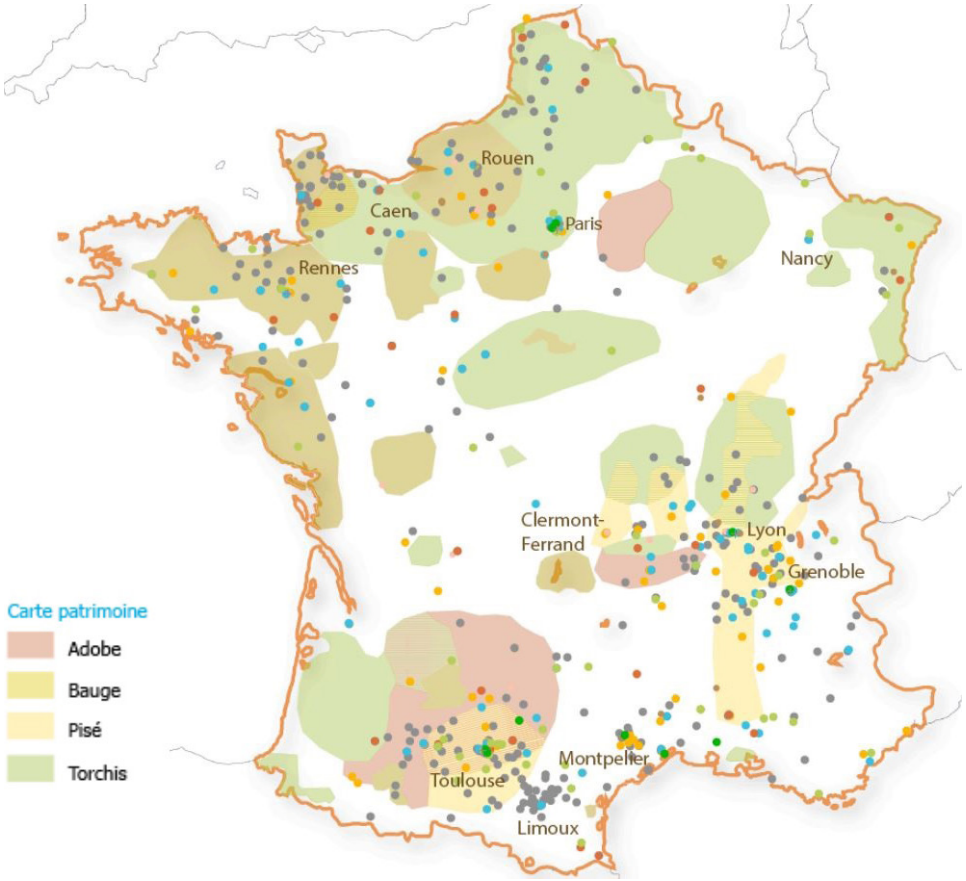


Figure 0-10 : Cartographie du patrimoine en terre par technique et réseau professionnel en 2012 en (Leylavergne, 2016).

• Quelques spécificités et atouts de la terre crue

La terre crue connait un regain d'intérêt à travers un certain nombre de caractéristiques permettant de réduire considérablement l'impact environnementale de la construction (Morel et al., 2001). Tout d'abord, la terre a toujours été une ressource locale (Hamard, 2018) et demande peu de transformation et sèche naturellement, limitant grandement la dépense énergétique et l'émission de CO2. Aujourd'hui, les terres excavées considérées comme un déchet, permettraient d'offrir une large ressource. En Bretagne l'estimation de la terre disponible pour la construction en bauge est estimé à 23 %, et les terres excavées en 2012 auraient permis la construction de 52 % des logements individuels cette année- là (Ibid.). Sur le même territoire, il est estimé que 48 % de la terre serait convenable pour l'utilisation en terre allégée (mélange de terre et de fibres permettant l'isolation des bâtiments) et qu'ainsi à partir des terres excavées, en huit ans l'ensemble des constructions existantes pourraient être isolées (Verron-Guillemot et al., 2022). La même étude estime que 99.5% du territoire serait à moins d'un kilomètre d'une terre convenable. Du point de vue des déchets, construire en terre permet d'envisager de construire avec des terres de déblais, qui représente un volume important (Gasnier, 2019).

La terre permet également de rentrer dans une approche circulaire du secteur du bâtiment (Morel et al., 2021), sachant que selon les modalités de construction, le niveau de circularité ne sera pas le même (Pelé-Peltier et Goizauskas, 2024). Du point de vue de la matière, les forces de liaison de l'argile étant réversibles, elles permettent une réutilisation sans recours au chauffage,

décapage chimique ou à des méthodes de traitement mécanique (Ben-Alon et al., 2020), tout en gardant les propriétés mécaniques et hygrothermique du matériau (Bruno et al., 2020 ; Audren et al., 2024).

La terre permet également un grand confort intérieur. Tout d'abord thermique, grâce à la grande capacité thermique de la terre qui permet de libérer une grande quantité de chaleur stockée, via un changement de phase important (Soudani, 2017). Ainsi, le bénéfice des apports solaires peut être non négligeable dans une stratégie de design architectural (Ibid.). De plus, son hygroscopicité permet de réguler l'humidité relative et donc la qualité de l'air intérieur (Fabbri et al., 2022), notamment en modulant la concentration de CO2 dans l'air (Arris-Roucan, 2024). Du point de vue acoustique les études sont encore peu développées, mais il semble que la terre participe à l'amélioration du ressenti des personnes (Miranda Santos, 2023).

La terre peut également avoir des impacts socio-économiques importants. Tout d'abord du côté économique, Willams et al. (2010) ont défini le coût de la construction en terre crue selon trois critères : « coût du matériau », « coût de la production » et « coût de la construction ». En France, ce sont surtout les deux derniers coûts qui engendrent des coûts supérieurs par rapport à la construction conventionnelle (Pelé-Peltier, 2023). Par exemple, les cotisations sociales sur la main d'œuvre pèsent énormément sur le coût de la construction (Villain, 2020). Toutefois, en prenant en compte le coût du cycle de vie, la terre peut s'avérer rentable vis-à-vis de la construction conventionnelle (Klinge et al., 219 ; dans Arris-Roucan, 2024). Le coût peut expliquer le développement des chantiers participatifs, mais c'est aussi l'occasion pour les professionnels de développer des argumentaires en faveur de la construction en terre, par exemple avec la notion d' « intensité sociale » (Floissac 2009, Marcom, 2011), perçue comme potentiel moteur pour la transition écologique (Robuchon, 2015). L' « intensité sociale » représente la part d'énergie humaine incorporée dans une construction, en prenant en compte d'autres valeurs, telles que l'efficience énergétique, l'utilité sociale, la territorialisation, etc., tout en favorisant la diminution de la consommation d'énergie fossile, la valorisation du travail qualifié, d'emploi locaux et une meilleure répartition des richesses (Ibid.). La compétence nécessaire à la construction en terre crue, est une manière de valoriser le métier de maçonnerie. En effet, sur les chantiers de construction en terre, le savoir-faire du maçon est primordial, et sa présence est nécessaire pour le bon déroulé du chantier à chacune des phases de la conception à la réalisation (Marcom et Pruvost, 2021 ; Pelé-Peltier, 2023).

Enfin, il est à noter que certains facteurs peuvent affecter grandement certains bénéfices de la construction en terre crue, les deux principaux étant le transport et l'ajout d'un « stabilisant » (chaux ou ciment). La terre est un matériau lourd et nécessite un volume important, ainsi son déplacement a un impact non négligeable (Ventura et al., 2022). Il en est de même pour la terre « stabilisée », pour une amélioration mécanique relativement faible (Van Damme et Houben, 2018). Ainsi, le choix de la terre nécessite à être intégré dès le début de l'étude d'un projet, afin de pouvoir concevoir avec la terre la plus proche, ne nécessitant pas de liant hydraulique[13]. Ceci tend alors à adapter la technique au matériau et non l'inverse. Il est question de «convenance des techniques», plutôt que de « convenance des terres » (Verron-Guillemot, 2024). Ce changement sémantique n'est pas anodin du point de vue du rapport à la matière : dans le cas le plus vertueux, c'est l'être humain qui cherche à s'adapter en développant une attention portée à la matière, tandis que dans le plus impactant, l'être humain cherche à imposer son désir, indépendamment de la ressource[14].

13 Ni pour des questions mécaniques ou de résistance à l'eau. Pour ce dernier point, c'est la conception architecturale qui devrait être en capacité de le gérer.

14 Pour approfondir cette réflexion : Matthew B. Crawford, Éloge du carburateur. Essai sur le sens et la valeur du travail, Paris, La Découverte, coll. « Poche / Essais », 2016, 252 p.

B.2. Des réseaux organisés sur le territoire

C'est au cours des années 1980 qu'apparait «la constitution d'un espace social relativement autonome » (Villain, 2020, p.37) autour de la construction en terre crue, définissant ainsi un « champ » à part entière au sein du champ de la construction. C'est d'ailleurs plus spécifiquement par une remise en question de la vision dominante de ce dernier que la terre crue est investie (Ibid., p. 109). C'est ainsi que dans les années 1980, « des instances de reproduction des producteurs s'institutionnalisent : CRATerre, sous forme associative et sous forme de laboratoire de recherche et par une formation dispensée et sanctionnée par un titre scolaire, les laboratoires de recherche en science des matériaux dans les écoles d'ingénieurs (ENTPE, INSA de Lyon, INSA de Rennes, etc.), ou des écoles d'architecture (à Grenoble, Saint-Etienne, etc.) » (Villain, 2020, p.157). Par la suite des associations se sont également développées sur le territoire au niveau régional : ARESO (Sud-Ouest), ARPE (Normandie), Collectif des Terreux Armoricains (Nord-Ouest, principalement Bretagne), TERA (Rhône-Alpes), le Collectif Francilien (Île-de-France) ; mais également au niveau national avec l'Asterre, ou Maisons Paysannes de France.

En 2014, un programme de rédaction de textes de référence technique sur la construction en terre crue, soutenu par le ministère de la transition écologique, via la DHUP (direction de l'habitat, de l'urbanisme et du paysage), est amorcé. Ce travail est réalisé par différentes associations régionales et nationales (dont celles citées au-dessus) et l'approbation de ces textes en 2018 et 2020, appelés « guides de bonnes pratiques »[15], ont permis la formalisation de la Confédération de la construction en terre crue, abrégée « Confédération terre crue » (Figure 0-11).

C'est dans la continuité de ces initiatives qu'est né le Projet National Terre[16] (PN Terre) présenté dans la partie suivante.



Figure 0-11 : Membres de la Confédération terre crue.

15 Ces textes permettent notamment de « faciliter l'assurabilité des constructions et parfois servent de référence pour l'entretien du patrimoine et la formation des maîtres d'œuvre (PN Terre, 2020 ; dans Prost, 2025). Téléchargeable gratuitement ici : https://conf-terrecrue.org/textes-de-reference

16 « Placé sous l'égide du Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques, le dispositif «Projets Nationaux» promeut des projets de recherche appliquée collaborative et d'expérimentation en vraie grandeur ayant pour objet de faire progresser les connaissances, pratiques, outils et méthodes du secteur économique du génie civil français. » sur : https://projet-national-terre.univ-gustave- eiffel.fr/presentation/quest-ce-quun-projet-national

B.3. La recherche s'empare du sujet et naissance du Projet National Terre

La terre crue connaît un intérêt croissant dans le domaine de l'ingénierie (Morel et Charef, 2019). Cette augmentation reste toutefois très faible vis-à-vis des publications sur le bois, et bien plus encore par rapport au béton (Pelé-Peltier, 2025). En parallèle des questions d'ingénierie se sont développées des recherches, toutefois encore peu nombreuses, sur les freins et leviers à l'emploi de la terre dans la construction[17].

En France, les Guides de Bonnes Pratiques facilitent l'assurabilité des constructions, mais « ne suffisent pas pour faire entrer la terre crue dans le catalogue des techniques courantes répondant aux contraintes réglementaires du secteur de la construction (environnementale et sismique en particulier) ni pour valider son usage dans certains types de bâtiments (ERP, promotion immobilière, bâtiments de plusieurs étages) »[18]. C'est un des objectifs du Projet National Terre, qui s'organise autour de différents axes de recherches (sécurité incendie, comportement mécanique, durabilité, etc.) et des groupes de travail transversaux (textes normatifs, Outre-mer et communication) (Figure 0-12). Ce projet permet de mettre en lien des laboratoires de recherches et des professionnelles de la terre crue (artisan- maçon, architectes, ingénieurs, etc.) afin de lever les multiples freins identifiés.

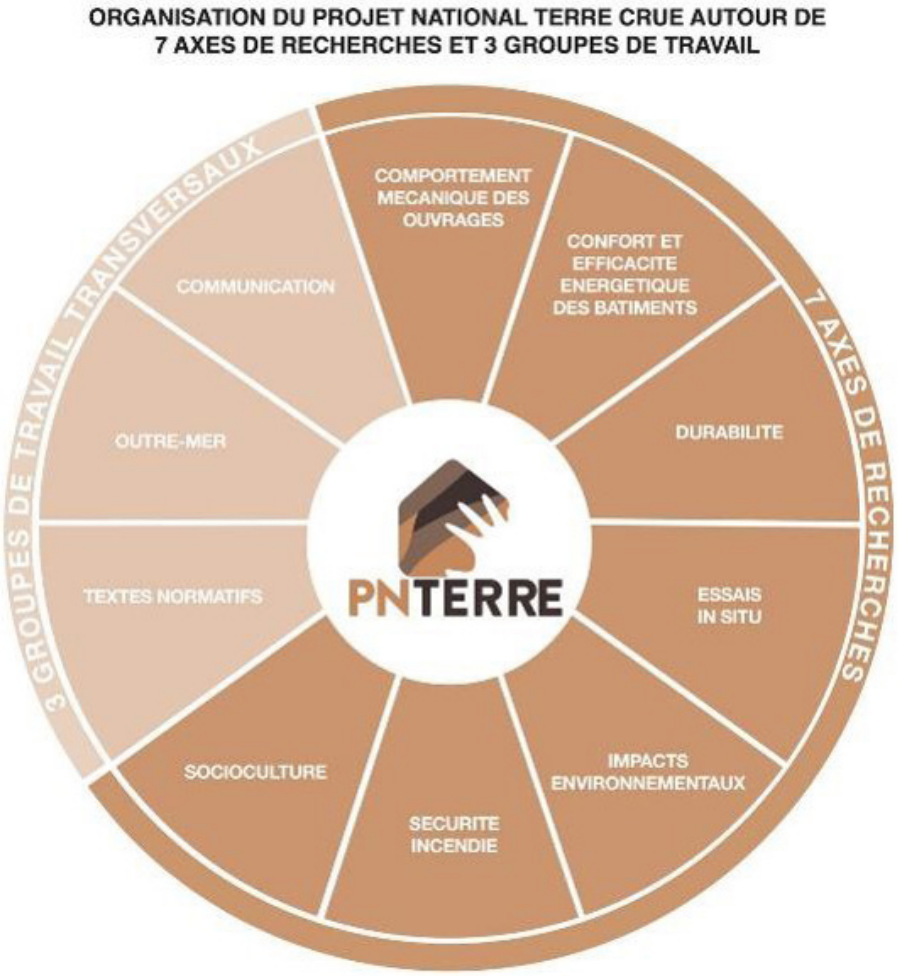


Figure 0-12 : Organisation des axes de recherches et 3 groupes de travail du Projet National Terre. Source : site du Projet National Terre

17 Pour une description plus précises autour de la question des freins et leviers, voir la thèse de Pelé-Peltier (2023).

18 https://projet-national-terre.univ-gustave-eiffel.fr/presentation/objectifs Consulté le 13.09.2025

B.4. Architectures vernaculaires et patrimoine en terre comme objet d'étude

L'intérêt pour la terre crue dans les études scientifiques est assez récent. Néanmoins ce matériau est un des plus anciens utilisés dans l'histoire de l'humanité, ayant alors laissé un patrimoine immense. Ces architectures de terre font partie de ce qui est nommé « architectures vernaculaires[19] ». Elles sont nées des expériences pratiques d'habitants locaux, qui ont su utiliser les ressources du territoire pour construire des bâtiments, développant une culture sociale et constructive, sachant prendre en compte les particularités du lieu (climatiques et géographiques). C'est ainsi que cet héritage est capable de nous transmettre des leçons importantes dans le but de développer une architecture durable et respectueuse de son environnement (Mileto et al., 2022), humain et non humain.

Depuis 2005, la littérature établit une tendance de plus en plus forte en liant architecture vernaculaire et architecture durable (Sánchez-Montañés 2007, dans Correia et al., 2014). Des recherches sur le patrimoine comme source de leçons pour les constructions contemporaines sont réalisées un peu partout sur la planète. À titre d'exemple à l'échelle mondiale nous pouvons citer la conférence « Heritage 2022 »[20] (Mileto et al., 2022) dont la publication regroupe 134 articles réalisés par 254 auteurs de 25 pays. À l'échelle européenne, le projet VerSus : Lessons from Vernacular Heritage for Sustainable Architecture[21], soutenu par la chaire UNESCO « Architectures de terre, cultures constructives et développement durable », et l'ICOMOS via ses comités scientifiques sur l'architecture vernaculaire (CIAV) et le patrimoine en terre (ISCEAH), porte sur le patrimoine de la France, de l'Italie, de l'Espagne et du Portugal.

En France, cet intérêt grandissant pour le patrimoine en terre s'est traduit notamment par les actes des tables rondes internationales, faisant suites aux rencontres organisées depuis 2001, dont la série s'inutile « Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue ». Aujourd'hui ce sont 5 volumes qui sont publiés autours de divers thématiques et représentent « une masse documentaire de près de 2 500 pages qui éclaire un domaine si longtemps inaperçu ou négligé hors de quelques civilisations du Proche ou Moyen-Orient, et qui reprend sa place au cœur des manières d'habiter la terre » (Raynaud, 2023). Comme l'intitulé de la série l'indique, les chercheurs et les professionnelles contribuant à ces tables rondes sont issues de différentes disciplines (archéologie, histoire, anthropologie, ethnologie, architecture, etc.) permettant une grande richesse sur les multiples connaissances et compréhensions du matériau à travers le monde et les époques.

Enfin, un nombre de plus en plus important de publications scientifiques ou d'ouvrages, portant spécifiquement sur le patrimoine en terre, tendent à se développer sur différents territoires nationaux, que ce soit à l'échelle régionale (Hamard, 2018 ; Génis, 2019 ; Verron-Guillemot, 2024 ; Rattier, 2024), départementale ou microrégions (Ruefly et Stadnicki, 2017 ; Huitorel, 2018 ; Miranda Santos, 2022 ; Cannat, 2022), d'une ville (Mille, 2023), voire d'un bâtiment (Pelé-Peltier, 2023).

19 Le mot vernaculaire a été employé dans différents domaines. Pour plus d'information sur le sujet, voir : Jordi Ballesta et Eliane de Larminat, « Manières de faire vernaculaires. Une introduction », Interfaces, 44 | 2020, 9-28. Et dans le domaine de l'architecture, voir Edith Hallauer. « Du vernaculaire à la déprise d'oeuvre : Urbanisme, architecture, design. » Art et histoire de l'art. Université Paris-Est, 2017.

20 https://heritage2022.blogs.upv.es

21 Projet de recherche européen développé par l'ESG (Escola Superior Gallaecia, au Protugal), en partenariat avec l'UPV (Universitat Politènica de València, en Espagne), l'UNICA (Università degli Studi di Cagliari, en Italie), l'UNIFI (Università degli Studi di Firenze, en Italie) et le CRAterre-ENSAG (Centre international de l'architecture en terre de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, en France).

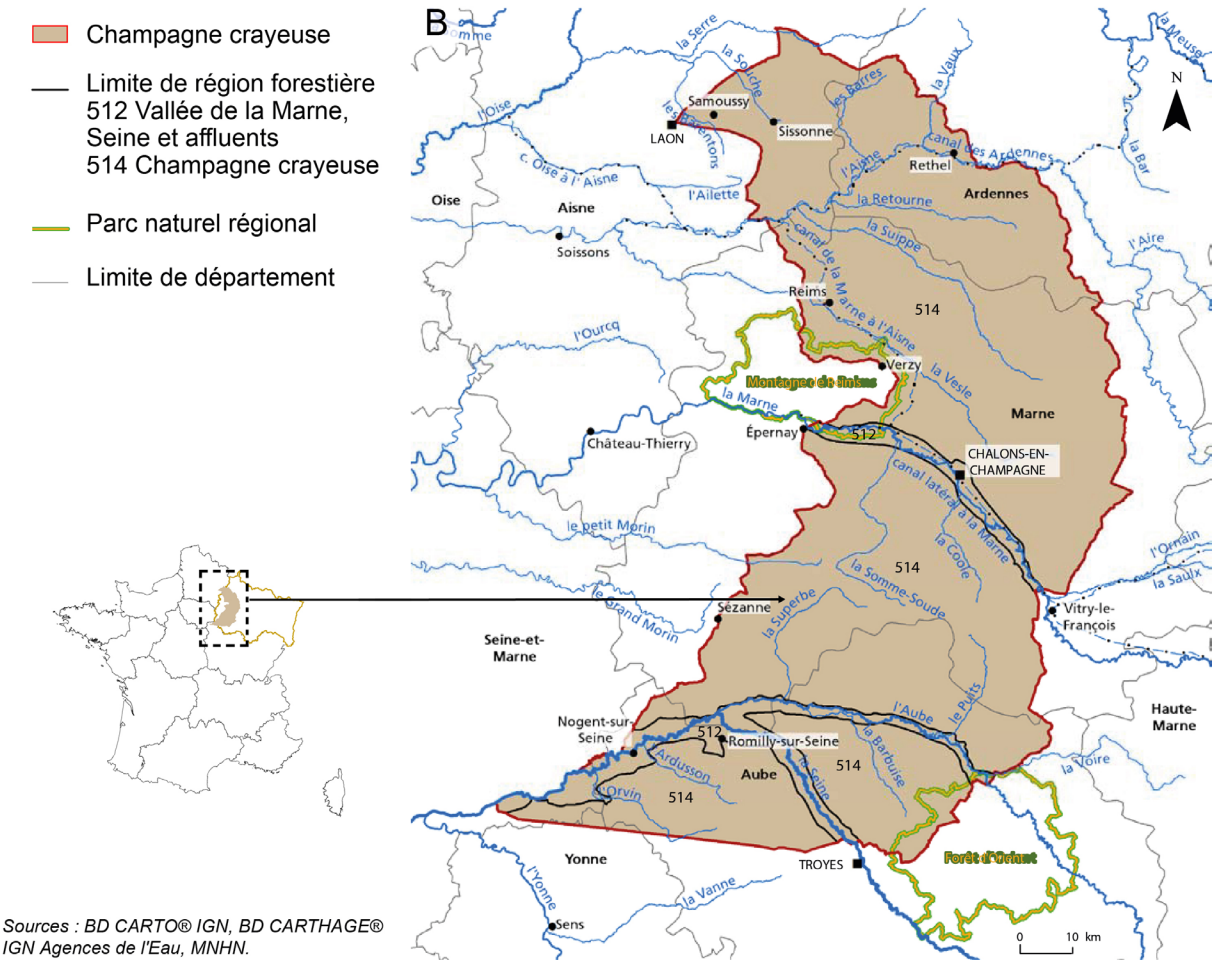
C. La Champagne : un patrimoine en terre peu étudié

C.1. Présentation du secteur d'étude

• Localisation géographique

Le secteur d'étude se situe dans le Nord-Est de la France, au niveau du Bassin de Paris (Figure 0-13), et plus précisément dans l'ex-région de la Champagne-Ardenne, comprenant quatre départements : Ardennes, Aube, Marne et Haute-Marne. De par sa position géographique, la région possède un climat tempéré intermédiaire entre océanique atténué et continental. La plaine de Champagne, moins élevée, reçoit des précipitations modérées de l'ordre de 650 mm par an. L'ensoleillement est relativement homogène, correspondant à l'ensoleillement moyen du tiers nord de la France, soient 1750 heures annuelles. Les températures moyennes annuelles sont d'environ 10 °Celsius.

Le secteur privilégié de l'étude porte sur la région naturelle dénommée la « Champagne crayeuse », ou « Champagne sèche », couvrant la partie sud du département des Ardennes, une grande partie du département de la Marne et la moitié Nord-Ouest du département de l'Aube (Figure 0-14). La végétation naturelle est « une steppe herbeuse parsemée de buissons calcicoles » (Leroux, 1961), dénommée « savart ». Les savarts qui recouvraient les plaines dans les secteurs en retrait des villages servaient de terrain pour les moutons. Au 18e siècle commence le reboisement des savarts par des pins sylvestres et noirs d'Autriches jusqu'en 1945 où la quasi-totalité des terres boisées est défrichée et mise en culture (Laurain et al., 1964). À titre d'exemple le taux de boisement pour le département de la Marne passe de 26,2 % en 1950 à 9,0 % en 1969 (Chevalier, 1972). Les traces de cette végétation disparue se trouvent dans les camps militaires de la région (Mourmelon, Suippes, Moronvilliers et Marigny) (Linoir, 2014). En dehors de la plaine de Champagne, les vallées sont composées de peupliers noirs, peupliers trembles, aulnes, bouleaux, etc. Nous pouvons donc retenir que la région naturelle contient peu de bois de construction et qu'elle est aujourd'hui essentiellement agricole (83 % de la surface).



Sources : BD CARTO® IGN, BD CARTHAGE® IGN Agences de l'Eau, MNHN.

Figure 0-13 : Localisation de la Champagne crayeuse.Sources : BD CARTO® IGN, BD CARTHAGE® IGN Agences de l'Eau, MNHN.

• Géologie et formation superficielle

« Cette région se distingue nettement des contrées voisines par ses paysages à relief mou, dont l'originalité est due à l'affleurement de la craie » (Durand, 1979). Elle se caractérise donc par son substrat essentiellement calcaire du Crétacé supérieur. Elle est bordée à l'Est par la Champagne humide (Crétacé inférieur), dont la limite physique est représentée par la côte de Champagne et à l'Ouest par le plateau d'Île-de-France (Cénozoïque) dont la limite est constituée par la côte de l'Île-de-France (Figure 0-14).

Dans sa thèse portant sur les horizons d'accumulations carbonatées de Champagne-Ardenne, Damien Linoir (2014) décrit succinctement les formations superficielles issues de l'altération des substrats géologiques que l'on retrouve sur la plaine de Champagne. On y retrouve principalement des formations issues de la gélifraction à commencer par les poches de cryoturbations. Celles-ci se sont formées en conditions périglaciaires, dont l'origine date des périodes froides du Quaternaire. Les périodes de gel/dégel responsables de la cryoclastie de la craie conduisent à la formation de structures polygonales dont les cloisons se soulèvent petit à petit : « Les parties soulevées (appelées « cheminées de poches » [...]) subissent d'autant plus les phénomènes de cryoclastie. Ce phénomène induit la formation de cryoclastes encore plus petits qui rejoignent le centre des poches (moins élevé) » (Linoir, 2014, p.36) (Figure 0-15 et Figure 0-16). En période estivale, les poches de cryoturbations étaient gorgées d'eau, qui ne pouvait s'infiltrer dans le pergélisol gelé, et fluait en suivant la ligne de plus grande pente (Matsuoka, 2001 ; Harris et al., 2009 ; dans Linoir, 2014). « Les cheminées de poches vont s'obliquer petit à petit et les grèzes constituant l'intérieur des poches vont se déverser progressivement le long de la pente. La succession de petits éboulements des éléments remplissant les poches le long de la pente forment des grèzes litées constituées de lits gras et de lits maigres. Dans la région, ces formations sont appelées graveluches [Laurain et al., 1995]. » (Linoir, 2014, p.36 - 38) (Figure 0-17). Les graveluches constituent alors une seconde formation superficielle caractéristique de la région.

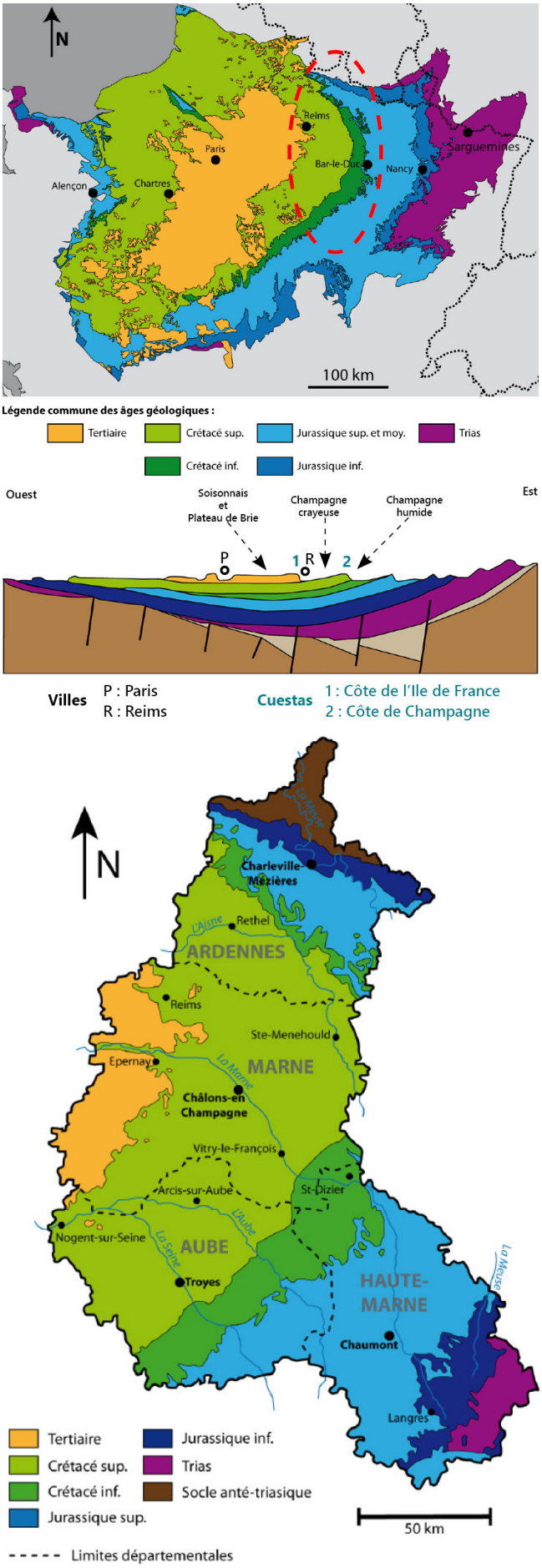


Figure 0-14 : En haut : *carte et coupe géologiques simplifiées du Bassin de Paris.* En bas : *Géologie simplifié de la Champagne (d'après Linoir, 2014)*

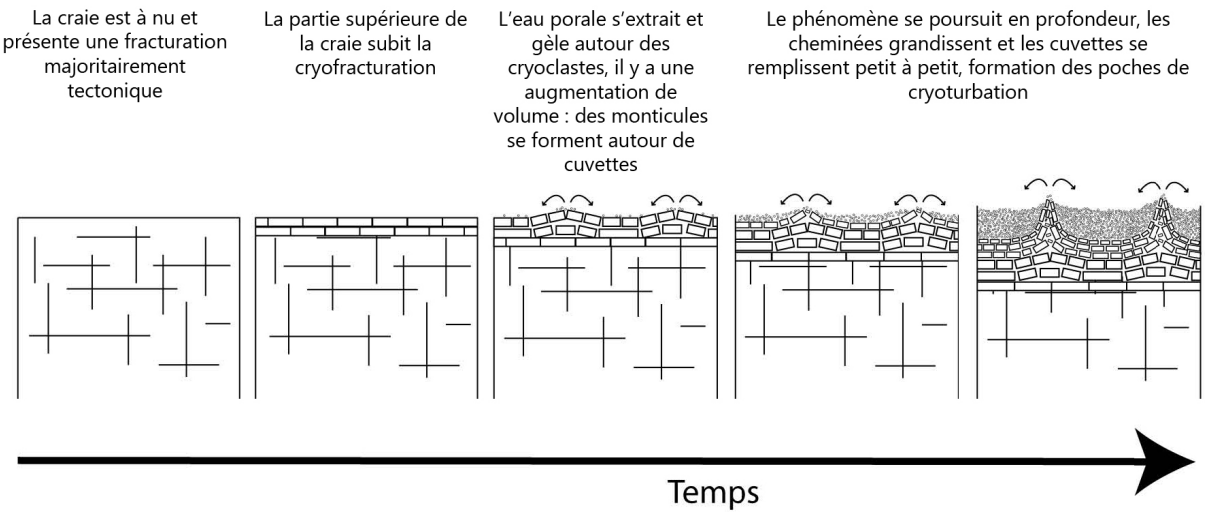


Figure 0-15 : Formation des poches de cryoturbation (Linoir, 2014, d'après Laurain et al., 1997).



Figure 0-16 : Poches de cryoturbation caractéristiques délimités par des cheminées de poche (Loinoir, 2014)

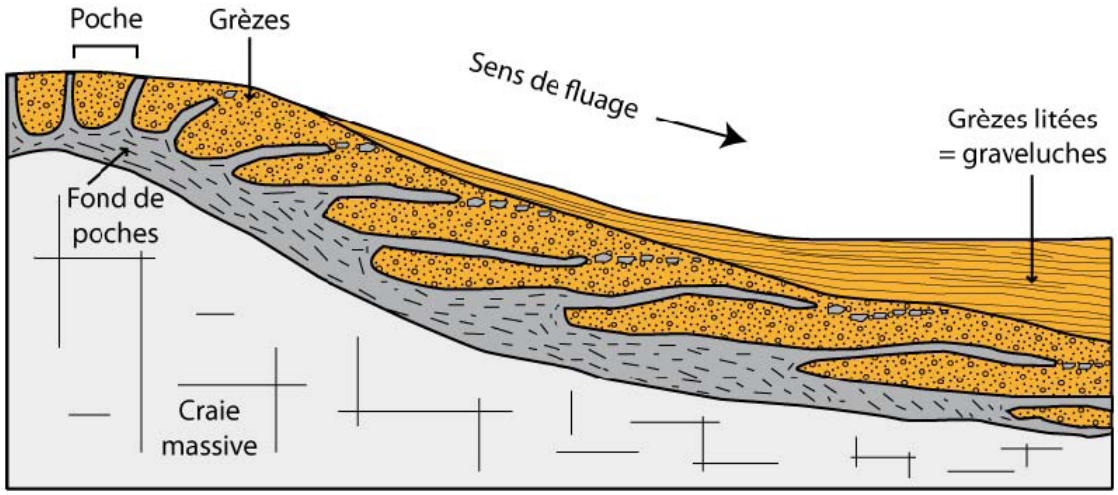


Figure 0-17 : Formation des graveluches par fluage des poches de cryoturbation (Linoir, 2014, d'après Bontrond et al., 2012)

C.2. Quelques preuves de la présence d'un patrimoine en terre

Au niveau régionale, l'existence d'une architecture en terre et plus spécifiquement en carreaux de terre (briques de terre crue), est révélé à travers deux ouvrages portant sur l'architecture régionale et des travaux de recherche, dont deux articles traitent directement du sujet.

Les deux ouvrages sont : « La Champagne - architecture régionale » de Daniel Imbault (1986) et « Champagne Ardenne : l'architecture rurale française » de Claude Royer. (2001). Chacun de ces livres traite de l'architecture régionale et des matériaux qui la compose. Ils ne sont donc pas spécifiques à la terre crue, mais permettent une première découverte de cette culture constructive en rassemblant diverses informations issues de la littérature, aussi bien sur le choix de la terre, son façonnage et sa mise en œuvre. Ils seront présentés plus en détail dans le chapitre 1.

> *« Les matériaux qui servent à bâtir ne sont pas nombreux. On trouve principalement des maisons à colombage avec un remplissage des pans de bois en torchis ou carreaux de terre, constructions en craie, maisons en carreaux de terre crue ou encore en brique.»* (Royer, 2001)

Du côté de la littérature scientifique, le travail de thèse de Florent Delencre (2017) porte sur l'apparition et la diffusion de nouveaux matériaux et modes de construction dans le Nord-Est de la Gaule romaine entre le 2e siècle avant n.è. et le 2e siècle de n.è. Ainsi, on découvre que l'emploi du carreau de terre est avéré avec l'arrivée des romains, sur une grande partie de la Champagne. Ensuite, il faut regarder du côté des recherches portant sur les matériaux de construction de la région, et plus spécifiquement les pierres. En effet, ces travaux mentionnent parfois le carreau de terre comme matériau traditionnelle (Fronteau et al., 2011). À ce titre la thèse d'Aurélie Turmel (2014), portant sur la répartition et l'utilisation des pierres et géomatériaux de construction dans le bâti du Pays rémois est représentative de cet état de fait :

> *« D'après les cartes géologiques et les différentes études menées sur les matériaux de construction à Reims et ses alentours, les principaux matériaux trouvés dans la région sont la meulière, les pierres de calcaires « durs » (provenant des terrains tertiaires de la Marne et des terrains jurassiques provenant des Ardennes, de la Meuse ou de l'Aube), la craie, le carreau de terre crue, la brique (Laurain et al. 1976, Laurain et al. 1981, Blanc et al. 1985, Blanc et al. 1992, Fronteau 2000, Devos et al. 2005, Fronteau et al. 2010, Turmel et al. 2014).* » (Turmel, 2014, p. 29)

Turmel (2014), reporte l'observation de la présence de carreaux de terre par les fouilles archéologiques (Rollet et al., 2011 ; dans Turmel, 2014) et décrit ce mode constructif à partir des deux ouvrages cités précédemment (Imbault, 1986 et Royer, 2001) et d'observations de terrains (Figure 0-18). Pour réaliser son étude, Turmel (2014) observe spécifiquement les façades des bâtiments. Sur son secteur d'étude, le pays rémois, comprenant 140 communes, les carreaux de terre sont observés uniquement sur 4% des élévations. Ceci semble assez peu élevé pour un des principaux matériaux employés. Toutefois, Turmel (2014, p.195) note que les façades sont régulièrement enduites en partie supérieur (39 %). La commune la plus représentée dans le pays rémois est Bazancourt avec un pourcentage d'observation entre 16 et 20 %.

Enfin, deux articles publiés dans la série « Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue » de 2011, portant sur la culture constructive de la brique crue, confirment la « place relativement importante » (Royer, 2011, p.331) de ce matériau parmi ceux utilisés, tandis que Gérard Bavay (2011, p.336) nous informe que « le premier caractère de l'architecture de brique crue champenoise réside dans l'abondance et dans l'importance des témoins, généralement assez bien conservés et, pour la plupart, facilement repérable car visible depuis la voie publique

». Le texte de Royer (2011) est un condensé de son livre sur l'architecture régionale cité précédemment, où l'on apprend également que l'emploi du carreau est autant urbain que rural sur l'ensemble de la Champagne crayeuse et une partie de la Champagne humide.

• Constat

Ces témoignages confirment donc l'existence encore actuelle d'un abondant patrimoine en carreau de terre, dont l'emploi trouverait son origine à l'époque romaine. Différentes pistes de recherches amorcées dans ces travaux méritent d'être exploitées du côté des archives, des comptes-rendus de fouilles archéologiques ou par l'observation de terrain. Mais à l'heure actuelle, aucun travail spécifique à cette culture constructive ne semble exister.



Photo II. 1: Carreau de terre en boutisse à granulats de craie et silex (Boult-sur-Suippe)



Photo II. 2: Carreau de terre en panneresse à granulats de paille et craie (Fresne-lès-Reims)



Photo II. 3: Carreau de terre en panneresse à granulats de craie (Auménancourt)



Photo II. 4 : Carreau de terre à granulats de craie, silex et galets (Montbré)



Photo II. 5 : Erosion différentielle avec perte de matrice (Villers-aux-Nœuds)



Photo II. 6 : Encroûtement avec desquamation du carreau de terre (Bezannes)

Figure 0-18 : Carreaux de terre relevés par Turmel (2014) sur le pays rémois.

C.3. État des lieux des dynamiques locales

Nous souhaitons soulever ici un point concernant quelques spécificités régionales au sujet des structures liées aux questions architecturales et patrimoniales. En effet, les traces d'un riche patrimoine que nous venons d'évoquer et qui semble aujourd'hui oublié, pose question.

• Structures et dynamiques absentes

Tandis que les travaux sur l'architecture en terre crue émergent dans les années 1980 et connaissent un développement dans le milieu de la recherche dans les années 2000, la Champagne semble en dehors de cette dynamique. À titre d'exemple la cartographie réalisé par Leylavergne (2016) représentant le patrimoine en terre répartie sur le territoire de la France métropolitaine et le réseau professionnel révèle trois pôles de développement liés au patrimoine existant : la côte nord-ouest, de la Bretagne au Pas-de-Calais ; les régions Rhône-Alpes/Auvergne et le bassin toulousain (Figure 0-10, p.11). Pour la partie est de la France nous pouvons souligner l'existence de la superposition du réseau professionnel et du patrimoine en Alsace. En revanche, la Champagne, malgré la présence de torchis et de briques de terre crue (adobe sur la carte) ne présente pas de réseau professionnel.

Dans la continuité de ce constat, il semble utile de faire le point sur l'absence de certains organismes ou de certaines dynamiques qui pourraient expliquer, en partie, les raisons d'une absence d'intérêt pour le patrimoine local en terre crue.

Tout d'abord, la Champagne crayeuse qui semble représenter le territoire spécifique du patrimoine en carreaux de terre (Imbault, 1986), s'étend sur trois départements[22] (Ardennes, Aube, Marne), dont aucun ne bénéficie de la présence d'un CAUE (Conseil d'architecture d'urbanisme et d'environnement) (Figure 0-19, a). Ce fait est particulièrement notable, car seuls six départements français en sont dépourvus, ce qui est considéré comme une « aberration » de la part d'un groupement d'architectes[23]. Pour souligner l'impact d'une telle absence, nous rappelons que ces organismes sont investis d'une mission d'intérêt public et ont pour objectif de promouvoir la qualité de l'architecture, de l'urbanisme et de l'environnement sur les territoires départementaux. Ainsi, chaque CAUE[24] :

- Vise à développer l'information, la sensibilité et l'esprit de participation du public dans les domaines de l'architecture, de l'urbanisme, de l'environnement et du paysage ;
- Contribue à la formation et au perfectionnement des élus, maîtres d'ouvrage, professionnels et agents des administrations et des collectivités qui interviennent dans le domaine de la construction ;
- Fournit aux personnes qui désirent construire, rénover ou aménager, les informations, orientations et conseils facilitant l'intégration des enjeux paysagers des sites urbains et ruraux concernés, et la qualité architecturale des constructions (sans se charger de la maîtrise d'œuvre).

Il est utile de rappeler ici, que Daniel Imbault, auteur du livre sur le patrimoine régional a été directeur du CAUE de la Marne à l'époque où il y en avait un.

Toujours du côté des professionnels, nous avons évoqué l'existence en France du mouvement de

22 Le département de la Haute-Marne quant à lui a déclaré récemment que son existence est menacé : https://jhm.fr/le-caue-alerte-sur-une-menace-sur-son-existence Consulté le 16.09.2025

23 https://www.lemoniteur.fr/article/la-champagne-ardenne-abandonnee-des-caue.2323452. Consulté le 16.09.2025

24 https://outil2amenagement.cerema.fr/outils/conseil-darchitecture-durbanisme-et-denvironnement-caue Consulté le 16.09.2025

la « Frugalité heureuse et créative », initié en 2018 par des architectes, ingénieurs et urbanistes. Le mouvement s'organise autour de groupes régionaux. La carte de 2020 révèle l'absence de dynamique sur le territoire de la Champagne (Figure 0-19, b). Toutefois, nous soulignons l'organisation d'une première rencontre d'un groupe « Champagne » le 25 mars 2025 à Reims, dans le local de l'association Les Bons Restes.

Du côté des formations, le territoire ne bénéficie pas de la présence d'une ENSA (École Nationale Supérieure d'Architecture) (Figure 0-19, c, bleu), alors que leur rayonnement local est non négligeable :

> *« Contrairement aux écoles parisiennes, les écoles régionales se distinguent par leur capacité à faire partie des « notables » locaux. Pour les acteurs du territoire, ce sont de véritables lieux d'expertise, de recherche et de création, mais également d'animation locale. Beaucoup d'entre elles en font d'ailleurs la preuve. Si les écoles sortent de leurs murs, ce n'est pas pour prêcher la bonne parole, mais pour devenir un partenaire parmi d'autres »*[25]*. (Mariolle et al., 2023)*

Il en va de même pour les organismes de formation à l'écoconstruction (Figure 0-19, c, bleu) représentés par la fédération écoconstruire[26], crée en 2008. Ce fait est mentionné, car d'une part ces formations orientent vers des matériaux plus respectueux de l'environnement, dont la terre crue. À cet égard, certains de ces organismes forment au titre de « Maçon-ne terre crue », reconnu par l'État au niveau V et homologué RNCP 31908[27]. D'autre part, dans ces formations à l'écoconstruction sont abordées les questions liées au patrimoine existant.

Enfin, pour évaluer le dynamisme initié par des particuliers, nous affichons la cartes des chantiers participatifs proposés par le réseau Twiza[28] en septembre 2025 (Figure 0-19). Le réseau se définit comme un réseau d'entraide pour un habitat écologique, afin de faire découvrir l'écoconstruction en apprenant sur des chantiers participatifs. La Champagne reste en dehors également de cette dynamique portée essentiellement par des particuliers.

Ces absences de dynamiques définissent une spécificité du territoire sur la région Grand-Est au regard de la présence d'ENSA en Lorraine et en Alsace, où d'autres dynamiques évoquées.

25 https://lecoleduterrain.fr/maniere-de-faire/une-ecole-darchitecture-ancree-dans-son-territoire/#:~:text=Pour%20les%20acteurs%20du%20territoire,un%20partenaire%20parmi%20d%27autres
Consulté le 16.09.2025

26 https://www.federation-ecoconstruire.org

27 https://www.legabion.org/formation/macon-terre-crue/#:~:text=La%20formation%20Maçon·ne%20terre,dont%20315%20heures%20en%20entreprise
Consulté le 16.09.2025

28 https://fr.twiza.org

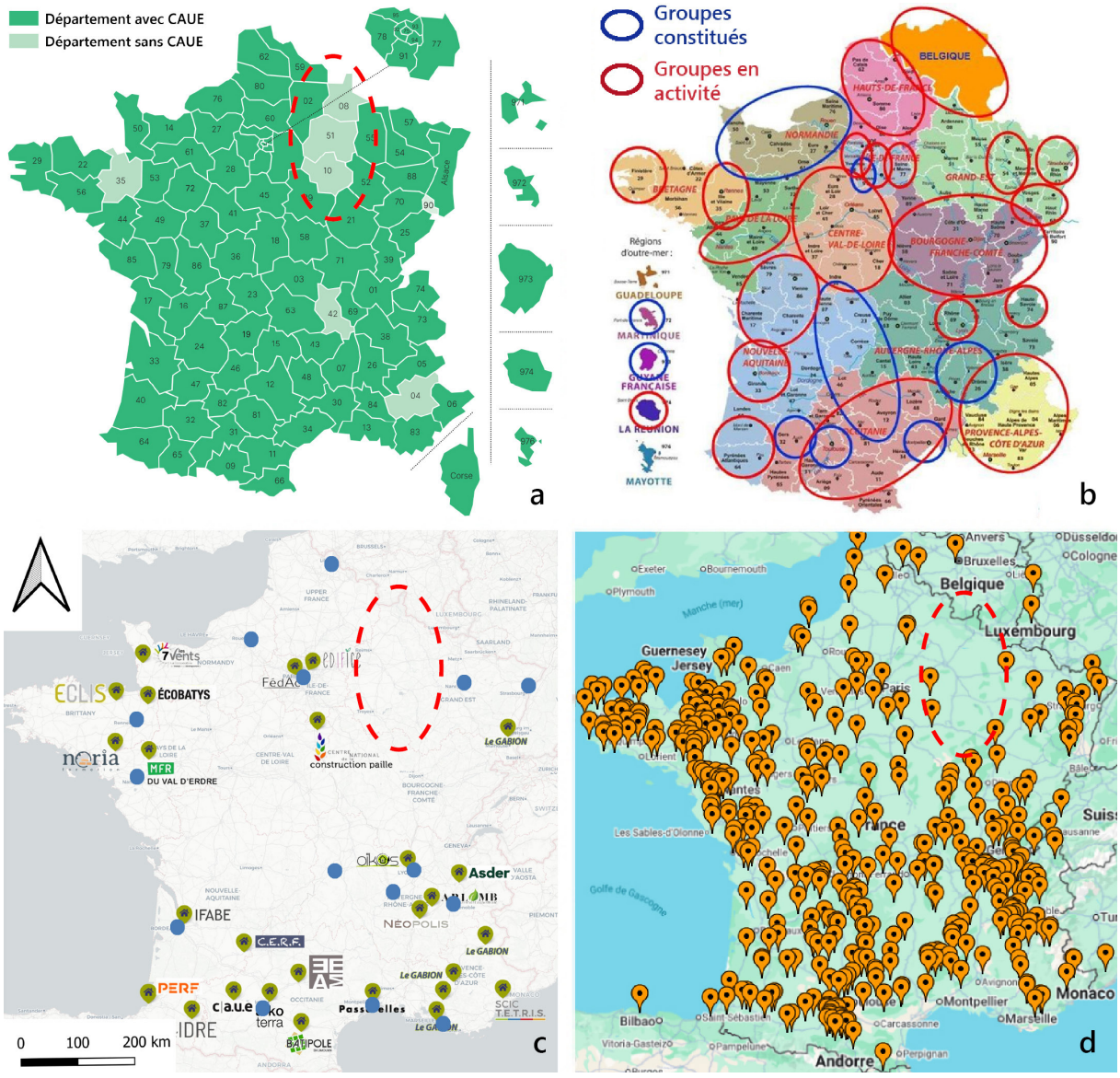


Figure 0-19 : Cartographies de dynamiques régionales autour de l'architecture.
a : *Présence des CAUE.* b : *Groupes de la frugalité Heureuse et Créative.* c : *Écoles Nationales Supérieures d'Architecture (bleu) et organismes de formation professionnelle à l'écoconstruction, la restauration du patrimoine et au réemploi (vert).* d : *chantier participatifs sur le réseau Twiza en septembre 2025.*

• Structures et dynamiques existantes

Malgré l'absence constatée de certaines structures et dynamiques autour de la question du patrimoine ou de la matière terre, il existe des structures à même de pouvoir participer à son renouveau.

Chez les professionnel-les, nous avons déjà mentionné la dynamique récente portée par des architectes dans le cadre du mouvement de la « frugalité heureuse et créative ». Il existe également à Châlons-en- Champagne la Maison de l'Architecture de Champagne-Ardenne, dont la mission est « d'inspirer et de promouvoir auprès des collectivités locales et du public toutes mesures propres à faciliter la compréhension de l'architecture »[29]. Au niveau régional, le réseau Envirobat Grand Est est créé depuis juin 2018 et rassemble les trois centres de ressources régionaux pour la promotion du bâtiment et de l'aménagement durable.

Sur le territoire de la Champagne crayeuse, il existe également deux Parcs Naturels Régionaux: celui de la Montagne de Reims et celui de la Forêt d'Orient (voir Figure 0-13, p.16). À ce titre Bavay (2011, p.336) signale « une exposition réalisée en 1981 par le Parc naturel régional de la Montagne de Reims et intitulée La terre, matière et matériau ». Tandis que le PNR de la Forêt d'Orient organise des journées pratique avec le maçon Olivier Berthaut[30], spécialiste du patrimoine et de la terre.

Du côté des établissements de formation, l'ESAD (École Supérieure d'Art et de Design) de Reims, via la chaire IDIS (Industrie, Design & Innovation Sociale), développe des projets de master avec la mise en réseau d'acteurs du territoire, autour de filière de matière. Par exemple le chanvre en 2018[31] et le bois en 2020[32]. Ces travaux sont valorisés notamment par la réalisation de carnet d'expérience et ont amené la publication d'un ouvrage intitulé « Le chanvre, matière à transition. Design, territoire et écologie ».

Du côté associatif, l'association Maisons Paysannes de France dispose d'une délégation dans chaque département qui proposent ponctuellement des chantiers sur le patrimoine. Enfin, l'association rémoise Des Idées Plein La Terre[33] (DIPLT) est fondée en 2020, regroupant des professionnel-les de la construction formées à l'écoconstruction et à la maçonnerie en terre et dont les missions sont notamment de « Rénover le patrimoine bâti plutôt que construire [...], développer la terre crue comme matériau peu énergivore, local et à fort potentiel social [...], Valoriser et entretenir le patrimoine local en terre»[34].

Ainsi, des partenariats entre ces différents acteurs et actrices du territoire ont commencé à émerger en amont de ce travail de thèse, à l'image de l'exposition « La terre, un grand cru(e) » co-organisée par la MACA et l'association DIPLT entre novembre 2021 et janvier 2022. Ces échanges permettent donc d'envisager des prolongements de ces synergies, dans lesquels ce travail de recherche peut prendre part.

---

29 https://www.ma-lereseau.org/maisons/maison-de-larchitecture-de-champagne-ardenne

30 Entreprise SABA (Savoir d'Antan Bâtisseur d'Avenir), Olivier Berthaut a participé à la rédaction des Guides de Bonnes Pratiques sur le torchis. Il est également formateur à l'IUMP (Institut Universitaire des Métiers du Patrimoine) de Troyes, auprès des Compagnons du devoir.

31 https://chaire-idis.fr/projets/le-chanvre

32 https://chaire-idis.fr/projets/filiere-bois-et-valorisation-dun-territoire-1

33 Je fais partie de cette association, ce qui permet d'avoir une vision globale sur les dynamiques locales autour des thématiques du sujet de thèse.

34 Pour plus d'information, voir le site : https://www.desideespleinlaterre.fr

D. Objet de la thèse

D.1. Problématiques et objectifs de la thèse

Pour ce travail de recherche nous partons des constats issus des travaux cités précédemment (Imbault, 1986 ; Royer, 2001 et 2011 ; Bavay, 2011 ; Turmel, 2014) :

- Le carreau de terre est apparu à l'époque romaine, mais par la suite il n'y a pas de traces antérieure au 17e siècle ;
- Il fait partie des principaux matériaux de construction de la région ;
- Réparti sur l'ensemble de la Champagne crayeuse et une partie de la Champagne humide ;
- Son emploi est avéré aussi bien en milieu urbain et rural ;
- Les témoins sont encore abondants et facilement repérables depuis la voie publique.

L' existence d'un patrimoine en terre important et pluriséculaire, mais pourtant peu étudié, sur le territoire de la Champagne, nous a conduit à élaborer un projet de recherche sur ce dernier. En effet, nous émettons l'hypothèse que la redécouverte de la culture constructive en terre crue en Champagne, par une approche pluridisciplinaire, permet à la fois l'écriture d'un nouveau récit sur la culture constructive locale, tout en permettant de repenser les manières de faire du secteur de la construction, à la fois sur le soin à apporter au patrimoine existant, que dans le but de développer une architecture durable et respectueuse de son environnement humain et non humain.

L' objectif de ce travail est donc de redécouvrir ce patrimoine dans ses grandes spécificités pour permettre d'envisager une nouvelle dynamique autour de la terre dans la construction au niveau local. Dans un premier temps, en retraçant les grandes lignes de l'emploi du carreau de terre depuis son apparition jusqu'à sa disparition. Dans un second temps, en cartographiant l'étendu du bâti encore existant, tout en révélant ses caractéristiques de matière, de mise en œuvre et de typologie. Ensuite, en caractérisant le matériau en tant que matériau de construction. Enfin, en apportant une réflexion autour des modalités possibles de sa réappropriation dans le contexte de crises sociales et environnementales.

D.2. Méthodologie :

• Approche pluridisciplinaire

Le choix pour mener ce travail est de favoriser une approche pluridisciplinaire, afin d'aborder le matériau à travers ses différentes réalités et ainsi prolonger les réflexions apportées par Léo Mariani[35] :

> *« Se positionner dans le champ d'une discipline, c'est faire passer le groupe qui débat du monde et la façon qu'il a de le faire en premier. C'est faire autrement dit comme si les questions pertinentes qui pouvaient être adressées à ce monde se trouvaient toutes à l'intérieur du groupe... et prendre par conséquent le pli narcissique évoqué par Lévi-Strauss : asseoir des théories sur des théories en suivant le fil d'un progrès cumulatif spécieux, au risque de perdre finalement de vue la référence ou le signifié ; ce dont il était en réalité question ».* (Mariani, 2024, p.13)

Toutefois, il faut bien reconnaitre les limites évidentes d'une telle approche dans le cadre d'un travail de thèse. La limite principale étant l'impossibilité de maîtriser les problématiques

35 Léo mariani est anthropologue au sein de l'UMR 7206 «Éco-Anthropologie» du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et de l'Université de Paris.

respectives des champs disciplinaires traversés. En revanche, cette perspective permet d'envisager un travail plus dense et plus complet sur les diverses réalités (historiques, géographiques, géologiques, physiques, sociales...) constitutives de l'objet étudié et ouvrant finalement des pistes de recherches plus variées.

Les différentes approches développées dans ce travail concernant l'étude bibliographique, les recherches archivistiques, l'étude de terrain, en laboratoire, etc. sont présentées en début de chaque chapitre.

D.3. Organisation du manuscrit

Le travail est présenté en trois partie principales, sous forme de chapitre, avant la présentation d'une réflexion transversale à partir des résultats présentées dans les chapitres.

Le premier chapitre concerne la synthèse de l'état des connaissances sur la construction en carreaux de terre en Champagne, autant du point de vue historique, géographie, technique que social, à partir d'une étude bibliographique.

Le second chapitre porte essentiellement sur le travail de terrain, à travers la réalisation de cartographies, mais également la caractérisation du bâti. Ce travail est complété par une étude aux archives départementales concernant l'impact de la première guerre mondiale sur ce patrimoine, et par une réflexion sur l'apport d'une approche sensible pour soulever de nouvelles problématiques et enrichir la représentation de l'objet d'étude.

Le troisième chapitre présente la caractérisation de la matière employée pour la réalisation des carreaux de terre, ainsi que celle concernant le comportement du matériau du point de vue mécanique, hygrothermique et de son réemploi.

Pour terminer, la partie discussion présente des pistes de réflexion autour du renouveau d'une filière locale de la terre, à partir des résultats des trois chapitres tout en se basant sur l'apport de travaux issus du domaine des sciences humaines et sociales.

I. ÉTAT DE L'ART : LES CARREAUX DE TERRE DE CHAMPAGNE

« S'inscrire dans le mouvement international de revalorisation de la terre, en fonction de nos ressources et de nos intérêts régionaux, car nous avons l'atout d'une tradition ancestrale. Cet atout, il faut le revaloriser en approfondissant la connaissance des savoir-faire techniques de cette tradition régionale du carreau de terre, et les typologies de notre patrimoine »

Chapelon (1981, p.17)

Ce premier chapitre constitue une synthèse générale des connaissances sur la construction en carreaux de terre en Champagne, autant du point de vue historique, géographique que technique.
En 1981, Perrine Chapelon finalise son travail de mémoire d'architecture intitulé *Terre de Champagne*, à l'École d'architecture de Nancy. Ce travail constitue la première synthèse des connaissances sur le carreau de terre champenois[1]. Le sujet porte sur le patrimoine en carreaux de terre, avec pour objectif de « réhabiliter la construction en terre à sa juste valeur » (Chapelon, 1981, p.2). Dès son introduction, Perrine Chapelon précise que :

> *« Parmi les écrits concernant l'histoire de la région, rares sont ceux qui mentionnent le carreau de terre, et plus rares encore ceux qui s'intéressent à sa production, qu'il s'agisse de sites ruraux ou urbains. La rareté des sources informatives est la raison pour laquelle (malgré une année de recherches) la connaissance de l'emploi du carreau de terre demeure incomplète et partielle. Certaines incertitudes ne sont pas levées, alors que des questions toujours plus nombreuses se posent au fur et à mesure de l'avancement de la recherche dans ce domaine » (Chapelon, 1981, p.5)*

Le terrain d'étude principal de ce travail était défini par le territoire inscrit au sein du Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims (PNR MR), crée en 1976. Le mémoire est accompagné par une étude en laboratoire (Dumoulin, 1981) d'une trentaine d'échantillons de carreaux de terre (provenant essentiellement de villages de la Montagne de Reims), ainsi que de la réalisation de deux projets expérimentaux à partir du matériau terre[2]. Ce travail de mémoire est mené conjointement avec Paul Henri Boutin et Marc André du PNR de la Montagne de Reims, respectivement architecte et ethnologue.

Depuis, peu d'écrits concernant le carreau de terre sont apparus. Les plus étayés sont *La Champagne, architecture régionale* écrit par Daniel Imbault et publié en 1986, et *Champagne Ardenne. L'architecture rurale française*[3] de Claude Royer, publié en 2001. Ces deux références traitent de l'architecture régionale dans sa globalité, c'est-à-dire de l'ensemble des matériaux qui la constituent . Les références bibliographiques concernant le carreau de terre sont majoritairement identiques, mais constituent un socle d'informations précieuses. Enfin, deux textes supplémentaires paraissent dans *Les cultures constructives de la brique crue* sous la direction de Claire-Anne de Chazelles, Alain Klein et Nelly Pouthomis, publié en 2011. Le premier est signé Claude Royer et correspond à un résumé de sa publication citée ci-dessus. Le second est réalisé par Gérard Bavay et sera un compte-rendu de ses observations sur le terrain, apportant une ouverture sur les questions soulevées par ce patrimoine.

---

1 À la même période, Hubert Guillaud a finalisé son mémoire de diplôme d'architecte à l'école d'architecture de Marseille-Luminy, intitulé Histoire et actualité de la construction en terre crue, en 1980. Le carreau de terre champenois y est traité parmi d'autres techniques de construction en terre, apportant des informations complémentaires au travail réalisé par Perrine Chapelon.

2 Le terme « terre crue » n'est pas ici utilisé, car ces réalisations font appel à une adjuvantation du matériau avec de la chaux.

3 Cette publication fait suite à la vaste enquête conduite de 1941 à 1946, par Georges-Henri Rivière, muséologue, fondateur et premier directeur (1937-1966) du musée des Arts et Traditions Populaires à Paris. « L'enquête sur l'Architecture Rurale 1425 (ou Chantier 1425) est une vaste enquête pour laquelle une quarantaine d'architectes ont sillonné les départements français, pour réaliser des relevés et produire 1660 monographies. C'est la première étude de cette envergure, par ailleurs pluridisciplinaire (géographie humaine, histoire économique, et sociale, ethnographie, architecture, agriculture). L'objectif était de faire une typologie des formes d'habitations rurales [et] de révéler les relations et les constantes entre la géographie et la production humaine [...] Plus de vingt ans plus tard, ce corpus a été mis à jour pour constituer le Corpus de l'architecture rurale française (Conduite de 1969 à 2001, par Jean Cuisenier, ethnologue, deuxième directeur (1966 – 1988) du musée des ATP) ». Expérimenter la transformation des ressources constructives locales : révéler et actualiser les savoir-faire, Marchiaro, Silestri et Cadoni, Cycle de séminaires de la chaire « Ressources naturelles renouvelables, climat & architecture », Laboratoire ATE – ENSA Normandie, 20-21 juin 2022.

La synthèse présentée dans ce chapitre s'appuie sur cette bibliographie et les bibliographies rapportées dans ces dernières. De plus, grâce à un premier travail exploratoire mené avec l'agence Bruno Decrock[4], quelques sources encore inexplorées complètent les travaux précédemment cités. Enfin, d'autres ressources partiellement exploitées et l'étude d'une sélection de publications de fouilles archéologiques, permettent de compléter ces réflexions, ce qui permet la réalisation d'un travail chronologique sur l'emploi du carreau de terre en Champagne encore inédit.

Dans un premier temps le terme de « carreau de terre » est défini, avant de présenter une synthèse de son emploi en Champagne à travers le temps. Ensuite, l'approche spatiale sur ce patrimoine et de son lien avec la géologie locale est présentée, ainsi que la caractérisation de la ressource et des stratégies d'approvisionnement. Puis, c'est une approche plus technique de la fabrication des carreaux, de leur mise en œuvre, de la typologie du patrimoine et une réflexion sur l'aspect économique qui sera présentée. Enfin, un point est fait sur les caractéristiques mécaniques du matériau à partir de l'étude présentée dans le travail de mémoire de Perrine Chapelon (1981).

La conclusion de cette partie présentera un résumé synthétique des différents domaines explorés à partir de ce matériau régional et introduira les axes de recherches développés dans les chapitres 2 et 3.

4 L' agence Bruno Decrock est spécialisée dans la réalisation d'études et d'inventaires dans les domaines des monuments historiques, de l'archéologie, des archives et des musées. Le travail exploratoire , que nous avons commandé, a été réalisé par Julien Marasi et Bruno Decrock.

I.1. Introduction lexicale : Carreau de terre pour brique de terre crue moulée

Les dénominations « brique de terre crue », « brique crue » ou « adobe » englobent les techniques de construction en terre employant des éléments modulaires préalablement séchés et mis en œuvre à l'aide de mortier (Aurenche et al., 2008). Toutefois ce terme renvoie à différentes réalités dans le processus de fabrication. Les éléments modulaires peuvent être modelés, moulés, taillés ou découpés[5] (Aurenche et al., 2008). Ces différenciations sont importantes, notamment lorsqu'il s'agit de se situer dans le temps ou de définir l'origine de la technique adoptée. Les premières traces de briques crues sont modelées et apparaissent au 9e millénaire avant notre ère au Proche Orient tandis que les premières briques moulées, constituant une étape évolutive, apparaissent à la fin du 8e ou au début du 7e millénaire avant notre ère (Sauvage, 1998 ; De Chazelles, 2008). Lorsque la brique crue moulée existe, elle est soit une amélioration locale du procédé de fabrication, soit le témoin d'un apport culturel (De Chazelle, 2008)). Il est à noter que les foyers de naissance de la brique crue moulée sont peu nombreux et n'ont pour le moment jamais été établis en France (De Chazelles, 2011). Les deux autres modes de fabrication (taillés ou découpés) sont bien moins répandus (Aurenche et al., 2008).

En France, le mot « adobe » ne s'est pas propagé dans le langage vernaculaire et il semble qu'il n'existe pas de termes spécifiques régionaux pour désigner la brique crue moulée[6] (Aurenche et al., 2008). Néanmoins, le terme « carreau de terre », bien ancré dans le vocabulaire champenois (Herbert-Barrat, 1977 ; Guillaud, 1980; Chapelon, 1981), semble désigner principalement des briques crues moulées. En effet, les traces les plus anciennes de briques crues datant de la période antique (comme cela est présenté dans la partie I.2.1), il est peu probable que celle-ci soient modelées. Dans ce travail de recherche, la plus ancienne trace écrite retrouvée du terme « carreau de terre » est issue des archives ecclésiastiques du 16ème siècle rédigées par Louis Demaison (1900, p.104).

D'autres appellations existent, bien que plus rarement utilisées, telle que « carreau de Marat[7] » qui désigne, selon le dictionnaire du patois champenois un « carreau de terre pour bâtir » (Tarbé, 1851) et que l'on retrouve aussi dans l'almanach de la Marne de 1920. Cette dénomination n'apparait pas dans d'autres sources, il est alors difficile de généraliser sur son emploi. Dans Reims : ses rues et ses monuments, Tarbé (1844, p.39) a également employé le terme « carreaux de Champagne » pour désigner ces « briques de terre séchées simplement au soleil ». Il est relevé une dénomination populaire de « carreau de craie », due à la forte proportion de calcaire (Boutin, 1983). Plus récemment le terme de « carreaux de graveluche » (Achard-Corompt et al., 2012 ; Bündgen, 2025), apparait dans la littérature scientifique, où le qualificatif « graveluche » permet de spécifier le type de matière employée[8].
Enfin, le terme « carreau » correspond également à un module de terre cuite utilisé pour le sol depuis la période romaine, jusqu'à nos jours. Ceci prête à confusion lors de la lecture de certains textes.

5 La « brique modelée » est faite à la main, sans moule, ni découpage. La « brique moulée » est réalisée à l'aide d'un moule. La « brique taillée » est extraite du sol après décapage de la partie superficielle à l'aide de pics, pioches, ou autre outils taillant. Ce procédé est similaire à l'extraction de la pierre. La « brique découpée » n'utilise pas le matériau brut. La terre à bâtir est répandue sur le sol à l'état plastique, découpée en briques et séchées en place.

6 Cette affirmation reste à prendre avec prudence. Alain Marcom, maçon terre crue dans la région toulousaine nous a informé qu'en Astarac-Magnoac, on nomme les briques moulées « Mottos ».

7 Il est possible que cette appellation tienne son origine de la « brique de Marats ». Marats étant le nom d'un village de la Meuse, situé à une quinzaine de km au nord de Bar-le-Duc, où une grande quantité de briques crues destinées à la construction de fours était produite. Cette information provient de la Statistique géologique, minéralogique, minéralurgique et paléontologique du département de la Meuse, Buvignier, 1852, p.420-421. Buvignier souligne que cette production est faite « presque exclusivement par des enfants, ce qui permet de les livrer au prix presque incroyable de 5 fr. et quelquefois même de 4,50 le 1000 » (Buvignier, 1852, p.648).

8 Le mot graveluche désignant les formations de graviers de craie remaniée dans les poches d'altérations périglaciaires ou les colluvions.

Dans cette recherche, les termes « carreau de terre », « carreau » ou « brique crue » renverront systématiquement à la technique de la brique de terre crue moulée, sauf indication spécifique.

I.2. Approche chronologique : Emploi du carreau de terre en Champagne

Il n'existe actuellement pas de synthèse sur les périodes d'utilisation du carreau de terre en Champagne. Dans la littérature sur la construction régionale évoquant ce matériau de construction, deux époques très espacées ressortent : la première correspond au haut Empire, faisant référence aux travaux de fouilles archéologiques effectuées sur la porte Bazée de Reims et démontrant une existence au 3e siècle (Chapelon, 1981 ; Royer, 2001). La seconde fait référence à l'époque Moderne, au 17e siècle par l'intermédiaire d'archives du village de Chouilly rapporté par Marcq (1975) et au 18e siècle d'après l'étude menée sur les villages de la Montagne de Reims (Chapelon, 1981). L'emploi du carreau de terre entre le Moyen Âge et le 17e siècle est incertain (Chapelon, 1981) et la question de la continuité de son emploi reste ouverte.

Ces dernières publications au sujet du carreau de terre sont pour la plupart trop anciennes pour avoir pu bénéficier des apports des fouilles archéologiques. En effet, elles se sont développées principalement à partir des années 1980[9] et la systématisation des opérations d'archéologie préventives (par l'Afan[10], crée en 1973, puis par l'Inrap à partir de 2002). Pour la Champagne, les publications seront effectives uniquement à partir des années 1990. À titre d'exemple, la publication de Balmelle et al. (1990) dans la série Archéologie Urbaine du bulletin de la Société Archéologique Champenoise à propos de l'Ilôt Capucins-Hincmar-Clovis, à Reims, qui révèle dans le remplissage hétérogène d'une tranchée de sablière, la présence de carreaux de terre rubéfiés.

Cette partie retrace les périodes pour lesquelles l'emploi du carreau de terre est attesté, depuis son apparition jusqu'à nos jours, à travers les résultats de fouilles archéologique pour les périodes les plus reculées (Antiquité et Moyen-Âge), les textes écrits à partir de l'époque moderne et des témoignages pour les époques plus récentes. Ce travail n'a pas vocation à l'exhaustivité, ni historique ni archéologique, mais souhaite rendre un premier aperçu sur le temps long de l'emploi du carreau de terre en tant que matériau de construction.

I.2.1.Empire romain : Apparition du carreau de terre en Champagne

Dans sa recherche, Delencre (2017) enquête sur l'apparition et la diffusion de nouveaux matériaux et modes de construction dans le Nord-Est de la Gaule romaine entre le 2e siècle avant n.è. et le 2e siècle de n.è. Il y est proposé de considérer l'utilisation de la pierre et de la terre cuite comme marqueur d'une « rupture nette avec les modes de construction gaulois employant des ressources périssables, telles que le bois, le chaume ou encore la terre crue » (Delencre, 2017, p.15). Néanmoins, il est probable que la terre crue fasse plutôt référence au torchis car les briques crues sont citées parmi « les matériaux nouveaux issus de la romanisation

9 C'est justement sur une fouille dirigée en 1980 par Michel Chossenot (1992) sur le site de La Cheppe – Champ de Mourmelon (Marne) qu'il est noté : « C'est la première fois, semble-t-il, que l'on a retrouvé, en Champagne, un mur en carreaux de terre encore en place, datant de l'époque galloromaine » (Chossenot, 1992, p.225).

10 L'Association pour les fouilles archéologiques nationales (Afan), créée en 1973 est une agence du ministère de la Culture chargée de la mise en œuvre du fond d'intervention pour l'archéologie de sauvetage. Elle est remplacée par l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap) par la loi du 17 janvier 2001 relative à l'archéologie préventive.

11 Il est intéressant de noter que Balmelle et al. précisent : « Dans les publications récentes, l'expression «brique crue» est préférée à «carreaux de terre» ; cependant, ce type de matériaux a été utilisé jusqu'à très récemment dans la région rémoise. Aussi, nous utiliserons l'expression «carreaux de terre»» (Balmelle et al., 1990, p.54). Ceci démontre que plusieurs découvertes existent dès les années 1990.

» (Delencre, 2017, p.16). En effet les foyers d'invention de la brique crue moulée sont peu nombreux et la thèse diffusionniste est privilégiée par les spécialistes (De Chazelles, 2011). Son emploi est attesté à partir du changement d'ère de la Méditerranée jusqu'en Grande-Bretagne, en Alsace et en Lorraine (De Chazelles, 2011). Mais c'est bien en Champagne, correspondant principalement aux territoires des Rèmes et des Tricasses, que son emploi est majoritairement retrouvé (Delencre, 2017) (Figure 1-1). Sur les 86 sites recensés, 70 proviennent des Rèmes[12] et 1 des Tricasses[13]. Malgré les difficultés d'identification, les carreaux de terre concernent un tiers des sites du corpus du territoire des Rèmes, ce qui démontre que son emploi était répandu.
Les premières traces de l'utilisation de la brique crue correspondent à la période augustéenne (25 avant n.è. – 14 de n.è.) (Balmelle et Rollet, 1997, dans Delencre, 2017) dans les agglomérations de Durocortorum (Reims) et Durocatalaunum (Châlons-en-Champagne) (Chossenot, 1978, Ibid.). Son utilisation est identifiée au 1er, 2e et 3e siècle après n.è. dans les mêmes agglomérations ainsi qu'en territoire rural à Bussy-le-Château pour la période julio-claudienne (14 à 69 après n.è.), à Cernay-lès-Reims pour l'époque flavienne (69 à 96 après n.è.) et antonine (96 à 193 après n.è.) ainsi qu'à Cuperly pour l'époque antonine également. La carte archéologique nationale[14] signale un emploi jusqu'au 4e siècle à Châlons-en-Champagne (Lenoble, 1980b, Ibid.) et Reims (Sindonino, 2011, Ibid.). Enfin le site concerné par la brique de terre crue pour les Tricasses concerne le village d'Arcis-sur-Aube dont le mobilier est daté du 3e siècle (Delencre, 2017).

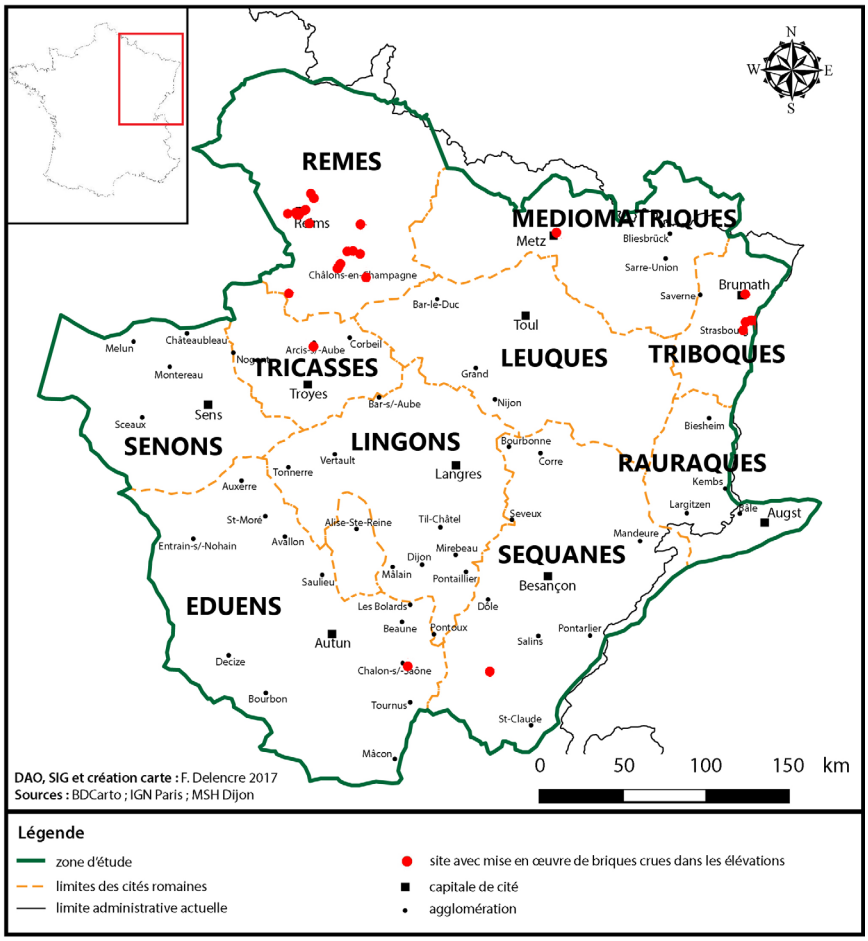


Figure 1-1 : Emploi de la brique crue dans les maçonneries pour le sites du Nord-Est de la France sur la période gallo- romaine. Modifiée à partir de des cartes réalisées par F. Delencre (2017)

12 Ce territoire occupe une grande partie des départements actuels de la Marne, des Ardennes et de l'Aisne, ce qui correspond assez bien à la Champagne crayeuse. (Delencre, 2017, p.261)

13 L'espace concerné par cette cité correspond à une large partie du département actuel de l'Aube, ainsi qu'au sud de la Marne. (Delencre, 2017, p.259)

14 Les références à la carte archéologique nationale ont été permises grâce à la base de donnée établie par Delencre (2017). À partir de celles-ci, il a été possible de récupérer les références bibliographiques des 71 sites champenois faisant mention des élévations en briques crues.



Figure 1-2 : E. Mur bahut en place surmonté de 3 assises préservées de briques crues.
F. Mur en carreaux de terre partiellement effondré (Laratte, 2022).

La présence de carreaux de terre est supposée sur un bâtiment à vocation agricole daté de la 2nde moitié du 1er siècle après n.è. à Bezannes (Achard-Corompt et al., 2012). Mais les élites urbaines se l'approprient très vite pour la construction des habitats aristocratiques romains, les *Domus*. À titre d'exemple, la *Domus* au Mercure situé rue Eugène-Desteuque à Reims, datée au 2ème quart du 1er siècle, où les murs sont fondés sur pierre et les parois élevées en briques crues (Cavé et al., 2022). D'autres Domus présentant le même procédé constructif seront découvertes au 2 rue des Jacobins et à l'angle des rues Lagrive et des Coutures (Reims), datant respectivement du 1er et 2ème siècle (Berthelot, 2009).

À la période romaine, l'utilisation des briques crues s'est donc rapidement généralisée pour tous types de bâtiments : pour différents statuts sociaux, différentes fonctions, d'habitations ou d'artisanat (Laratte, 2022), aussi bien en contexte urbain que rural (Delencre, 2017).

De manière générale, le carreau de terre sert tant pour la maçonnerie structurelle que pour les cloisons intérieures, comme le montrent les fouilles des Hautes promenades à Reims (Laratte, 2022) (Figure 1-2).

I.2.2. Premier Moyen Âge (5e–11e siècle)

Pendant longtemps les connaissances sur l'habitat rural du haut Moyen Âge au nord de la Loire sont restées lacunaires et la nécessité de produire des synthèses régionales est alors nécessaire (Peytremann, 2003). Un ouvrage[15] publié en 2024, réalisé sous la direction de Marie-Cécile Truc et la codirection d'Arnaud Rémy comble ce manque pour l'ancienne région Champagne-Ardenne, en réalisant une synthèse sur l'habitat rural du premier Moyen Âge

15 Archéologie de l'habitat rural du premier Moyen Âge en Champagne-Ardenne (fin Ve-XIIe siècles). Un bilan régional de trente ans d'archéologie préventive, éd. Marie-Cécile Truc, Arnaud Rémy, Caen, Association française d'archéologie mérovingienne, 2024 ; 2 vol., 480 p + 476 p

d'après les données archéologiques. Mais du côté des maisons urbaines, la Champagne-Ardenne fait partie des régions où le corpus est peu élevé (Garrigou Grandchamp, 2019).

En Champagne, « la première fouille d'un habitat du haut Moyen Âge remonte à 1943 [et] il faut attendre la seconde moitié des années 1960 pour que des vestiges similaires fassent l'objet d'observations qui restent succinctes » (Peytremann, 2003, p.125-126). Avec le développement de l'archéologie préventive à partir des années 1990, les découvertes d'habitats ruraux en Champagne-Ardenne se multiplient et, à partir des années 2010, commencent à faire l'objet de publications plus régulières, (Truc et Rémy, 2024, vol.1, p.15). La région est passée de 21 sites d'habitats ruraux étudiés en 2003 (Peytremann, 2003) à 91 sites ayant fait l'objet de fouilles en 2020 (Truc et Rémy, 2024, vol.1, p.21). Cependant, la répartition spatiale de ces fouilles est inégale, car en partie dépendante des politiques d'aménagement du territoire, donnant une surreprésentation, notamment dans l'Aube, alors qu'il a vocation à être plus diffus. De plus, la transition de l'habitat rural entre la fin du Bas-Empire au haut Moyen Âge n'est pas aisée, car souvent masquée par des vestiges d'autres époques (Marchaisseau et Pertuisot, 2015).

Dans le travail de synthèse sur l'habitat rural du haut Moyen Âge en Champagne-Ardenne dirigé par Marie-Cécile Truc (Truc et Remy, 2024), un corpus de 48 bâtiments est analysé. 5 types de bâtiments sont définis : bâtiments sur poteaux à une nef, à plusieurs nefs, sur tranchée de fondation, sur solin ou fondation en pierre et bâtiments excavés. Les bâtiments sur poteaux sont majoritaires et représentent plus des deux tiers du corpus (Truc et Remy, 2024, vol.1, p.61). Les bâtiments sur tranchée de fondation et sur solin ou fondation en pierre sont équivalents avec respectivement 7 et 5 bâtiments, tandis que les bâtiments excavés sont au nombre de 3. Il semble que pour les bâtiments sur poteaux, qui représentent la majorité, les murs soient en torchis et clayonnage (Truc et Remy, 2024, vol.1, p.84). Le doute subsiste pour les autres.

Sur l'ensemble de ces bâtiments, un seul témoigne de la présence de carreaux de terre. Il a été repéré lors d'un fouille dirigée par Marie-Cécile Truc[16] en 2015 - 2016, sur un bâtiment situé à Saint-Memmie (Marne). La fréquentation de ce site, localisé au 24-26 rue du Grand Mau, commence probablement à l'Antiquité, avant de voir l'implantation d'un habitat au haut Moyen Âge, comprenant notamment trois bâtiments sur poteaux et dont l'organisation laisse entrevoir la présence de plusieurs unités familiales matérialisées par des bâtiments sur poteaux, des cabanes excavées et diverses annexes. Entre le 10e et 15e siècle, cette occupation disparait au profit d'un unique bâtiment en dur. Ce dernier, constitué d'au moins deux pièces, construit vers le 10e siècle, présente une architecture mixte, qui « consiste en murs de carreaux de terre et en solins en craie » (Truc, 2019, p.13) (Figure 1-3). Ces derniers ont une largeur moyenne de 60 cm (Truc, 2019, p.142). Ce bâtiment a connu divers réaménagements et les carreaux de terre sont datés, de manière assez imprécise entre le 10e et 13e siècle et plus certainement de la phase 11e – 12e siècle[17].

En Champagne, deux autres fouilles menées sur des églises sont intéressantes pour la période du haut Moyen Âge au sujet de l'emploi du carreau de terre.

La première, correspond à la fouille dirigée par Jackie Lusse[18] au début des années 90, sur une église sur la commune de Le Fresne dans la Marne. Cette église se situe au niveau du village déserté de Saint-Hilaire-sur-Moivre et présente différentes phases de construction

16 Occupations médiévales sur les berges du Mau, Marie-Cécile Truc, Rapport de fouille archéologique, Inrap Grand Est, novembre 2019.

17 Cette précision est apportée suite à un échange avec Marie-Cécile Truc.

18 Les fouilles de l'église du village déserté de Saint-Hilaire-sur-Moivre (commune de Le Fresne, Marne), Jackie Lusse, Société d'agriculture, commerce, sciences et arts du département de la Marne, 1997, p. 25-102.



Figure 1-3 : Mur en carreaux de terre sur la fouille de Saint-Memmie (Truc, 2019). Photographie : Marie-Cécile Truc, Inrap.

définies par des églises préromane, romane, gothique et moderne. Le chœur carré préroman est composé par un mur nommé M17. Ce dernier recouvre deux fosses qui ont été comblées lors de sa construction. La fosse nommée S7, représentant un silo ou une glacière, est rempli de matériaux divers tels des moellons de craie irréguliers ou taillés, ainsi que des strates de « terre gravelucheuse. [...] Ses parois, intactes, sont tapissées d'une terre argileuse grise, ayant servi également à confectionner des carreaux de terre, dont certains ont été retrouvés, soit tombés au fond du silo, soit intégrés à sa paroi » (Lusse, 1997, p.52). L'emploi de carreaux de terre est ici attesté pour la construction du mur M17, dont l'édification semble contemporaine à la nef préromane estimée à la période carolingienne (8e – 10e siècle) (Lusse, 1997).

La seconde fouille est dirigée par Cédric Roms[19] sur l'église Saint-Réol d'Ambonnay. La présence est ici presque anecdotique. Il s'agit du rebouchage d'un trou de boulin à l'ouest de la baie numéroté 1057, réalisé à l'aide d'un carreau de terre. « Celui-ci a livré un charbon dont la datation est étonnante : 774- 990 AD » (Roms, 2024, p.52). Une datation correspondant à celle évoquée pour l'église de Le Fresne (Lusse, 1997), qui est ici bien antérieure à l'ensemble des éléments conservés en élévation de l'église.

Ces trois rapports de fouilles permettent de retrouver la trace de l'emploi de carreaux de terre encore non révélé dans la littérature, pour l'époque carolingienne durant le haut Moyen Âge. Toutefois, les datations pour ces trois exemples cités sont difficiles à préciser et elles pourraient être plus tardives. Les traces du carreau de terre en Champagne avant le 12e siècle restent donc ténues et mériteraient d'être confirmées[20]. Le peu de présence de son emploi pose également la question, sinon de la disparition ponctuelle, d'un emploi moins intense dans la construction des maisons. Ceci semble le cas pour «la majeure partie des provinces romaines occidentales, y compris sur les rives de la Méditerranée » (De Chazelles, 2011, p.159). Ici, c'est aussi l'archéologie du bâti, majoritairement développée sur les églises (Marchaisseau et Roms, 2022), qui a permis de révéler l'emploi du carreau. Seul l'augmentation du nombre d'études archéologiques sera en capacité de renforcer ces hypothèses.

19 Archéologie sur le bâti de l'église Saint-Réol : nouvelles données architecturales et chronologiques, Cédric Roms, Rapport d'étude de bâti, Inrap Grand Est, Octobre 2024

20 La difficulté de ces datations est un élément révélé par les échanges menés avec Marie-Cécile Truc et Vincent Marchaisseau.

I.2.3. Second Moyen Âge (12e–15e siècle)

De nouvelles traces de carreaux de terre sont repérées pour périodes du 12e – 13e siècle.

Dans le rapport de fouilles aux abords des halles du Boulingrin de Reims, Régis Bontrond et Sébastien Péchart (2014, vol.1, p.106), révèlent la présence d'une élévation en carreaux de terre pour une période comprise entre le 12e et milieu 13e siècle (Figure 1-4, gauche), ainsi que d'une maçonnerie de 0,70 m toujours en carreaux de terre datée de la première moitié du 14e siècle (Figure 1-4, droite). Dans ce même rapport des données historiques[21] attestent de la présence d'un mur en carreaux de terre datés de la fin du 15e siècle (Bontrond et Péchart, 2014, p.40).

La fouille dirigée par Claire Pesenti (2016), réalisée sur le site du village de Mont-Saint-Pierre, correspondant au lieu-dit les Terres Soudées à Thillois, confirme l'emploi des carreaux de terre sur un secteur proche. L'emploi est révélé pour la construction de murs d'habitations et de caves datés du 13e siècle (Figure 1-5, gauche et droite), ainsi que l'obturation des galeries souterraines qui auront lieu au 14ème siècle (Figure 1-5, centre), lors de l'abandon du site (Pesenti, 2016). L' utilisation est loin d'être ponctuelle sur ce site. En effet, l'ensemble des caves est réalisé en carreaux de terre, tandis que son emploi est attesté pour un des deux bâtiments sur tranchée de récupération. Ce qui amènera Claire Pesenti à conclure à une « standardisation du module de construction avec un plan quadrangulaire de 2,50 m à 3 m de côté et d'autre part des modes de construction avec des parois habillées de murs de carreaux de terre crue, généralement recouverts d'enduits » (Pesenti, 2016, p.444), bien que la découverte de carreaux de terre en site reste très rare.

L' emploi de carreaux de terre pour une cave semble tout à fait étonnant et mériterait d'être étudié plus précisément. Le cas de construction en terre enterrée semble inconnu. En effet, dans ce cas de figure, les carreaux sont directement exposés à l'humidité du sol, ce qui est totalement proscrit dans la pratique partagée de la construction en terre.

La découverte de carreaux de terre pour la période du second Moyen Âge reste encore faible. Néanmoins, ces deux découvertes attestent que son emploi n'a pas totalement disparu. De plus, en Champagne[22], le 12e siècle correspond à la fixation des habitations au niveau du cœur des villages actuels (Truc et Remy, 2024). Les traces d'emploi pour ces périodes et celles qui suivent auront plus de chance d'être révélés d'une part par des fouilles au sein même des centres des villes et villages ou par l'archéologie du bâti. Or cette pratique est assez récente en Champagne, comparativement à d'autres territoires proches comme la Bourgogne et la Lorraine (Marchaisseau et Roms, 2022).

I.2.4. Époque moderne (16e–18e siècle)

Pour les périodes qui débutent à l'Époque moderne, les fouilles archéologiques sont moins riches en informations. Les traces d'emploi du carreau de terre se retrouvent principalement à travers les textes écrits.

La première trace date du 16ème siècle. Elle apparait dans les archives ecclésiastiques au sujet des comptes du séminaire de Reims pour la période du 1er juillet 1576 au 31 décembre 1577 (Demaison, 1900). La mention concerne la fabrication de carreaux de terre réalisés à Reims, lors

21 « Une mission de recherche archivistique globale sur le quartier a été commandée par la Ville de Reims [et] confiée à Bruno Decrock et a donné lieu à la rédaction d'un rapport achevé en 2010 (Pichard, Decrock et Philippe 2010) ». (Bontrond et Péchart, 2014, vol.1, p.31).

22 Cette date est plus précoce dans d'autres régions (Information transmise par Marie-Cécile Truc).

d'un séminaire pour « la réparation de murailles du côté des Augustins et du côté des remparts » (Demaison, 1900, p.123). Ce fait pose question : se pourrait-il qu'une partie des remparts de la ville soient réalisés avec des carreaux ? Ou bien cela ne serait que ponctuel pour la réparation ? À la même époque, le 20 septembre 1580, Montaigne reporte pour son Journal de voyage en Italie, son passage par Châlons. Il note que tous les bâtiments de la contrée sont faits de craie et de « terre de gazon de même forme » (Montaigne, 1774, p.10). Il est fort probable que cette appellation « terre de gazon » renvoie bien aux carreaux de terre. À l'instar du Haut Empire son emploi est omniprésent dans la construction, au moins sur le territoire châlonnais.



Figure 1-4 : Fouilles archéologiques
À gauche : Élévation d'un mur en carreaux de terre datée 12e – 13e siècle (Bontrond et Péchart, 2014).
À droite : Reste d'une maçonnerie de carreaux de terre datée de la première moitié du 14e siècle (Bontrond et Péchart, 2014). Photographies : NF et HP, Service archéologique Reims Métropole.



Figure 1-5 : Fouilles archéologiques
À gauche : *Vestiges d'une voûte datée du 13e siècle sur le site de Thillois* (Photographie : B. Hollemaert, Éveha).
Au centre : *Condamnation de la galerie avec des carreaux de terre crue* (Photographie : B. Hollemaert, Éveha).
À droite : *Trois assises de carreaux de terre d'une cave* (Photographie : A.-C. Angeli, Éveha).

Son emploi est aussi attesté suite à l'incendie du village de Chouilly. Le soir du 14 avril 1707, le village de Chouilly brûle et le greffier de l'Élection de Champagne rapporte que 173 des 200 maisons que comptait le bourg, ont été touchées. Il ne reste alors que les pignons et les mur goutteraux « dont plus de la moitié sont prest à tomber, les carreaux dont ils sont presque touts construits estant réduits en poudre » (Marcq, 1975, p.92-93). Les carreaux ont donc résisté au feu. Il est probable que les maisons aient été construites avant ou pendant le 17e siècle.

Les archives écclésiastiques contiennent également des traces de sa fabrication au tout début du 18ème siècle. L'information est donnée à propos d'un vigneron de Chigny (Marne, Montagne de Reims) qui « avait fouillé sans autorisation une terre dépendant de la vicomté du dit lieu, pour y faire des carreaux » (Demaison, 1931, p.107).

Un rapport sur la protection et la mise en valeur du petit patrimoine du pays de Châlons-en-Champagne[23], fait mention de la présence à Courtisols, d'inscriptions datées de 1734 et 1870, sur des pierres placées dans des murs en carreaux de terre.

Enfin, l'étude des carreaux de terre du Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims, menée par Dumoulin (1981) renseigne sur les datations des bâtiments sur lesquels les échantillons ont été prélevés. La plupart sont datées du 18e siècle (4 bâtiments à Tours-sur-Marne, 1 à Damery et Châlons-en-Champagne) et du 19e (3 à Avenay-Val-D'or, 2 à Aÿ-Champagne et 1 à Louvois, Nanteuil-la-forêt, Fleury-la-Rivière, Venteuil, Ville-Dommange, Sacy, Écueil et Trépail).

Pour l'Époque moderne, l'emploi de carreaux de terre est donc de nouveau attesté sur un vaste territoire, avec les secteurs de Châlons, Épernay et Reims. Des recherches du côté de l'Aube et des Ardennes, permettraient potentiellement de retrouver son emploi plus au sud et plus au nord.

I.2.5. 19ème siècle

En 1829, l'historien Alexis Monteil remarque sur la voie de Châlons à Reims, la présence de « fabriques de « pierre à craie », c'est-à-dire « de la terre délayée, jetée dans un moule, dorée à l'air » (Jovy, 1936) ; bien que la terminologie soit différente, il s'agissait ici assurément de fabrication de carreaux de terre crue.

En 1840, dans son journal de voyage[24], Charles Piérard (1897), élève de l'école des Mines de Paris, lors d'un voyage au nord de la France et de la Belgique, à la recherche d'informations sur les matériaux, note en passant par Épernay que « toutes les constructions de pays se font en briques non cuites » (Pierard, 1897).

En 1854, une lithographie réalisée par Maugendre, au moment de l'inauguration de la voie de chemin de fer reliant Reims à Épernay, met en scène la fabrication de carreaux de terre aux abords de la ville de Reims (La description de cette lithographie est développée dans la partie I.4.4, p100-103).

En 1859, soit deux ans après l'inauguration du « camp de Châlons » à Mourmelon, des fermes furent construites sur le site en utilisant des briques de terre crue. L'ensemble des opérations fût décrit avec minutie dans une revue spécialisée par les ingénieurs M. Oppermann et Marini (1859). Il est noté que les constructions « remarquées au camp, durent depuis plus de trente ans

23 Protection et la mise en valeur du petit patrimoine du pays, Conseil de développement de Pays de Châlons-en-Champagne, Commission 2 : Animation et attractivité du territoire, Mars 2013

24 Publié dans le LIVRE DU CENTENAIRE, Ecole Polytechnique, 1897, Gauthier-Villars et fils, TOME III

sans avoir été recouvertes d'enduits nouveaux, ni même entretenues » (Oppermann et Marini, 1859, p.136).

En 1912, Félix Michel publie une étude sur les logements ouvriers de la ville de Reims et de ses alentours (voir I.3.4.1). Il y note la présence massive du carreaux de terre dans les constructions. Ces maisons du début du 20e siècle, ont pour la plupart été construites durant la période du 19e siècle, correspondant à l'essort de nouveaux quartiers de la ville, en dehors des remparts du 14e siècle. Les travaux de géologie menés au courant du 19e siècle (qui décrivent non seulement les caractéristiques des sols, mais également les constructions des communes) traduisent également un emploi intensif du carreau de terre à cette période (voir I.4.2).

I.2.6. 1ère moitié du 20ème siècle et abandon

Dans son étude sur les carreaux de terre, Perrine Chapelon (1981) a mené des entretiens avec d'anciens maçons ayant pratiqué ce matériau dans les années 1930, correspondant à la période de la reconstruction d'entre-deux guerres. Ceci est confirmé par Daniel Imbault (1986) et Claude Royer (2001) qui notent que les carreaux de terre ont très largement été employés à la suite de la Première Guerre Mondiale du fait de leur rapidité de mise en œuvre et de leur faible coût. Paul-Henri Boutin (1983, p.12) affirme même son utilisation au lendemain de la seconde Guerre Mondiale, car cela permet de « pallier la pénurie générale de matériaux et d'énergie» (Boutin, 1983). L' emploi du carreau de terre est confirmé par sa présence dans la série des prix de la Société des Architectes de la Marne en 1932 (Chapelon, 1981). Deux notices de 1919 pour les reconstructions préconisent l'emploi de carreaux de terre (Figure 1-6). La première datée de mars 1919, provient du ministère des régions libérées à propos des constructions en terre, où il est question de pisé, de carreaux de terre et de torchis. Dans ce document la terre est qualifiée de « ressource avantageuse partout où font défaut les matériaux de construction habituels »[25]. On y trouve également quelques informations pour analyser sa terre et faire des essais pour le pisé, ainsi que sa réalisation (préparation, outillage jusqu'à sa protection). Pour le carreau de terre, son emploi est précisé pour les départements de la Marne, des Ardennes et de l'Aisne « où on le rencontre dans tous les bâtiments construits avec économie »[26] et des détails sur la fabrication des carreaux et leur mise en œuvre sont donnés. Le document met en avant pour ces constructions « l'avantage de réduire au minimum les transports nécessaires » et un « mode de construction rapide, propre, très économique, durable », dont les « locaux [...] sont frais en été, chauds en hiver, et très salubres dès que les précautions ordinaires sont prises pour éviter la montée de l'humidité du sol »[27].

La seconde notice émane de la préfecture de la Marne, rédigée par le préfet Louis Thibon, en juin 1919, à l'usage des sinistrés, en faveur de la construction de logements provisoires en carreaux de terre et fait suite à la notice du Ministère des régions libérées. Ce document définit les mesures à suivre pour l'édification des construction provisoires en y faisant l'éloge des logements en carreaux de terre et leur « protection efficace contre la chaleur ou le froid [...] dans de meilleures conditions d'hygiène et de confort »[28] dans l'attente des reconstructions définitives.

25 Notice sur les constructions en terre. Pisé, carreaux de terre torchis, Ministère des régions libérées, mars 1919, Paris, p.1. Archives départementales de la Marne sous la côte « R Chp 15087 ».

26 Ibid, p.9.

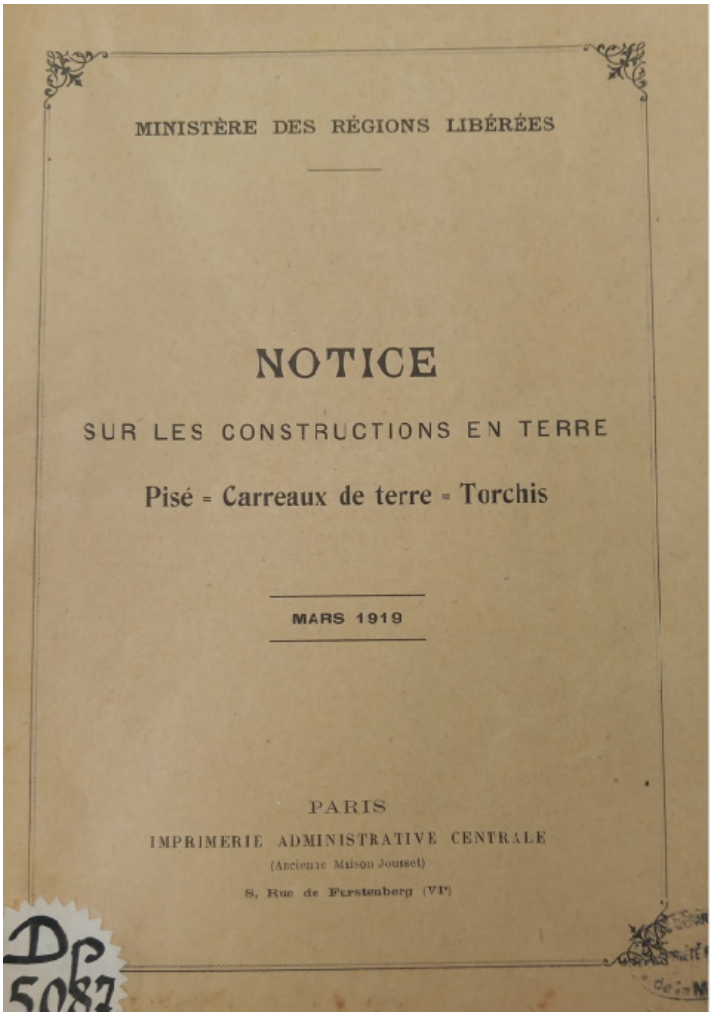
27 Ibid, p.10.

28 Notice à l'usage des sinistrés, concernant la construction de maisons-provisoires en carreaux de terre, Préfecture de la Marne, 21 juin 1919, p.3. Ce document se trouve aux archives départementales de la Marne sous la côte « R Chp 9208 ».

Néanmoins, ces témoignages de l'emploi du carreau de terre pour les périodes d'après-guerre semblent nuancés par Sainsaulieu (1924), qui décrit lors du congrès de l'association provinciale des architectes français qui se tient à Reims, un usage relativement restreint du fait du coût de la main d'œuvre. Le dépouillement de dossiers relatifs aux dommages de guerre effectué aux archives départementales de la Marne[29], nous informe par l'intermédiaire de la note d'un architecte qu'il est très difficile de se procurer des carreaux de terre, « la consommation dépassant de beaucoup la production, qui est d'ailleurs de mauvaise qualité ».

En contrepartie, un grand nombre d'ouvrage décrivant la période de la reconstruction sur Reims ne mentionnent à aucun moment le carreau de terre en tant que matériau. Faut-il y voir une envie de passer à autre chose ? La modernité se préoccupe-t-elle uniquement des matériaux industrialisés, plus « résistants » ? La terre est-elle soumise aux préjugés ? (Dethier, 1986).

La période de reconstruction de l'entre-deux guerres, marque quoiqu'il arrive une modification des modes de construction parfois radicale, comme c'est le cas pour les villages de Sommepy et Thillois.


MINISTÈRE DES RÉGIONS LIBÉRÉES

NOTICE

SUR LES CONSTRUCTIONS EN TERRE

Pisé - Carreaux de terre - Torchis

MARS 1919

PARIS

IMPRIMERIE ADMINISTRATIVE CENTRALE

(Ancienne Maison Jousset)

S, Rue de Furstenberg (VIe)

Ds 5087

Figure 1-6 : Notices pour la reconstruction
Page de gauche : *Notices en faveur de la reconstruction en terre, Ministère des régions libérées.*
Page de droite : *Notices en faveur de la reconstruction en terre, préfecture de la Marne.*

29 Ces documents correspondent à la série 10 R 2003 . Une présentation plus complète de ces documents est effectuée en partie II.1.3, p.140

PRÉFECTURE DE LA MARNE

NOTICE

à l'usage des Sinistrés, concernant la Construction de Maisons provisoires en carreaux de terre.

J'ai l'honneur de vous faire connaître qu'étant donné les difficultés de transport des maisons démontables en bois, et dans le but d'utiliser le plus possible les matériaux locaux, notamment les carreaux de terre, dont l'usage est très répandu dans le département de la Marne, M. le Ministre des Régions Libérées vient d'autoriser, par circulaire du 15 juin dernier, la construction de maisons ou d'abris qui, bien qu'édifiés en matériaux durables, n'en présentent pas moins, en raison de leur importance minime et du mode particulier d'emploi desdits matériaux, un caractère essentiellement provisoire.

Je vous serais obligé de vouloir bien donner aux mesures ci-dessous la plus large publicité.

Caractéristiques des Abris ou Constructions provisoires.

Doivent notamment être considérés comme tels les abris ou constructions d'une valeur ne dépassant pas celle des maisons démontables en bois correspondantes, et qui seraient édifiés, soit avec des murs de briques de 22 cm. d'épaisseur, hourdées en terre, soit avec des murs en briques de 11 cm., hourdées à la chaux, soit avec des murs en carreaux de terre de 14 cm. d'épaisseur, hourdées en terre, soit en tous autres matériaux locaux analogues et employés dans les mêmes conditions.

Modes de Concessions.

Trois cas sont à envisager :

1° La construction de ces abris est faite par l'Etat, sur un terrain appartenant aux Communes, aux Départements ou à l'Etat, ou loué à cet effet par le Service de Reconstitution ;

ARCHIVES DE LA MARNE
1832

I.2.7. Disparition du carreau de terre à l'entre-deux guerre : le constat pour les villages de Sommepy et Thillois

• Le cas de la commune de Sommepy (Marne)

Anne Laure Collet (2000) a mené son travail de mémoire sur la reconstruction du village de Sommepy, après la première guerre mondiale[30]. Une partie de son étude consacrée aux anciennes constructions s'est appuyée sur la série 10 R des Archives départementales de la Marne, pour relever les matériaux utilisés dans ces bâtiments. Sur les dix-sept cas étudiés, sept concernent des maisons bâties entre 1865 et 1900, construites en moellons de craie et carreaux de terre. Les matériaux utilisés pour reconstruire les bâtiments détruits sont différents de ceux d'origine : « la tuile mécanique a remplacé la tuile romaine et la pierre a remplacé la craie » (Collet, 2000, p.84-85).

Pour appuyer ce constat de la disparition des matériaux locaux et artisanaux, Anne Laure Collet s'appuie sur le texte de Germaine Maillet (1987) à propos de la reconstruction dans les Ardennes où le constat est le même : « les matériaux fabriqués industriellement, ont supplanté sans peine les matériaux élaborés de façon artisanale : carreau de terre, pan de bois, craie, qui sont alors tombés en désuétude »[31].

• Le cas de la commune de Thillois (Marne)

Thillois est une commune située à quelques kilomètres à l'Ouest de Reims. A l'occasion de la commémoration du centenaire de la Grande Guerre de 1914-1918, un livre-recueil retrace l'histoire de cette localité rurale durant cette période, depuis l'occupation jusqu'à la libération[32]. L'étude s'appuie sur une diversité de ressources : photos d'archives, cartes, témoignages, extraits de journaux, civiles et militaires. Une partie de l'ouvrage est consacrée au patrimoine bâti, ses matériaux et à la reconstruction.
Thillois est au cœur de la zone de front lors de la bataille de la Marne en septembre 1914. La commune est située en zone des armées françaises du 13 septembre 1914 au 26 mai 1918, date de la seconde bataille de la Marne.

> *« Proche de Reims bombardée et de la ligne de front, Thillois subira de plein fouet la violence des assauts ennemis lors de la deuxième bataille de la Marne (27 mai – 6 août 1918). Le village paiera un lourd tribut. Il sera pris, perdu, repris. Les civils repartiront en exode parmi les fracas de la mitraille, les explosions, les gaz asphyxiants, les villages en feu... »* (Scharffhaussen, 2019, p.177).

Le retour d'exode des thilloisiens commence dès 1919 et le relogement sera terminé en 1928.

Il n'est pas stipulé clairement quelle méthode a été employée pour déterminer les matériaux de construction d'avant-guerre. Toutefois, le recours aux photographies issues de fond privés ou des archives départementales de la Marne permet de révéler la présence du carreau de terre dans les constructions (Figure 1-7). De plus, l'étude a permis de réaliser la reconstitution exacte du plan du village à l'aube de la Première Guerre mondiale. Sur ce plan figure les édifications conservées à la reconstruction de 1918 (Figure 1-8, haut). Ces dernières ont pu servir de témoin sur les méthodes de construction d'avant-guerre (Figure 1-8, bas).

---

30 La reconstruction du village de Sommepy après la première guerre mondiale : objectifs, financement et architecture (1919-1931), Anne-Laure Collet, Université de Reims, 2000.

31 L'habitation rurale en Champagne, Germaine Maillet, Comité du folklore champenois, Châlons-sur-Marne, Paquez et Fils, 1987. Cité dans Collet (2020, p85-86).

32 Thillois dans la grande guerre 1914-1918, Jean-Baptiste Scharffhaussen, Commission du Centenaire 14-18 – Commune de Thillois, 2019, 226p.

Concernant la reconstruction, le réemploi des matériaux a bien eu lieu en parallèle aux recours à des matériaux neufs des briqueteries voisines et des pierres de remplois ou venant des carrières locales ou régionales. Les matériaux réemployés sont en effet nombreux : les briques cuites, les moellons calcaires, les éléments de pierre de taille, les tuiles et le bois de charpente. Les carreaux de terre ne sont pas mentionnés et pour cause :

> *« La marque de la plus grande transition avec l'Histoire sera l'abandon total de la brique crue, ou carreau de terre, au profit de la brique cuite et du moellon. C'est pourtant elle qui composait la très grande majeure partie des édifications thilloisiennes privatives »* (Scharffhaussen, 2019, p.199).



Figure 1-7 : Photographies de destruction
Photographies de bâtiments détruits durant la guerre montrant les carreaux de terre en élévation des façades. Archives départementales de la Marne, cotes 3Fi. Dans Scharffhaussen, 2019, p.166-167.

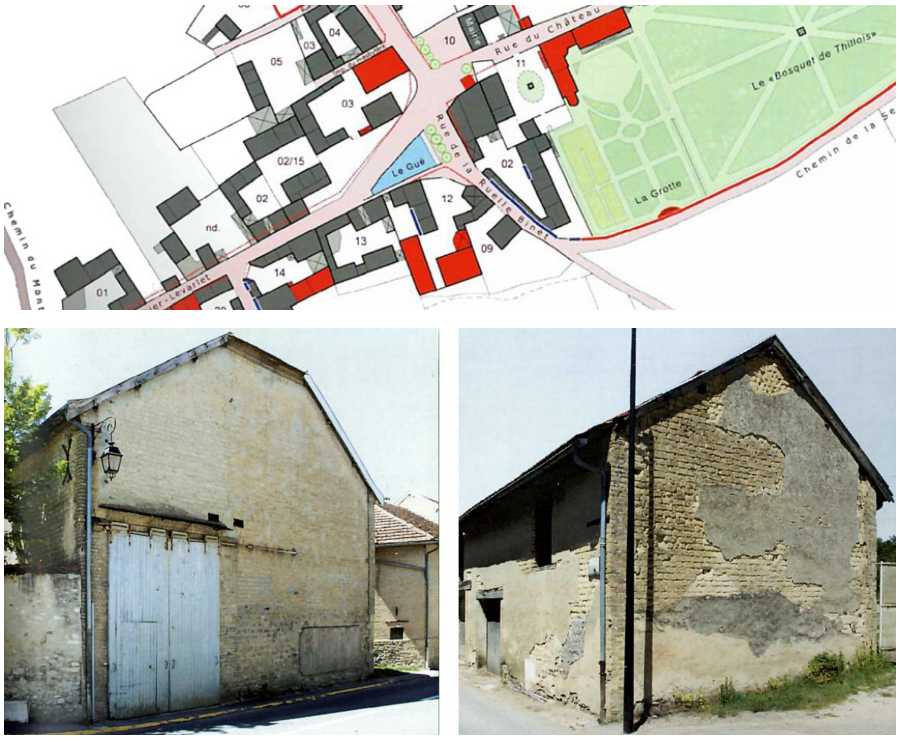


Figure 1-8 : Plan et photographies de Tillois
En haut : extrait de la reconstitution du plan du village de Thillois à l'aube de la Première Guerre mondiale réalisé par J-B. Scharffhaussen. En rouge les bâtiments d'avant-guerre conservés (Scharffhaussen, 2019, p.15).
En bas : exemple de granges anciennes en carreaux de terre crue conservées à la Reconstruction (Scharffhaussen, 2019, p.201). Crédits photo : Richard Gauthier.

L' homogénéité de l'ensemble bâti à la reconstruction de Thillois est voulue tout d'abord par les habitants, regroupés en sociétés coopératives de reconstruction. Elle est également liée au fait qu'un unique architecte, Louis Boiron, est associé à la Coopérative autant sur les édifices publics que privés, renforçant cette homogénéité d'ensemble (Scharffhaussen, 2019, p. 198).

L' exemple de la commune de Thillois démontre que le carreau de terre, matériau caractéristique du village, a disparu à la suite de la Première Guerre mondiale. Son réemploi étant anecdotique, il a quasiment disparu du domaine visible de l'espace urbain lors de la reconstruction d'après 1918. Les multiples raisons potentielles de son abandon sont énumérées par Scharffhaussen :

> *« Perte du savoir-faire, manque de main d'œuvre qualifiée, évolution technologique et industrielle du monde du Bâtiment, exigences administratives des Services Techniques de la Reconstruction, impossibilité de réemployer les grandes quantités de ces carreaux exposés de longs mois aux intempéries et sans protection, impossibilité de répondre totalement de manière artisanale à un volume de reconstruction considérable dans tout le secteur, contrainte de temps de séchage nécessaire au durcissement du carreau afin qu'il acquière sa résistance définitive, ou encore traumatisme des ruines…»* (Scharffhaussen, 2019, p.200).

Il reste à souligner toutefois qu'à la suite de la Première Guerre mondiale, le savoir-faire ne peut avoir totalement disparu. La pratique de la terre, étant partagée et collective, il est peu probable que l'oubli soit totale à cette époque.

- **Conclusion**

Ces deux exemples démontrent l'abandon du carreau de terre pour la reconstruction dans les communes de Thillois et de Sommepy, alors que ce matériau était très présent avant les destructions.

Malgré un emploi avéré en ville pour cette même période, la terre crue finit par disparaître des matériaux de construction par un jeu de plusieurs facteurs concomitants. En complément de ceux cités par Jean-Baptiste Scharffhaussen (2019) citons pour la Seconde : d'un côté l'industrialisation du bâtiment, l'énergie bon marché, et de l'autre, la terre, qui présente une composition variée et qui s'accorde mal avec la réglementation et les normes de la construction (Boutin, 1983). Dethier (1981) évoque également que l'industrialisation a favorisé les monopoles industriels, privilégiant le ciment, l'acier, l'aluminium et les dérivés pétrochimique, s'opposant au développement de systèmes économiques plus régionaux tout en protégeant leur marché. Cette situation de monopole et ce nouveau mode de production du bâti amène une standardisation généralisée des éléments et des édifices, qui induit une progressive disparition des spécificités régionales et leurs matériaux caractéristiques (Imbault, 1986).

> *«Les raisons de cet abandon ne dépendent pas des inconvénients propres aux caractéristiques du matériau; mais elles sont liées aux bouleversements socio-économiques que produisit l'avènement de l'ère industrielle. En effet, la mise en œuvre de la terre et l'entretien des bâtiments construit de la sorte, nécessitent une abondante main d'œuvre, plus qu'une technologie avancée. »* (Chapelon, 1981, p.48)

Mais c'est bien sur ce dernier point que l'on observe le changement de paradigme qui s'opère avec l'industrialisation. Car la main d'œuvre nécessaire était bien évidemment abondante, mais avant le développement du discours moderniste et des nouvelles modalités de production, elle était gratuite de la part de la famille, avec un coût de la matière dérisoire.

I.2.8. Redécouverte de la terre crue en Champagne dans les années 80

Pour retracer les éléments marquant de cette période, des documents ont été rassemblés depuis les archives du Parc Naturel de la Montagne de Reims, du centre de documentation de l'unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives[33] (AE&CC) de l'Ecole Nationale Supérieur d'Architecture de Grenoble (ENSAG), et des entretiens ont été réalisés avec Pierre Possémé et Gérard Batalla, qui font partie des acteurs principaux de cette redécouverte et dont le rôle est retracé ici.

La fin des années 70 marque en effet le retour de l'intérêt pour la construction en terre crue en France. Ceci est notamment dû aux chocs pétroliers, à la critique du modernisme et à l'intérêt écologique naissant (Mille, 2023, p.102). Une exposition est présentée au centre Georges Pompidou à Paris du 28 octobre 1981 au 1er février 1982[34] et traduit ce renouveau. Cette dynamique existe également en Champange et va permettre de redécouvrir la tradition du carreau de terre champenois de différentes manières : des travaux de fin d'études d'école d'architecture, des études menées au sein du Parc Naturel de la Montagne de Reims, crée en 1976, et des actions menées par des acteurs locaux du secteur de la construction.

I.2.8.1. Travaux de fin d'études d'architecture

En 1980, Hubert Guillaud réalise son mémoire de diplôme d'architecte sur l'histoire et l'actualité de la construction en terre crue. Le chapitre 6 présente les techniques de construction en terre crue des terroirs de France et le carreau de terre champenois y est abordé dans la partie sur les adobes en parallèle des briques de terre crue du sud-ouest de la France.

À cette même période, deux autres travaux de fin d'études d'architecture sont réalisés sur la thématique du carreau de terre en Champagne. Le premier est mené par Perrine Chapelon en 1981, le second par Dominique Pidance et Alain Le Balh en 1983.

Le travail de Chapelon (1981), dont nous avons déjà parlé précédemment, a pour objectif de réhabiliter la construction en terre crue et s'organise en quatre parties. La première partie fait une synthèse sur l'emploi de carreau de terre champenois, à travers une approche de la construction traditionnelle. Son travail est principalement centré sur le secteur du PNR de la Montage de Reims. La seconde partie propose une réactualisation du matériau sur le plan technique et architectural, à travers la brique crue moulée, la brique de terre compressée (BTC) et le pisé, ainsi que la présentation des caractéristiques du matériau, en s'appuyant sur l'étude réalisée par l'IUT et la faculté des sciences de Reims (Dumoulin, 1981). La troisième partie est une étude des questions juridiques et économiques de la construction neuve en terre. La dernière partie présente les chantiers réalisés avec M. Boutin, architecte au Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims et l'Association des Chantiers de Jeunes pour le Développement et l'Animation de la Champagne. Il s'agit de réalisations en pisé stabilisé à la chaux d'un abribus à

33 Cette unité de recherche, née en 2010 du rapprochement des laboratoires Cultures Constructives et CRAterre, est sous tutelle du Ministère de la Culture et de l'Université Grenoble Alpes.

34 Pour plus d'information se référer à l'ouvrage *Des architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire*, Jean Dethier et le Centre de création Industrielle, Centre Georges Pompidou, 1993, 192 p. Dans ce livre, l'intérêt et les projets menés autour de la terre crue dans la construction au niveau national sont présentés de manière chronologique. Le renouveau des années quatre-vingt dont il est question ici, est un raccourci décrivant des dynamiques plus complexes dans les faits. Néanmoins, pour notre secteur d'étude, les années quatre-vingt marquent bien une période unique et particulièrement dynamique.

Sermiers en septembre 1980 et de vestiaires pour un terrain de football à Trépail[35] en septembre 1981. Le retour d'expérience de ces chantiers est donné dans le travail de Chapelon (1981). Ces deux projets ne sont plus visibles aujourd'hui.

Le mémoire de Pidance et Le Balh est construit en deux parties. La première porte une réflexion générale sur la réactualisation de la construction en terre crue entre intention et réalité, tandis que la seconde est une proposition de projet de constructions en terre pour le quartier « Porte Paris » à Reims. C'est dans cette seconde partie que des éléments de l'architecture traditionnelle en carreaux de terre sont évoqués.

Ces travaux de fin d'étude d'école d'architecture, montrent l'intérêt nouveau porté à cette époque sur le patrimoine en terre crue en France, ainsi que sur la technique du carreau de terre de Champagne. Au-delà de l'intérêt porté, ce sont surtout des cultures constructives et des savoir-faire locaux qui réémergent à travers ces recherches.

I.2.8.2. Dynamisme du Parc Naturel Régional de la Montagne de reims

Le PNR de la Montagne de Reims participe activement au renouveau de la terre crue en réunissant un certain nombre d'acteurs et d'actrices sur le territoire. Au sein du Parc, la dynamique est portée par Paul-Henri Boutin, architecte qui engage des actions en faveur de l'inventaire et de la réhabilitation du carreau de terre. Marc André, ethnologue du Parc, participe également aux recherches sur le patrimoine. Les actions menées et les résultats obtenus sont en grande partie retranscrits dans le travail de mémoire de Chapelon (1981), ainsi que dans des articles parus à l'époque, réunis aujourd'hui pour partie dans les archives du PNR de la Montagne de Reims. Cette vaste étude est réalisée sur la typologique des bâtiments, les caractéristiques du matériau, mais également à l'aide d'entretiens menés avec des maçons des villages du Parc, ayant pratiqué le carreau de terre, permettant de retracer les étapes clés de la fabrication et de faire émerger les savoir-faire liés à cette pratique.

Ces travaux donnent lieu à l'exposition nommée « La terre, Matière et Matériau » réalisée au Centre Artisanal de Ville-en-Tardenois du 5 septembre au 15 novembre 1981. En 1982, un stage de formation à la technique de la construction en terre, à destination des maçons, est organisé conjointement par le PNR de la Montagne de Reims et le Syndicat des Maçons[36].

I.2.8.3. Foire de Paris et opérations de logements en terre crue

En parallèle, Paul-Henri Boutin rassemble un groupe de professionnels afin de pousser le renouveau de la terre crue. Les principaux acteurs sont Gérard Batalla, architecte du cabinet Philizot et Batalla, Pierre Possémé, compagnon maçon et créateur de l'entreprise Bâtiment Associé en 1979, et François De Silvestri, qui a mis au point une presse pour la terre. Leurs recherches portent sur l'actualisation de la construction en terre crue, afin d'aboutir à de réelles opérations.

Différentes solutions sont testées, à commencer par la réalisation de blocs de terre en pisé ou banché, de dimension 0,40 x 0,40 x 0,99 m. Mais cette méthode présente des difficultés de séchage et ne semble pas compatible avec le système économique d'alors. La solution retenue,

35 La réalisation de ce vestiaire avait été prévue en carreaux de terre de récupération d'un bâtiment agricole. Mais cela n'a pas été possible au dernier moment, d'où le recours au pisé stabilisé (Chapelon, 1981, p.122).

36 LA TERRE, Matière et Matériau, Capeb 51, Hommes et métiers du bâtiment de la Marne, 1981, p.15.

revient sur le mode traditionnel du carreau de terre en l'adaptant aux contraintes économiques, par l'utilisation de ce qui semble être une presse à brique de terre compressé (nous formulons l'hypothèse que ce ne sont plus à proprement parler des adobes car la mise en œuvre directe traduit un certain niveau de résistance mécanique immédiat). Cette solution permet d'une part d'utiliser moins d'eau lors de la production (ici, l'apport est d'environ 15 %), donc un séchage plus rapide, mais surtout une résistance suffisante pour une mise en œuvre immédiate. L' innovation la plus remarquable consiste à ce que les briques soient collées directement, sans mortier et sans période de séchage. Gain de matière et gain de temps.

Les résultats obtenus par ces carreaux de terre compressés, conduisent l'équipe à présenter la « Terre de Champagne » comme innovation au Salon du Logement à la Foire de Paris en mai 1982, à travers la réalisation de deux pavillons (Figure 1-9 et Figure 1-10). L'architecte Jacques Michel, maître d'œuvre du principe de solarisation des bureaux du PNR de la Montagne de Reims, fait partie de l'équipe.



Figure 1-9 : Maisons Terre Bois Soleil au Salon du Logement à la Foire de Paris. Photographie issue du document transmis par le PNR de la Montagne de Reims.

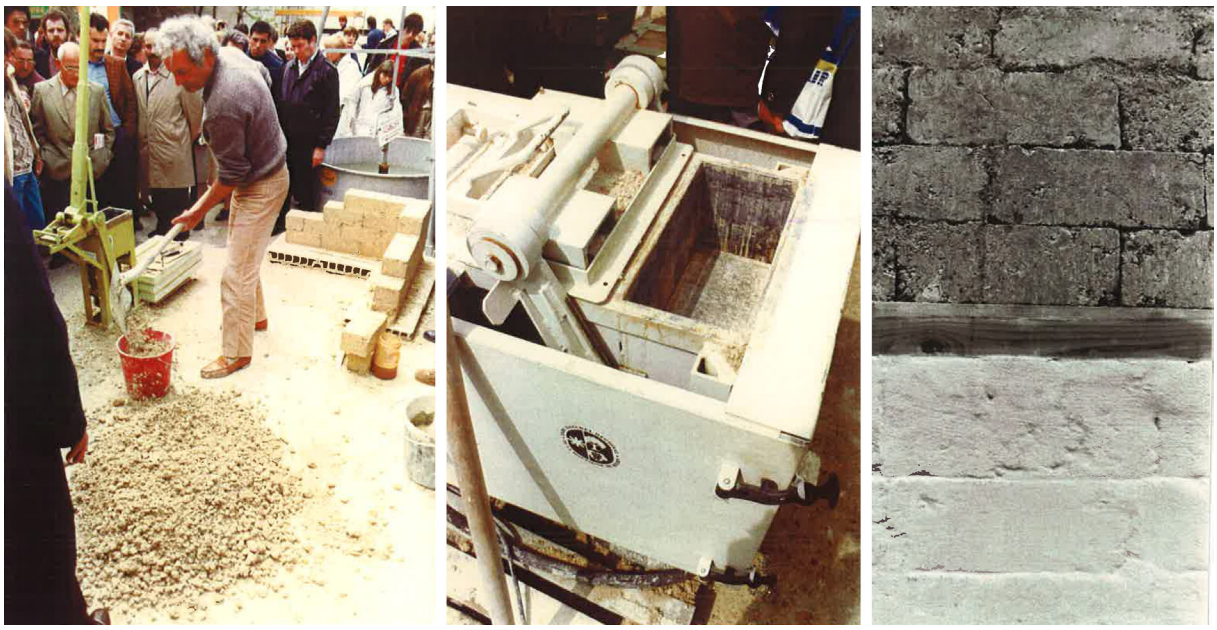


Figure 1-10 : Chantier terre. À gauche : *Gâchage de la terre par François De Silvestri, pour la presse manuelle et mur en angle maçonné à sec, grâce au carreaux autocollants.* Au centre : *Presse hydraulique.* À droite : *détail de mur en terre maçonné. Avec enduit pelliculaire sur la partie basse. Photographies issues du document transmis par le PNR de la Montagne de Reims.*

L' une des difficultés réside dans la qualité de la presse. Les carreaux compressés étant mis en œuvre directement, le niveau des levées n'est pas rattrapable à l'aide d'un mortier et les briques doivent être parfaitement identiques. La terre est travaillée au motoculteur afin de garantir une certaine homogénéité.

Ce type de construction sera le modèle repris pour la réalisation d'une opération de cinq logements en terre crue à Saint-Brice-Courcelles (commune limitrophe de Reims) qui existent encore aujourd'hui (Figure 1-11 et Figure 1-12, a). Cette opération voit le jour dans le cadre du Plan Construction, créé en mai 1971. Ce Plan a permis la mise en place de réalisations à caractère expérimentale, appelées « REX »[37] (Lambert, 2010), dans le but de stimuler les programmes d'innovation dans le secteur de la construction. L'un des objectifs était également de favoriser l'emploi de méthodes industrielles qui pourraient être renouvelées (Lambert, 2020). Les projets sont sélectionnés sur dossier et les équipes de concepteurs sont mises en relation avec des maîtres d'ouvrage, par l'intermédiaire de l'Union nationale des fédérations d'HLM (Lambert, 2020). Pour le projet de Saint-Brice-Courcelles c'est l'Effort Rémois[38] qui est maître d'ouvrage.

Cette première expérience permettra la réalisation d'une seconde opération de neuf logements (toujours existants également), deux ans plus tard, à Igny-Comblizy, commune située dans la Brie champenoise à une quarantaine de kilomètres au sud-ouest de Reims (Figure 1-12, b). L'apprentissage principal après le premier chantier, tient de la nécessité de travailler la terre à l'abri. Dans cette optique c'est une architecture avec une ossature en bois porteuse de la toiture qui est mise en place en première, la terre est travaillée ensuite.

Selon Pierre Possémé, la presse hydraulique utilisée fonctionne très bien, mais le passage à l'automatisation souhaitée est beaucoup plus complexe. La volonté est de se passer au plus de la main d'œuvre afin de réduire les coûts. Une grande part d'investissement financier est assumé

37 C'est également le terme utilisé par Pierre Possémé lors de l'entretien, réalisé le 29/11/2021.

38 L' Effort Rémois est un bailleur social historique de la ville de Reims, créé en 1947 et devenu Plurial Novilia en 2015.

directement par l'entreprise Bâtiment Associé, pour un résultat non atteint.

Malgré le retour positif du bailleur social, des habitants et habitantes des logements, notamment sur la qualité de vie en été, c'est ce coût financier mettant en péril la pérennité de l'entreprise et le désengagement de l'État sur le développement de la terre crue qui a raison de l'engagement de ces acteurs. L'opération d'Igny-Comblizy, réalisée en 1987 - 1988[39], marque la fin du renouveau de la terre crue en Champagne.

Les constructions menées dans le cadre de ces opérations pionnières n'ont connu aucun sinistre, démontrant la qualité des réalisations.

L'ensemble de ces projets menés autour de la construction en terre crue, depuis la redécouverte d'un patrimoine mal connu, mal traité, méprisé (Boutin, 1983), jusqu'à la réappropriation de la technique locale pour la construction d'opérations de logements, est réalisée en moins de dix ans seulement, soulignant une dynamique exceptionnelle dans la région sur cette période.

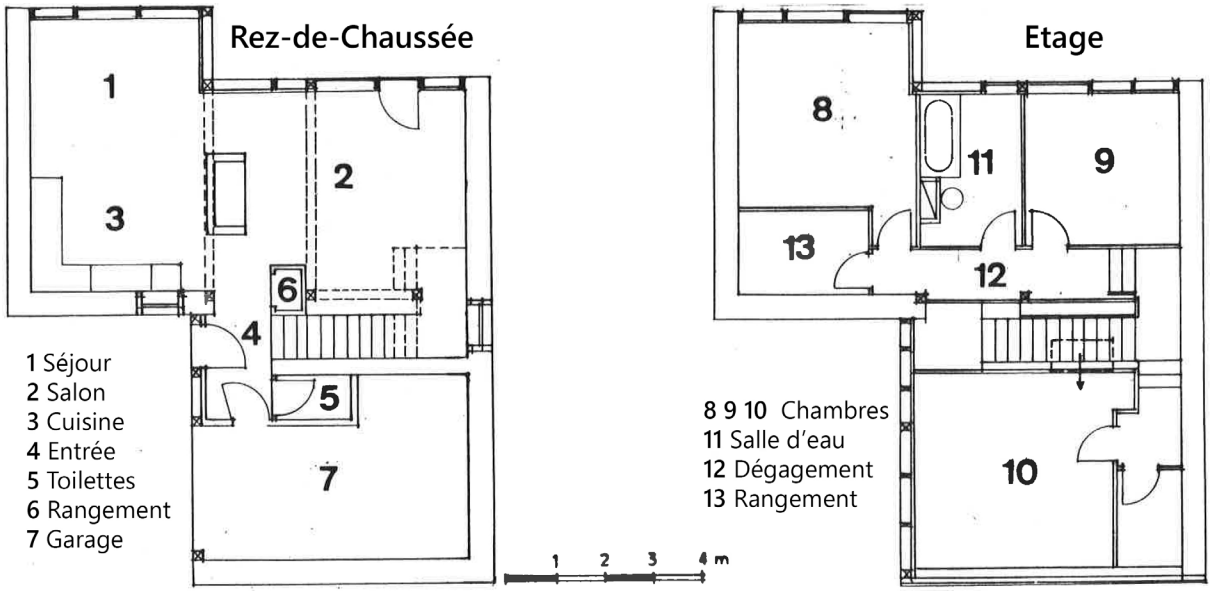


Figure 1-11 : Plan de maison réalisée à Saint-Brice-Courcelles. Depuis un document établi par « Construction Terre Bois International » et fourni par le PNR de la Montagne de Reims.



Figure 1-12 : Opération en terre crue. À gauche : Opération de Saint-Brice-Courcelles. Les façades orientées sud aperçues sur la photo ont connu des modifications. Elles étaient supposées être vitrées pour bénéficier des apports solaires (Voir plan Figure 1-11). À droite : Opération d'Igny-Comblizy. Photographie : G. Fronteau

39 La date précise de réalisation n'a pas été trouvée. L'estimation est faite à partir des photos aériennes récupérées sur le site remontrerletemps.ign.fr.

I.2.9. Synthèse de la période d'emploi du carreau de terre

La Figure 1-13 fait la synthèse des périodes pour lesquelles l'emploi du carreau de terre est avéré en Champagne.

Seule la période du haut Moyen-Âge reste incertaine quant à un emploi continu de ce mode constructif. Claire-Anne De Chazelles (2011, p.59) fait le constat de la perte d'importance et même de la disparition des constructions en briques crues moulées « dans la majeure partie des provinces romaines occidentales, y compris sur les rives de la Méditerranée » pour cette période. De manière générale, il y a peu de traces retrouvées au Moyen Âge, bien que la période du second Moyen Âge soit plus fournie. Ceci pouvant être dû aux travaux de fouilles archéologiques dont les rapports ne sont pas encore publiés, mais également en partie aux politiques d'aménagement du territoire qui ne se trouvent pas forcément aux « bons endroits ». De plus, la terre a pu être réemployée en ne laissant aucune trace de son emploi. L' exposition aux intempéries a pu également entrainer la disparition des carreaux. Les travaux de recherches cités montrent qu'il y a surement eu un recours aux carreaux de terre, même moindre, au moins sur les périodes du 9e au 14e siècle.

La disparition des constructions en carreaux de terre durant le haut Moyen Âge reste à prendre avec précaution. En effet, l'abandon d'une technique sur plusieurs générations, devrait entrainer une perte totale de savoir-faire puis, après la disparition des derniers bâtiments, de la conscience de la possibilité de le faire. Or, les résurgences régulières du carreau pendant près de 2 000 ans supposerait le maintien d'une culture, même ténue, pendant cette période, dans des zones refuges ou pour des occasions particulières. Dans le cas contraire, une disparition totale au haut Moyen-Âge supposerait un apport extérieur pour relancer le savoir-faire plusieurs siècles après.

Pour les autres périodes (hors Moyen Âge), l'emploi récurrent du carreau de terre a été démontré dans les constructions en Champagne. Tout d'abord à la période du haut Empire et de nouveau à partir de l'époque moderne jusqu'à son abandon au lendemain de la seconde guerre mondiale, avant de réapparaître brièvement dans les années 1980 et de disparaître à nouveau.

Le carreau de terre représente bien un matériau constructif caractéristique de la Champagne-Ardenne à travers les époques. Cette amorce de synthèse chronologique gagnera à être complétée par les futures recherches, aussi bien par le terrain du côté de l'archéologie, que par un travail archivistique.

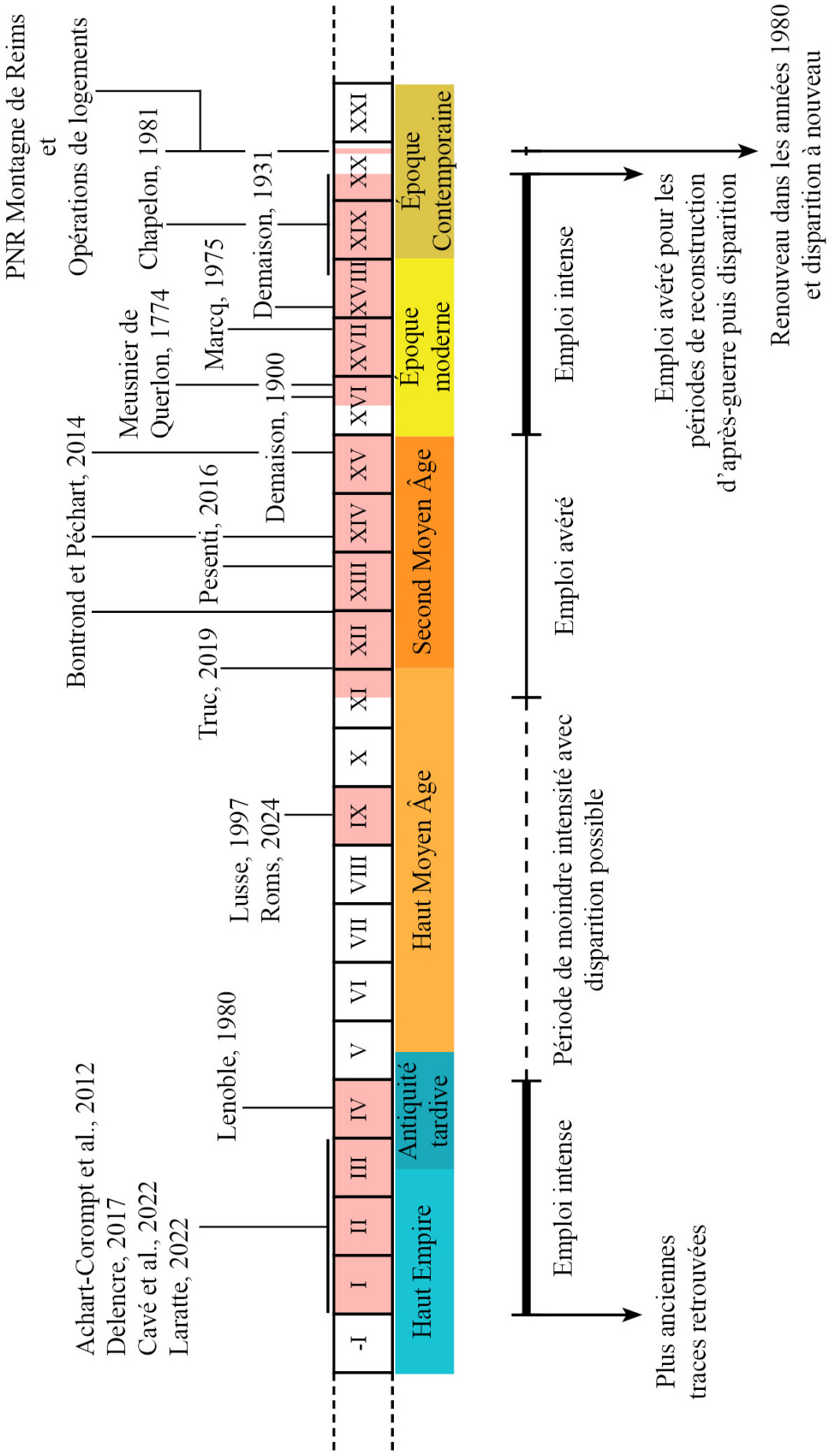


Figure 1-13 : Frise chronologique des périodes d'emploi du carreau de terre attesté par l'étude bibliographique. La liste des références bibliographique est non exhaustive.

I.3. Approche spatiale : localisation du patrimoine en carreaux de terre

Il n'existe pas, dans la bibliographie consultée, de cartographie précise et complète du patrimoine en carreaux de terre en Champagne-Ardenne. Une série de cartes de différents auteurs et époques référencent chacune à leur manière ce patrimoine champenois, sans que ne soit donné de méthodologie (Figure 1-14).

Dans un premier temps, une synthèse des travaux cartographique est présentée. Une seconde partie présente son emploi en contexte urbain et rural, avant de terminer avec l'exemple de la présence du carreau de terre dans le développement de la ville de Reims au 19e siècle.

I.3.1. Cartes nationales de patrimoine en terre crue

La Figure 1-14 présente quatre cartes recensant la présence de la brique de terre crue en France. La première est issue du travail de mémoire d'architecture d'Hubert Guillaud (1980). Les trois autres cartes sont réalisée à partir de trois sources différentes : Meunier (1988)[40], Lebas (2007) et Leylavergne (2016). Ces cartes nationales permettent de représenter un patrimoine en carreaux de terre à l'est de Paris, mais de manière approximative.

I.3.2. Cartes régionales et départementales

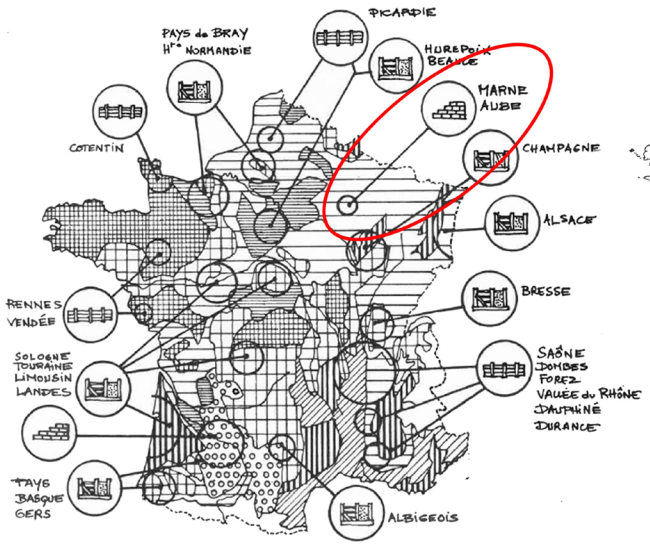
Les cartes à l'échelle locale sont peu nombreuses. La première est issue de la revue *Folklore de Champagne* n.39, paru en juillet 1973 et ne présente que le département de l'Aube (Figure 1-15). « On trouve ces carreaux assez communément dans le nord du département et aussi dans la vallée de la Haute-Seine » (Daunay, 1973, p.6) et au-delà de Troyes, jusqu'aux environs de Villemoyenne (Royer, 2001). Il n'y a pas d'indication dans la revue concernant le patrimoine situé plus au nord.

Dans son travail de cartographie géologique et minéralogique de l'Aube, Leymerie (1846) décrit les matériaux principaux des habitations pour chaque commune des 26 cantons qui composent le département. Il est spécifié que sur le canton de Ramerupt, la craie et les carreaux de terre s'emploient principalement pour les cheminées et le revêtement intérieur, tandis le canton de Chavanges est le seul où il y a peu d'indication sur les constructions. Chaque commune citée dans l'ouvrage et présentant un patrimoine en carreaux de terre a été reportée sur la Figure 1-15.

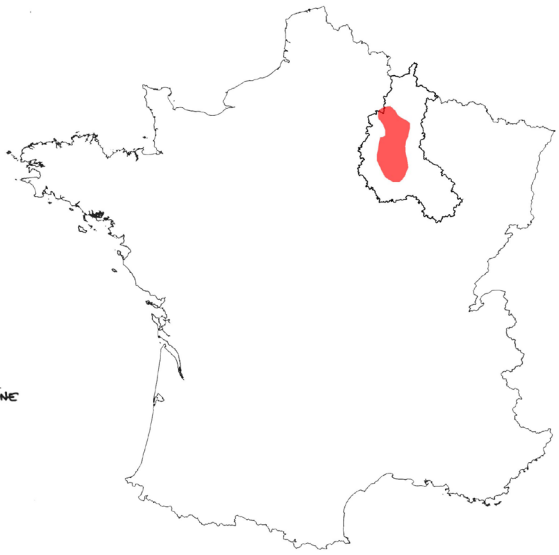
La comparaison des deux cartes permet de définir une localisation assez précise de l'utilisation du carreau de terre dans l'Aube, notamment dans la partie Nord du département et le long de la vallée de la Seine et de la vallée de l'Aube.

La seconde carte locale (Imbault, 1986, Figure 1-16) représente le patrimoine en carreaux de terre employé en maçonnerie ou en remplissage de pan de bois sur les départements de l'Aube et de la Marne. La limite sud dans l'Aube est conforme à la carte issue de la revue du folklore champenois (Figure 1-15) bien que celle-ci ne soit jamais mentionnée dans le texte. La zone s'étend au nord jusque Reims, définissant une ligne de rupture qui rejoint Sainte-Ménehould en passant par Suippes. A l'est la limite passe par Vitry-le-François, tandis qu'à l'ouest elle part de Romilly-sur-Seine jusqu'à Reims en passant par Fère-Champenoise et Épernay. La zone d'étude

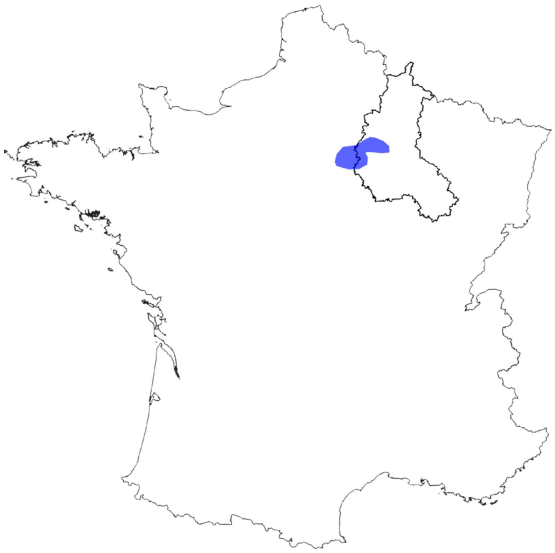
40 Construire en terre crue aujourd'hui, en Dauphiné en France dans le Monde, Christine Meunier, Service éducatif écomusée Nord-Dauphiné, CRDP de Grenoble, 1988, 34p.



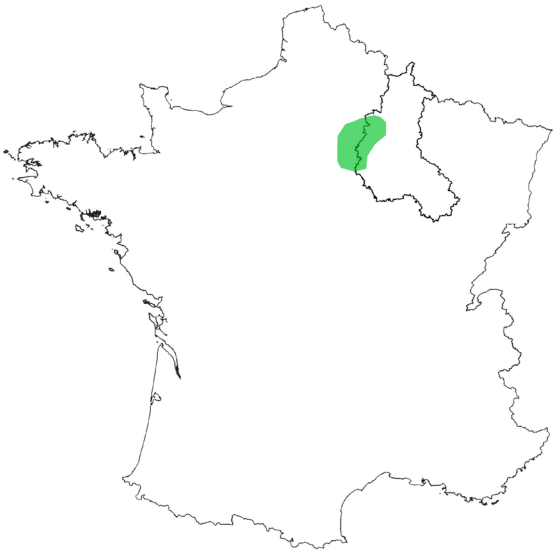
Guillaud, 1980



D'après Meunier 1988



D'après Lebas et al., 2007



D'après Leylavergne, 2016

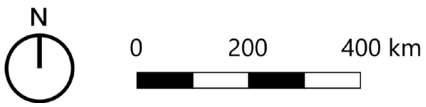
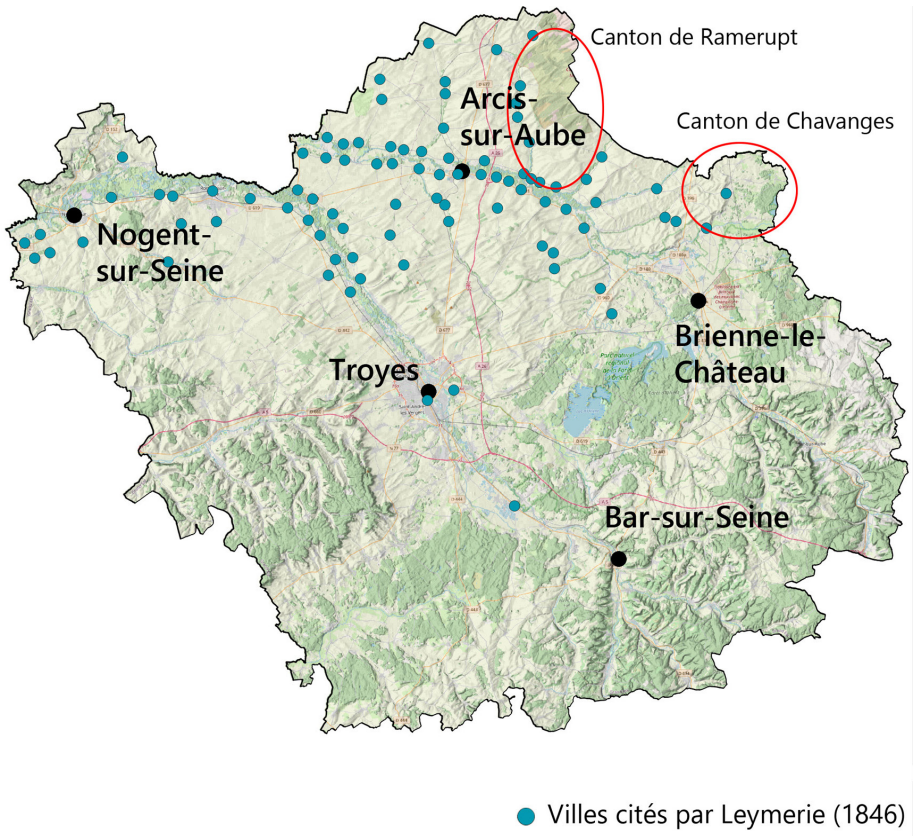


Figure 1-14 : Cartes représentant l'emploi du carreau de terre champenois à l'échelle nationale. De gauche à droite et de haut en bas : Guillaud (1980), d'après Meunier (1988), d'après Lebas et al. (2007) ; d'après Leylavergne (2016).



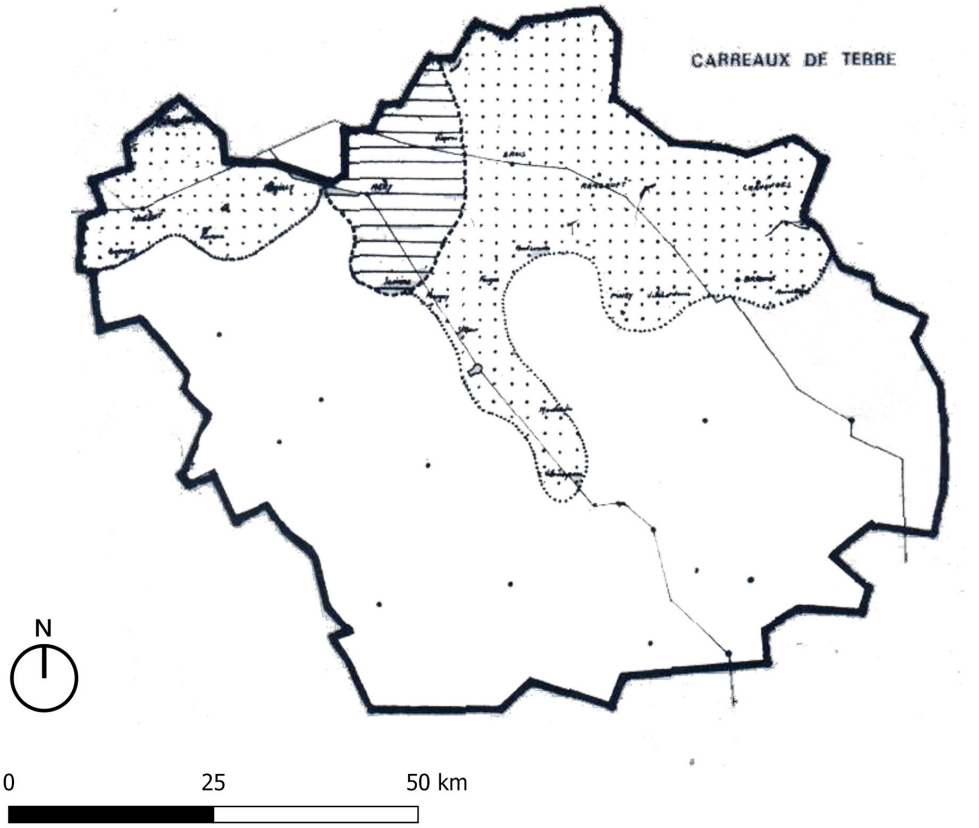


Figure 1-15 : Cartographie Aube. En haut : *Commune comprenant du patrimoine en carreau de terre dans l'Aube* d'après Leymerie (1845), bilan et DAO A. Aras-Gaudry. En bas : *Cartographie du patrimoine en carreaux de terre dans l'Aube. Dans la revue du folklore de Champagne (1973).*

de ce travail sur les spécificités architecturales de la Champagne, s'est limitée aux départements de la Marne et de l'Aube. Les spécificités établies correspondent à la Champagne crayeuse et à la Champagne humide. La limite nord est définie par les destructions liées à la Première Guerre mondiale qui ne permettent pas une analyse du bâti presque entièrement disparu (Imbault, 1986). Cette carte ne présente donc pas la limite nord.

Ces deux cartes permettent une représentation spatiale assez précise pour les départements de l'Aube et de la Marne. En revanche, il ne semble pas en exister ni pour les Ardennes, dont les limites sont données par les textes (Chapelon, 1981 ; Royer, 2001), ni pour l'Aisne dont la présence est connue à travers un premier texte d'Alexandre Menu (1924). Ce dernier qui décrit la construction d'une maison traditionnelle faite en carreaux de terre à Prouvais (Aisne), et précise pour la région de Sissonne (Aisne), un peu plus au nord, qu'il est fréquent « de voir des maisons avec des murs de croupe et pignons en craie et gouttereaux entièrement en carreaux de terre non crépis » (Marcq, 1975, p.71).

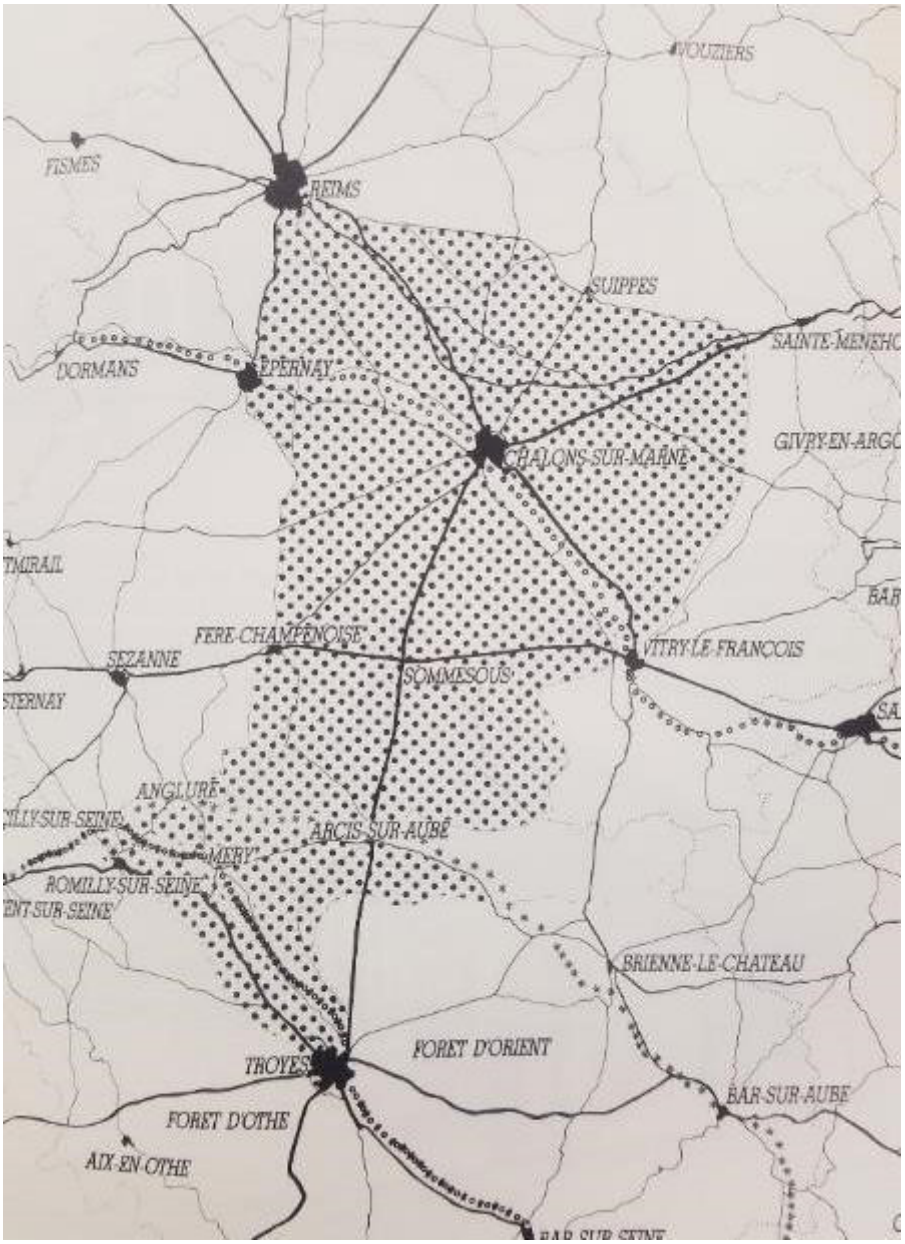


Figure 1-16 : Cartographie locale du patrimoine en carreaux de terre sous forme de maçonnerie ou de remplissage des pan de bois. Imbault (1986)

I.3.3. Carreaux de terre, géologie et paysage

La zone du patrimoine en carreaux de terre est souvent citée en lien étroit avec la géologie, affirmant une relation entre la nature du sol et la présence de la brique crue (Guillaud, 1980; Chapelon, 1981 ; Imbault, 1986 ; Delencre, 2017). En effet, on retrouve son emploi « dans l'ensemble de la Champagne crayeuse (la majeure partie du département de la Marne, le sud de celui des Ardennes et le nord de celui de l'Aube) et dans une partie de la Champagne humide (au sud-est de Troyes, le long de la vallée de la Seine, dans le Perthois) » (Royer, 2011, p.331).

Dans son travail de mémoire Guillaud (1980) établit d'une part un lien étroit entre les formes traditionnelles de l'habitat paysan en terre crue et des paysages ruraux. Dans ce sens, et même si la généralisation peut s'avérer hâtive, le patrimoine en brique de terre crue se retrouve dans les paysages d'openfield (paysage agraire dans lequel les champs sont ouverts et les grandes cultures dominent), en région toulousaine, en plaine de Limagne (Cannat, 2022) et en Champagne. D'autre part il met en relation les techniques de construction en terre crue et la géologie. Le carreau de terre champenois y est représenté principalement sur les sols alluvionnaires aux alentours desquels se trouve les sols sur dépôts calcaires et crayeux (Figure 1-17).

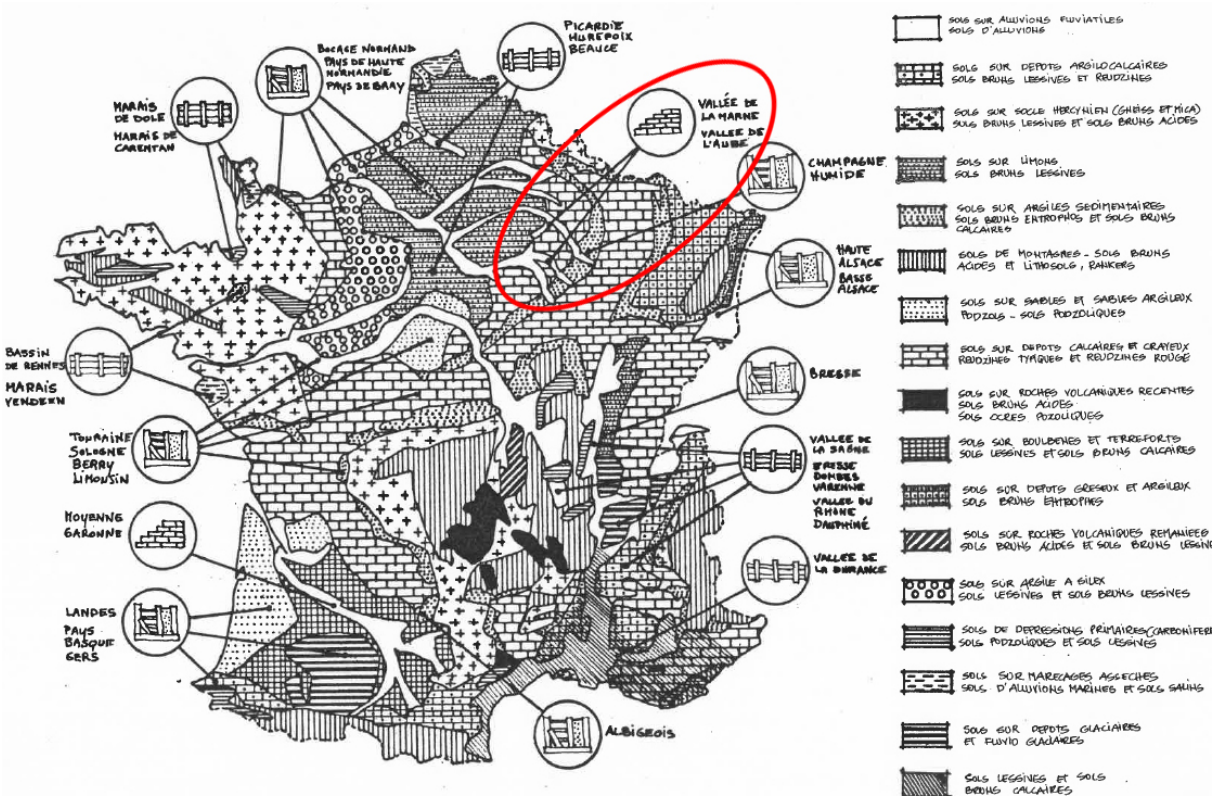


Figure 1-17 : Constructions en terre et types de sols. Les carreaux de terre sont spécifiés au niveau de la vallée de la marne et de la vallée de l'Aube. Cartographie réalisée par Guillaud (1980).

La Figure 1-18 reporte la répartition du patrimoine révélé par la littérature à travers : les fouilles archéologiques, notamment celles reportées par Delencre (2017) ; les communes de prélèvement des carreaux pour l'étude menée par le parc de la Montagne de Reims avec la Faculté des Sciences de Reims (Dumoulin, 1981) ; les dessins et photos prises chez Imbault (1986), Royer (2001) et Bavay (2011). Toutes les photos repérées dans la littérature ne mentionnent pas toujours le lieu de prise de vue et n'ont pu être reportée sur cette carte. Néanmoins, la relation entre le patrimoine et la géologie ressort fortement, sur un territoire assez étendu, du Sud au Nord depuis les Ardennes à l'Aube et d'Ouest en Est, de la côte d'Ile-de-France à la côte de Champagne. Il existe des exceptions au niveau des communes du PNR de la Montagne de Reims (Dumoulin, 1981) et du Pays d'Othe (Imbault, 1986).



Figure 1-18 : Répartition du patrimoine relevé dans la littérature à partir des fouilles archéologiques répertoriées par Delencre (2017), des villes citées avec constructions en carreaux de terre par Leymerie (1846), des échantillons prélevés sur du patrimoine pour l'étude menée par Dumoulin (1981), et des dessins et photos rapportés par Imbault (1986), Royer (2001) et Bavay (2011). Fond de carte géologique du BRGM.

I.3.4. Carreaux de terre : présence rurale et urbaine

Le patrimoine en carreaux de terre est présent aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain. « Ainsi, de nombreuses maisons dans les villes de Reims, Sézanne, Anglure, Troyes, Châlons-sur-Marne, Épernay, Rethel » (Chapelon, 1981, p.5). Imbault (1986) ajoute même Vitry-le-François, en précisant que sa présence urbaine correspond notamment aux faubourgs et quartiers défavorisés. Une estimation est donnée d'un patrimoine potentiel de l'ordre de 15 000 bâtiments (Boutin, 1983). Cette estimation est faite à partir du nombre de bâtiments construit avant 1914 sur la Champagne crayeuse, hors agglomérations (Reims, Châlons-sur-Marne[41], Vitry-le-François et Troyes), d'après le recensement de l'INSEE en 1975, soient 30 000 bâtiments. La moitié est attribué au patrimoine en carreaux de terre, ce qui peut sembler élevé, mais « certainement largement compensé par la non-prise en compte des bâtiments construits après 1914 en zone rurale et par le fait d'avoir négligé l'important patrimoine « Terre » des zones urbaines » (Boutin, 1983, p.14).

En milieu rural, sur la plaine de Champagne et dans la partie Est du PNR de la Montagne de Reims, de nombreux villages sont presque entièrement en terre, comme Bezannes, Trépail et Villers-aux-Nœuds (Chapelon, 1981).

La présence du carreau de terre en milieu urbain et rural est donc attestée. Mais peu de détails sont donnés sur leur localisation précise, le type d'habitat ou leur état. A ce titre deux textes inexplorés par la littérature nous éclairent plus particulièrement sur son emploi pour les logements ouvriers de la ville de Reims et ses environs proches, au cours du 19e siècle. Le premier concerne un mémoire pour la construction de maisons ouvrières, dans le but de faire face aux conditions de logement pour ces derniers (Devédeix, 1869) ; tandis que le second est issu d'un travail d'observation sur le terrain des logements ouvriers au début du 20e siècle et fourni alors un nouveau regard sur la présence du carreau de terre dans la ville de Reims et des villages alentours (Michel, 1912). Ce dernier texte est ici largement repris.

I.3.4.1. Le carreau de terre, matériau de construction des nouveaux faubourgs et des logements ouvriers du 19ème siècle à Reims et alentours

Au 19e siècle, avec la croissance industrielle que connait la ville, il faut loger un nombre important d'ouvriers. En 1856, la population ouvrière est de 27 500 personnes pour 48 350 habitants, et atteint 34 686 personnes en 1898 pour 108 000 habitants (Potier, 2015). Dans la seconde moitié du 19e siècle, les logements ouvriers font défaut. A cela s'ajoute des conditions de logements catastrophiques. Ce qui conduit Eugène Devédeix (1869) à publier un mémoire sur la construction des cités ouvrières, dans le but d'améliorer la santé et le moral des ouvriers. Son objectif est de proposer des demeures hygiéniques et convenables, à des prix modérés. Ce document comprend une partie écrite et des plans de réalisation de logements ouvriers (Figure 1-19). Le carreau de terre est prescrit pour l'élévation des murs de cinquante centimètres d'épaisseur. Le matériau est fabriqué sur place avec la terre qui sert de déblai pour la réalisation des sous-sols. Cet exemple confirme que le matériau n'est pas considéré comme étant lié directement à des questions d'insalubrité, et que par son aspect économique, il fait partie des stratégies établies pour les nouvelles constructions ouvrières et le développement de la ville. Nous ne connaissons pas l'impact concret de cette publication sur la réalisation des logements de l'époque, mais le texte de Félix Michel (1912) nous renseigne davantage sur la forte présence du carreau de terre lié à l'habitat ouvrier.

41 Châlons-en-Champagne depuis le 29 décembre 1997

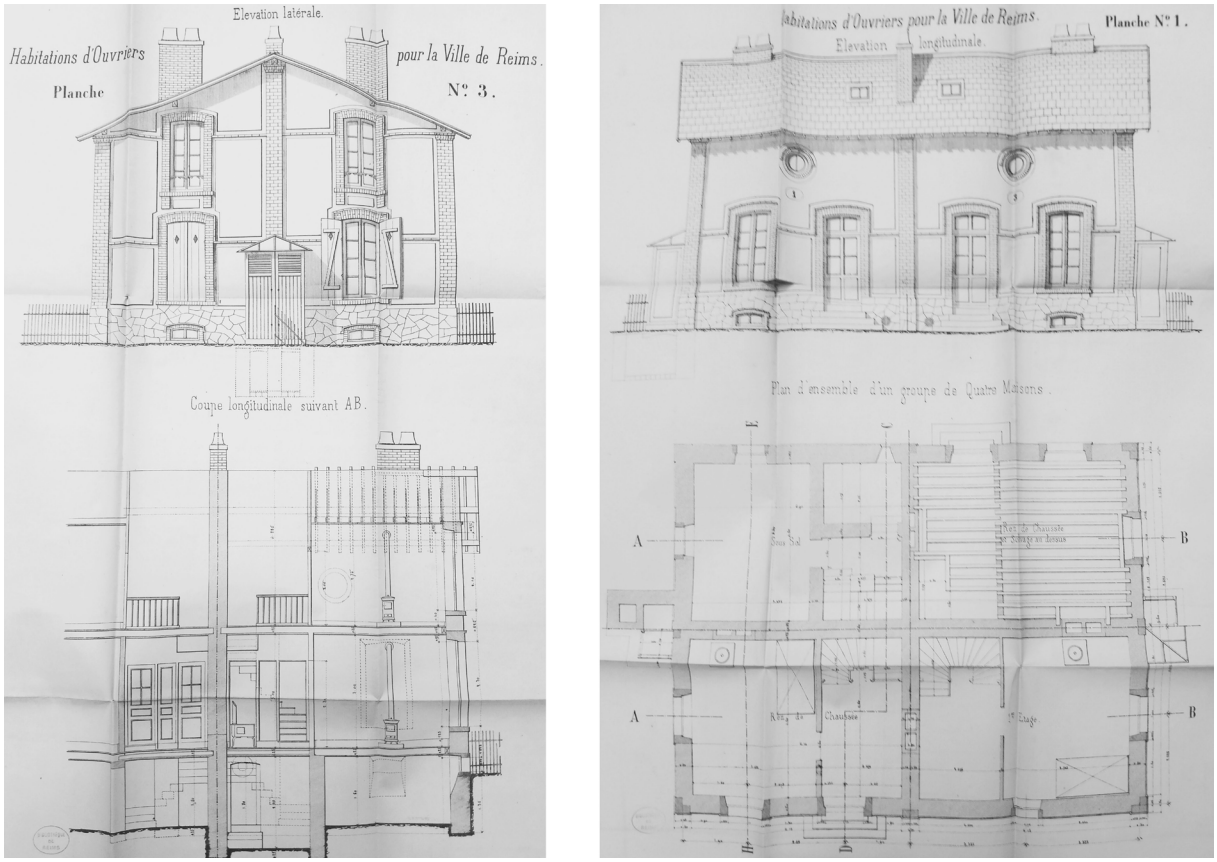


Figure 1-19 : Exemple de plans d'habitat ouvrier proposé par Eugène Devédeix (1869)

Ce lauréat du Concours d'Economie politique, publie une étude proposée par l'Académie Nationale de Reims sur les conditions du logement ouvrier dans la ville et sa région[42]. L' auteur parcours la majeure partie des logements ouvriers de la ville et y interroge les propriétaires, gérants et locataires. Peu de retour sont faits sur ces entretiens. Quatre catégories de logements sont établies :

- Les Garnis : « logements situés dans tous les quartiers de la villes ». Il y en a environ 700, considérés comme « le refuge de toutes les misères ». Un syndicat des logeurs en garni existe et avec environ 125 syndiqués. Un règlement est affiché dans les garnis, qui semble ne pas être respecté ;
- Les cités ouvrières, qui ne sont pas définie spécifiquement ;
- Les cours : disséminées presque dans tous les quartiers et dont l'aspect est généralement considéré comme « fort peu satisfaisant ». Les vieux quartiers de Reims en comptent le plus grand nombre ;
- Les maisons particulières.

• Les garnis et cours

Plus de dix-huit garnis sont visités, mais aucune indication n'est donnée sur les matériaux des logements. Quant aux cours, plus d'une vingtaine sont visitées, et peu d'informations sur la construction. Seule la cour du Loth est décrite, où dix maisonnettes à simple rez-de-chaussées sont bâties en carreaux de terre et pan de bois. Bâti qualifié de très propre par l'auteur et « au bon air et sans humidité » selon les locataires (Michel, 1912, p. 34).

42 Les établissements visités en dehors de la ville de Reims se situent, dans l'ordre proposé dans le document, à : Courcy, Loivre, Saint-Brice, Champigny, Jonchery-sur-Vesle, Breuil, Fismes, Witry-les-Reims, Bazancourt, Isles-sur-Suippe, Saint-Masmes, Pontfaverger, Saint-Hilaire-le-Petit, Neuflize et Suippes. Seuls les logements ouvriers d'usines ont été visités.

• Cités ouvrières

Plus d'indications sont données pour les cités. Sur la vingtaine visitée, les matériaux sont donnés pour cinq d'entre elles : la cité Poirot, long bâtiment uniforme composé d'une quinzaine de logements, rue de Cormicy, est la seule construite uniquement en briques cuites. La cité de Bétheny, située rue de Bétheny, appartenant à la Société anonyme Rémoise pour l'amélioration des Logements à bon marché, accueille quatre-vingt-onze ménages. Elle est composée de douze pavillons séparés, neuf accouplés et un groupe de douze maisons, le tout construit en carreaux de terre. La même société possède également la cité Saint-Anne, dans le quartier du faubourg Fléchambault, où vingt-quatre locataires logent dans des constructions en carreaux de terre et en briques. La cité Houpin, 59 rue de Fléchambault, accueille quarante locataires et est construite également en briques et carreaux de terre. Enfin, les bâtiments de logements construits sur deux niveaux dans la cour de la cité Héri, 32 avenue d'Epernay sont également en carreaux de terre. Sur les cinq cités ouvrières dont les matériaux sont connus, quatre d'entre elles sont donc bâties avec des carreaux de terre.

• Lieux-dits

La visite dans les lieux-dits est plus fournie encore sur les matériaux de constructions. A l'extrémité du faubourg Cérès, se trouve le « Village Noir » composé d'une trentaine d'habitations. Elles sont toutes construites en carreaux de terre, sans protection extérieure avec une forte présence de moisissures due à l'humidité. Michel (1912) rapporte cependant que les habitants ne se plaignent pas de l'humidité. Ces habitations ont été construites par les ouvriers eux-mêmes, avec les carreaux de terre confectionnés sur place.

Le lieu-dit « Saint Jospeh » se situe entre le faubourg Cérès et le Petit-Betheny. La dizaine de basses maisons qui le compose sont également construites en carreaux de terre. La qualité de ces constructions y est définie comme étant médiocre.

« La Tunisie » ou « La nouvelle Amérique » est composée de 86 lots, dont une trentaine sont vendus au moment de l'enquête. Il est précisé que certaines « paraissent très convenables, saines et bien aérées, d'autres sont en carreaux de terre sans aucun crépi et la moisissure commence à s'y mettre » (Michel, 1912, p.39). Il n'y a pas d'indication concernant les constructions convenables.

En se rendant au lieu-dit « Le Maroc », Michel traverse le chemin de la Husselle et y décrit quelques maisons d'un aspect assez convenable bâties en carreaux de terre. « Le Maroc », situé en plein champ dans le faubourg de Laon, est composé d'une quarantaine d'habitations bâtis selon diverses modalités. « Les unes sont en carreaux de terre, les autres en bois et carton bitumé» (Michel, 1912, p.40). Ici encore les carreaux ont été réalisés sur place.

Au bout de la route de Cernay, après l'usine des Nouveaux Anglais, qui correspond à l'usine de peignage Holden qui s'était installée au 61 boulevard Dauphinot en 1900, se trouve le lieu-dit « Madagascar », où se trouvent 8 à 10 maisons. Une de celles-ci est en briques, les autres en carreaux de terre, ainsi que le mur d'enclos.

Un peu plus loin se trouve le lieu-dit « de la Grande Armée ». Dans ce dernier se trouve de nouveau une maison en brique, toute nouvelle, tandis que les autres sont en carreaux de terre, dont plusieurs sont crépis. Un peu plus loin en direction du village de Cernay se trouve le lieu-dit « La saboterie » où les gens qui y habitent sont décrits de manière peu flatteuse: « Ce sont des gens qui font pitié à tous points de vue, vivant en compagnie des porcs et autres animaux qu'ils élèvent sur les immondices » (Michel, 1912, p.42). De nouveau, ce sont les habitants qui ont construits leurs maisons en carreaux de terre.

Les autres lieux-dits visités ne sont pas décrits en détail. Il s'agit des lieux-dits : Pensionnaires, Pons- Ludon, Moulin de la Housse, Essilard et Les Trois Fontaines. Ces derniers ne sont constitués que de quelques maisons éparses, certaines assez convenables, « les autres rentrant dans la catégorie de toutes celles [...] déjà visitées » (Michel, 1912, p.43), certainement en carreaux de terre également.

La description des lieux-dits visités souligne bien la présence quasi systématique et exclusive du carreau de terre pour les constructions, que les habitants réalisent en grande partie eux-mêmes. Michel Félix confirme que c'est bien « le carreau de terre presque exclusivement » qui compose « les constructions des faubourgs nouveaux de Reims » (Michel, 1912, p.47), et notamment les différents types de logements pour les ouvriers. Cela dit, le matériau est déprécié car il « ne vaut pas la craie pour résister aux injures du temps, à l'humidité et aux intempéries des saisons» (Michel, 1912, p.47).

• Les environs de Reims

Les matériaux de construction des logements des verreries de Cormontreuil, La Neuvillette et Courcy ne sont pas décrites, tandis que ceux de Loivre, qui sont construits vers le milieu du 19e siècle, en nombre d'une centaine, hébergeant 500 personnes, sont construits en moellons et carreaux de terre, revêtu de crépi. Mais encore une fois, l'état des bâtiments y est déploré au point que « ces logements devraient être démolis pour faire place à des habitations plus saines et mieux appropriées aux exigences actuelles de l'hygiène » (Michel, 1912, p.58).

Les ouvriers de l'usine de Boult-sur-Suippe sont logés dans le village, dont les maisons sont construites comme dans toute la vallée de la Suippe en pans de bois et torchis ou en carreaux de terre, où « le bon air de la campagne compense le manque d'hygiène » (Michel, 1912, p.64). Seul les plus récentes sont en briques cuites. Les logements de la filature de Madame Veuve Rachel, à Saint-Masmes, sont au nombre de trois : deux en craie et un en carreaux de terre. Les matériaux des maisons de Pontfaverger ne sont pas précisés, mais ces dernières ressemblent à celles de toute la région. Il est fort probable que le carreau de terre y soit employé, tandis que la description sanitaire y est positive.
Sur les communes de Saint-Hilaire-le-Petit et Hauviné, les habitations sont saines, et la terre est présente sous forme de torchis. Le carreau de terre n'y est pas mentionné. C'est le cas également pour l'usine Lelarge de Bazancourt, qui héberge ses ouvriers dans des habitations entièrement en craie et la maison Simonnet qui possède des maisons en pierres meulières et en briques. Plus à l'Ouest du territoire, au-delà du plateau calcaire, la filature des Venteaux héberge ses ouvriers dans des habitats en pierre, tout comme ceux travaillant à Fismes et Fismette.

Dans sa conclusion sur les habitations des environs de Reims, Michel reporte que « les maisons anciennes sont construites en pisé ou en torchis, ce qui est regrettable au point de vue de l'hygiène » (Michel, 1912, p.77). D'une part, le pisé est mentionné, sans avoir de certitude sur ce que ce mot signifie ici. Il semble se différencier du torchis, mais la technique du pisé comprise comme de la terre compactée dans des banches, n'a jamais été mentionné ou décrite dans ce document. D'autre part l'hygiène semble en lien étroit avec l'utilisation de la terre, sans que le lien soit expliqué. Dans le constat, l'humidité est reliée aux constructions en carreaux de terre, mais ce problème pourrait être dû à une insuffisance de hauteur des soubassements, ou des débords de toit, un défaut de ventilation, chauffage réduit, ainsi qu'à une absence d'enduit tel que cela est mentionné parfois.

À l'inverse, dans la récapitulation générale sur l'hygiène des habitations ouvrières, c'est la craie du bâti du vieux Reims qui est pointée du doigt :

> *« Ce genre de construction est toujours mauvais, car l'humidité absorbée par la craie monte du rez-de-chaussée au premier étage et transporte avec elle tous les germes morbides du sol. La construction en carreaux de terre est généralement plus saine, à condition de n'employer que des matériaux absolument secs ; ce n'est pas le cas dans la plupart des bâtisses faites par les ouvriers eux-mêmes sur les terrains d'où ils extraient la terre pour l'édification de leur demeure »* (Michel, 1912, p.79).

L'utilisation de carreaux de terre encore humide est indiquée ici. Il reste difficile de savoir comment interpréter cette remarque. Les carreaux étaient-ils vraiment employés humides, ou se sont-ils humidifiés par remontée capillaire ?

Ce témoignage est précieux et permet de révéler l'importance de la construction en carreaux de terre des logements ouvrier pour Reims et sa région avant les destructions de la première guerre mondiale. Ce matériau est emblématique de l'expansion de la ville lorsqu'elle sort de ses remparts au courant du 19e siècle, dont une grande partie semble être construite par les habitants eux-mêmes. Un grand nombre de ces habitations est rattaché à des constructions insalubres, dû notamment à des problèmes d'humidités.

Enfin, en dehors des logements ouvriers largement concernés par le carreau de terre, une fiche de l'inventaire[43] réalisée par Gilles Alvès, Bruno Decrock et Isabelle Havard sur le patrimoine industriel, nous informe sur la construction d'une filature et tissage de laine vers 1855 par la société Wagner et Marsan sur les plans de l'architecte Alphonse Gosset[44] au 13 boulevard Saint Marceaux. L'annexe 1 du dossier reprend des extraits d'un texte de Julien Turgan[45] décrivant pour l'usine formant une seule salle de 6 000 mètres carrés « le mur extérieur est fait en briques de terre crue, soutenues par des chaines de briques en terre cuites ». L'usine est détruite par la guerre en 1914 et reconstruite en 1920. De nouveau détruite dans les années 1970 après avoir périclité, la parcelle laisse place aujourd'hui à un immeuble d'habitation. Le patrimoine industriel, possiblement dans une moindre mesure semble avoir été également concerné par le carreau de terre.

---

43 Titre : « Filature et tissage de laine Wagner et Marsan, puis Collet-Varenne, puis L. et H. Collet, puis S.A. des filatures et tissages de Reims, actuellement immeubles d'habitation ». Numéro de dossier : IA51000217

44 Il est à noter qu'Alphonse Gosset est un architecte rémois qui a travaillé avant la guerre franco-prussienne (1870) pour la construction d'usines textiles et de chais, puis par la suite pour des clients fortunés de Reims. Il est célèbre notamment pour le Grand Théâtre de Reims en collaboration avec Ernest Leclère et inauguré en 1866 et détruit durant la Première Guerre mondiale. Sa reconstruction est confiée aux architectes François Maille et Louis Sollier et l'édifice est rebaptisé Opéra de Reims en 2010.

45 Les grandes usines. Etudes industrielles en France et à l étranger. Reims, tissus de laine. Julien Turgan, Paris : 1868.

I.3.4.2. Témoignages d'une présence actuelle en milieu urbain à Reims

De nos jours, l'existence des constructions en terre à Reims est essentiellement montrée par des articles de journaux locaux ou des reportages télévisuels, relatant de l'effondrement ou risques d'effondrement de bâtiments en carreaux de terre (Figure 1-20).

Le Tableau 1-1 fait la synthèse des articles de presse ou reportage télévisuels faisant référence à des effondrements ou risques d'effondrement depuis 2010 dans la ville de Reims. Ceci correspondant à près d'un bâtiment effondré ou en péril tous les ans ou deux ans. Les causes de ces effondrements seront abordées dans la partie II.2.9. Les échanges menés avec le service de la sécurité civile de la ville de Reims ont confirmé également la présence importante de ce patrimoine en carreaux de terre et des périls qui y sont liés à cause des interventions qui ont été effectuées, notamment par la mise en place d'enduits au ciment.



Figure 1-20 : Photos d'habitations en carreaux de terre effondrées.
Photos : Isabelle Griffon, France Télévisions (gauche) ; RvCdier, blog (droite).

Tableau 1-1 : Liste des effondrements ou risques d'effondrement de bâtiments en carreaux de terre relatés dans la presse pour la ville de Reims depuis 2010. Collecte d'informations A. Aras-Gaudry

	États	Adresses	Quartiers
21 déc. 2010	Effondrement	138 avenue de Laon	Clairmarais
21 juin 2012	Effondrement	9 / 11 / 13 rue Marlot	Centre Ville
19 fév. 2013	Effondrement	23 rue Marie-Clémence Fouriaux	Clairmarais
23 sept. 2014	Effondrement	27 rue Marie-Clémence Fouriaux	Clairmarais
16 nov. 2016	Risque d'effondrement	96 rue des romains	Clairmarais
10 juin 2018	Risque d'effondrement	Rue Souissilon	Clairmarais
14 avril 2020	Effondrement	16 rue du Jard	Centre Ville
12 déc. 2022	Effondrement	97 rue de Strasbourg	Cernay - Jaurès

I.4. Fabrication des carreaux de terre

Nous abordons à présent la question de la fabrication des carreaux de terre à travers les différentes étapes, depuis le choix de la terre, aux fabricants, en passant par les méthodes de mise en œuvre.

I.4.1. Choix de la matière

Avant de procéder aux étapes de mélange et de moulage, il faut choisir la terre qui servira à la réalisation des briques. Les carreaux de terre n'étant pas confectionné à partir d'un matériau quelconque (Royer, 2001, p.47). Vitruve précisait déjà qu'il fallait une « terre blanche semblable à de la craie, de la terre rouge ou du sablon mâle »[46].

Pour ce qui est de la terre utilisée en Champagne, aux alentours de la Montagne de Reims, on utilise plus généralement :

- Le « tuf crayeux » ou « crayon », selon la dénomination locale, qui provient majoritairement de carrières très sommaires, mais dont le lieu d'extraction précis était connu pour la qualité des matériaux exploitables (André, 1981 ; Chapelon, 1981). Les maçons interrogés par Chapelon donnent deux critères de choix : 1/ sans trop de cailloux, pour assurer la tenue des carreaux de terre et 2/ qu'il durcisse convenablement sans se fissurer par le retrait (Chapelon, 1981).
- La « terre calcaire marneuse » du côté de Prouvais (Menu, 1924) ;
- La « terre noire ». Ce terme renvoyant vers deux définitions distinctes. Selon André (1981), elle correspond à la terre des fondations, dont il semble qu'elle n'était pas séparée de la terre végétale et donc de plus « mauvaise composition ». Tandis que selon Chapelon (1981, p.34), il s'agit de la terre des vallées alluvionnaires plus limoneuses. Cette appellation de « terre noire» a notamment été retrouvée lors du dépouillement de la série 10 R 2003 aux Archives Départementale de la Marne pour le mortier liant les carreaux, ainsi que dans les séries de prix de 1897 et 1913, où il en est question pour la fabrication des carreaux et du mortier (Société des architectes de la Marne, 1897 et 1913).
- La « terre jaune », qui est également mentionnée dans les séries de prix cité précédemment et définie par Chapelon comme crayon de terre jaune, perméable à l'eau et contenant beaucoup de craie (Chapelon, 1981, p.34).
- La « grève de pays », couramment appelée « graveluche » (Chapelon, 1981, p.34).

Dans le châlonnais, il est question de « terre grasse » (Herbert-Barrat, 1977). La terre est composée « de limon argilo-calcaire et de graveluche » mais « contient plus d'argile que de sols brun clair, elle est plus collante, propriété recherchée pour la confection des carreaux de terre. Plus riche en fer libre, elle est couleur brun jaunâtre ce qui lui vaut l'appellation de terre rouge dans la région. » (Gerdeaux, 1982, p.233).

Enfin, pour la Marne on retrouve l'appellation « Terre d'Orval », définissant les alluvions blanches situées sur la rive droite de la Suippe, entre Pontfaverger et Selles[47]. Dans le Dictionnaire des communes, Chalette (1845, p.320) signale également l'existence de « terre d'orvale » pour la confection de carreaux à Saint-Masmes, commune limitrophe de Selles.

Dans l'Aube, Leymerie (1846, p.386) indique que la boue des routes est utilisée pour la confection

46 De l'architecture : Les Dix Livres d'architecture. VITRUVE, DALMAS A. (éditeur scientifique). Traduction intégrale de Claude Perrault, 1673, revue et corrigée sur les textes latins, Paris, Balland, coll. « Point de vue du spectateur », livre II, chapitre 3, 1965, p. 221.

47 Notice sur la nature et les productions des environs de la ville de Reims, Collectif. 1880, in Notices sur Reims et ses environs, aux points de vue scientifique, historique, industriel, commercial, etc. rédigées à l'occasion du Congrès de l'association française pour l'avancement des Sciences. Reims, p. 299

des carreaux, de la terre blanche graveleuse excellente pour la confection des carreaux.

La terre utilisée pour la confection des carreaux est donc très calcaire. Ce qui n'a rien d'étonnant au vu de la localisation de ce patrimoine en Champagne crayeuse.

I.4.2. Carrières de terre à carreaux

Les carrières de terre à carreaux semblent avoir été une pratique courante, notamment lorsque la terre était reconnue comme bonne pour la construction (Chapelon, 1981, p.15). Afin de vérifier ces informations, des documents relatifs à l'exploitation de carrières ont été examinés. La période étudiée concerne principalement le 19e siècle, période durant laquelle l'emploi du carreau de terre est courant. Une première étude, réalisée par l'agence Bruno Decrock, concerne la sous série 8 S des archives départementales de la Marne[48]. Dans cette sous-série sont conservés les documents concernant notamment les mines et carrières, les statistiques et les demandes d'ouvertures. Ensuite, l'étude porte principalement sur les statistiques géologiques réalisées pour chaque département de la région dans le courant du 19e siècle.

• Sous-série 8 S des archives départementales de la Marne

Un état des carrières exploitées daté de 1869 mentionne un site d'extraction de « terre à bâtir », sur la commune de Bazancourt (nord de Reims) ; carrière à ciel ouvert exploitée par Constantin Luquet (qui apparemment travaille seul) au lieu-dit La Terrier ; exploitation qui selon cette enquête n'alimente que « les besoins de la construction du pays »[49] (commune ou commune élargie). Mais il n'est pas certain que le terme de « terre à bâtir » représente la terre utilisée pour les carreaux. Il pourrait s'agir de terre pour hourder les murs en pierre.

Le recensement des carrières (en activité ou fermées) envoyé fin 1930, à chaque commune[50] ne mentionne aucun site d'exploitation de terre crue pour carreaux, alors même que les carrières de "craie", de « moellon de craie », « d'argile » ou « d'argile réfractaire » y sont nombreuses ; même si souvent les sites mentionnés sont de peu d'importance (1 ou 2 ouvriers) ; les signalements d'abandons de carrière étant du reste assez courants (carrières exploitées pour la Reconstruction puis fermée ensuite). Cette enquête de 1930 ne mentionne du reste plus d'exploitation de terre à bâtir à Bazancourt. Cela peut s'expliquer par le fait que cette enquête avait pour objectif principal de recenser les usages d'explosifs dans les exploitations. Usage peu utile pour l'extraction de la terre.

Quelques rares mentions de « terre à maçonner » sont présentes dans les rapports annuels d'accidents dans les carrières et mines (8 S8 et 8 S9) comme par exemple celui mortel survenu le 15 mai 1845 lorsque Pierre Hoffmann, domestique du sieur Henriot, cultivateur à Châlons, a été enseveli sous un éboulement dans une carrière à ciel ouvert de terre à maçonner où il travaillait[51]. Mention similaire au sujet de l'accident dont a été victime Nicolas Leroux le 3 août 1846 à Fismette. Les circonstances sont en revanche précisées pour ce dernier cas : « le 3 août, le nommé Nicolas Leroux marchand épicier demeurant à Fismette commune de Fismes extrayait de la terre à maçonner dans une carrière, au niveau du sol du chemin, et, au lieu de déposer les parois de son exploitation en talus, il avait pratiqué une fouille en dessous de la terre végétale pour son extraction ainsi que cela se pratique malheureusement assez souvent

48 Aux archives départementales, la série 8 S relative aux mines, carrières et tourbières a notamment été exploitée : cotes 8 S 6, 8, 9, 10, 15, 17, 18 (1791-1921) ; de même que 8 S 151 et 152 (recensement des mines et carrières en 1930) et 8 S 270 et 271 (fonds des Ponts-et-Chaussées). L'inventaire de la série C n'a pas permis de déceler la présence de l'activité.

49 8 S 15.

50 8 S 152.

51 8 S 8.

dans cette localité... ». Ici encore le terme de « terre à maçonner » doit renvoyer au mortier de hourdis. D'autant plus que Fismette est éloigné du plateau calcaire crayeux caractéristique du patrimoine en carreaux de terre champenois.

La sous-série 8 S évoque donc l'exploitation de terre à bâtir, mais cette dénomination ne laisse en rien envisager que celle-ci ait pu définir la terre employée pour la confection de carreaux. Elle documente essentiellement les matériaux « durs » (pierres, terres extraites pour les tuileries et briqueteries) et les sables et graviers.

Les ouvrages accompagnant les cartes géologiques départementales, parus durant la première moitié du 19e siècle sont plus riches en informations sur les lieux d'extraction de la terre.

• Terre à carreaux dans les Ardennes d'après Sauvage et Buvignier (1842)

Dans la Statistique minéralogique et géologique du département des Ardennes, Sauvage et Buvignier (1842) présentent un inventaire de l'ensemble des communes des Ardennes, indiquant les principales couches géologiques qui les composent ainsi que les diverses carrières existantes pour chacune d'elles. La mention « terre à carreaux » est utilisée et permet de localiser ces carrières utilisées spécifiquement pour la confection de briques crues. Onze communes sont concernées, toutes regroupées le long de la côte de Champagne (Figure 1-21). La description du sol est identique pour chaque commune et présente un terrain composé de marne crayeuse, gravier crayeux et craie. Selon les Unités Cartographiques de Sol (UCS) du Référentiel Régional Pédologique (RRP), ces communes reposent toutes sur les UCS numéro 5211 et 5221. Celles-ci correspondent respectivement aux « Zones planes des collines de Champagne humide à sols calcaires sur marne crayeuse du Turonien » et aux « Bas plateaux argileux de Champagne humide à sols calcaires sur marnes du Cénomanien », dont l'Unité Typologiques de Sols (UTS) principale est l'UTS n° 90, correspondant à un sol brun calcaire, argilo- limono-sableux, hydromorphe de marne.

Il est étonnant que ces carrières soient réunies uniquement sur ce secteur et inexistante pour le reste de la Champagne crayeuse de la partie sud ardennaise, où la présence d'un patrimoine en carreaux de terre est avérée (voir partie I.3). Lors d'un entretien, réalisé durant cette thèse avec un maçon basé à Avaux, dans le sud-ouest des Ardennes, l'existence d'une carrière pour la confection de carreaux de terre du village a été confirmée. Cette carrière n'est pas mentionnée dans l'inventaire de Sauvage et Buvignier. Peut- être n'existait-elle pas encore, où bien le relevé des carrières à carreaux était-il non exhaustif.

Au nord des Ardennes, il semble que la forte présence des carrières de pierre rende moins utile le recours à la terre et aux carreaux. Fronteau et Lelarge (2022) ont exploité l'inventaire de Sauvage et Buvignier (1842), afin de présenter, entre autres, une carte des communes référencées comme possédant une ou des carrières de pierre de taille (Figure 1-21, gauche). Celles-ci se trouvent largement sur la partie des crêtes préardennaises. Ces dernières possèdent des couches géologiques résistantes à l'érosion, comportant des gisements de pierres à bâtir. « Par contre, entre les côtes, les couches formant les dépressions du relief sont plutôt pauvres en gisements de pierre car composées de couches d'argiles ou de marnes » (Fronteau et Lelarge, 2022, p.18). Il est alors envisageable que ces couches d'argiles ou de marnes aient pu servir pour les constructions en torchis et éventuellement à la fabrication de carreaux de terre. Enfin, la partie sud des Ardennes, ne semble pas présenter de carrière de pierre. Ce qui renforce l'hypothèse d'un recours à la terre pour la confection de carreaux et l'éventualité de carrières non répertoriées. Fronteau a réalisé une carte non publiée (Figure 1-21, droite) des communes avec présence de carrière de terre à carreaux. Celles-ci sont regroupées uniquement le long de la côte de Champagne.

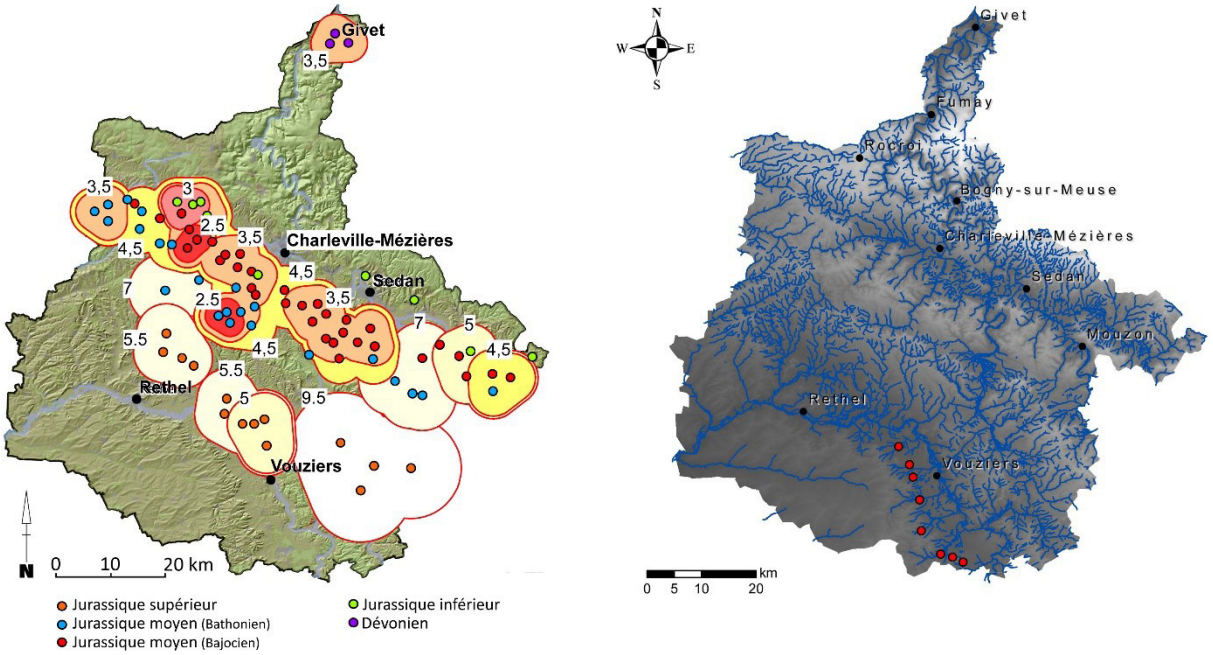


Figure 1-21 : Cartographies. À gauche : Communes référencées comme possédant une ou des carrières de pierres de taille. Le chiffre indiqué correspond à la distance en km utilisée pour construire chaque cluster, avec un pas croissant de 0.5 km (Fronteau et Lelarge, 2022). À droite : Communes avec carrières de terre à carreaux. Réalisée par Fronteau (2022) © URCA, GEGENA. Ensemble des cartes d'après Sauvage et Buvignier, 1842.

• Carrières de terre à carreaux dans l'Aube d'après Leymerie (1846)

L' ouvrage de Leymerie (1846) permet de révéler les carrières de terre à carreaux présentes dans les communes. Le terme employé est « terrier » et correspond à une exploitation de la terre pour le torchis, le mortier ou la fabrication des carreaux. Cette précision n'est pas toujours mentionnée, alors que chaque terre semble avoir sa spécificité. Comme sur la commune Yèvres -le-Petit où l'on « extrait pour le besoin de la commune deux sortes de terres, dont l'une est employée pour la fabrication des carreaux, et l'autre pour le torchis » (Leymerie, 1846, p.451).

C'est également le cas sur la commune de Crancey, dans le canton de Romilly, dans laquelle se trouvent « deux terriers d'où l'on tire de la terre jaune propre à bâtir, et de la terre blanche pour la fabrication des carreaux » (Leymerie, 1846, p.633). On ne sait pas ce qui est entendu par « propre à bâtir », mais cela semble se distinguer de la production de carreaux. À moins que cela qualifie l'ensemble des pratiques possibles : mortier pour la pierre, torchis et carreaux. Le doute subsiste pour la commune voisine de Saint-Hilaire, où il est question « d'un terrier considérable d'où l'on tire de la terre jaune à bâtir », village où « on bâti en grès dur qu'on trouve sur les hauteurs, et en carreaux de terre » (Leymerie, 1846, p.633). La commune de Boulages, dans le canton de Méry-sur-Seine, possède quant à elle « plusieurs petits terriers offrant une terre jaune graveleuse pour la fabrication des carreaux » (Leymerie, 1846, p.402). La distinction entre une terre spécifique pour le torchis, le mortier ou les carreaux reste floue. Il est possible qu'elle ait parfois servi indépendamment de la technique employée.

Pour cette étude, qu'il soit non spécifié ou qualifié de bon pour la « terre à bâtir », la présence d'un terrier sur une commune possédant des constructions en carreaux de terre, est considérée comme étant un lieu potentiel d'extraction de terre pour la confection de carreaux.

Les cantons de Méry-sur-Seine et Romilly, localisés à la confluence de l'Aube et de la Seine, semblent être les plus fournis en terriers pour carreaux de terre. Il est spécifié pour chacun d'entre eux que presque toutes les communes en possèdent (Leymerie, 1846, p.395 et 631-

632). Sur le canton de Romilly, dans la vallée de la Seine, « on ne se sert ordinairement que des carreaux de terre pour les murs du bâtiment » (Leymerie, 1846, p.632).

Parfois, un terrier n'est pas nécessaire à la confection des carreaux et c'est la « boue des rues » qui est employée, comme à Villehadouin (canton de Piney) ou Saint-Parres-aux-Tertres (canton de Troyes). Cette dernière sert également à la préparation des mortiers de murs en pierre calcaire sur le canton d'Essoyes, au sud-est du département.

À l'instar de la présence du patrimoine en carreaux de terre (voir I.3.2), les terriers sont regroupés dans le nord du département et plus abondamment encore au niveau de la Vallée de la Seine du côté des cantons de Romilly et Méry-sur-Seine (Figure 1-22).

•Carrières de terre à carreaux dans la Marne d'après Chalette (1845)

Dans le Précis de la statistique générale du département de la Marne, Dictionnaire des communes, Chalette (1845) reporte les différentes carrières présentent pour chaque commune de la Marne. Il y est question des carrières de craie, de pierres, graviers, grèves, sable, etc.

L' exploitation du sol pour la construction en terre est indiquée de différentes manières. Parfois l'utilisation de la terre pour la confection de carreaux de terre y est explicite avec la mention « terre à carreaux », dans d'autre cas l'usage est incertain lorsqu'il s'agit de « terre à bâtir ». Ce dernier se retrouve employé seul pour les communes de Châlons-en-Champagne, Fagnières, Saint-Martin-le-Prés (toutes trois dans le canton de Châlons) et Vaudesincourt. Pour les communes de Bétheny, Courtisols et Taissy, il est spécifié « terre à carreaux et/ou à bâtir ». Ce qui laisserait penser de nouveau que « terre à bâtir » ne correspond pas à la terre utilisée pour la confection des carreaux. Toutefois, les villes citées pour l'exploitation de la terre à bâtir se situent toutes dans la zone de patrimoine à carreaux de terre. Enfin, le terme « carreaux », lorsqu'il est employé avec « briques, tuiles et poterie » semble renvoyer aux carreaux confectionnés par les briqueteries, et qui sont alors cuits, voire émaillés ou vernissés. Cependant, l'exemple de la commune de Damery, est représentatif de l'incertitude qui peut subsister dans certains cas. En effet, il est spécifié « On trouve sur ce territoire des carrières [...] de terre à brique, tuile et carreaux. Trois ouvriers exploitent ces dernières substances pour alimenter une usine à brique, tuile et chaux » (Chalette, 1845, p.188). Le terme « carreaux » n'est plus présent dans la fabrication de l'usine, tandis qu'à Sézanne « on cuit annuellement dans les fours, 1 350 000 tuiles, 720 000 briques, 72 000 carreaux et 8 100 hectolitres de chaux » (Chalette, 1845, p.284).

La mention de « terrière » pour les carrières de terre à carreaux est faite pour les communes d'Aubérive, Renneville, Soulières et Vraux. Dans cette dernière commune il est signalé que l'exploitation est importante et de qualité : « À l'entrée méridionale de Vraux se trouve une vaste terrière où l'on fait une immense quantité de bons carreaux à bâtir » (Chalette, 1845, p.68). Toutefois, le mot « terrière » signifie une exploitation de la terre qui peut aussi être faite dans le cadre de terre cuite, comme c'est le cas à Cormicy, où il est noté : « Cormicy a deux tuileries qui occupent pendant neuf mois de l'année, 25 à 50 ouvriers ; il en sort 500 000 briques et carreaux, 800 000 tuiles et 8 000 hectolitres de chaux » (Chalette, 1845, p.331).

Certaines informations sur la terre employée existent comme à Berru où l'on trouve « de la terre semi- calcaire, très bonne pour les carreaux » (Chalette, 1845, p.312) ou à Moncetz avec « de la terre jaune pour carreaux » (Chalette, 1845, p.96). Ces spécifications restent rares.

Tout comme les études de Sauvage et Buvignier (1842) et Leymerie (1846), ce relevé est un instantané du milieu du 19e siècle et n'est donc pas exhaustif sur l'ensemble des carrières qui ont pu exister. D'anciennes carrières avaient peut-être disparues au moment de l'enquête,

quand d'autres ont pu ouvrir plus tard. Par exemple Chapelon (1981, p.15) nous informe de l'existence de carrières communales de terre à Villers-aux-Nœuds et Sermiers. Celles-ci ne sont pas mentionnées par Chalette.

Enfin, il est probable que dans certains villages, la terre était directement issue des terrains de constructions et ne nécessitait pas de carrière spécifique. Par exemple à Saint-Just dans le canton d'Anglure, il est noté « les puits creusés dans la grève et la terre à carreaux, à 4 ou 5 mètres de profondeur, fournissent une eau saine, reposant sur fond de grève. La grève et le sable sont extraits pour entrer dans les constructions et pour l'entretien des chemins » (Chalette, 1845, p.149). Et ensuite « On trouve dans son territoire un peu de terre à tuile dans quelques contrées et un peu de tourbe ». Aucune mention de carrière spécifique pour la confection des carreaux, bien que la qualité du sol pour ce type d'ouvrage soit reportée. La grève utilisée pour la construction a-t-elle vocation à servir pour le carreau de terre ? C'est le cas à Saint-Mard-sur-Auve dans le canton de Dommartin-sur-Yèvre, où il est noté « on y trouve de la menue grève pour carreaux » (Chalette, 1845, p.447).

Néanmoins, les informations données par Chalette (1845), permettent de révéler une forte présence de carrières de terre à carreaux, réparties sur le département de la Marne au milieu du 19e siècle (Figure 1-22).

• Données sur le département de la Haute-Marne d'après Peuchet et Chanlaire (1811)

Les documents consultés pour la période du 19e siècle[52] sur le département de la Haute-Marne ne donnent pas de trace concernant d'éventuelles carrière de terre pour la confection de carreaux utilisés pour le bâti. Seul Peuchet et Chanlaire (1811, p. 17) évoquent des constructions rurales bâties en torchis et carreaux de terre dans les parties peu boisées, sans plus de précision sur la position géographique. Dans cette description il n'est pas fait mention de la pierre, alors que c'est ce matériau qui semble emblématique pour ce département. En effet, dans un rapport d'étude sur les pierres de Langres[53], Fronteau (2024) retranscrit une recherche bibliographique sur une documentation s'étalant du 18e siècle à nos jours et pour laquelle les carrières de pierre à bâtir sont largement évoquées. Pour exemple la carte des carrières de pierres de taille exploitées en 1889. Toutefois, Peuchet et Chanlaine (1811, p. 27) décrivent pour La Genevroye et Mirbel, localisées entre Joinville et Chaumont, une argile bleue mêlée d'une grande quantité de petites coquilles bivalves, qui après avoir été « bien corroyées » sert à la confection de briques crues employées pour la construction des fours à cuire le pain. Cette évocation n'est pas sans rappeler la confection des briques crues faite dans le village de Marats (Meuse), pour le même usage, qui a donné le nom de briques de Marats, et dont la production est considérable au milieu du 19e siècle (Buvignier, 1852). En dehors de ces évocations, la présence de carreaux de terre dans le patrimoine de la Haute- Marne semble très limitée, voire cantonnée à cette seule évocation, et l'exploitation de carrière de terre pour la construction peu probable.

52 Rosière et Houry, Mémoire statistique et minéralogique de la Haute-Marne. Journal des mines, Vol°17, n°102, 1804-1805 (an XIII, 1er semestre), p. 405-436.
Peuchet J., Chanlaire P.-G., 1811, Description topographique et statistique de la France. Département de la Haute-Marne, n°47, Imp. De Courcier, Paris, 48 p.

53 Luquet J.F.O., 1836, Recherches historiques et statistiques sur les principales communes de l'arrondissement de Langres, Sommier, Langres, 515 p.

Fronteau G., Drothière X., Krauffel T., Junique J., Les pierres de Langres : types et origines des pierres du bâti ancien, 2024, 71 p.

• Synthèse des carrières de terre à carreaux au milieu du 19e siècle dans le département des Ardennes, de l'Aube et de la Marne

La Figure 1-22 fait la synthèse des carrières à carreaux de terre mentionnées par Sauvage et Buvignier (1842) pour les Ardennes, Leymerie (1846) pour l'Aube, Chalette (1845) pour la Marne et Peuchet et Chanlaire (1811) pour la Haute-Marne. La recherche pour le département de l'Aisne[54] qui comporte un patrimoine en carreaux de terre (Menu, 1924 ; Marcq, 1975), n'a rien révélé.

La légende différencie « carrières de terre à carreaux » et « terre à carreaux ». En effet, la présence de carrières de terre est parfois claire, par exemple pour Somme-Vesle dans la Marne, qui en détient plusieurs : « les habitants engraissent quelques bœufs et veaux et exploitent plusieurs carrières de terre à carreaux » (Chalette, 1845, p.101). En revanche il est noté pour Chouilly (Marne) : « on y trouve des cendres et terres sulfureuses, de la terre à carreaux... » (Chalette, 1845, p.187), ce qui démontre la présence de la ressource, son utilisation, mais pas l'existence spécifique d'une carrière.

Au total ce sont 110 communes mentionnées au milieu du 19e siècle possédant des terres propres à la confection de carreaux de terre : Ardennes (11), Aube (34), Marne (64), Haute-Marne (1). Soient 68 communes où la présence de carrières (terrières ou terriers) spécifiques sont identifiées : Ardennes (11), Aube (27), Marne (30) et 42 communes où de la terre propre à la fabrication de carreaux est confirmé : Aube (7), Marne (34), Haute-Marne (1).

Ce travail permet de révéler sous forme cartographique, le maillage à minima des carrières de terre et des communes où la terre était connue pour être bonne pour la confection de carreaux, au milieu du 19e siècle dans ces trois départements. Ce relevé démontre le caractère local de la ressource employée pour la construction et sous-entend donc une fabrication également locale. De nouveau, on remarquera que ces sites se situent surtout sur le Crétacé supérieur, correspondant à la Champagne Crayeuse.

54 Description géologique du département de l'Aisne, d'Archiac, Société géologique de France, Paris : Langlois et Leclercq, 1843, 293 p.

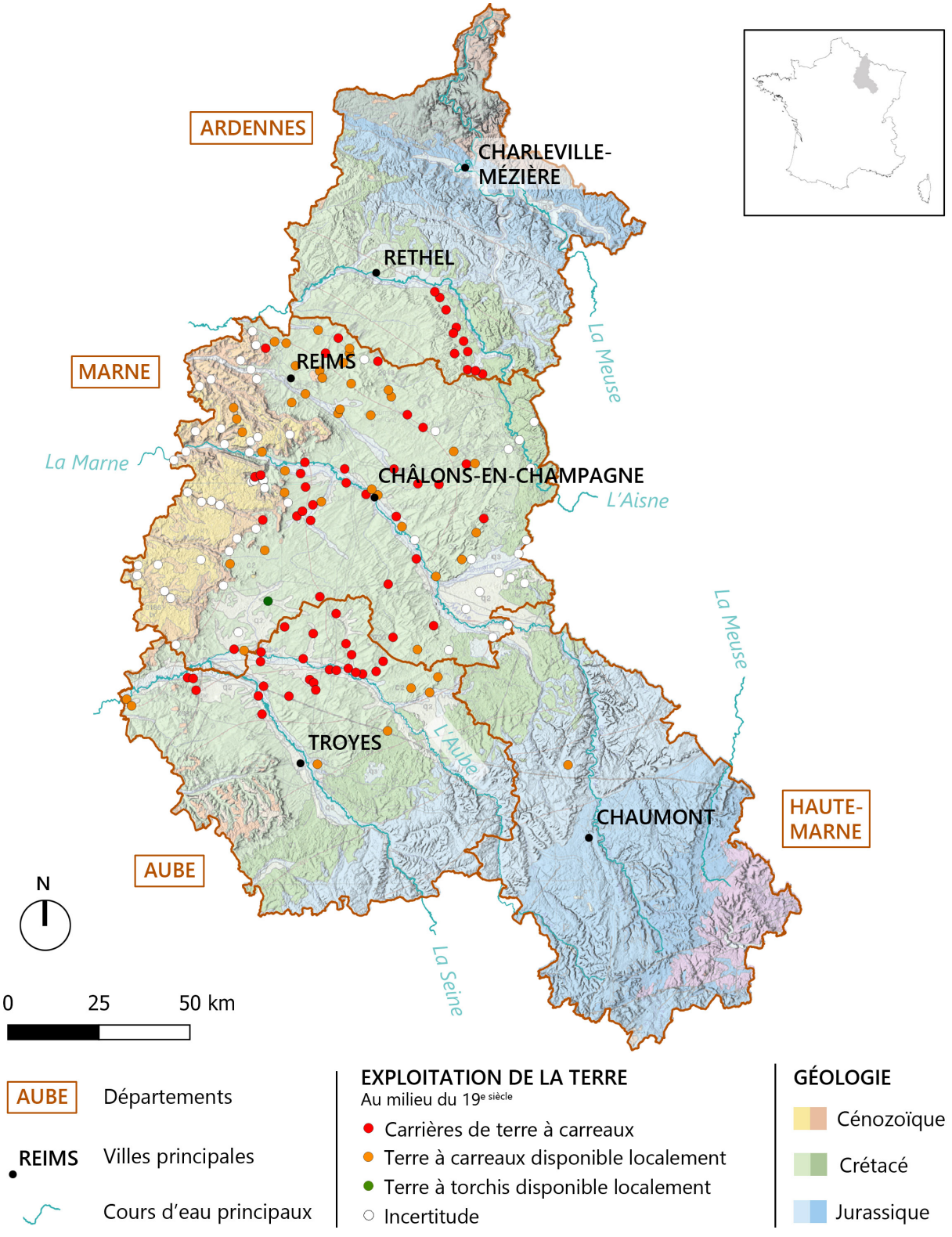


Figure 1-22 : Relevé des carrières de terre à carreaux, des terres bonnes pour la confection de carreaux et de torchis. « Incertitude » correspond à la mention « carreaux » dont l'emploi pourrait être fait concernant des carreaux cuits fabriqués par les briqueteries. D'après Sauvage et Buvignier – 1842 (Ardennes), Leymerie – 1846 (Aube) et Chalette – 1845 (Marne). Fond de plan de la carte géologique du BRGM.

• Localisation des terrières dans la Marne

Les cadastres napoléoniens et les états de sections, disponibles aux archives départementales, permettent d'avoir accès aux informations concernant les parcelles au début du 19e siècle, environ à la même époque que les documents sur la géologie que nous venons de présenter. Les plans parcellaires des cadastres napoléoniens permettent de localiser les parcelles, tandis que les états de sections informent notamment sur le nom des propriétaires et la nature de cette dernière. En recoupant les informations, il est possible de localiser précisément les terrières et de connaître le propriétaire.

Ainsi, au 19e siècle dans la Marne, les carrières sont non seulement réparties dans un grand nombre de communes, mais elles sont souvent localisées contre le tissu bâti des communes, au niveau de la ceinture maraîchère (Rochel, 2022), et ce sont les communes qui en sont propriétaires. Ceci démontre alors la très grande proximité de la ressource pour la fabrication des carreaux de terre (Figure 1-23).

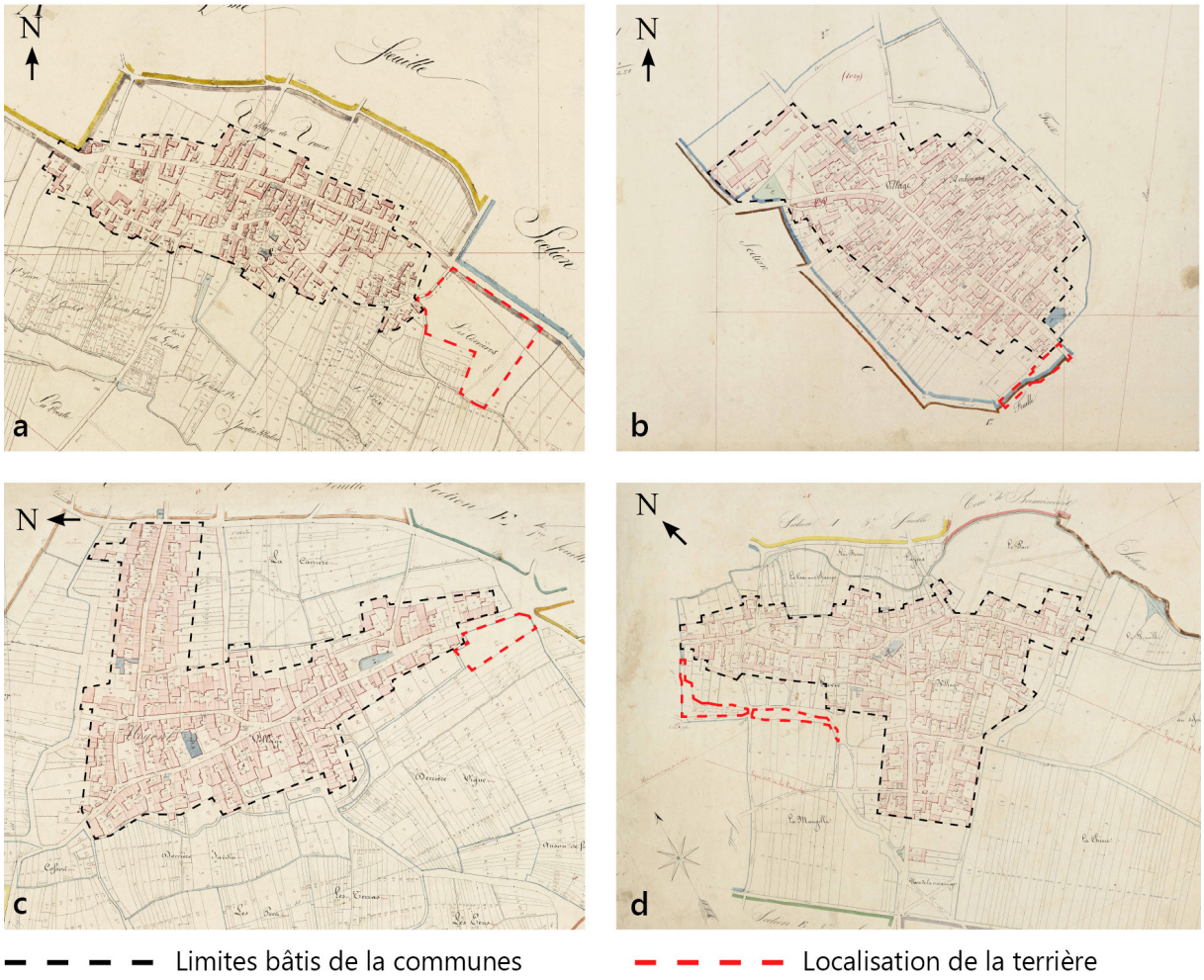


Figure 1-23 : Localisation des terrières d'après les cadastres napoléoniens et les états de section.
a : *Vraux (1826).* b : *Ambonnay (1827).* c : *Nogent l'Abbesse (1834).* d : *Loivre (1835)*

Ces nouvelles données précisent l'interprétation de la Figure 1-24 (Ancelin et al., soumis), qui illustre l'occupation du sol de la butte de Brimont (au nord de Reims) au milieu du 19e siècle, reconstituée à partir du cadastre napoléonien. Elles mettent en évidence la trilogie paysagère caractéristique des villages des coteaux champenois : massifs forestiers sur les parties sommitales, espaces agricoles sur les versants et front de côte consacré aux activités viticoles et arboricoles. Le village de Brimont, implanté à mi-versant au cœur du vignoble, était alors entouré d'une ceinture maraîchère, reflet d'une économie de subsistance encore dominante à l'aube de la révolution industrielle dans les communautés rurales. Dans cette même logique, le document ancien révèle surtout la présence d'une terrière (« sites d'extraction de matériaux ») dont la proximité avec le noyau villageois renforce l'hypothèse d'un usage destiné à la fabrication de carreaux de terre employés dans la construction locale, le village étant alors « généralement construit en carreaux de terre » (Povillon-Piérard, 1826).

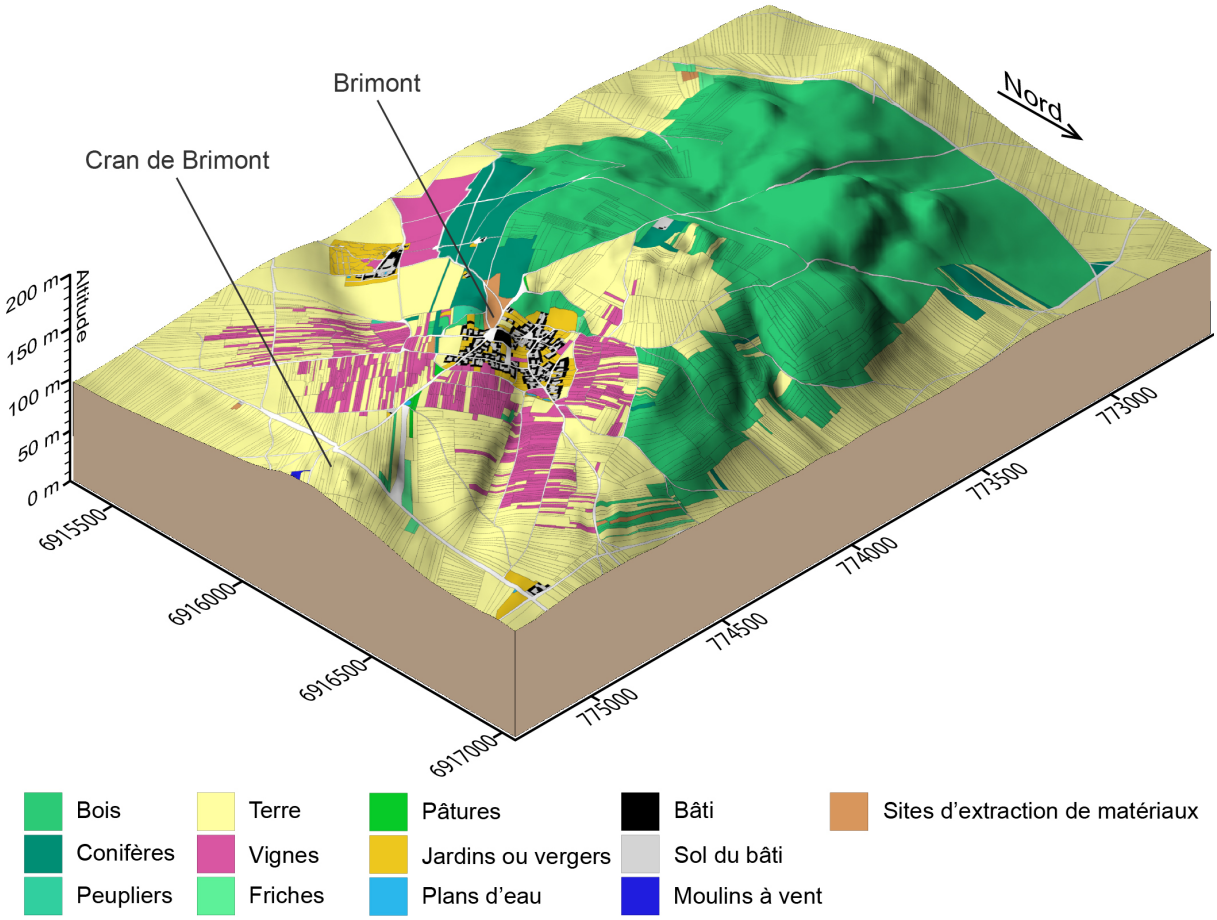


Figure 1-24 : Occupation du sol de la butte de Brimont en 1834 reconstituée d'après le cadastre napoléonien (Ancelin et al., soumis).

I.4.3. Fabrication des carreaux de terre

La fabrication des carreaux de terre respecte généralement une saisonnalité de production. Les séries de prix d'entre-deux-guerres définisse un prix de mai à octobre et des plus-values était indiquées pour des carreaux fabriqués entre novembre et avril (Société des architectes de la Marne, 1897 et 1913). Ce qui signifie qu'il existait des entreprises paysannes, artisanales ou industrielles qui fabriquaient en vue de la revente. Imbault (1986) mentionne une période de fabrication entre mai et septembre. Ces périodes permettent aux carreaux de sécher complètement durant plusieurs semaines en dehors des périodes de gel (Chapelon, 1981 ; Imbault, 1986).

La production par trois personnes de l'extraction au séchage pouvait atteindre 500 carreaux par jour (Imbault, 1986), ce chiffre était porté à 700 par Oppermann et Marini (1859). À titre de comparaison Guillaud parlait de 500 à 700 briques par jour par mouleur (Guillaud, 2011), mais ce chiffre ne stipule pas la prise en compte des étapes d'extraction et de mélange. Chapelon donne une production équivalente à Guillaud avec 1 000 unités par jour, pour le moulage – démoulage réalisé par un maçon et son aide vers 1920, avec une journée de travail de dix heures (Chapelon, 1981). Chalette donne une information précieuse sur la commune de Plivot, où « six ouvriers moulent en quatre mois 20 à 25 000 carreaux de terre » (Chalette, 1845, p.168). Ce qui en terme de production correspond environ à seulement 40 carreaux par jour par personne, bien en dessous des autres chiffres donnés. Nous faisons l'hypothèse ici que soit cette production prend en compte le temps de séchage, soit que les ouvriers réalisent d'autres tâches.

Pour l'ensemble du processus de fabrication l'outillage était assez simple. Selon Chapelon (1981) les outils suivants étaient nécessaires. Pour l'extraction et le transport : Pelles, pioche, brouette et des charrettes à bras ou tirées par des bêtes de somme. Des seaux pour l'arrosage. Un « hoyau » ou « rabot » (petite houe) pour le mélange. Des moules en bois avec un fond percé de quelques trous.

C'est le moule qui donne la dimension des carreaux. Les moules en bois ou en métal, étant de fabrication artisanale, leurs tailles diffèrent. Le Tableau 1-2 donne quelques exemples de dimensions des carreaux relevés dans la littérature. Les dimensions varient, mais restent du même ordre, permettant un maniement facile et le poids qui en découle, environ 2,5 kg (Imbault, 1986) est supportable pour la mise en œuvre. Toutefois, le poids donné par Imbault pour les dimensions qui y sont liées semble sous-estimé. Le Tableau 1-2 donne une estimation du poids basée sur une masse de 1,5 kg/dm^3. Ainsi, le carreau définit par Imbault (1986) pèserait 7,3 kg. Poids qui reste facilement manipulable. Tout comme l'ensemble des carreaux définit dans la littérature citée, dont le poids n'excède jamais 9 kg.

Tableau 1-2 : Exemples de dimensions des carreaux champenois relevés dans la littérature.

	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)	Poids (kg) estimé pour une masse estimée à 1,5 kg/dm^3
Oppermann (1859)	33	15	12	8,9
Oppermann (1859)	27	13	13	6,8
Sainsaulieu (1924)	24	12	12	5,2
Guillaud (1980)	22,5	10,5	10,5	3,7
Imbault (1986)	29	14	12	7,9
Moyenne	**27**	**13**	**12**	**6,4**
Écart-type	*4,2*	*1,7*	*0,9*	*2*

I.4.4. Méthode de fabrication

Trois méthodes de fabrication de carreaux de terre sont reportées dans la littérature.

• Brique taillée

Dans un article de 1981 pour le Syndicat de maçons intitulé « La terre, Matière et Matériau », André fait part d'une pratique où la terre était « taillée directement à l'aide d'une bêche dans la couche de terre arable sur la portion de terrain choisi. Ces blocs constitués de terre arable, de racines, étaient de mauvaise qualité. Le tuf pouvait être aussi taillé sur le lieu d'extraction même, des lits de terre étant alors détachés et divisés en blocs égaux » (André, 1981). Cette technique n'étant pas évoquée ailleurs, il est difficile de connaître l'ampleur de son emploi. Toutefois, l'emploi du terme « tuf » renvoie en Champagne à la couche d'encroutement carbonaté située sous le sol organo-minéral (aussi appelée « horizon d'accumulations carbonatés »). Le tuf est un assemblage cohérent de graviers de craie partiellement cimentés par la calcite néoformée (Linoir, 2014). Le tuf se découpe très bien à la bêche et la photographie d'un échantillon présenté par Linoir (2014) (Figure 1-25) laisse entrevoir la difficulté de différencier à l'œil nu un carreau taillé, d'un carreau moulé après plusieurs années de vie. Les deux présentant la même forme et la même composition. Une étude des dimensions d'un ensemble de carreaux pourrait éventuellement donner une indication. Si les carreaux présentent les même dimensions, l'emploi d'un moule serait l'hypothèse à privilégier, tandis qu'une variation pourrait traduire une fabrication plus aléatoire quant aux dimensions, du fait de la découpe.

Jusqu'à présent, ce processus semble connu uniquement pour des « « sols ferrallitiques » (Fontaine et Angers, 2009), de type « latérite ou plinthite ou d'origine volcano-sédimentaire » (Aurenche et al., 2008). La partie superficielle est décapée et l'extraction fait appel à des outils qu'on retrouve dans les carrières à pierre : pics, pioches, houes... (Ibid.).

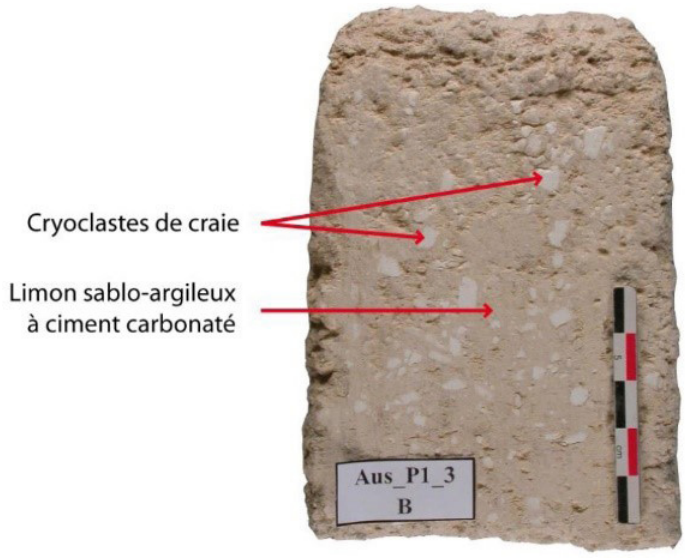


Figure 1-25 : Photographie d'un échantillon d'horizon d'accumulations carbonatées champenois (Linoir, 2014).

• Brique de terre découpée : « À la tarte »

Une autre méthode est dite « à la tarte » (Menu, 1924 ; Chapelon, 1981). En 1924, Alexandre Menu décrit la manière traditionnelle pour construire une habitation ouvrière à bon marché dans le village de Prouvais (Aisne), qui n'avait pas de bons matériaux de construction. La méthode à la tarte est décrite comme suit : « En piochant le sol mouillé du champ choisi, en le tassant ensuite, puis en découpant à la bêche des prismes rectangulaires deux fois plus longs que larges. La sécheresse durcissait ces blocs qu'on détachait et mettait en tas couverts de paillassons pour en achever la dessiccation » (Menu, 1924). Chapelon décrit également cette méthode, en précisant l'épaisseur du tas de terre « en couche uniforme de 10 à 15 cm », (Chapelon, 1981, p.14). Dans les deux cas la terre est mouillée ou arrosée puis tassée ou damée. Il n'est pas précisé la vigueur avec laquelle ce tassement est réalisé ni l'état d'humidité de la terre. La méthode du pisé, qui consiste à damer de la terre dans des banches, est un procédé où la terre est sous forme dite humide (Hamard, 2022). Au-delà, il semble peu évident de pouvoir compacter la terre. De plus, le compactage n'est efficace que si le matériau est confiné dans un ou moule ou un coffrage solide. Chapelon précise que cette méthode était plus rare, ce qui est le cas également de manière générale dans la construction en brique crue (Aurenche et al., 2008).

• Brique de terre moulée : « À la forme »

Enfin la méthode la plus souvent décrite, dite « à la forme » (Menu, 1924 ; Chapelon, 1981) et correspond également à la méthode la plus répandue dans le monde (Aurenche, 2008). Il s'agit tout d'abord d'ajouter de l'eau à la terre avant de la mélanger. Ce mélange se faisait généralement au pied (Oppermann et Marini, 1859 ; Herbert-Barrat, 1977) ou à la pelle (Oppermann et Marini, 1859 ; Menu, 1924). La durée de mélange permettait d'obtenir une pâte homogène qui garantissait la solidité des carreaux (Herbert-Barrat, 1977). Oppermann dans une visée d'ingénierie moderniste propose également un malaxage mécanique « au moyen d'un tonneau à manège, ou d'un groupe de tonneaux mus par une locomotive » (Oppermann et Marini, 1859). Nous ne savons pas si cela s'est véritablement réalisé. Après mélange, le mortier est placé dans le moule muni d'un fond percé (Figure 1-26), afin de décoller facilement les carreaux, et légèrement tassé à la pelle (Chapelon, 1981). Les carreaux étaient ensuite démoulés sur le sol, pour une première phase de séchage de trois jours, avant d'être retournés (probablement sur la tranche, cela n'est pas précisé), pour une seconde phase de séchage (Chapelon, 1981). Quand la consistance le permettait, les carreaux étaient dressés en pyramide en laissant un vide pour finir le séchage. Afin d'éviter la dégradation par la pluie, les tas était couvert de paille (Herbert-Barrat, 1977). Les étapes de fabrication ont été dessinées par Perrine Chapelon (1981) et sont présentées en Figure 1-27 et Figure 1-28.

Une variante du moulage existe, il s'agit de bloc damé. La terre était compactée à l'aide d'une dame, permettant de donner une meilleure cohésion. Chapelon note qu'une seule trace de ce mode de confection (un moule et une dame) a été retrouvée chez un cantonnier retraité de Villers-aux-Nœuds (Chapelon, 1981). En revanche, cette variante est le seul procédé de moulage décrit par Guillaud (1980). Dans son mémoire de diplôme d'architecte où il analyse la méthode des briques crues moulées, le procédé champenois y est décrit comme différent de celui pratiqué dans le sud-ouest et défini comme suit : « le carreau est réalisé par un damage dans un moule d'une terre humide dont la teneur en eau est plus proche de celle du pisé. Il s'agit en fait d'une brique compressée » (Guillaud, 1980, vol.2, p.130). Guillaud a réalisé un dessin des étapes (Figure 1-26 c), avec l'explication suivante : « le moule à poignées inversées, était appuyé sur le tas, ce qui contribuait à prendre la quantité suffisante de terre et à la tasser contre le fond du moule. Un compactage complémentaire à l'aide d'un pilon manuel terminait le travail » (Guillaud, 1980, vol.2, p.136).

Il existe d'autres types de moules, certains constitués uniquement de planche de sapin dont celle « du fond débordait sur deux côtés, pour qu'on puisse facilement saisir le moule et le retourner (Herbert-Barrat, 1939, p.32), d'autres sont de « simples cadre en bois fortement consolidés et sans fond » (Chapelon, 1981, p.37).

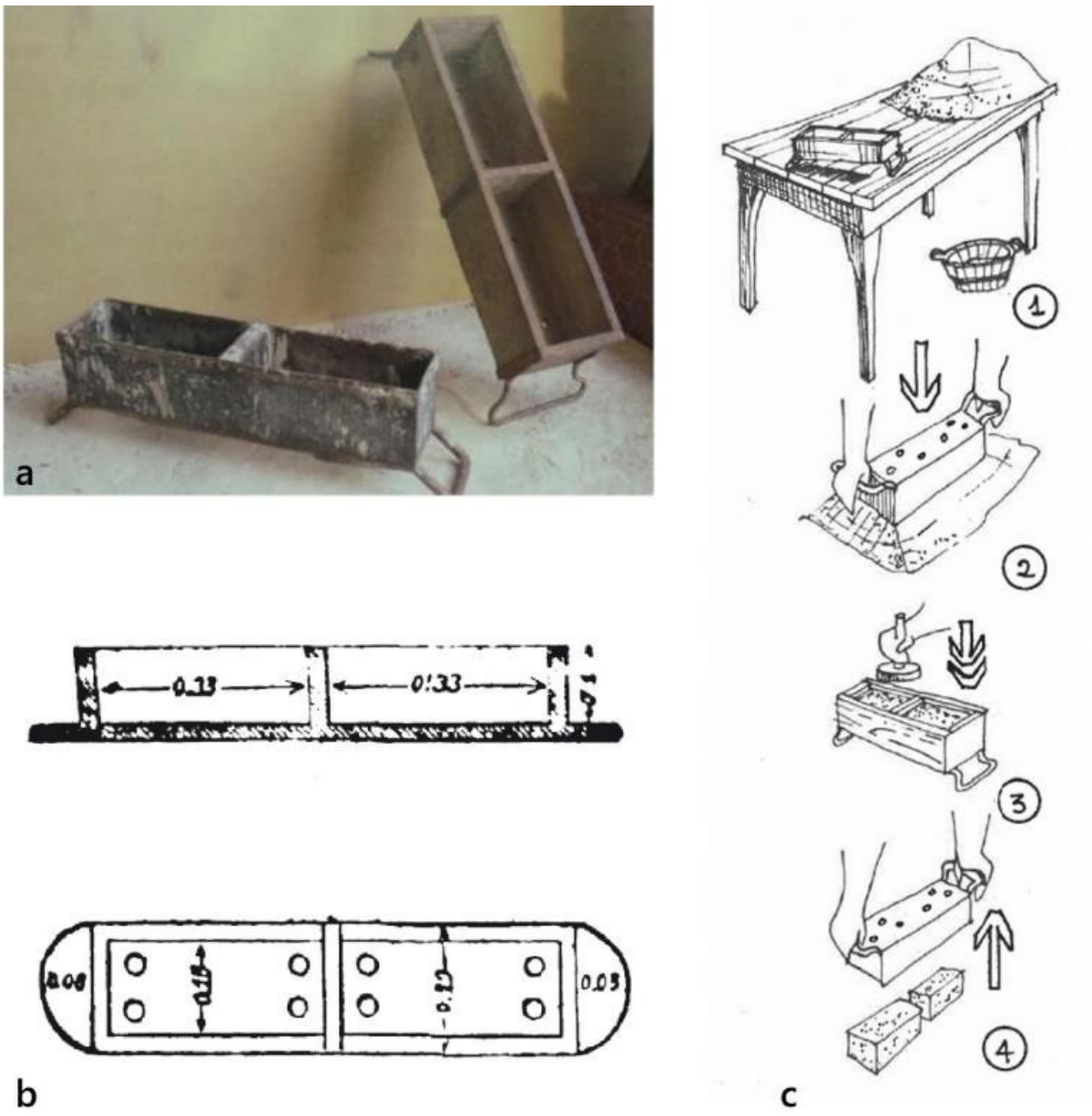
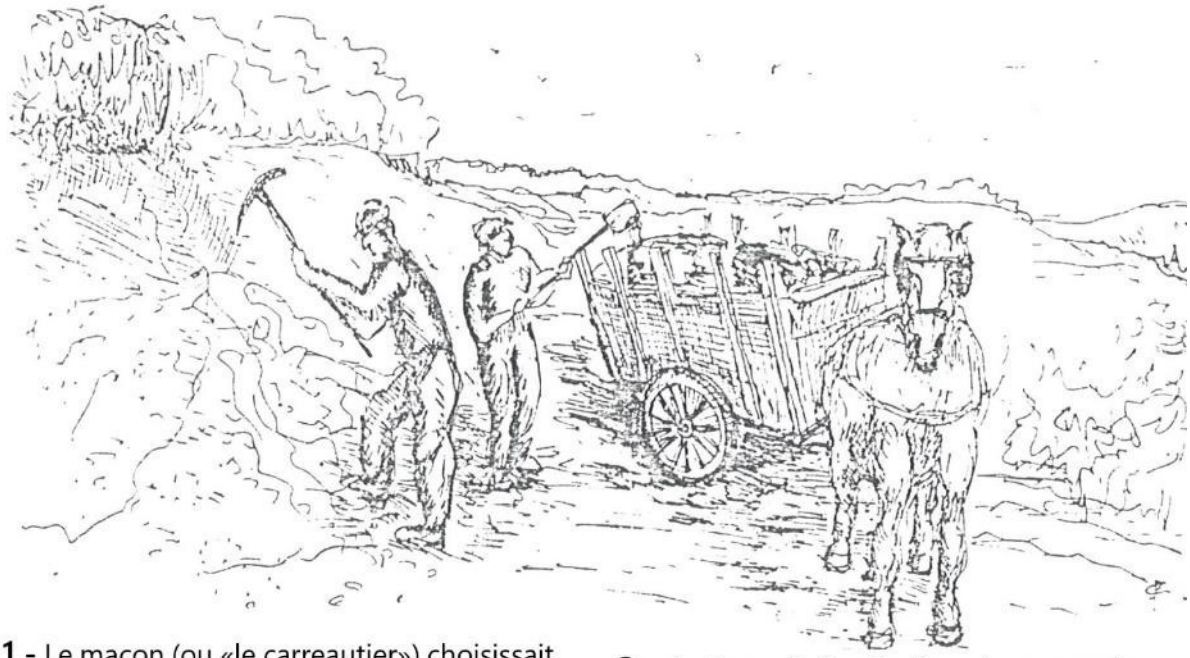


Figure 1-26 : Moules à carreaux de terre. a : *moules à carreaux de terre en bois et métal, prêtés par l'Association Reims Histoire Archéologie (photo : CRAterre, H. Guillaud).* b : *dessin de moule (Oppermann et Marini, 1859).* c : *Dessin du processus de moulage par Guillaud (1980, vol.2 p135).*

FRABRICATION «TRADITIONNELLE» DES CARREAUX DE TERRE



1 - Le maçon (ou «le carreautier») choisissait d'abord la terre, il fallaut un «tuf crayeux» sans gros caillous, qui durciçait au soleil

2 - La terre était extraite puis emmenée par tombereau sur le chantier de fabrication. Celui-ci pouvait aussi être le chantier de construction



3 - Sur le chantier, le maçon et son ouvrier arrosaient la terre pendant deux à trois jours. «La terre était trempée», elle prenait alors la consistance d'une boue compacte.



4 - Quelques jours plus tard le maçon et son ouvrier remuaient la terre avec le «houyau» ou «rabot» comme on gâche un mortier. La terre était «rabotée» deux ou trois fois de suite.

Figure 1-27 : Étape de préparation de la terre. Planche réalisée par Chapelon (1981)

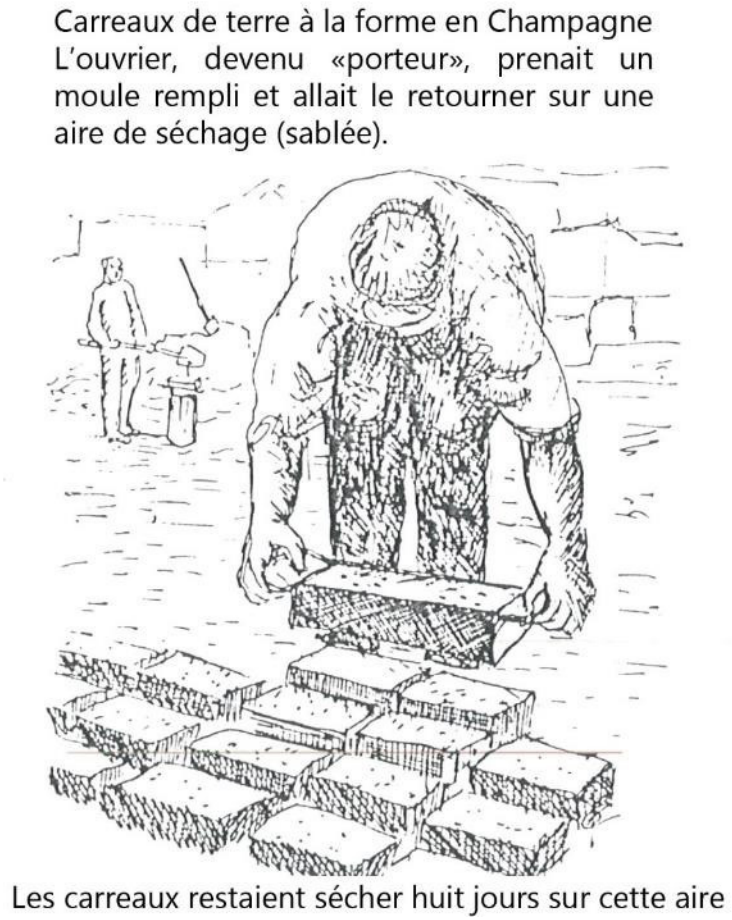


Figure 1-28 : Démoulage des carreaux de terre. Dessin Chapelon (1981)

• Gravure d'une possible production de carreaux de terre sur Reims au 19e siècle

Une lithographie réalisée par Adolphe Maugendre, connu pour son souci du détail et son exactitude dans ses représentations, représente une vue sur la ville de Reims depuis les hauteurs de Sainte- Geneviève au milieu du 19e siècle (Figure 1-29). Cette période correspond à l'inauguration de la voie de chemin de fer entre Reims et Épernay en 1854. On y voit passer le train au centre de la gravure, en arrière-plan Reims, sa cathédrale, les cheminées de ses usines et la porte de Paris, située alors au niveau des abattoirs, avenue de Paris. Au premier plan, une scène de la vie quotidienne. Celle qui est choisie par le graveur est une scène de production de brique. S'agit-il de carreaux de terre ? Cela a été affirmé par Guillaud (1980) et Boutin (1983). Toutefois après avoir échangé avec Carole Stadnicki[55] il semble que cette affirmation, sans être à invalidée, reste à nuancer. Nous observons ici la lithographie et relevons les détails. Sur la droite se trouvent deux adultes et deux jeunes personnes. Ils semblent fonctionner par paire. Un des adultes s'affaire sur une table sur laquelle est disposé un tas de terre. Il est probablement en train de mouler des briques. Au pied de la table on observe deux seaux qui peuvent servir à humidifier la terre où nettoyer les moules. Selon Guillaud (1980) la présence d'un baquet au pied de la table démontre que le mélange était préparé juste avant l'opération de moulage. Ce qui expliquerait qu'il n'y ait pas d'aire de mélange visible sur la lithographie. Toutefois, le hors champs sur la partie droite laisse le doute planer. Le mélange entre la terre et le sable s'y trouverait- il ? La fait que les briques soient moulées sur une table n'est jamais retrouvé dans la littérature concernant la confection de carreaux de terre. La seule description qui en est faite provient de Guillaud (1980) qui a fait des dessins (Figure 1-26, c). Nous ne savons pas si ces dessins sont le fait unique de la reproduction selon la lithographie de Maugendre ou si Guillaud a bénéficié d'autres informations. La personne à côté, qui tient une brique dans un moule, est tourné vers une série de briques démoulées séchant sur le sol. Le second adulte est de dos, range les briques séchées en tas. Le jeune à ses côtés tient des briques prêtes à être rangées. Entre les deux adultes, une petite charrette à une roue pouvant servir au transport des briques séchées ou de la terre pour moulage. Les tas de briques sont couverts de paille. Derrière ce groupe, un monticule de terre entamé, qui sert sans doute de terre à carreaux. L' espace de travail étant optimisé pour limiter les déplacements. Non loin de là, au centre de l'image, un adulte est sur la fabrication ou le démontage d'une barrique en bois. Dans la première hypothèse cela servirait au stockage de l'eau nécessaire au mélange (sur la gauche, une barrique est située à côté d'un puit). Dans la seconde hypothèse, les planches de bois devaient servir à la fabrication des moules. Ces derniers sont observés sur le sol à côté des briques séchant, une autre contre le tas de carreaux rangés. D'autres planches sont dispersées çà et là. Un tas de brique de couleur rouge (la couleur est- elle bien réalisée au moment de la lithographie ?) est également présente. Des briques sont cassées. Servent-elles à amender la terre pour le mélange ? Sur la gauche une charrette tirée par un cheval. Celle-ci servirait-elle à transporter les briques vers le chantier ? En comparant les descriptions faites de la production de carreaux de terre et la scène représenté sur cette lithographie, il semble que celle-ci puisse représenter une fabrique artisanale spécifique à la production de carreaux de terre, aux portes de Reims, au moment où la ville connait le développement important de ses logements ouvriers, dont une grande partie est construite en carreaux (voir I.3.4.1).

---

55 Carole Stadnicki est chargée de mission pour l'Inventaire du patrimoine bâti au Syndicat Mixte du Pays Midi-Quercy, elles ont avec Sandrine Ruefly (même poste) publié l'ouvrage *L' architecture en terre crue en Bas-Quercy*, Focus, 2017, 132p. Ce travail très riche en renseignement, a été l'aboutissement de cinq années de recherches pluridisciplinaires sur l'architecture en terre crue du Bas-Quercy. J'ai eu la chance d'échanger avec elle à propos de la lithographie de Maugendre et des éléments qui nécessitent de nuancer l'affirmation d'une production de carreaux de terre. En effet dans l'ouvrage cité ci-dessus, se trouve une photo avec la mention d'un chantier de brique de terre crue. Or, il s'est avéré grâce à des échanges avec Jérôme Bonhôte, chercheur en patrimoine industriel à la région Occitanie, qu'il s'agissait en réalité d'un chantier de brique cuite (voir Figure 1-30). Au milieu du 19e siècle avec l'apparition du chemin de fer, il émerge des « briqueteries portables » ou éphémères pour des cuissons uniques.

Toutefois, la nuance apportée par la fabrication des briques sur table et la présence d'un tas de briques cuites au premier plan, est renforcé par le bâtiment sur la gauche, ressemble fortement à un four semi-enterré. À cette période l'existence de « chantiers mobiles où les briques crues sont extraites, moulées, séchées sur place puis cuites dans des fours éphémères, chauffés à la houille» (Ruefly et Stadnicki, 2022, p.368) selon la méthode flamande, est attestée dans le Nord de la France. La photo d'un tel chantier près de Montauban à la fin du 19e siècle est troublante : tas de briques protégé, petite charrette, table... (Figure 1-30). Et pour cause entre la fabrication de briques crues et celles destinées à la cuisson « de nombreux points communs sont évidents : il s'agit de chantiers mobiles, d'une fabrication manuelle, de cycles de production saisonniers et d'une fabrication pour une construction précise dans la localité » (ibid).

Cette lithographie représente bien une production artisanale de briques. Mais s'agit-il de carreaux de terre ou sont-elles destinées à la cuisson ? Cette scène pourrait être alors vue comme une rationalisation de la production de carreaux de terre, faisant le lien avec l'industrialisation que l'on voit en arrière-plan. Toujours est-il que les cadastres napoléoniens confirment qu'en contre-bas de Sainte-Geneviève, à proximité de la porte de Paris (que l'on observe en plein centre de la lithographie) se trouvent bien des terrières (Figure 1-31). Nous ne bénéficions pas d'information de la nature du sol sur cette emplacement via les données du BRGM. À proximité, 300 mètres plus bas, il est avéré de la « tourbe avec galet calcaire », tandis que 450 m plus haut, nous retrouvons de la graveluche[56], la matière caractéristique des carreaux de terre (Chalpelon, 1981).

56 Informations récupérées sur le site Infoterre (BRGM), grâce aux données BSS (Banque du sous-sol), mises à dispositions faisant suite à des forages ou sondages. Pour le site 300 mètres plus bas, identifiant : BSS000KEHW. Pour le site 450 mètres plus haut, identifiant : BSS004HFUW.



Figure 1-29 : Lithographie en couleur. Dessiné d'après nature et lithographié par A. Maugendre vers le milieu du 19e siècle. En vente à la Bibliothèque Carnegie de Reims. En dessous, gros plan sur l'atelier de fabrication.



Imp. par Auguste Bry, r. du Bac, 114, Paris.



Figure 1-30 : Production de briques destinées à la cuisson, près de Montauban à la fin du 19e siècle. Fonds Langlade, MEMO, Pôle Mémoire (C.Langlade).



Figure 1-31 : Cadastre napoléonien (début 19e siècle). À gauche : tableau d'assemblage de Reims. À droite : zoom sur la parcelle nommée «les terrières» de la section F - 2e feuille, correspondant au bas de Sainte-Geneviève. Source: Archives départementales de la Marne.

I.4.5. Fabricants

Les fabricants de carreaux de terre étaient de différents ordres. Selon les témoignages oraux receuillis dans les années 80, les propriétaires réalisaient souvent eux-mêmes leurs propres carreaux (Chapelon, 1981), sans l'aide de spécialiste « seuls ou avec des membres de la communautés villageoise » (Imbault, 1986, p.125). On retrouve ce témoignage chez Chalette sur la commune d'Aulnizeux où « les habitants engraissent des veaux, fabriquent des carreaux de terre et exploitent une tourbière » (Chalette, 1845, p.118) ou bien à Chevigny dont les habitants « engraissent quelques moutons et veaux, exploitent des terres à carreaux, quelques grèvières » (Chalette, 1845, p.120). Cette pratique est aussi courante dans les Ardennes, où « dans la plupart des communes qui se trouvent à l'affleurement des marnes crayeuses, les habitants fabriquent des moellons ou carreaux de terre pour la construction de leurs habitations » (Sauvage et Buvignier, 1842, p.511-512). Ici, la pratique semble faire partie de la vie quotidienne. Cette pratique a existé en ville également, comme cela est relaté au sujet de Marie Drouet, héroïne civile de la première guerre mondiale, habitant Bétheny, qui a produit elle-même ses carreaux de terre pour les murs de sa maison et dont la matière a été transporté à l'aide de son âne, depuis la carrière de terre voisine (Cornuaille, 2016, p.182). Michel (1912) évoque également cette autoproduction dans les quartiers ouvriers de Reims.

Néanmoins, il semble qu'en ville, les maçons prenaient régulièrement à leur charge la fabrication de carreaux (Chapelon, 1981 ; Imbault, 1986). « Lorsqu'ils sont faits sur le chantier, le maçon en fait quelques mètres cubes au fur et à mesure des travaux, car les problèmes de stockage sont trop importants » (Chapelon, 1981, p.13). Cette pratique peut sembler surprenante, car le séchage et l'espace nécessaire à la fabrication sont des éléments cruciaux à prendre en compte. La mention « en carreaux façonnés sur le terrain » ou « amenés du dehors » figure dans les séries de prix de 1897, 1913 et 1926 (Société des architectes de la Marne, 1897 et 1913 et annexe pour 1926).

Des spécialistes de la fabrication de carreaux de terre, nommés « carreautiers » sont évoqués par Sainsaulieu (1924). D'après l'entretien avec deux maçons d'Avenay, Chapelon évoque le propriétaire d'une carrière de Mareuil « qui extrayait grève et tuf avec lesquels il fabriquait les carreaux de terre » (Chapelon, 1981, p.13). Dans le bulletin du Comité du folklore champenois des années 1944-1945, Germaine Maillet dans une enquête sur l'artisanat, évoque un fabricant de carreaux de terre à Coupéville, dans la Marne, dont l'activité avait lieu une cinquantaine d'années auparavant. Elle rapporte les propos de M. Abelé comme suit : « Cette industrie se passait en plein champ, la matière première étant la terre. Je crois que le seul outil caractéristique servant à cette fabrication était un moule en bois à quatre compartiments » (Maillet, 1945, p.35). Également, le dépouillement de la série 10 R 1703 aux archives départementales de la Marne, nous informe pour la commune de Reims, au 48-50 rue de la maison Blanche, de la présence de M. Gallas-Varlot, épicier et fabricant de carreaux de terre, dont les plans de la parcelle sont inclus dans le dossier. Les carreaux de terre étaient stockés dans le jardin (Figure 1-32).

Enfin, la consultation de journaux locaux de la fin du 19e siècle[57] nous renseigne également sur cette pratique courante de fabrication ou de vente de carreaux de terre (Figure 1-33). À titre d'exemple, deux faits divers relatent la fabrication de carreaux de terre par ce qui semble être des particuliers, mais dont on ignore si cela est pour une utilisation personnelle. Le premier fait se déroule à Tours-sur- Marne en juillet 1895. M. Foyard se fait agresser alors qu'il fait des carreaux de terre (Figure 1-33, a), tandis que 3 ans plus tard à Berru, M. Georgin a établi « un chantier où il confectionne des carreaux de terre » (Figure 1-33, c). Ces derniers furent piétinés suite à des représailles. Le 11 août 1898, lors d'une vente mobilière par autorité de justice, 4 900

57 Ces références d'articles ont été aimablement transmises par Charles Poulain.

carreaux de terre sont à vendre, pour ce qui semble être une production plus « professionnelle », au regard des autres matériels en vente. Enfin, le 4 février 1869, des personnes cherchent à acheter des carreaux de terre, une adresse est donnée boulevard Cérès à Reims (Figure 1-33, c). Cette production traduirait bien la présence d'une production de carreaux de terre spécialement destinée à la vente.

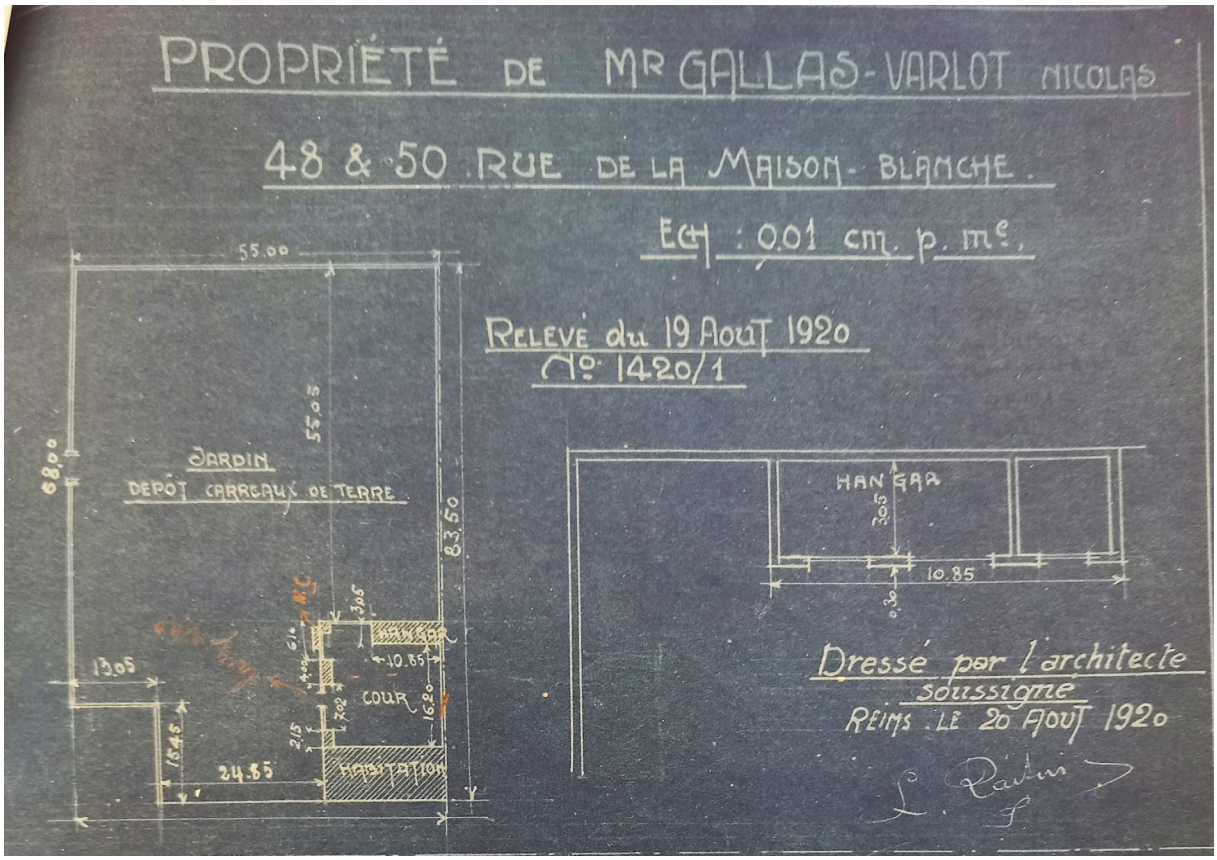


Figure 1-32 : Extrait du plan issu de la série 10 R 1703 des archives départementales de la Marne. Propriété de M. Gallas-Varlot, épicier et fabricant de carreaux, sur laquelle figure le lieu de dépôt des carreaux de terre.

a

Le Courrier de la Champagne : Journal de Reims

9 juillet 1895

ARRONDISSEMENT DE REIMS

Tours-sur-Marne. — Jeudi dernier, vers cinq heures et demie de l'après-midi, M. Foyard était occupé à faire des carreaux de terre, lorsqu'il fut pris à partie et frappé par un nommé Cotelle, qui venait d'arriver avec sa femme.

M le docteur Mugnerot, appelé à donner ses soins à M. Foyard, a constaté qu'il portait de graves contusions à la tête. Le blessé se plaint également de douleurs sur diverses parties du corps.

Une enquête est ouverte par la gendarmerie.

b

L'Indépendant rémois du 4 février 1869

On demande à acheter
Des Carreaux de terre.
S'adresser boulevard Cérès, 5 bis.

c

Courrier de la Champagne, p. 2 Col. 3 1898

Mercredi 27 JUILLET

Bordeaux, 4 octobre.

A propos de Carreaux

M. Georgin, demeurant rue de Berru, 7, a établi, au haut de la rue de Berru, un chantier où il confectionne des carreaux de terre.

L'emplacement n'est pas clos, tout le monde peut y accéder ; aussi les enfants, dans leurs ébats, y pénètrent-ils parfois et mettent à mal quelques carreaux, peut-être sans mauvaises intentions.

M. Georgin, c'est naturel, n'est pas content ; aussi avant-hier soir, vers sept heures, apercevant dans son chantier la jeune F... demeurant chez ses parents, rue de Strasbourg, 62,—son père travaille chez M. Walbaum—se mit-il à sa poursuite dans le seul but de l'effrayer.

L'enfant, prise de peur, s'enfuit et, dans sa précipitation, vint tomber contre le seuil de l immeuble portant le n° 7 de la rue de Beine, où demeure sa tante.

Un rassemblement se produisit, on cria haro sur M. Georgin et quelques-uns de ses carreaux furent piétinés.

Une enquête est ouverte par la police du 2e canton.

Arrestation

Figure 1-33 : Extrait de journaux locaux. Le Courrier de la Champagne : a : 9 juillet 1895, b : L'indépendant rémois : 4 février 1869 , c : 27 juillet 1898.

Une question reste en suspens : à l'instar des briqueteries de terre cuite, est-ce que la production de carreaux a fait l'objet d'une production industrielle, par des entreprises, comme cela a été le cas pour la région toulousaine[58] (Saint-Félix, 1859). La bibliographie consultée n'évoque jamais l'existence de sites d'exploitation ou de production industrielles. L'annuaire Matot-Braine, véritable baromètre de l'activité industrielle locale ancienne, ne mentionne pas davantage de fabricants de carreaux de terre crue ou de négociant en proposant dans leurs publicités[59].

Le texte de Charles Piérard[60] écrit en 1840 mentionne qu'à Épernay les briques non cuites sont faites dans les mêmes moules que celles destinées à la cuisson. Est-il possible que les briqueteries fabriquent alors également des briques crues ? Cela n'est pas précisé.

La production de briques crues de manière industrielle n'est donc pas démontrée en Champagne. En revanche, la production est réalisée par un ensemble de personnes variées : propriétaires, voisins, amis, ou bien de manière plus professionnelle par les maçons et des fabricants spécialisés. Cette pratique a pu être partagée car son mode de production et ses outils sont simples, l'accès à la terre proche, et gratuit, « la terre n'était pas encore considérée comme un matériau monnayable jusqu'au 20e siècle » (Chapelon, 1981, p.16).

I.5. Mise en œuvre

Les carreaux de terre servent dans la construction des murs porteurs ou en remplissage du pan de bois (Herbert-Barrat, 1977 ; Chapelon, 1981 ; Imbault, 1986) (Figure 1-34). Il existe également une variante du mur porteur en carreaux de terre ou celui-ci est utilisé sur la face intérieure du mur, l'autre étant généralement constituée de craie ou de briques cuites (Daunay, 1973 ; Bavay, 2011). Ces combinaisons « sont un bon compromis entre l'avantage des premières, économiques et pratiques, et celui des secondes, plus solides et durables mais plus chères »[61] (de Chaezelles et al., 2016). Mais ceci pourrait traduire également une volonté esthétique ou de représentation avec un matériau plus noble en façade (Daunay, 1973).

La technique de remplissage de pan de bois en carreaux de terre (Figure 1-34) se rencontre entre Châlons-en-Champagne et Troyes et à l'ouest de Vitry-le-François (Herbert-Barrat, 1977 ; Bavay, 2011).

L'utilisation du carreau de terre en pan de bois a certainement été une technique qui s'est substituée au torchis. En effet, Herbert-Barrat souligne que les maisons à pan de bois d'avant 1760 sont toutes en torchis, avant que les deux types de remplissage ne soient repérés. De plus des réparations d'ancien torchis avec des carreaux de terre ont été observés tandis que l'inverse n'est jamais vérifié (Herbert- Barrat, 1977).

Ce remplacement d'un ancien torchis par du carreau de terre est attesté par un rapport de diagnostic archéologique sur le bâti dirigé par Vincent Marchaisseau (2021). Le bâtiment est une maison à pan de bois du 16e siècle, rempli en partie par des carreaux de terre (Figure 1-35) se situant au 66 rue de la Marne à Châlons-en-Champagne. Ces modifications de remplissage ont eu lieu courant 19e siècle (Marchaisseau, 2021).

58 Armand de Saint-Félix, auteur de « Architecture rurale, théorique et pratique, à l'usage des propriétaires et des ouvriers de la campagne », évoque la briqueterie de M. Virebent moulant des briques crues.

59 Annuaire dépouillé : 1924.

60 Publié dans le LIVRE DU CENTENAIRE (Ecole Polytechnique), 1897, Gauthier-Villars et fils, TOME III

61 Hubert Guillaud dans : Claire-Anne de Chazelles, Hubert Guillaud and Catherine Chauveau, "La terre crue, matériau universel ", Archéopages, 42 | 2016, p.119.

Les murs en carreaux de terre porteur (Figure 1-34, droite) se situent sur une large partie de la Champagne crayeuse, dans certaine partie de la Champagne humide, « au sud-est de Troyes, le long de la vallée de la Seine jusqu'à Villemoyenne et dans le Perthois » (Royer, 2001, p.47) et dans le sud des Ardennes, limités par le massif ardennais (Chapelon, 1981).



Figure 1-34 : Photographies. Gauche : Carreaux de terre en remplissage (photo : C. Royer dans «Champagne Ardenne). Droite : Carreaux de terre porteur (Photo : G.Bavay dans Les cultures constructive de la brique crue)



Figure 1-35 : Vue des carreaux de terre en pan de bois repéré lors du diagnostic archéologique sur le bâtiment au 66 rue de la Marne à Châlons-en-Champagne. Photographie : V. Marchaisseau, Inrap.

I.5.1. Mortier

Les carreaux de terre sont assemblés à l'aide d'un mortier de liaison qui peut être fait de la même terre que les carreaux (Herbert-Barrat, 1977 ; Imbault, 1986), parfois à peine plus fin (Chapelon, 1981), mais peut également différer. Menu (1924) mentionne une terre qualifiée « d'argile sableuse », ce qui correspond également à la « terre fine plus argileuse et avec du sable » rapportée par Chapelon (1981, p.14). Parfois un mélange pouvait avoir lieu et « le mortier bâtard servant à bâtir les carreaux était préparé selon une composition tierce traditionnelle : deux parties de sable ou de terre argilo-sableuse pour une partie de chaux » (Guillaud, 1980, vol. 2, p.137). Historiquement, le mortier est uniquement de terre sans adjonction de chaux (Chapelon, 1981 ; Imbault, 1986). La chaux dans le mortier est apparue au 20e siècle pour la réparation de mur de terre (Chapelon, 1981).

Les carreaux de terre ayant connus un période de dessiccation de plusieurs semaines, sont montés à l'état sec. Toutefois, Imbault rapporte que « selon la tradition orale on pouvait mettre en œuvre les carreaux encore frais, ce qui augmentait la cohésion du mur ; les carreaux

achevaient leur séchage avec le mortier de liaison » (Imbault, 1986, p.214). Cette mention n'est faite nulle part ailleurs. Ceci rappelle la méthode de montage pour les constructions en BTC dans les années 80 (voir I.2.8.3).

I.5.2. Appareillage pour les murs en carreaux porteur

Différents appareillages des carreaux de terre ont été reportés par Guillaud (1980) (Figure 1-36), Oppermann et Marini (1859) et Chapelon (1981) (Figure 1-37). Tous respectent les mêmes principes que pour la brique cuite (Royer, 2001), avec un montage alterné en panneresse et boutisse (Turmel, 2014), et ce, afin d'éviter la superposition des joints, appelé « coup de sabre » et créant une fragilité dans le mur et pouvant conduire à des désordres structurels (Figure 1-38).

En fonction de l'appareillage et du type de mur (mur pignon ou mur de clôture), l'épaisseur d'un mur peut varier grandement. De 29 cm « soit un carreau en long assise inférieure, deux carreaux en travers assise supérieure » à 90 cm, « soit deux fois 29 cm plus deux fois 14 cm » (Imbault, 1986, p.214). Entre les deux, toutes les tailles se rencontrent suivant la dimension des carreaux. 33 cm et 45 cm (Guillaud, 1980. cf. Figure 1-36 ; Imbault, 1986), 60 cm (Imbault, 1986) et 80 cm (Herbert-Barrat, 1977). Dans la série 10 R des dommages de guerres étudiée, les mentions de l'épaisseur des murs en carreaux de terre sont toutes de 60 centimètres, équivalant à deux carreaux posés en boutisse suivant la dimension d'Imbault (1986). C'est l'avantage des briques crues « que l'on peut appareiller pour obtenir toute épaisseur de murs »[62].

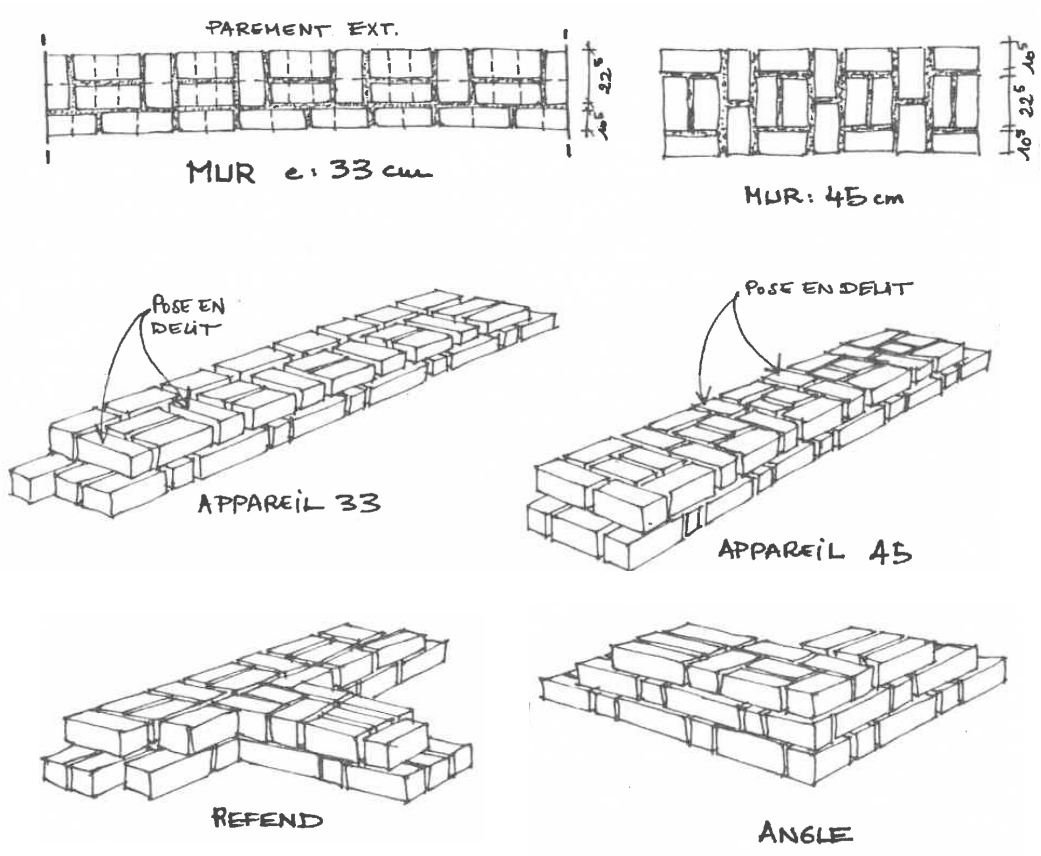


Figure 1-36 : Appareillage des carreaux de terre reporté par Guillaud (1980), pour un mur d'épaisseur de 3 panneresses et un mur d'épaisseur de deux boutisses.

62 Hubert Guillaud dans : Claire-Anne de Chazelles, Hubert Guillaud and Catherine Chauveau, "La terre crue, matériau universel ", Archéopages, 42 | 2016, p.118.

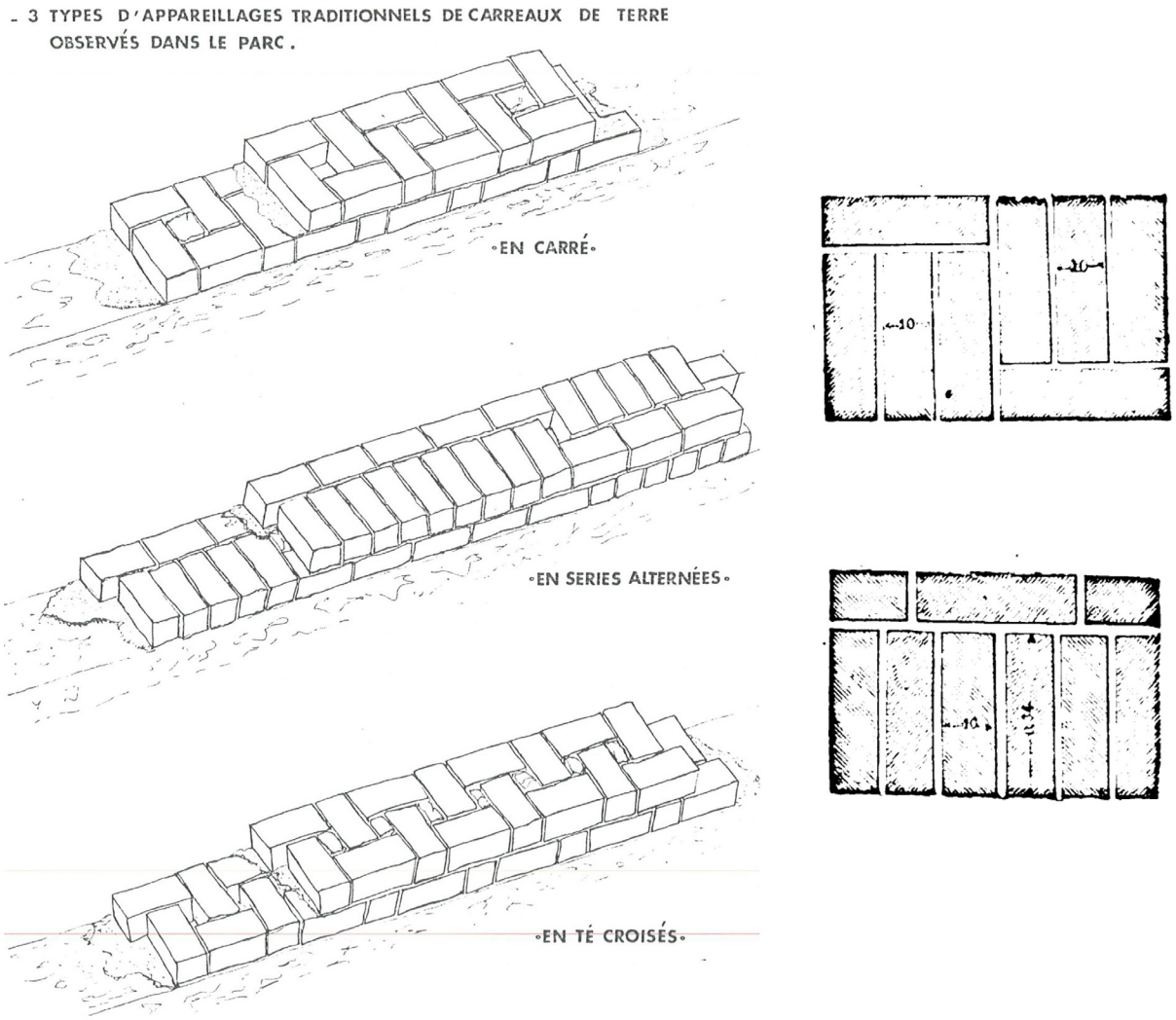


Figure 1-37 : Gauche : Appareillages traditionnels des carreaux de terre reportés par Chapelon (1981), pour un mur d'épaisseur de 3 panneresses. Droite : Appareillage décrit par Oppermann et Marini (1859).

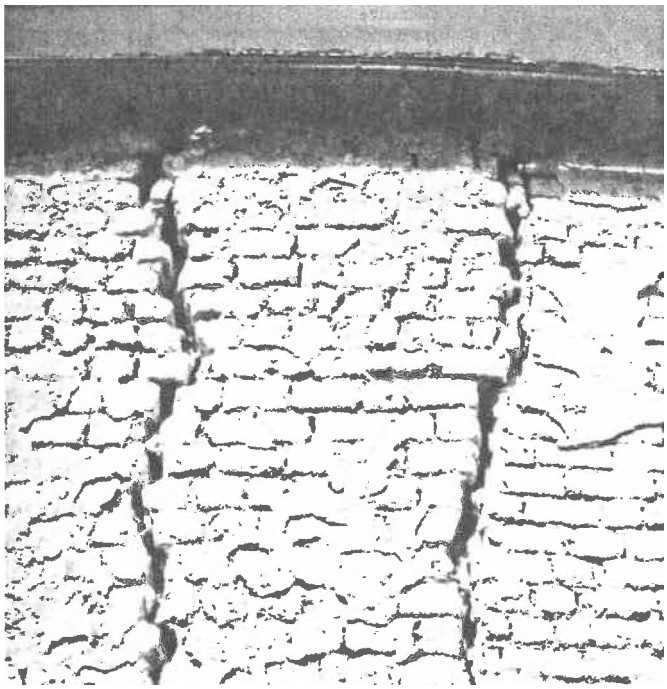


Figure 1-38 : Appareillage peu soigné ayant entrainé des fissuration (Guillaud, 1980).

I.5.3. Les éléments de construction

•Soubassements

Les soubassements sont toujours nécessaires pour les constructions en terre, il en va de même pour les constructions en carreau de terre, sous peine de problèmes structurels. L' humidité augmentant, la terre perd sa résistance mécanique et sa cohésion. Les soubassements les plus anciens semblent avoir été réalisés en pierre sèche ou hourdés à la terre, avant d'être réalisées en maçonnerie de briques, pierres calcaires ou meulières, hourdées à la chaux (Chapelon, 1981). Ces soubassements sont généralement de 0,60 à 1 mètre de hauteur (Royer, 2001) et peuvent représenter toute la hauteur du rez-de-chaussée (Chapelon, 1981).

•Baies et chaînages d'angle

Pour les encadrements, d'autres matériaux peuvent être utilisés comme le bois, la brique cuite et les moellons de calcaire dur (Chapelon, 1981) et exceptionnellement en carreaux de terre (Figure 1-39) . Les chaînages d'angle sont en briques cuites ou en craie afin d'assurer une bonne cohésion de l'ensemble bâti (Royer, 2001).

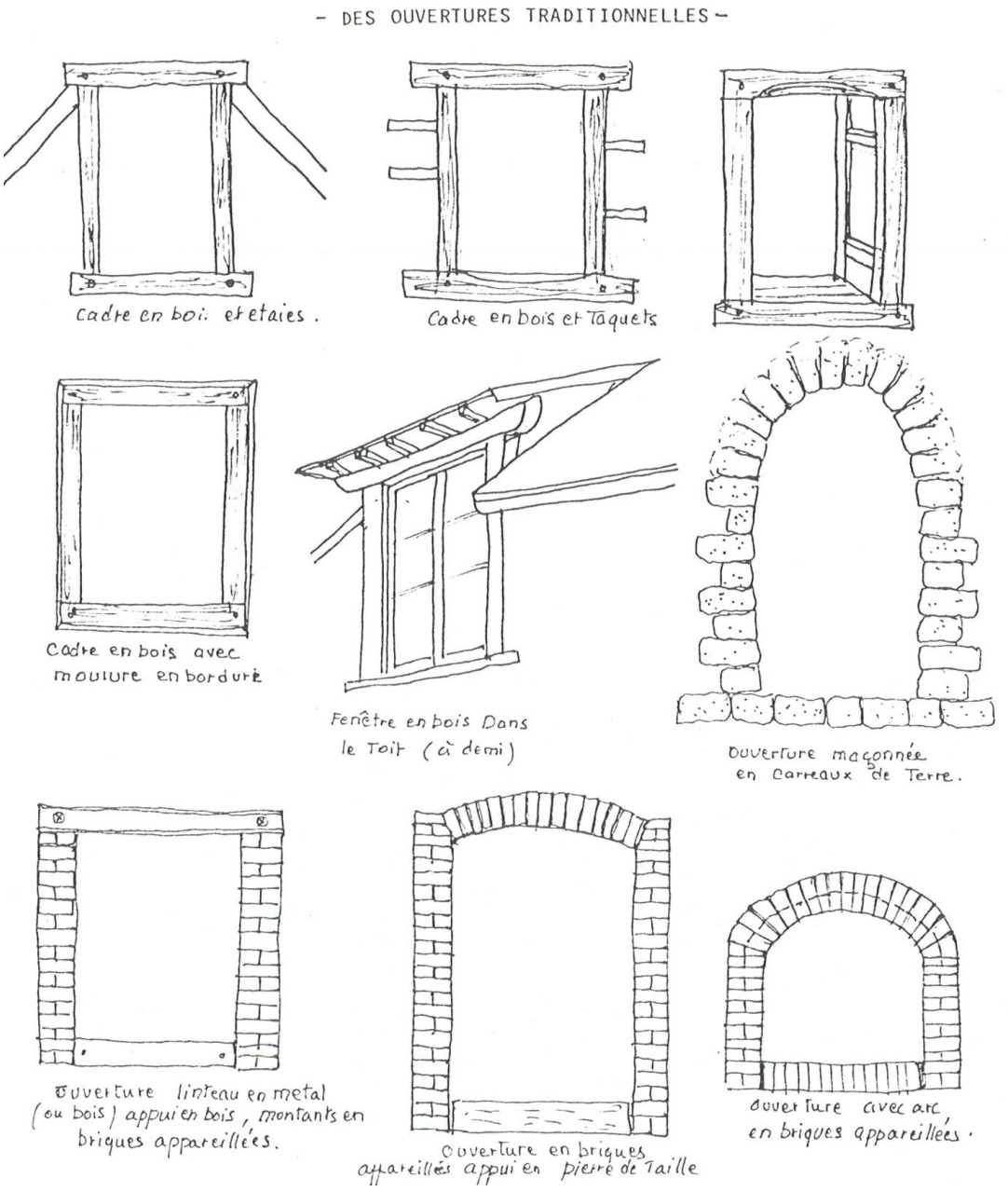


Figure 1-39 : Ouvertures traditionnelles dessinés par Chapelon (1981)

• Enduits

Les enduits permettent une protection des bâtiments en terre contre les agressions dues notamment à la pluie. En Champagne, il est difficile de savoir d'après la littérature si cette pratique est courante. En effet nous retrouvons un vocabulaire exprimant une intensité diverse. Depuis des murs toujours enduits (Imbault, 1986), généralement enduits (Chapelon, 1981 ; Royer, 2001) ou parfois enduits (Herbert-Barrat, 1977). Il est probable que cette intensité puisse varier selon les endroits, notamment par la distinction entre construction rurale et urbaine.

Herbert-Barrat (1977, p.32) définit des enduits sans adjonction de chaux, faits avec « de la « terre de routes » , parce qu'elle était plus « gravelucheuse » ». Tandis que Chapelon (1981) et Imbault (1986) parlent d'une terre de même nature que les carreaux, mêlée à la chaux. Cette pratique d'enduit à la chaux pourrait être le signe d'une pratique plus récente.
En intérieur différentes pratiques d'enduit existaient également. Les plus anciens sont des badigeons, simple ou multicouche, des mortiers de terre et chaux mélangés avec des fibres (poils de bête) ou bien un gobetis de terre et chaux sur lequel était tiré un plâtre (Chapelon, 1981, p.15).

• Toitures

Une expression anglaise évoque pour la construction en terre « de bonnes bottes et un bon chapeau ». Les bottes définissant le soubassement et le chapeau, la toiture avec un large débord afin de protéger de la pluie. Or il semble qu'en Champagne, tout du moins en montage de Reims, les toitures ne respectent pas cet adage : « les bandes de rives des toitures sont fixées au ras des pignons, même lorsqu'ils sont mal exposés » (Chapelon, 1981, p.10). Est-ce que les toitures ont été modifiées dans le temps ?

I.6. Typologie du patrimoine en carreaux de terre

Dans *Champagne Ardenne. L' architecture rurale française*, Claude Royer (2001) présente un essai de classification typologique des bâtiments constitutif du patrimoine de la Champagne. Celle-ci est le résultat de la confrontation de trois grandes variables :

- Les matériaux et procédés de construction ;
- Les contraintes de programmes ;
- Les composantes architecturales.

C'est donc la typologie issue des matériaux qui nous intéresse dans le cadre de cette étude. Or selon Royer (2001, p.64), chacun des matériaux se retrouvent dans l'ensemble des bâtiments, indépendamment des facteurs économiques et sociaux, de la morphologie du bâtiment ou de son organisation interne. Le carreau de terre ne définit donc pas de typologie particulière, mais correspond à une variante qui n'introduit pas de différence significative au niveau morphologique. Son emploi « n'apparaît donc pas véritablement comme un élément déterminant d'un programme architectural, mais plutôt comme une réponse rationnelle apportée localement à l'absence d'autres matériaux disponibles et à de contraignantes difficultés d'approvisionnements ». (Royer, 2001, p .49)

Herbert-Barrat (1977) différencie les bâtiments à partir des matériaux de construction : Maisons à colombage avec remplissage des pans de bois en torchis ou carreaux de terre, construction en craie, maisons en carreaux de terre crue ; s'y ajoutent quelques sous-types et variantes de caractère hybride où ces matériaux sont utilisés conjointement, selon des formules variées, dans le même bâtiment.

Les variantes évoquées par Royer (2001) et les sous-types selon Herbert-Barrat (1977) se re-

trouvent à différentes échelles, au sein d'un même village, d'une même parcelle, d'un même bâtiment ou d'un même mur (Royer, 2001, p.31).
Ainsi, pour les constructions mixtes, il est difficile de déterminer un bâtiment selon le matériau de construction (Figure 1-40).



Figure 1-40 : Variante au sein d'un même mur. À gauche : Moellons de craie, carreaux de terre, pan de bois et torchis à Condé-lès-Herpy (Ardennes). À droite : Meulière, pierre taillée en craie, carreaux de terre, à Courtisols (Marne). Photos issues de Champagne Ardenne. L'architecture rurale française*, Royer, 2001.*

I.7. Approche économique

Dans son étude, Chapelon (1981) développe une approche sur le coût de la construction en terre crue en se basant sur les prix donnés par les séries de prix établies en 1913 et 1932 et à l'aide de la collaboration d'un maçon qui avait fabriqué et mis en œuvre des carreaux de terre en 1930. La comparaison est réalisée entre une maçonnerie de carreaux de terre, de moellons de pierre ou de briques cuites. La conclusion indique qu'à la période d'entre-deux guerre dans la Marne, l'économie apportée par la construction en terre pouvait être de l'ordre de 50 %. Cette économie était sensiblement différente entre les carreaux de terre produits sur place (environ 60 % d'économie) et ceux achetés et transportés (environ 30 % d'économie). L' économie réalisée sur les coûts de transport et d'énergie était alors non négligeable, ainsi la terre locale était le matériau de meilleur marché (Chapelon, 1981). Cette grande différence de coût est réalisée sur des carreaux de terre produits par le maçon. Or, comme nous l'avons vu dans la partie I.4.5, il arrivait régulièrement que les personnes fabriquent elles-mêmes les carreaux, entrainant une économie totale sur la fourniture du matériau.

Le faible coût de la construction en terre était déjà décrit pour l'arrondissement de Châlons-en- Champagne en 1845, période durant laquelle ont emploi des carreaux de terre « de bonne qualité, qui se confectionnent en tous les points, presque sans peine et sans frais » (Chalette, 1845, p.38)

Toutefois, dès la période de la reconstruction d'entre-deux guerre, la question du coût de la

main d'œuvre est déjà soulevée par Sainsaulieu qui déclare que l'emploi du carreau de terre est « très restreint à cause du coût de la main d'œuvre » (Sainsaulieu, 1924, p.232).

Dans les années 1980, des facteurs de surcoût interviennent dans les prix, « telles que les charges sociales, la main d'œuvre, les garanties juridiques » (Chapelon, 1981). Dès lors, il faut chercher à être compétitif sur le plan économique avec les matériaux produits de manière industriels, le faible coût de la matière, n'étant plus suffisant.

C'est bien la question économique que nous retrouvons par l'intermédiaire de Gérard Batalla qui explique la démarche mise en place pour réhabiliter le matériau terre :

> *« Cette recherche était faite dans le but réel de réhabiliter un matériau ancien et de le réinsérer dans le parc des matériaux actuels pour son utilisation en rénovation ou en entretien d'un patrimoine aussi bien qu'en construction neuve dans les conditions économiques actuelles »* (Batalla, 1983, p.1)

Perrine Chapelon (1981) réalise une comparaison des coûts d'après les valeurs d'octobre 1981. Trois scénarii sont comparés : des murs en carreaux de terre compressés, des murs en agglos isolés par l'intérieur et des murs en agglos isolés par l'extérieur. Le Tableau 1-3 fait la synthèse de ces coûts en y incorporant ceux des badigeons pour les carreaux de terre compressés et de l'enduit pour les agglos isolés par l'intérieur. Le coût des murs en carreaux de terre se situe entre les deux autres solutions employant des matériaux industriels. Ceci est en partie rendu possible par la solution d'une maçonnerie sans mortier, permettant un gain de temps considérable (Batalla, 1983). La comparaison se fait bien uniquement sur le coût, indépendamment de la capacité du matériau terre, par la mise en œuvre développée dans une approche bioclimatique, de participer à une économie d'énergie et de qualité de vie du bâtiment (Batalla, 1983).

La terre crue en tant que matériau de construction a longtemps été une ressource très avantageuse sur le plan économique, depuis la matière première jusqu'à la construction du bâtiment.

> *« L'utilisation massive du carreau de terre, pour les constructions secondaires comme pour les maisons d'habitation s'explique par le faible coût dues matériaux de base et la facilité de mise en œuvre. »* Imbault, 1986, p.89

Mais le changement de paradigme induit par l'industrialisation du monde de la construction, a obligé à élaborer des stratégies de renouvellement de son emploi, afin de devenir compétitif du point de vue économique, avec les nouveaux matériaux arrivés sur le marché, sous peine de voir son emploi réservé à l'utopie.

Tableau 1-3 : Comparaison des coûts entre des murs de différentes composition pour des valeurs en octobre, d'après (Batalla et Possémé, 1984). Les coûts du badigeon pour le carreau de terre compressé et de l'enduit pour les agglos isolés par l'intérieur ont été ajouté conformément aux prix indiqués

	Carreaux de terre compressés ép. : 0,48 m	Agglos ép. : 0,20 m + isolation intérieure	Agglos ép. : 0,20 m + isolation extérieure
Coût au m² (en francs)	350	336	436

I.8. Caractéristiques des carreaux de terre d'après l'étude de Dumoulin (1981)

Concernant les caractéristiques des carreaux de terre, la synthèse se base principalement sur l'étude menée par Dumoulin (1981) au sein de la Faculté des sciences de Reims sur le prélèvement de 30 carreaux de terre dans des communes du PNR de la Montagne de Reims, et sur l'étude mécanique menée à l'IUT de Reims en 1981. Ces deux études sont reportées dans le mémoire de Chapelon (1981). Il s'agit des seules études en laboratoire conduite sur des carreaux de terre de la région. Celles-ci ont permis de déterminer : la densité à sec, la calcimétrie, la granulométrie et la résistance mécanique.

I.8.1. Sites de prélèvement des carreaux

Les 30 carreaux de terre étudiés proviennent de 17 communes[63] de prélèvements différentes (Figure 1-41). Seule la commune de Châlons-en-Champagne ne fait pas partie du PNR de la Montagne de Reims. Les carreaux proviennent de différents types de bâtiments : maisons, école, mur de clôture, grange, cheminée...

Les plus anciens sont datés du 18e siècle : 1770 (Châlons-en-Champagne et Damery), 1777 (Tours-sur- Marne), 1785 (Tours-sur-Marne), tandis que la plupart sont du 19e siècle.

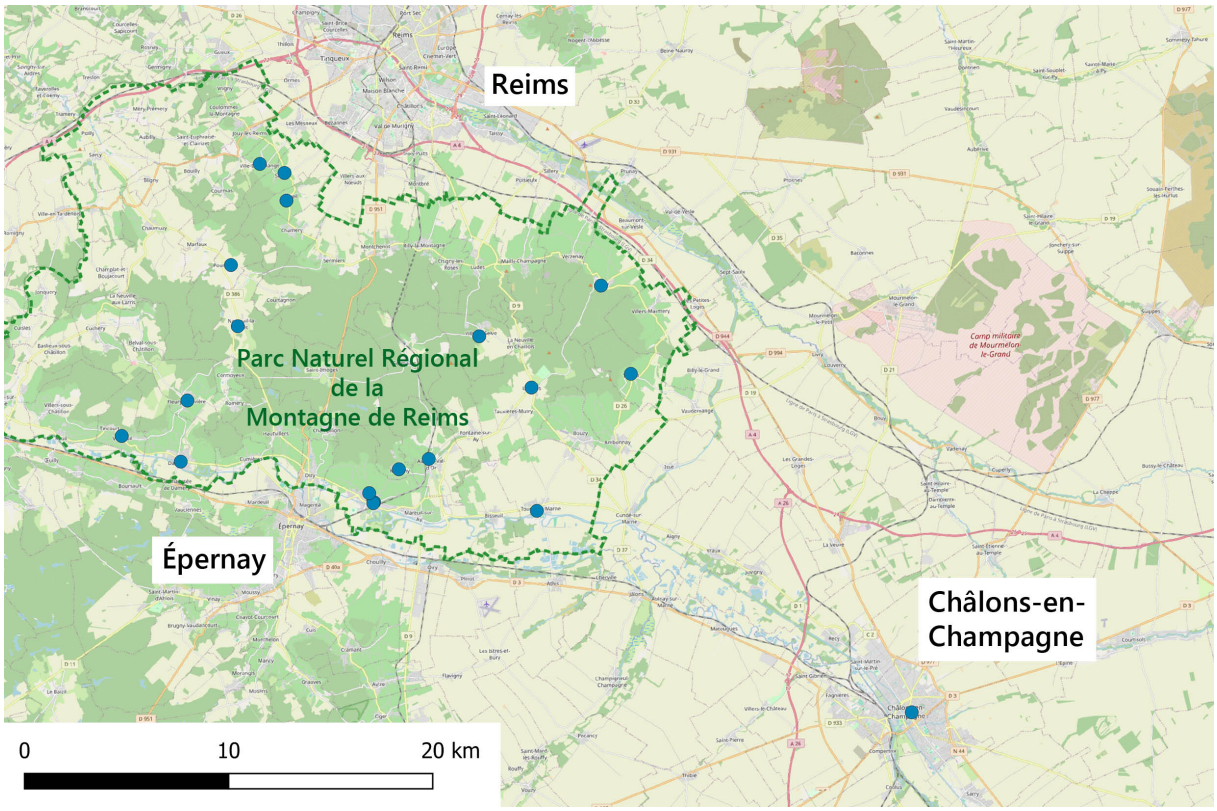


Figure 1-41 : Lieux de prélèvements des carreaux de terre pour l'étude de la Faculté des Sciences de Reims par Dumoulin (1981).

63 Concernant les essais mécanique, seuls 13 communes sont concernées (Chapelon, 1981).

I.8.2. Composition des carreaux

• Calcimétrie

Sur 30 carreaux de terre prélevés dans le PNR de la Montagne de Reims, le taux de calcimétrie s'étale de 34,06 % pour une terre de Nanteuil à 94,3% à Tours sur Marne. La moyenne des 30 carreaux étudiés est de 71 % avec un écart-type de 13,7. Ces résultats traduisent donc bien une forte présence de calcaire dans la composition du matériau.

• Composition

Les carreaux de terre de la Champagne crayeuse semblent être dépourvus de fibres végétales (Imbault, 1986). Cependant, il est évoqué quelques cas dans les maisons châlonnaises ou sparnaciennes dans lesquels on retrouve parfois « des crins et pailles, voire des fragments de poteries » (Marcq, 1975). Cette pratique est également courante à Gumery et Fontenay (vallée de l'Aube à l'ouest du département), où « on gâche cette terre avec du foin, mélange qui acquiert en desséchant une grande dureté » (Leymerie, 1846, p.619). Dans la description des carreaux analysés par la Faculté de Reims, il a été mentionné : de la craie, des calcaires durs, de la meulière, du grès, des galets de la marne, des briques, du charbon de bois, des amas de terre, des nodules de fer, du silex, de l'ardoise, de la graize, des débris végétaux, animaux et des minéraux divers (Dumoulin, 1981). Il semble que certains soient issus de la composition du sol, tandis que d'autres proviennent certainement de « déchets » situés sur le site du mélange. La pratique courante semble donc dépourvue de fibre végétale ou animale.

• Densité sèche

La moyenne de la densité sèche sur l'ensemble des échantillons est de 1 443 kg/m^3 avec un écart-type de 125 kg/m^3. Ces valeurs s'étalent de 1 173 kg/m^3 pour un carreau provenant d'une ruine de Verzy, à 1 685 kg/m^3 pour un carreau provenant d'une maison de Châlons-en-Champagne. Ces données rentrent dans la partie basse de densité sèche que l'on retrouve dans la littérature entre 1 400 et 2 500 kg/m^3 (Sanchez et al., 2022 ; CCTC, 2020). 11 des 30 échantillons se situent en dessous des 1 400 kg/m^3 ce qui laisse penser que les carreaux sont peu denses comparés à d'autres briques de terre crues.

• Granulométrie

Le Tableau 1-4 donne les granulométries issues de la littérature. L' une provient de l'étude menée par la Faculté des sciences de Reims, retranscrite par Boutin (1983), l'autre est donnée par Imbault, sans que ne soit donnée la source. Le liant (les argiles) reste du même ordre de grandeur, supérieur à 20%, tandis que la différence majeure se trouve dans la plus grande quantité de fraction grossière donnée par Boutin (1983), entre 24 % et 30%, contre 10 % pour Imbault. Ce sont les limons qui sont plus important chez Imbault (1986), représentant la moitié de la matière, tandis qu'ils n'excèdent pas le quart chez Boutin (1983).

Tableau 1-4 : Granulométrie donnée pour les carreaux issue de Boutin (1983) d'après l'étude de la faculté de Reims, et Imbault (1986).

	Fraction grossière	Sables grossier	Sables fins	Limons grossiers	Limons fins	Argiles
	>2 mm	0,2 - 2 mm	0,05 - 0,2 mm	0,02 - 0,05 mm	0,002 - 0,05	< 0,002 mm
Boutin, 1983	24 à 30 %	10 à 15 %	5 à 10 %	0 à 5 %	15 à 20 %	25 à 30 %
Imbault 1986	10%	17%	7%	21%	30%	22%

I.8.3. Aspects mécaniques

Les essais mécaniques ont été réalisés à l'IUT de Reims en 1981, sur 57 échantillons provenant de 13 communes du Parc de la Montagne de Reims, Châlons-en-Champagne et Cormontreuil.

L' étude consistait à obtenir des indications sur la résistance à l'écrasement des carreaux de terre champenois. Des réserves sont émises quant à la rigueur des essais menés, sans que soit précisé la nature de ces erreurs (Chapelon, 1981, p.76). Il est toutefois question de résultats comparables au regard de la forme ramassée des échantillons. Ceci pourrait sous-entendre que l'élancement des échantillons testé est faible. Ce qui a tendance à augmenter la résistance de l'échantillon testé, voir à produire des résultats aberrants (Aubert et al., 2013).

Peu d'indication sont données sur l'appareil utilisé et la préparation des échantillons. Il est simplement noté que « les résultats sont acceptables aussi par la Norme AFNOR » (Chapelon, 1981, p. 76).

Les carreaux de terre qui ont été protégés lors de leur durée de vie présente une résistance à la compression de l'ordre de 1 MPa, avec une fourchette donnée de 0,8 à 1,2 MPa.

Les taux de compression les plus faibles concernent des carreaux prélevés sur des bâtiments en ruine (Verzy), ce qui pourrait expliquer leur plus grande fragilité. Les résultats sont de 0,39 MPa, 0,51 MPa et 0,55 MPa. À l'inverse les valeurs de résistance à la compression les plus élevées concernent principalement des carreaux prélevés dans des conduits de cheminée (Écueil, Louvois et Nanteuil). Les résultats s'étalent de 2,26 MPa à 2,8 MPa. Ces derniers sont plus de deux fois plus résistants que la plupart des carreaux testés. Ceci étant dû à des phénomène d'induration observés sur les échantillons (Chapelon, 1981, p. 76).

Bien que le peu d'informations sur les conditions d'essai de laboratoire soient données, et qu'il est difficile de comparer des résultats entre eux, du fait de ces conditions différentes, les résultats obtenus sont en accord avec la littérature récente qui donne des valeurs autour de 1 MPa (Illampas et al., 2016), entre 0,29 et 4,5 MPa (Abhilash et al., 2022), ou entre 0,45 à 5,21 MPa (Sanchez et al., 2022).

Ces résistances qui peuvent paraître faibles vis-à-vis d'autres matériaux, sont compensés par l'épaisseur des murs, qui sont de l'ordre de 60 cm dans le bâti champenois.

Les carreaux testés sont presque tous issus des communes de la Montagne de Reims. Seuls ceux de Châlons-en-Champagne et Cormontreuil font exceptions. Les échantillons de Châlons-en-Champagne présentent des valeurs de 1,29 MPa, 1,41 MPa et 1,80 MPa et ceux de Cormontreuil de 1,33 MPa, 1,56 MPa et 2,26 MPa. Les résistances de ces derniers sont en général plus élevées que les autres carreaux testés. Cela pourrait être dû à un élancement plus faible ou un processus de fabrication différent. Peut- être y a-t-il des variations en fonction de la provenance géographique des carreaux de terre ?

I.9. Conclusion sur l'état de l'art des carreaux de terre champenois

Ce travail de synthèse permet dans un premier temps de mettre à jour les connaissances chronologiques sur les périodes d'emploi du carreau de terre dans la construction en Champagne. Les dernières synthèses datent d'avant la publication de travaux de fouilles archéologique. Ces nouvelles ressources permettent aujourd'hui d'apporter un nouveau regard chronologique sur l'emploi du carreau dans la construction. Depuis son apparition à l'époque romaine (Delencre, 2017), jusqu'à l'époque contemporaine (Chapelon, 1981 ; Royer 2001 ; Bavay, 2011), seule la période du Moyen Âge présente des incertitudes sur la continuité de l'emploi de ce dernier. Néanmoins, des traces sont perceptibles à la fin du haut Moyen Âge (Lusse, 1997 ; Truc, 2019 ; Roms, 2024) et au Moyen Âge central (Bontrond et Péchart, 2014 ; Pesenti, 2016). Pour ces périodes, les fouilles archéologiques sont le meilleur moyen de parvenir à enrichir la connaissance et les futurs travaux permettront sûrement de formuler des hypothèses plus précises. En revanche, pour la période romaine et à partir de la période moderne, les mentions de carreaux de terre sont nombreuses.

Le carreau de terre est employé abondamment, autant en milieu urbain que rural (Delencre, 2017). Au 20e siècle, de nombreuses villes sont concernées (Reims, Sézanne, Troyes, Châlons-sur-Marne, Épernay, Rethel) et certains villages de la plaine de Champagne et de l'est de la Montagne de Reims, en sont presque entièrement composés (Chapelon, 1981). Ce patrimoine se retrouve autant dans les habitats aisés, à l'image des *Domus* à l'époque romaine (Cavé et al., 2022), que pour les habitats plus modestes (Achard-Corompt et Delor-Ahü, 2012 ; Pesenti, 2016).

À ce titre, le texte encore inexploité de Félix Michel (1912) faisant suite à son étude sur les logements ouvriers de la ville de Reims et ses alentours à la veille de la Première Guerre mondiale, révèle un nouveau récit de l'expansion de la ville au 19e siècle. Durant cette période, la population de Reims va plus que doubler et le carreau de terre est le matériau spécifique des constructions nouvelles. Au moment de l'industrialisation de la ville, c'est la terre qui permet de bâtir les logements ouvriers, dont une grande partie sera autoproduite. La lithographie réalisée par Adolphe Maugendre pourrait être la parfaite illustration de l'importance des carreaux de terre à cette époque (Figure 1-29). Avec le recul, le paradoxe de cette illustration est singulier. Le matériau traditionnel représenté au premier plan , permettant l'expansion de la ville industrielle et de la modernité, représenté par la mise en place de la voie de chemin de fer et des usines en arrière-plan, sera éclipsé en partie par le développement de cette modernité quelques décennies plus tard.

L' abandon du carreau de terre se situe aux alentours des deux guerres mondiales (Chapelon, 1980 ; Imbault, 1986). Une dynamique de renouveau existe dans les années 80 (Chapelon, 1981 ; Possémé et Batalla, 1984), en parallèle de la dynamique nationale, mais celle-ci sera de courte durée (moins de 10 ans). Toutefois, cette période permettra d'une part une réappropriation des connaissances sur ce patrimoine, mais conduira également à la réalisation de deux opérations de logements en carreaux de terre compressés et assemblé à frais, sans mortier.

Dans un deuxième temps, cette synthèse permet de dresser un premier bilan géographique sur le carreau de terre dans la construction en Champagne[64]. L'emploi du carreau de terre est

64 La présence avérée du carreau de terre dans le département de l'Aisne (Menu, 1924 ; Marcq, 1975), n'est pas mentionnée dans la Description géologique du département de l'Aisne reportée par D'Archiac (1843). L' Aisne se situant dans une autre région, cette ressource est la seule qui a été consultée afin de ne pas démultiplier ce travail de synthèse sur une zone pour laquelle le carreau de terre semble peu étendu. Il serait néanmoins utile à l'avenir de réaliser ce travail afin de ne pas ignorer d'autres ressources potentielles.

avéré sur un vaste territoire, s'étendant presque exclusivement sur les trois départements des Ardennes, de l'Aube et de la Marne (Imbault, 1986 ; Royer, 2001). Dans le département de la Haute-Marne, la présence est anecdotique et seuls quelques fours construits en briques de terre crue ont été révélés dans deux communes au début du 19e siècle (Peuchet et Chanlaire, 1811). Pour les trois autres départements, le patrimoine est regroupé sur le plateau de la Champagne crayeuse. Toutefois peu d'indications sont données sur le département des Ardennes, en dehors de quelques photos (Royer, 2001) et des indications de Sauvage et Buvignier (1842) sur les carrières de terre à carreaux qui sont regroupées uniquement sur la côte de Champagne. En revanche, les écrits sur la géologie de l'Aube et de la Marne, respectivement de Leymerie (1846) et Chalette (1845), indique une forte présence de ce patrimoine à travers le maillage dense de ces carrières spécifiques, appelées « terriers » dans l'Aube et « terrières » dans la Marne. L'exploitation en ce sens de ces textes est inédite et nous renseigne grandement sur la proximité de la ressource exploitée pour la confection de ces carreaux au 19e siècle. L'exploitation des cadastres napoléoniens et des états de section, permet d'aller encore plus loin sur la localisation de ces terrières. Toute d'abord, elles se situent contre le bâti des communes, au niveau de la ceinture maraîchère. La ressource est à proximité immédiate. Ainsi, cette ceinture pouvait fournir l'alimentation de la commune, mais également la matière pour construire. De plus, ces terrières semblent appartenir la plupart du temps à la commune. Il reste alors à explorer les modalités d'accès à cette ressource.

La Figure 1-42 reporte l'ensemble des communes concernées par le carreau de terre vue à travers le chapitre 1, que ce soit pour les constructions ou les carrières de terre à carreaux. Le patrimoine est essentiellement établi sur le Crétacé supérieur (vert clair sur la carte) et donc semble intimement lié à la Champagne crayeuse. Seuls quelques cas sont mentionnés dans la partie sud, dans le Pays d'Othe, le long de la vallée de la Seine et cette mention en Haute-Marne pour la construction de four à pain.

Enfin, cette synthèse a aussi été l'occasion de s'intéresser aux chaînes de production et aux personnes qui réalisaient les carreaux de terre. Les fabricants étaient multiples. Il pouvait s'agir des particuliers la plupart du temps en milieu rural (Sauvage et Buvignier, 1842 ; Chalette, 1845 ; Imbault, 1986), alors qu'à la ville les maçons prenaient en charge cette fabrication (Chapelon, 1981). Certaines personnes en faisaient une activité à part entière (Maillet, 1945), nommées des « carreautiers » (Sainsaulieu, 1924 ; Chapelon, 1981). La méthode principale de fabrication se faisait à l'aide d'un moule, la plupart du temps en bois, mais qui peut être en métal plus tardivement (Guillaud, 1980). Toutefois il semble que deux autres pratiques aient existées, dites « taillée » et « à la tarte » (Chapelon, 1981). Cela constitue une originalité, bien qu'il soit difficile de savoir à quel point ces pratiques aient été employées[65]. Du côté des pratiques peu courantes, le tassement des carreaux à l'aide d'une dame à l'intérieur du moule semble avoir existé également (Guillaud, 1980 ; Chapelon, 1981).

Au niveau de la mise en œuvre, deux types sont mentionnés (Herbert-Barrat, 1977 ; Imbault, 1986 ; Royer, 2001). La principale consiste à l'utilisation des carreaux de terre en maçonnerie porteuse, d'une largeur d'environ 60 cm. La seconde est l'utilisation de ces éléments en remplissage de pans de bois. Cette pratique était plus développée sur la frange sud-est du côté de la Champagne humide, où la pratique du torchis était plus répandue (Imbault, 1986).

L' emploi du carreau de terre n'a pas donné lieu à une typologie de construction particulière malgré sa sensibilité à l'eau. Les principes de protection semblent être les mêmes avec tous les matériaux. L' emploi de l'enduit est privilégié, et l'utilisation du carreau ne constitue qu'une variante, au même titre que les autres matériaux (Royer, 2001).

65 Il y a également le témoignage d'un particulier vivant à Vraux, relatant les propos des anciens et informant que la terre était malaxée par les moutons et découpés à même le sol.

Pendant longtemps le carreau de terre a été un matériau économique, du fait de la proximité de la ressource et de sa simplicité de production (Chapelon, 1981). L' arrivée des matériaux industriels, corrélée au déploiement des voies de transport, du fait du faible coût de l'énergie, ont rendu le matériau terre peu concurrentiel du fait du coût de la main d'œuvre (Sainsaulieu, 1924). De plus, les résistances plus élevées des nouveaux matériaux et de l'image de modernité qu'ils diffusent, ont amenés à l'abandon de ce matériau traditionnel (Dethier, 1981). Et malgré la tentative particulièrement remarquable qui s'est déroulée dans les années 80 de mettre en place une production en partie mécanisée et d'innover sur la mise en œuvre en se passant du mortier de pose (Possémé et Batalla, 1984), la construction en terre disparaît à nouveau de la Champagne.

Enfin, l'étude menée par le PNR de la Montagne de Reims (Dumoulin, 1981 ; Chapelon, 1981), en lien avec la Faculté et l'IUT de Reims, ont permis d'avoir des informations sur la composition macroscopique des terres employées et sur le comportement mécanique de carreaux prélevés principalement sur le territoire du Parc. Les carreaux étudiés sont majoritairement composés d'éléments crayeux et présentent des valeurs de résistance à la compression autour de 0,8 à 1,0 MPa, correspondant aux résultats que l'on trouve dans la littérature.

Cette synthèse nous permet d'envisager de prolonger l'étude sur deux aspects. Le premier, présenté en chapitre 2, sera géographique. En effet, le patrimoine en terre semble surtout correspondre au bas-plateau crayeux champenois. Néanmoins, les cartographies existantes ne présentent pas de méthodologie et la partie nord de ce patrimoine reste floue. Il convient alors de réaliser un travail qui puisse permettre de révéler avec plus de précision l'étendu de ce patrimoine, à partir d'une méthodologie définie, afin de mieux connaître ses spécificités et son lien avec la géologie sur laquelle il se trouve.

La révélation d'un patrimoine urbain et rural demande également à être affinée, afin d'obtenir plus de précision sur l'importance de la présence de ce patrimoine en divers endroits du territoire.

Le second aspect, qui sera présenté en chapitre 3, concerne le matériau et les connaissances sur sa composition et ses comportements physiques. Ceci afin de prolonger l'amorce réalisée par l'étude menée dans les années 80 en répondant aux questions suivantes : La terre employée est-elle partout la même sur le territoire ? L' ensemble des carreaux du patrimoine, présentent-ils tous le même comportement mécanique ? Qu'en est-il du comportement hygrothermique de ces derniers vis-à-vis des questions de confort ? Ces questions de comportement du matériau sont aujourd'hui primordiales si l'on veut de nouveau pouvoir le prescrire.

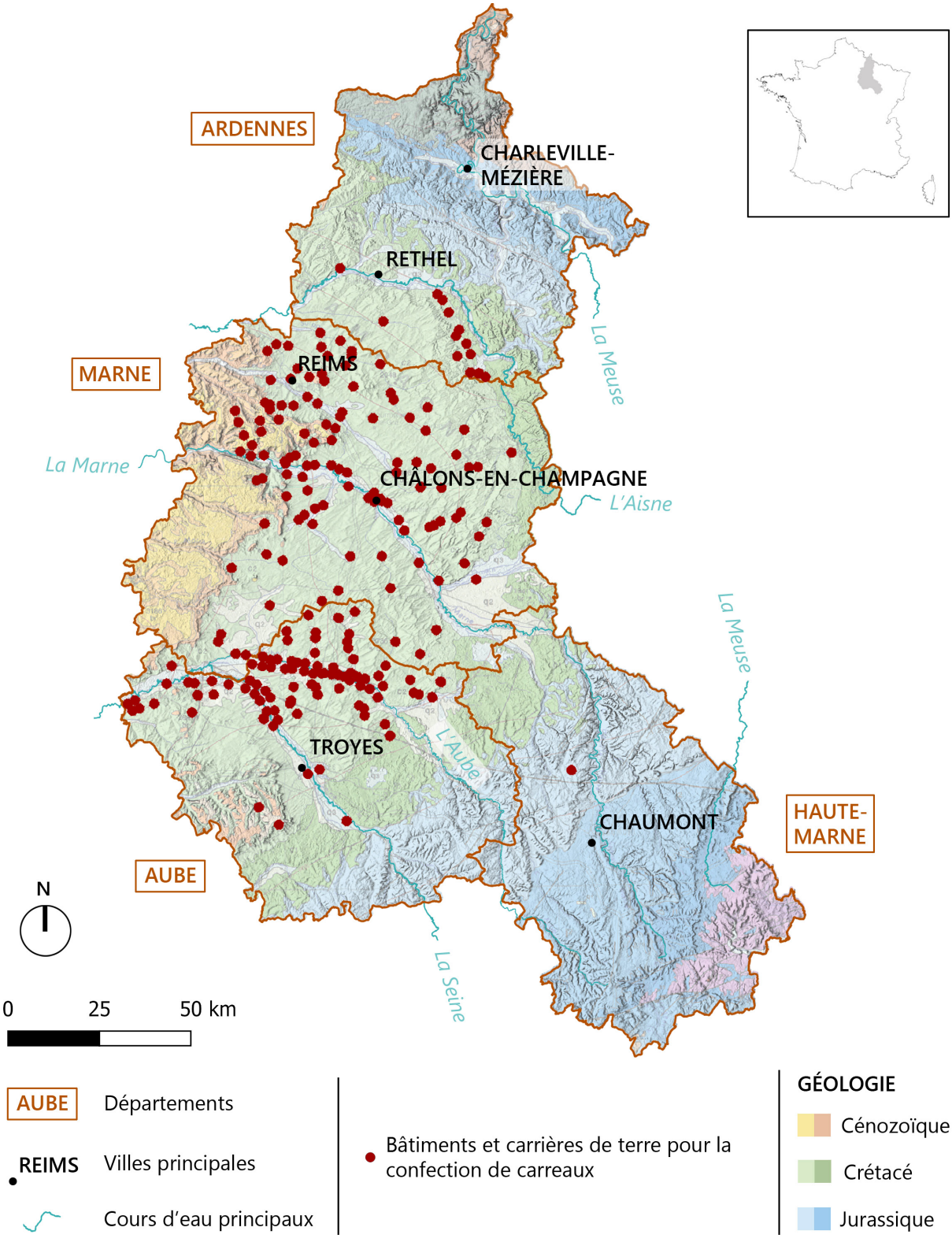


Figure 1-42 : Ensemble des communes concernées par les carreaux de terre. D'après la littérature vue dans le chapitre 1.

II. LES CARREAUX DE TERRE EN CHAMPAGNE : RÉPARTITION ET SPÉCIFICITÉS DU PATRIMOINE

«Nous vivons une période où les problèmes de la défense de l'environnement se posent avec une nouvelle force. [...] Par ailleurs, le concept même de l'environnement doit se configurer en des termes de plus en plus globaux et il doit certainement inclure les valeurs qui composent la mémoire historique et culturelle d'un territoire. Parmi ces derniers, les biens ayant un caractère architectural et environnemental ne sont certainement pas d'une importance secondaire ».

Novella Sansoni, 1985. Dans le texte « L' Archivio dello spazio [L' Archive de l'espace]: point d'arrivée, point de départ » (Valtorta, 2013)

Cette partie présente le travail de terrain et les spécificités du patrimoine bâti en carreaux de terre en Champagne. Dans un premier temps, elle explique la méthode cartographique et les outils mis en place pour révéler le patrimoine en terre crue à deux échelles :

- Régionale : correspondant à la zone d'existence des carreaux de terre sur l'ensemble du secteur étudié ;
- Locale : comprenant un focus en milieu rural sur la zone de front de la première guerre mondiale au nord du département de la Marne et un focus en milieu urbain, sur la ville de Reims.

Dans un second temps, les résultats seront présentés et discutés. A l'échelle régionale ils concernent la réalisation de la cartographie précise du patrimoine en terre crue, de sa mise en relation avec les limites administratives, les régions naturelles et la géologie, ainsi que la mise en avant de spécificités constructives. A l'échelle locale, seront exposées les conséquences de la première guerre mondiale sur le patrimoine en carreau de terre en zone de front.

Enfin, la mise en avant d'une approche sensible de ce travail de terrain permettra d'explorer la problématique des déchets et la place de la photographie de patrimoine en tant que document et œuvre (Bertho, 2013).

Ce travail de terrain sert de préalable à l'étude technique du matériau en laboratoire qui sera présentée dans le chapitre suivant. Il se situe en ce sens entre deux approches de l'inventaire : le recensement et l'étude (Duhau, 2008).

II.1. Méthodes d'analyse de la présence des carreaux de terre

II.1.1. Sorties de terrain

Des campagnes de relevés cartographiques du bâti en carreaux de terre ont été menées tout au long de ce travail. Plus de soixante jours de présence sur le terrain ont été nécessaires. Les objectifs ont été multiples :

- Définir la zone géographique d'implantation du patrimoine en carreaux de terre en Champagne en précisant ses limites spatiales ;
- Définir la continuité ou les discontinuités de ce patrimoine à l'intérieur de cette zone ;
- Étudier la zone de front de la première guerre ;
- Étudier la présence du carreau de terre en zone urbaine – cas de la ville de Reims ;
- Relever des particularités de mise en œuvre sur le territoire ;
- Relever les spécificités de la matière employé d'après les observations macroscopiques.

Ce relevé cartographique s'apparente à un inventaire thématique sur une méthode de construction en terre crue (Ballester, 2001). A l'instar du travail mené par Emmanuel Mille (2023) sur la présence du pisé dans la ville de Lyon, le terrain d'étude étant à l'échelle d'une région, cet inventaire est exploratoire et n'a pas cherché l'exhaustivité du relevé dans les communes traversées. Néanmoins, sur certains secteurs ou pour certaines communes de taille réduite, le recensement du carreau dans les bâtiments a été plus poussé. C'est le cas d'une part pour les communes situées sur les bordures de la zone d'étude, afin d'être le plus juste possible dans la définition des limites. D'autre part pour celles situées sur le transect réalisé sur la zone de front, pour des raisons spécifiques à cette recherche (partie II.1.1.4).

II.1.1.1. Collecte des données

La méthode de collecte de données via des outils numériques a été mise en place dans le cadre de la thèse de Loris Verron-Guillermot (2024). Cette méthode est définie dans son manuscrit, nous en reprenons ici les grandes lignes en adaptant et précisant certains points sur les spécificités de notre zone d'étude. Des sorties communes ont été réalisées dans le cadre de nos travaux respectifs (Bretagne, Limagne, Champagne), afin d'évaluer ensemble la méthode de collecte.

• Observations de terrain

Les sorties ont été effectuées entre novembre 2021 et juillet 2024. La majeure partie d'entre elles ont eu lieu durant les mois d'été 2022 et 2023. Elles sont en effet privilégiées durant les périodes estivales pour des raisons météorologiques. Il est plus aisé de percevoir la nature des matériaux par temps dégagé et lumineux, d'autant plus que la collecte des données s'effectue en grande partie depuis le véhicule et que les bâtiments observés sont parfois éloignés. Les matériaux caractéristiques du patrimoine, notamment les pierres à forte présence calcaire et la terre issue des couches pédologiques et/ou géologiques semblables, peuvent avoir des teintes similaires. La ressemblance est encore plus vraie avec la technique des briques de terre crue dont la forme peut s'apparenter à des appareils en pierre de taille. Toucher le matériau s'avère parfois déterminant pour distinguer le matériau employé. En effet, des matériaux composites à base de chaux ou ciment produit à la période de la reconstruction ressemblent très fortement aux carreaux, présentant un processus de lessivage par les eaux de pluie similaire (Figure 2-1). Les conditions d'ensoleillement sont alors favorables pour distinguer ces matériaux. Enfin, les journées sont plus longues et permettent d'optimiser les temps d'observations de terrain en début et fin de journée.

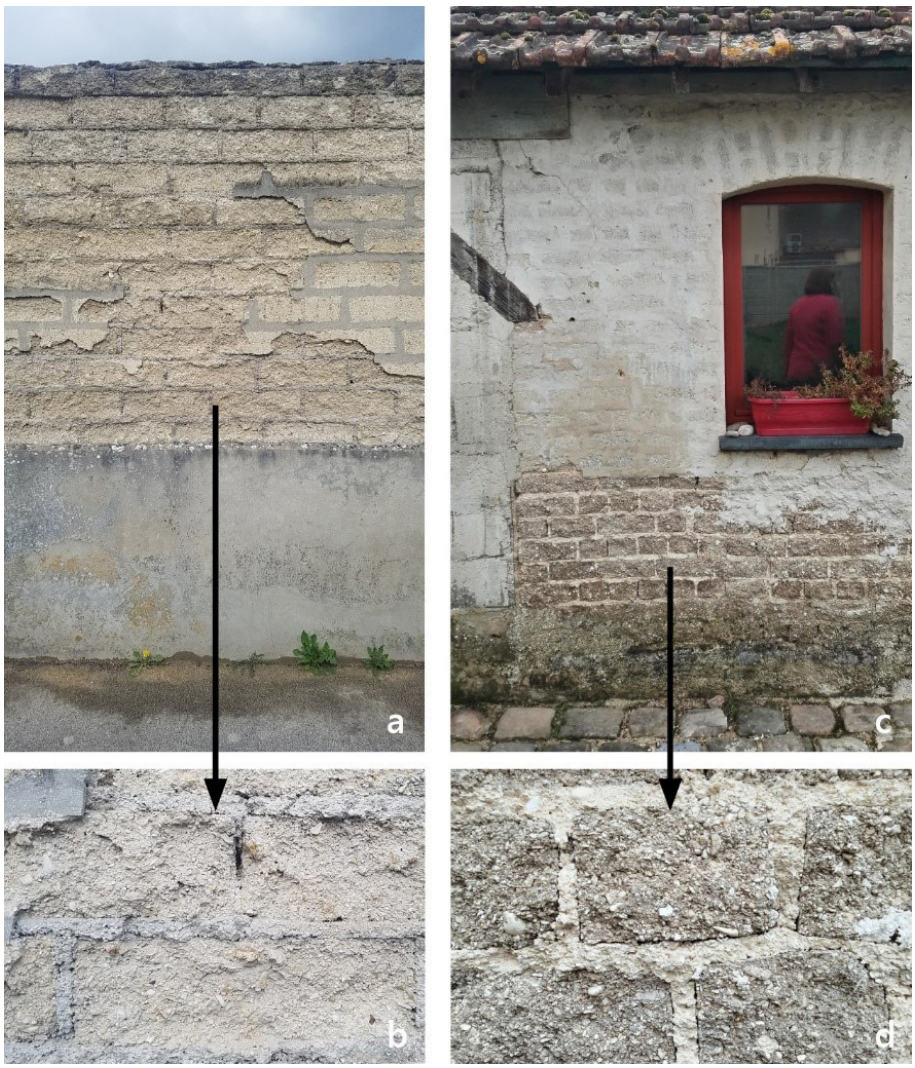


Figure 2-1 : Exemple de matériau à base de ciment se dégradant avec les intempéries, dont l'apparence est très proche de l'aspect des carreaux de terre. a, b : Reims (Marne) ; c, d : Boult-sur-Suippe (Marne).

L' investigation est réalisée principalement en voiture (Figure 2-2, a.), qui semble le moyen de transport le plus efficient dans un rapport rapidité / liberté de déplacement / observations pour une étude sur un patrimoine étendu. Ces journées ont en effet nécessité des déplacements de plusieurs centaines de kilomètres. Lors de ces derniers, des arrêts réguliers sont effectués, afin de faire des visites à pied (Figure 2-2). Celles-ci contribuent à une plus grande précision dans le relevé, permettent des angles de vue variés, et facilitent l'accès à des zones inaccessibles en voiture. Les jumelles sont un outil indispensable pour observer les bâtiments éloignés.

Les façades les plus exposées à la pluie sont généralement moins composées de terre crue, on y trouve des matériaux plus résistants aux altérations dues aux intempéries (Casel et al., 2000). Lorsque cela est possible il est plus judicieux et plus efficace de conduire d'est en ouest afin de voir plus facilement les façades orientées à l'est, moins exposées aux pluies.

Les itinéraires sont prévus en amont de la réalisation de la sortie de terrain. Dans le cadre de la définition des limites d'un patrimoine, l'itinéraire est sans cesse adapté en fonction des observations et relevés effectués.

Pour l'étude de notre territoire, le nombre de personnes varie entre une et trois. Lorsque plusieurs personnes sont présentes, des rôles peuvent être distribués (Figure 2-2, c, e, f) comme décrit dans le travail de Maud Cannat (2022) : conduite ; co-pilote pour l'itinéraire ; observation à l'œil nu ou aux jumelles ; enregistrement des données sur la tablette ; photographie ou dessin.

En générale, la personne qui possède la tablette, munie du fond de carte est privilégiée pour guider la conduite, car elle possède une vue sur les bâtiments localisés, le plan de la ville et ses rues à investiguer (Figure 2-2, b). Par exemple lors des sorties communes effectuées en Limagne, la présence de quatre personnes est apparue idéale. Cela permet d'avoir des personnes dédiées uniquement à l'observation, libres de se répartir le côté de la route à observer et pouvant également se retourner pour observer les façades opposées au sens de la circulation.

Pour les sorties effectuées seul, la collecte s'avère beaucoup plus lente et présente également un plus grand risque de manquer la présence de carreaux de terre. Pour des questions d'organisation, une grande partie de la campagne d'exploration a été menée seul. L' impact principal a été la diminution de la quantité de données récoltées pour les bâtiments.



Figure 2-2 : Photographies des sorties de terrains en Champagne (a, c, d) et en Limagne (b, e, f). Photrographies : E. Hamard (a, c) ; M. Cannat (b, e, f) ; A. Aras-Gaudry (d)

• Enregistrement des données

La collecte des données est réalisée à l'aide d'une tablette Crosscall Core-T4 (Figure 2-3) via l'application QField qui permet le transfert des données récoltées sur le logiciel QGIS de l'ordinateur. Dans un premier temps des données de « fond de carte » sont chargées pour nous déplacer. Il s'agit de la carte OpenStreetMap (Figure 2-3, a et Figure 2-4, a) qui nécessite une connexion internet. Une extraction des polygones représentant les bâtiments et les routes de la base de données OpenStreetMap est également enregistrée sur l'appareil (Figure 2-4, b), afin d'avoir un support lorsque la connexion au réseau n'est pas possible (Verron-Guillermot, 2024). Pour réaliser l'étude des limites du patrimoine, les fonds de cartes géologiques (Figure 2-4, c) ont également été utilisées pour nous déplacer.

Lorsqu'un bâtiment contenant des carreaux de terre est identifié, un point est créé sur le polygone correspondant sur l'interface Qfield de la tablette (Figure 2-3, b) :

> *« Les données sont collectées directement dans une base de données au format BDD-terre-crue, via un formulaire de saisie personnalisé. Si possible, lors de la création d'un point, on le positionne à l'intérieur du polygone de bâtiment OpenStreetMap correspondant au bâtiment observé. Le formulaire s'ouvre : certains champs se remplissent automatiquement : date, heure de création du point, localisation. D'autres sont saisis par l'enquêteur.ice : techniques de constructions observées, orientation/exposition des murs, et autres variables d'intérêt selon les besoins des études. Certains champs sont prévus pour la saisie de la qualité des données ou d'informations complémentaires sur le bâtiment : approximation du positionnement du point, incertitude de la technique décrite, commentaire général ».* (Verron-Guillermot, 2024)

Lorsqu'un point est enregistré, il est visible depuis l'interface de l'application par un point rouge, permettant d'avoir une vue en direct sur les bâtiments déjà repérés (Figure 2-4, a - c).

Le tracé des sorties réalisées est enregistré en arrière-plan via l'application « Mon itinéraire ». Ces données sont nécessaires à l'étude a posteriori du parcours, afin de vérifier les villes, villages et rues investiguées (Figure 2-4, a – c ligne jaune).

Les informations disponibles sur le formulaire préparé pour l'enquête de terrain sont présentées dans le Tableau 2 1. La partie « description » explique le but recherché à partir de la donnée, tandis que la partie « commentaire » fait un retour sur l'utilisation réelle des saisies lors du terrain, afin de permettre une optimisation lors d'une utilisation ultérieure ou pour d'autres recherches de ce type. Une grande partie des données que nous pensions inventorier n'a pas été prise en compte systématiquement, par manque de temps. Particulièrement lorsque les sorties ont été effectuées seul. Ceci rend compliqué l'exploitation des données qui n'ont pas été systématiquement relevées, l'échantillonnage étant trop réduit et peu représentatif de l'ensemble. Ces limites permettent de révéler le temps long nécessaire à la réalisation d'une étude plus approfondie, et la nécessité d'un nombre minimum de participants.

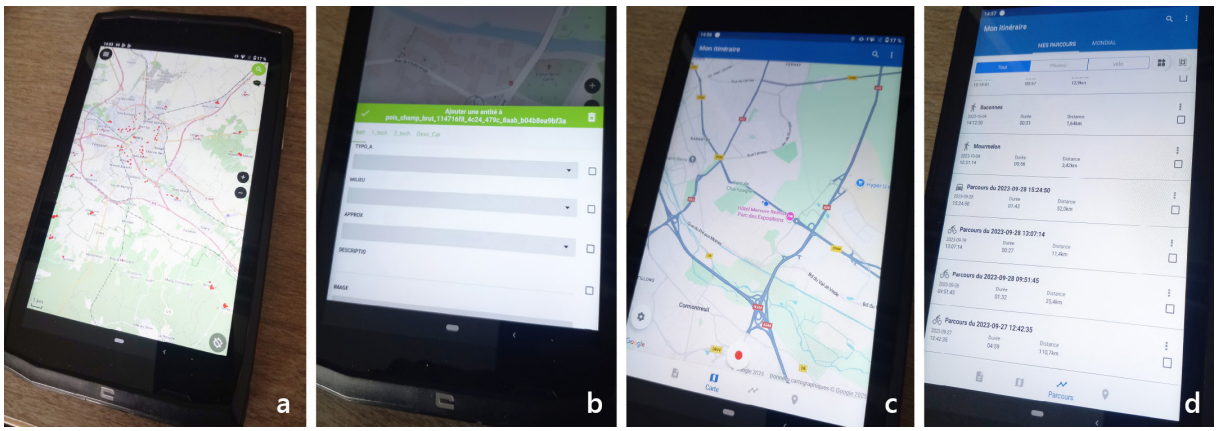


Figure 2-3 : Photographie de la tablette Crosscall Core-T4. a : Fond de plan OpenStreetMap. b : formulaire s'affichant lors de l'enregistrement d'une entité. c : Fond de plan de l'application Mon itinéraire. Le bouton rouge sert à enregistrer le parcours. d : Liste des trajets enregistrés et exportables en fichier GPX / KML / KMZ.

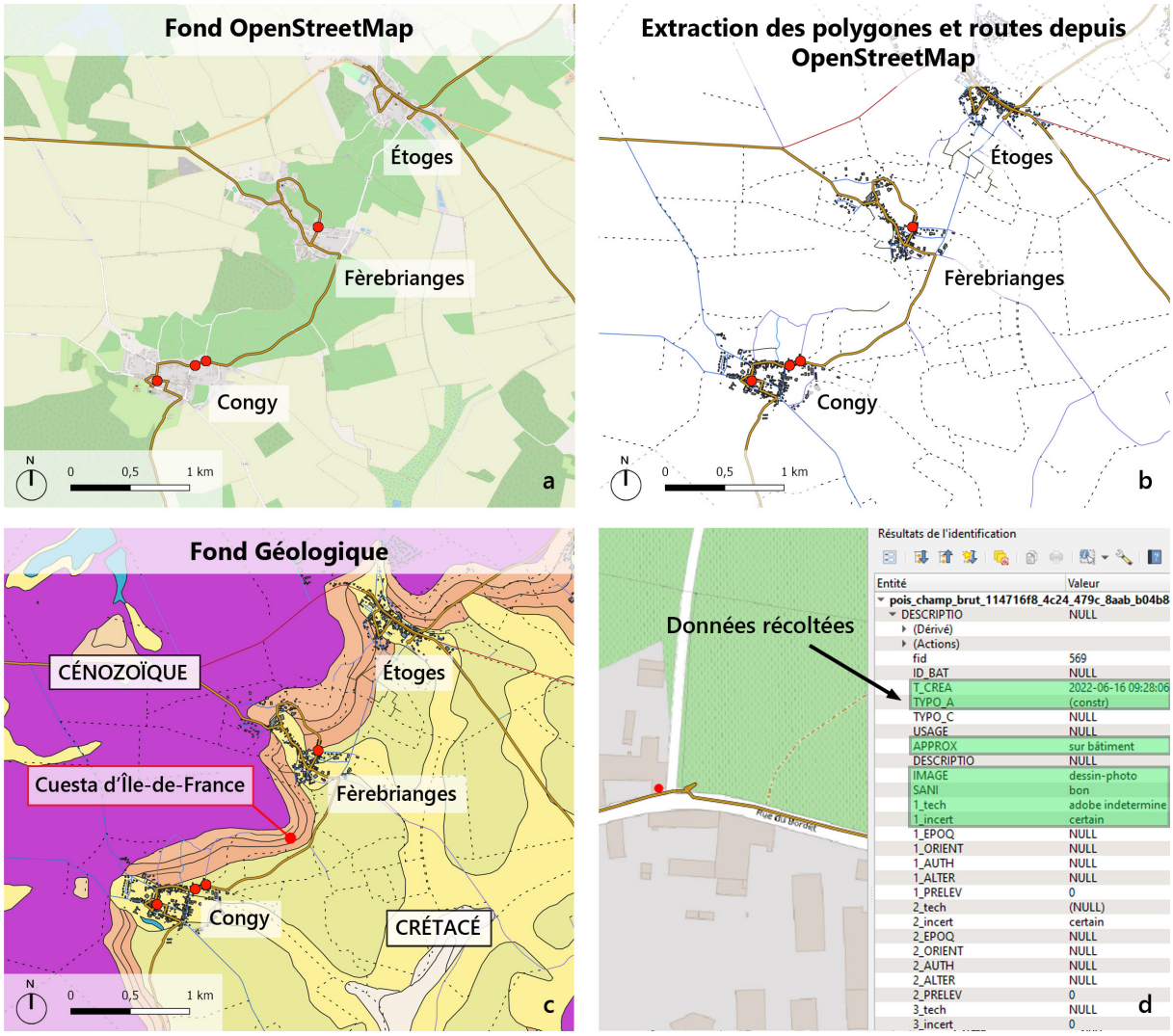


Figure 2-4 : Différents fonds de plan utilisés sur la tablette : OpenStreetMap (a) Les points rouges correspondent aux bâtiments relevés et la trace du déplacement en jaune ; Fond sans connexion internet avec extraction des polygones des bâtiments et des routes depuis OpenStreetMap (b) ; Fond de carte géologique (source: BRGM) où l'on observe ici le crétacé (jaune et vert), correspondant à la plaine de Champagne crayeuse, le Cénozoïque (rouge et violet) et la cuesta d'Ile-de-France (rouge). d : Informations disponibles depuis le logiciel Qgis suite à l'enregistrement des données. En vert les informations répertoriées.

Tableau 2-1 : Liste des champs d'entrée et de la liste de valeurs disponibles sur le formulaire de la tablette lors de l'enregistrement d'une entité. Description des informations attendues lors de la prise de données. Commentaires sur la réalité d'utilisation des champs d'entrée suite aux sorties de terrain. En vert les éléments majoritairement utilisés. En rouge pris en compte moins systématique, amenant une difficulté d'analyse de ces données.

Titre dans bandeau	Champ de l'entrée	Liste des valeurs	Description	Commentaire
Bâti				
	Typologie	Bâtiment / Mur / Site d'extraction / Autre	Information générale sur l'élément enregsitré	N'a pas servi. Car il faudrait connaitre la situation au moment de la construction ce qui n'est pas toujours évident.
	Milieu	Ville / Bourg / Hameau / Isolé	Information sur la localisation	
	Approximation	Sur bâtiment / Inférieur à 10 m / Inférieur à 100 m / Inférieur à 1 km / Supérieur à 1 km	Information sur la précision de la localisation. Pour les bâtiment très éloigné ou lorsque le passage en voiture est rapide, la localisation est parfois approximative	
	Fonction	Usage d'habitation / agricole / industriel ...	Information sur le type de bâtiment concerné	A servi essentiellement pour repérer les bâtiment religieux (Eglise). Pour les autres, le changement d'affectation en cours de vie, rend la rentrée de la donnée parfois complexe, surtout pour une étude aussi étendu dans le temps imparti. Cette information est intéressante pour une étude plus localisée et approfondie.
	Description	description libre	Espace pour rentrer des informations de manière libre	
	Image	dessin ou photographie	Permet de savoir si une photo ou un dessin du bâtiment a été réalisé	La donnée "dessin" a été utilisé pour la sortie en Limagne (Cannat, 2022). Pas sur notre territoire d'étude.
	Statut	en usage / à l'abandon		N'a pas servi. Pour cause de temps.
	Sanitaire	bon / dégradation minime / dégradation nombreuse / mise en péril / ruine	Connaïssance de l'état du bâti	Information relevé pour les bâtiments en ruine ou en péril, car cela permettait de repérer les site potentiels pour prélever des carreaux.
	Matériaux associés		Information sur les autres matériaux ayant pu servir en structure.	N'a pas servi. Pour cause de temps.
	Etude	Oui / Non	Entrée pour repérer les bâtiment qui pourraient faire l'objet d'une étude spécifique.	N'a pas servi dans le cadre de cette étude.
	Date et heure	Saisie automatique		
Technique 1				
	Technique	Indéterminée / Torchis / Adobe / Adobe en pan de bois / Adobe en damier / Bauge / Pisé	Information sur la technique de terre employée	
	Incertitude	Certain / Incertain		
	Intensité	Faible / Forte	Donnée subjective.	N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	nord	Oui / Non	Information sur l'orientation des façades concernées par la technique	Etude de la donnée pas évidente, car l'ensemble des façades sont rarement accessible, d'autant plus dans le cadre d'une observation depuis la voiture. Donnée utile pour une étude plus approfondie.
	nord-est	Oui / Non		
	est	Oui / Non		
	sud-est	Oui / Non		
	sud	Oui / Non		
	sud-ouest	Oui / Non		
	ouest	Oui / Non		
	nord-ouest	Oui / Non		
	Prélèvement	Oui / Non	Information sur le bâti où un prélèvement a eu lieu.	
Technique 2			Idem Technique 1	
Technique 3			Idem Technique 1	
Description carreaux				
	Façade sur rue	Oui / Non		N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	Débord de toiture	description libre	Information sur la taille du débord de toiture	N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	Enduit	Intense / Partiel / Résille / Sans	Information sur l'enduit	N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	Dimension	description libre	Information sur la dimension des carreaux de terre	N'a servi que partiellement, pour cause de temps nécessaire.
	Composition visuelle	description libre		N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	Fibre	Oui / Non		A servi uniquement pour noter les cas de présence de fibre.
	Mortier	Identique / Différent		N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	Hauteur soubassement	description libre		N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	Nature soubassement	description libre		N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	Nature angles	description libre		N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	Natures baies	description libre		N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.
	Appareillage	description libre		N'a servi que partiellement. Pas d'exploitation de cette donnée dans l'étude.

• Méthode de collecte

La méthode de collecte a été décrite par Verron-Guillermot (2024) de la manière suivante :

> *« - Dès lors que l'on décide le début du transect, on lance l'enregistrement de la trace. On observe attentivement tous les bâtiments visibles depuis la route.*
> *- lorsqu'un bâtiment composé de terre crue est repéré, un point est créé sur le bâtiment concerné. Ses techniques de mise en œuvre sont identifiées. Si la position du bâtiment n'est pas certaine, l'entrée de formulaire « approximatif » est cochée. Pour les techniques identifiées qui ne sont pas « certaines », par exemple si une petite fraction seulement est visible sous un enduit fissuré, l'entrée de formulaire « incertain » est cochée. »* (Verron-Guillermot, 2024).

Le relevé consiste à signaler la moindre présence du matériau. Sans prise en compte de son importance dans le bâtiment en question. Un point sur la carte peut correspondre à quelques carreaux sous la toiture d'une seule façade (Figure 2-5, a), quelques carreaux de rebouchage d'une baie (Figure 2-5, b), comme à un bâtiment entièrement composé avec ses quatre murs porteurs (Figure 2-5, c). L' unité de l'étude correspond à un bâtiment ou à un mur.



Figure 2-5 : a : Bâtiment en pierre et torchis. Deux à trois rangées de carreaux de terre sous toiture au-dessus de l'arbalétrier. Grivy-Loisy (08), route de Mazagran. b :. Sous l'enduit, des carreaux de terre en rebouchage d'une baie. Reims (51), rue Danton. c : Toutes les façades de cette grange sont entièrement en carreaux de terre. Soubassement en pierre et chaînage d'angle en briques cuites. Ecueil (51), rue des Aillys. Photographies : A. Aras-Gaudry.

• Photographies

À l'instar de l' Inventaire général, le travail spécifique sur le bâti en carreaux de terre, a pour but de mettre en avant « un patrimoine encore non reconnu, invisible au regard » (Bertho, 2013).
La photographie est un support de description et constitue une mémoire visuelle (Auduc, 2013). Elle sert dans le cas de cette étude, à palier en partie à l'impossibilité d'un relevé exhaustif de l'ensemble du patrimoine renseigné due à l'étendue de l'étude, le temps imparti et le nombre de personnes dédiées à ce travail. Mais la prise de photos se révèle aussi être une documentation à part entière. Elle permet des vues d'ensemble, afin de voir l'insertion du sujet dans son environnement, la typologie générale du bâti, sa composition d'ensemble, ses volumes, ses façades, etc.
Les photographies ont été prises par des appareils numériques, et concernent uniquement des photographies prises à hauteur de l'œil humain.

Différents types de prises de vue ont été réalisés. Des vues de trois-quarts afin de révéler le

traitement différencié en fonction des façades, ou bien la profondeur des bâtiments. Des photographies de face, afin de montrer la composition des façades, des rapports de volumes, des décors. Les photographies de détails, permettent de révéler notamment la composition visuelle de la matière.

La photographie permet de rendre compte des aspects esthétiques du carreau de terre qui sont difficiles à retranscrire par le texte, ainsi qu'à mettre en image certaines pathologies.

La limite de la photographie, ne montrant que ce qui est visible, avec une focale déterminée, ne rend pas compte du déplacement effectué sur le terrain qui permet de tourner autour de l'objet (de Massary, Coste et Verdier, 2007). Elle est un complément du texte qui permet une étude et une mise en relation des bâtiments a posteriori des sorties de terrain.

II.1.1.2. Définition des limites de l'étendue du patrimoine en carreaux de terre

Dans le but de définir les limites de l'étendue du patrimoine en carreaux de terre sur le territoire champenois, les premières sorties de terrain ont été menées sur les limites correspondantes à l'aire naturelle de la Champagne crayeuse, qui elle-même correspond à la surface d'affleurement des craies du Crétacé supérieur. Ce faisant nous commençons par explorer les limites définies dans la littérature existante (Chapelon, 1981 ; Imbault, 1986 ; Royer, 2001) en lien avec la géologie vue dans la partie 1.3. Une fois sur le terrain, ce sont les observations qui ont guidé le parcours.

Pour définir une limite, il est nécessaire d'effectuer les trajets le plus perpendiculairement possible à la limite de l'aire géographique envisagée. Si la limite est attendue nord-sud, le trajet est mené d'est en ouest ou d'ouest en est, dans le but de quitter clairement la zone concernée avant d'y retourner. Après avoir parcouru trois villages sans présence de carreaux de terre, nous considérons être sortis de la zone. Le trajet est effectué dans la direction inverse jusqu'à retrouver des traces de briques de terre, ceci créant une sorte de zig-zag sur la carte (Figure 2-6). Lorsque nous nous trouvons à la limite de la zone d'étude, un maximum de rue est investigué, afin d'optimiser la possibilité de voir les éléments en terre qui sont en général moins abondants au niveau des marges. Les constructions éloignées des centre-bourgs ne sont pas à négliger. C'est ainsi qu'au Plessis du Mée (Yonne), un bâtiment en bauge a été repéré depuis un chemin de terre en limite de commune.

Dans les endroits où le patrimoine semble plus dense, l'enquête n'a pas été menée sur l'ensemble des rues. Le but étant de repérer la limite et non de réaliser un relevé exhaustif du patrimoine en terre sur l'ensemble du territoire.

II.1.1.3. Transect à l'intérieur des limites

Une fois les limites définies, des transects intérieurs ont été réalisés afin d'observer les discontinuités éventuelles de ce patrimoine dans la zone d'étude. Pour ce faire la majeure partie des villages à l'intérieur des limites a été traversée. L' objectif étant de vérifier la présence du carreau de terre dans les communes, chaque rue n'a pas été investiguée. Lorsque des carreaux de terre sont repérés sur un bâtiment, la commune suivante est visitée et ainsi de suite. L'ensemble des communes n'a pas été investigué. Dans le but d'avoir une vision d'ensemble la plus complète possible, les communes non traversées ont été parcourues sur Google Street View, ce qui a permis de repérer certains bâtiments (Figure 2-7).

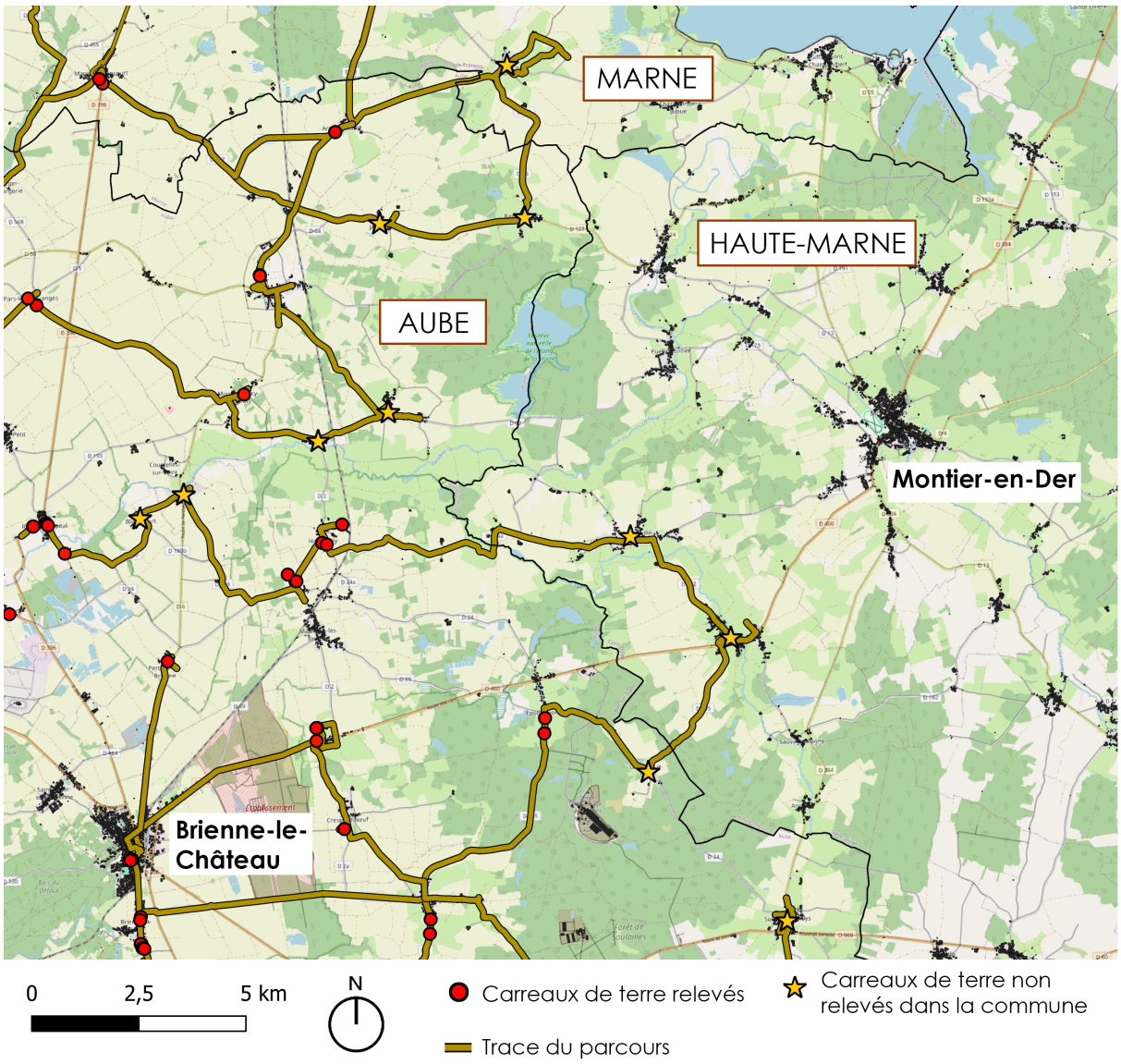


Figure 2-6 : Cartographie des sorties de terrain pour l'étude des limites du patrimoine en carreaux de terre en Champagne. La trace du parcours permet de vérifier les communes investiguées. Fond de carte OpenStreetMap.



Figure 2-7 : Exemple de carreaux de terre repérés sur un bâtiment à Bagneux (Marne). Capture d'écran depuis Google Street View d'une commune non investiguée. Carreaux de terre apparent du fait d'un enduit manquant au-dessus de la baie.

II.1.1.4. Transect en zone de front

Comme cela a été vu dans la partie I.2.7, les communes marnaises de Thillois et Sommepy (1 et 2 sur la Figure 2-8) ont vu l'abandon de l'emploi du carreau de terre pour la reconstruction, alors qu'il était caractéristique de ces communes avant les destructions. Conséquemment à ces dernières, ce matériau emblématique a presque totalement disparu de la matérialité visible du bâti. Le transect effectué sur la zone de front (en bleu sur la Figure 2-8) a pour but de vérifier si cet impact qu'a pu avoir la Première Guerre mondiale sur ces communes est généralisé sur la zone de front. Le choix s'est porté sur une traversée perpendiculaire de ce secteur, afin de visiter des communes plus ou moins éloignées de la « zone rouge » (la zone la plus touchée par les destructions). Les villes les plus éloignées au nord (Machaut) et au sud (Livry-Louvercy) se situent à une dizaine de kilomètres de la zone rouge à vol d'oiseau.

Toutefois, l'absence de carreau de terre pourrait être due à l'utilisation d'autres ressources (comme la craie) pour le bâti et non une disparition. Le tracé a été défini au centre de la Champagne crayeuse où la présence des constructions en carreau de terre est supposée forte (voir partie 1.3). Ce choix a le double avantage d'être éloigné des limites attendues de la présence de ce patrimoine et de traverser trois villages qui ont été presque totalement détruits, donnant la possibilité de voir les stratégies de reconstruction quant aux matériaux utilisés.

En complément, l'étude aux archives départementales, d'une partie de la série 10 R relative aux dommages de guerre a été réalisée afin de vérifier les matériaux employés avant les destructions (voir I.1.3).

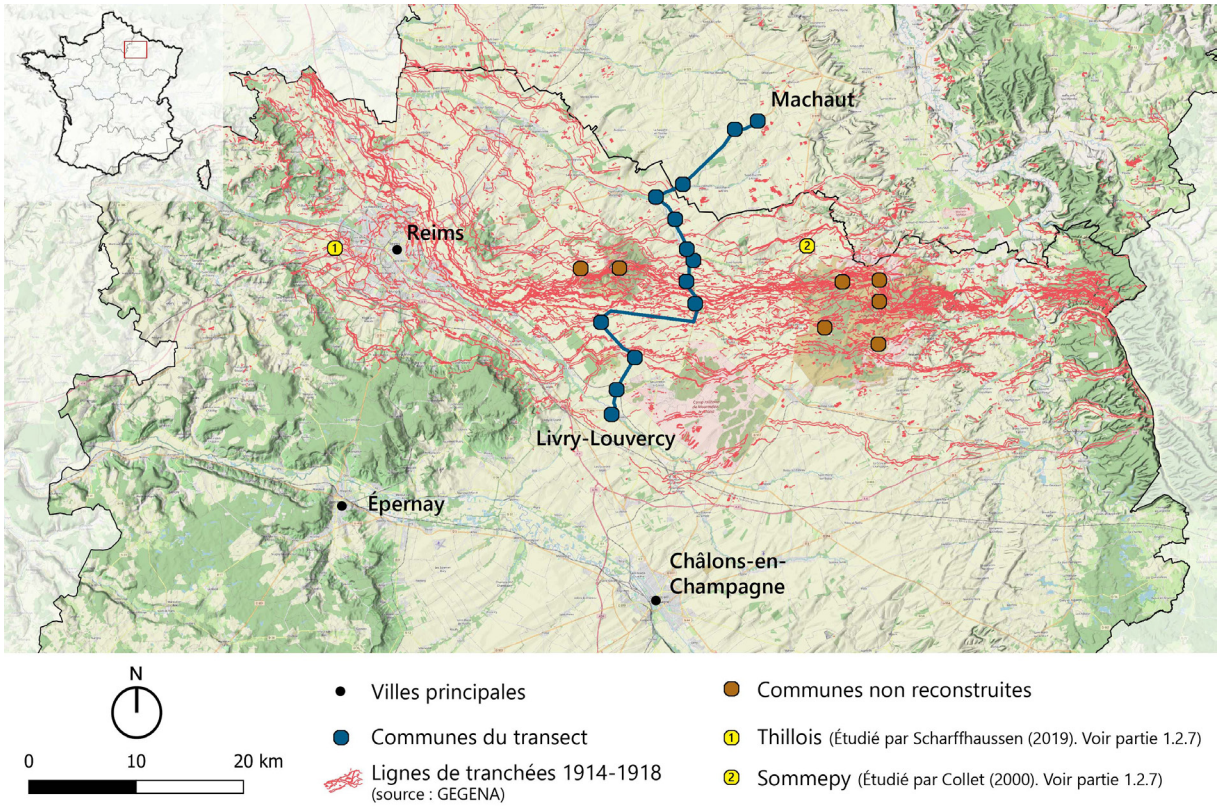


Figure 2-8 : Transect réalisé en zone de front (bleu). Tracé des tranchées du front 1914-1918 (rouge) réalisé par l'équipe de recherche GEGENA dans le cadre du projet de recherche Impact 14-18 (A. Devos). Fond de carte : OpenStreetMap et EsriTopo.

II.1.1.5. Transect dans la Ville de Reims

Les sorties de terrain pour la ville de Reims se sont déroulées sur deux journées complètes dédiées (Figure 2-9). Les rues visitées sont localisées dans des secteurs urbanisés avant la première guerre mondiale et correspondent majoritairement aux quartiers nouveaux de la villes du 19e siècle (au-delà de l'enceinte du 14e siècle). Ces quartiers sont : Courlancy - Porte de Paris, Clairmarais, Laon - Neufchâtel, Cernay - Jean-Jaurès, Maison Blanche et Saint-Remi. Le déplacement s'est fait en vélo.

Ces sorties ont été complétées de repérages tout au long de l'étude lors de déplacements personnels, notamment dans le centre-ville ou les quartiers plus récents.

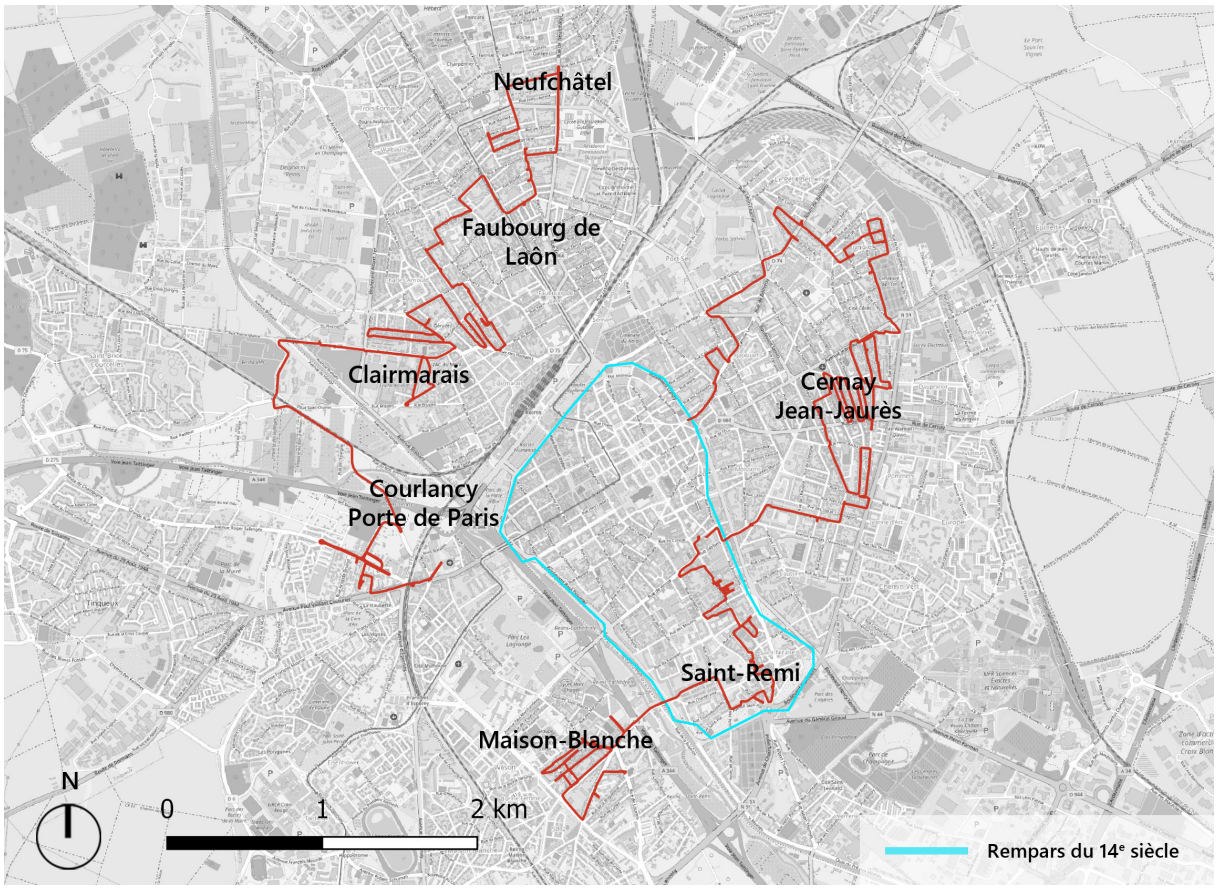


Figure 2-9 : Transects réalisés dans la ville de Reims

II.1.1.6. Limites des sorties de terrain :

La précision de la définition des limites de la zone d'étude dépend de la capacité à relever les bâtiments composés de carreaux de terre. Or plusieurs facteurs limitants existent et doivent être pris en compte :

- Le nombre de personnes présentes pour réaliser l'étude influence la qualité de l'observation et augmente la possibilité de manquer des éléments pourtant visibles ;
- La taille de la zone d'étude ne permet pas de parcourir à pied l'ensemble des communes, et oblige à observer depuis le véhicule, qui ne donne pas accès à l'ensemble des rues et limite les angles de vue ;
- L' impossibilité d'accès à l'ensemble des façades observées ;
- Les obstacles à la vue des bâtiments : autres bâtiments, végétation, topographie, etc. ;
- La direction de déplacement, qui met en avant les façades les plus exposées aux intempéries, où la terre est moins utilisée ;

- La présence d'enduit recouvrant les éléments de gros-œuvre ;
- L' emploi de carreaux de terre pour les conduits de cheminée, ou en parement intérieur, ainsi que pour les murs refend et les cloisons intérieures ;

L' objectif de cette démarche est bien de révéler l'ensemble des lieux où les carreaux de terre ont été mis en œuvre, sans prise en compte de l'importance d'utilisation, ou de la localisation d'emploi dans le bâti (façade principale, arrière, mur pignon...). Cette démarche se différencie de celle adoptée par A. Turmel (2014), dont le choix a été de relever les façades principales (sur rue) de la totalité des communes d'une zone: le Pays rémois[1]. Les cartes issues de ce travail de recherche concernent uniquement cette partie du bâtiment, amenant une sous-représentation de la présence du carreau de terre dans la construction.

II.1.2. Traitement des données de terrain

• Approche spatiale, données et photographies

Les données collectées grâce à l'application QField sur la tablette, sont ensuite traitées avec le logiciel QGis sur l'ordinateur. Ce dernier permet de traiter ces données sous forme cartographique.

La géolocalisation des bâtiments composés de terre crue, les données récoltées et l'analyse des photographies ont permis :

- La mise en relation du patrimoine en carreaux de terre avec : les limites administratives, les régions naturelles et la géologie ;
- La géolocalisation des différentes techniques de mise en œuvre de la terre crue ;
- De définir différentes catégories de carreaux de terre en fonction de leur aspect visuel et des types de sol associés ;
- La mise en avant de certaines spécificités architecturales et des secteurs géographiques associés.

Le traitement des photographies a été réalisé dans le but de pouvoir illustrer les techniques de terre crue existante sur le territoire, de traduire la diversité du patrimoine bâti selon ses caractéristiques constructives et d'amorcer un travail sur les pathologies liées au patrimoine en carreaux de terre.

• Guide des pathologies

Le patrimoine bâti en terre a perduré à travers les siècles grâce à la transmission de savoir-faire de génération en génération et à un entretien régulier (PNR des Marais du Cotentin et du Bessin, 2010). Mais durant le 20e siècle, le changement de production du bâti vers un processus industriel a généré la disparition des savoirs vernaculaires (Pruvost, 2021). Ceci a conduit dans un premier temps à la diminution de l'entretien des bâtiments et l'apparition de mauvaises interventions par méconnaissance du fonctionnement de la terre. Le temps passant, les bâtiments se dégradent, la terre acquièrt une mauvaise image et sa fragilité est désignée responsable. Un travail de réhabilitation de ce matériau à travers la mise en avant des pathologies existantes, de leurs origines est un premier pas, pour la préservation du patrimoine.

L 'ICOMOS-ISCS a établi un glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre, afin d'établir un langage commun pour pallier aux « confusions terminologiques qui conduisent à

1 « Trois à dix façades de maisons ou de granges (ou parfois de murets) ont été observées dans chaque commune. Pour la ville de Reims, une trentaine de bâtiments ont été observés. Ces bâtiments ont été choisis aléatoirement. La seule obligation, lorsque cela était possible, a été de choisir des bâtiments dont la façade principale n'était pas enduite. Les géomatériaux ont alors été identifiés et décrits selon plusieurs critères macroscopiques. Les matériaux identifiés sont présentés dans le chapitre II ». Turmel, 2014, p35

des problèmes de communication majeurs entre conservateurs, restaurateurs et scientifiques » (Vergès-Belmin, 2008, p. 1). Il constitue un outil important pour les professionnels afin d'agir en conséquence sur le patrimoine et constitue une ressource précieuse pour communiquer et sensibiliser sur les différents types de pathologies existantes.

Il n'existe aujourd'hui pas de tels documents au niveau national et international sur les pathologies de la terre crue. Plusieurs travaux sur les pathologies ont été réalisés dans diverses régions en fonction des techniques locales. En Normandie avec la bauge (PNR des Marais du Cotentin et du Bessin, 2010), en Rhône-Alpes pour le pisé (Moriset et al., 2011 ; Scarato et Jeannet, 2015 ; Moriset et al., 2018). Un document sur les points de vigilance sur les différentes techniques a été établi par l'Agence Qualité Construction (AQC) (Galmiche, 2019). Mais un travail de synthèse reste nécessaire.

L'ICOMOS-ISCEAH (Aching Vasquez et Marcus, 2022) a démarré la mise en place d'un glossaire sur les pathologies de la terre à l'image du document établit pour la pierre (Vergès-Belmin, 2008). Ce dernier a été publié sous le format d'un poster. De la même manière que pour la pierre, ce glossaire est organisé en 5 familles, composées de types de modèles de détérioration et de sous-types. Les familles utilisées sont les suivantes :

- Fissure et déformation ;
- Détachement ;
- Figures induites par une perte de matière ;
- Altération chromatique et dépôt ;
- Colonisation biologique.

Le patrimoine en carreaux de terre présente un grand nombre de pathologies, dont certaines s'accumulent sur un même bâtiment. Ces dégradations ont été prises en photo, triées et classées selon les catégories établies par ICOMOS-ISCEAH (Aching Vasquez et Marcus, 2022), complété par des sous-catégories de l'ICOMOS-ISCS (Vergès-Belmin, 2008). Ce classement est réalisé indépendamment de la récurrence des pathologies observées.

Le diagnostic constitue une étape préalable à une intervention adaptée sur le patrimoine. Les pathologies relevées permettent à la fois de mettre en lumière les actions à mener pour sauvegarder le bâti existant et d'éclairer sur les bonnes pratiques de conception de bâtiments contemporains.

Ce travail a pour but de démarrer l'élaboration d'un guide qui pourrait servir aux professionnels, aux étudiants et particuliers pour se réapproprier les savoir-faire liés à la construction en terre crue tout en préservant le patrimoine bâti.

II.1.3. Analyse documentaire des archives départementales de la Marne

Au début du travail effectué dans le cadre de la thèse, une collaboration avec l'agence Bruno Decrock, spécialisée dans les domaines de l'Inventaire, de l'archéologie et des archives a permis de mener une étude sur la construction en terre crue en Champagne. Dans ce cadre, une exploration des archives départementales de la Marne, comprenant le dépouillement de la série nommée AD51 10 R (2002 et 2003), décrite ci-après, a révélé une source d'informations dont nous avons décidé de prolonger l'analyse. En effet, à travers ces documents, nous pouvons localiser et rendre compte des caractéristiques constructives des bâtiments endommagés ou détruits par les bombardements sur les territoires qui nous intéressent : la ville de Reims et la zone de front de la première guerre mondiale.

L' étude d'archives de ce travail de thèse est menée à partir de ces sources reconnues comme potentiellement intéressantes. Elle constitue un travail ciblé pour révéler d'une part une cartographie de la présence de l'habitat en carreaux de terre dans les secteurs observés et d'autre part de tirer des informations quant à son utilisation : types de bâtiments, emplacement dans la construction, etc. Il ne s'agit pas ici d'un travail d'historien qui permettrait de comprendre le processus dans sa globalité : organisation sociale, production, réalisation, etc. Le but est de dresser un premier état des lieux et de compléter le constat de Félix Michel (1912), vu en partie 1.3.4.1, sur la forte présence du carreau de terre dans les nouveaux quartiers de la ville de Reims au 19e siècle.

• Constitution des dossiers de la série 10 R des dommages de guerre 1914-1918

La guerre 1914-1918 a engendré des dommages matériels considérables. La loi du 26 décembre 1914 établit un droit à réparation pour les personnes lésées par la guerre. La procédure à suivre est définie par la loi du 17 avril 1919, dite « charte des sinistrés », qui donne lieu à des demandes d'indemnisation des dommages de guerre qui vont s'échelonner jusqu'en 1925. Cinq catégories de pertes sont définies :

- 1ère catégorie : réquisitions, prélèvements en nature, occupations et contributions ;
- 2e catégorie : biens mobiliers ;
- 3e catégorie : biens immobiliers ;
- 4e catégorie : zones frontières, voisinage des places de guerre et points fortifiés ;
- 5e catégorie : bateaux de pêche.

Dans le cadre de notre étude, c'est la troisième catégorie, celle des biens immobiliers, qui nous intéresse. Elle est définie comme suit : « détérioration d'immeubles bâtis ou non bâti, y compris les bois et forêts, destructions partielles ou totales d'immeubles bâtis ... ». (Renaudin et Mergnac, 2016). A partir de la consultation de ces dossiers (Figure 2-10, a, b), l'adresse des bâtiments, les descriptifs du gros-œuvre, ainsi que les photographies, ont permis de révéler la présence des carreaux de terre dans la ville au moment de la première guerre mondiale. Les dossiers de dommages de guerre ont donné lieu à la production d'un grand nombre de documents d'une grande richesse.

Afin de bénéficier des indemnités, des dossiers précis sont ouverts à la demande du propriétaire (particulier ou entreprise) qui peut présenter plusieurs propriétés sur un même canton. Ces dossiers contiennent des informations sur le propriétaire (Figure 2-10, c) ainsi que sur le bien détérioré ou détruit. Ces dernières sont en général établies par un devis d'expert, souvent un architecte, qui accompagne la demande. On y retrouve entre autres des descriptifs détaillés des dommages matériels (Figure 2-10 d), parfois des plans de bâtiments (Figure 2-10, e) et plus rarement des photographies. Des devis descriptifs et estimatifs pour la reconstruction permettent également d'avoir accès au coût de construction de l'époque. « L' indemnisation est déterminée à partir du coût du bien détruit, diminué d'un pourcentage de vétusté » (Pacheka,

2014). Ces dossiers sont donc consultables aux archives départementales de la Marne en série R (affaires militaires), sous série 10R (Organismes temporaire du temps de la première guerre mondiale). Ils sont rangés dans des boîtes d'archive, qui en contiennent plusieurs dépendant de la même commission cantonale, mais pas forcément de la même commune. Par exemple pour la série 10 R 2805, nous retrouvons les communes suivantes :

- Bétheniville : 5 dossiers ;
- Dontrien : 1 dossier ;
- Pontfaverger : 5 dossiers ;
- Saint-Hilaire-le-Petit : 2 dossiers ;
- Saint-Masmes : 1 dossier ;
- Saint-Souplet-sur-Py : 1 dossier ;
- Selles : 3 dossiers.

La consultation de l'ensemble des dossiers étant inenvisageable, une sélection a été réalisée afin de pouvoir en tirer une tendance. Les résultats présentés sont une extrapolation révélant un caractère potentiel des réalités dont elle prétend rendre compte. Pour chaque dossier étudié, les éléments suivants ont été reportés dans un tableur Excel afin de procéder à l'analyse : Nom du propriétaire, ville, adresse, type de construction, nombre d'étage, composition des façades, épaisseur du mur quand mentionné, présence d'enduit, nature du soubassement, des baies et chainage et de la couverture (Tableau 2-2).



Figure 2-10 : a : Boîte d'archives de la série 10 R 1117 ; b : les 27 dossiers de la série ; c : Page contenant les informations sur le type de dommage (catégorie), la parcelle et le propriétaire ; d : détail sur l'information concernant la maçonnerie d'une construction ; d : détail d'un plan de la parcelle et des bâtiments.

Tableau 2-2 : Extrait des informations inventoriées sur Excel

Cote	Nom	Métier	Ville	Adresse	Date	Photos	Type	Etage	Description	Enduit	Soubassement	baies et chainage	Couverture	Charpente	Cloisons
10 R 1207	Wuilque Marguerite	Sans	Reims	42 rue boulard			Habitation		Sur rue : Pierre de Taille + Carreaux de terre Cour : PdB rempli en briques Mitoyens : carreaux de terre			Pierre de taille	Ardoises	Sapin	
	Defrance Jane	Sans	Reims	12 rue petit Roland		x	Habitation	R+2 + grenier	Rue : Pierre de taille Cour : Briques Mitoyens : Carreaux de terre				Ardoises		
							Cloture		Craie et carreaux de terre				tuiles mécaniques		
	Daniel Paul	Cuisinier	Reims	60 rue des Capucins		x	Habitation	R+2 + grenier	Carreaux de terre	Tyrolien		Pierre de taille	Ardoises	Sapin	Briques et carreaux c
							Cuisine et WC	R+1 + grenier	PdB rempli carreaux de terre						
							Clôture		Carreaux de terre				Tuile		

• **Les archives photographiques**

Certains dossiers contiennent en plus de la partie écrite de photographies. Celles-ci jouent un rôle documentaire sur la réalité des destructions. Elles permettent l'observation de la composition du bâti en complétant le texte. C'est dans cette optique que des images sont placées dans le corps de texte.



Figure 2-11 : Exemple de photos d'un bâtiment à Saint-Brice-Courcelles, appartenant à M. Cullot (10 R 1117)

• Recherches pour la zone de front

Pour l'étude de la zone de front, 6 boîtes d'archives ont été consultées, correspondant à 54 dossiers sur les communes concernées par le transect (Tableau 2-3).

Pour obtenir une tendance, un minimum de 20 bâtiments décrits pour les communes les moins peuplées ont été parcourus (Tableau 2-3).

L'analyse de la présence du carreau de terre est effectuée et comptabilisée pour chaque bâtiment de chaque commune étudiée.

Tableau 2-3 : Synthèse du nombre de dossiers ouverts pour chaque commune et du nombre de bâtiments décrits dans les dossiers.

COMMUNE	POPULATION 1911	Nombre de dossiers ouverts	Nombre de bâtiments décrits
Bétheniville	1472	15	47
Saint-Hilaire-le-Petit	546	9	37
Saint-Martin-l'Heureux	108	3	20
Dontrien	259	8	26
Vaudesincourt	173	5	20
Auberive	345	7	54
Prosnes	361	7	37
TOTAL	-	54	241

• Recherches pour la ville de Reims

Pour l'étude de la ville de Reims, 14 boites d'archives ont été consultées, correspondant à 78 dossiers pour le 1er canton, 74 pour le 2e canton, 71 pour le 3e canton et 88 pour le 4e canton, pour un total de 311 dossiers pour l'ensemble de la ville (Tableau 2-4).

L'objectif est de faire ressortir le nombre de parcelles et donc de propriétaires concernés par ce matériau. Chaque parcelle sur laquelle a été relevée la présence de carreaux de terre, que ce soit pour le bâtiment principal ou une annexe, est comptée positivement.

Tableau 2-4 : Synthèse des dossiers de la série 10 R consultés pour la ville de Reims.

REIMS	Nombre de dossiers consultés	Côte des boîtes d'archives consultées
1er canton	78	10 R 1207 ; 10 R 1208 ; 10 R 1117 ; 10 R 1226
2e canton	74	10 R 1448 ; 10 R 1506 ; 10 R 1507
3e canton	71	10 R 1702 ; 10 R 1703 ; 10 R 1704
4e canton	88	10 R 2002 ; 10 R 2003 ; 10 R 2016 ; 10 R 2120
Total	311	

II.2. Résultats des sorties de terrain

II.2.1.Cartographie du carreau de terre : présence sur un vaste territoire

Le nombre de bâtiments relevés lors des sorties de terrain, bien que sous-estimant largement la présence réelle de ce patrimoine, met à jour l'importance de ce dernier dans le bâti. Au total ce sont plus de 3 000 entités composées de carreaux de terre qui ont été identifiées.

• Approche par les limites administratives

Le patrimoine présente une forme allongée sur l'axe nord-sud sur environ 170 kilomètres depuis les crêtes préardennaises jusqu'au sud de la plaine de Troyes (Figure 2-12). Les carreaux repérés les plus au Nord se situent à Signy-l'Abbaye (Ardennes) (Figure 2-13, a), tandis que les plus au sud se situent à La Vendue-Mignot (Aube) (Figure 2-13, b). D'est en ouest, ce patrimoine s'étend en moyenne sur 70 kilomètres, avec un prolongement le long de la vallée de la Seine au nord-ouest de l'Aube et prend fin peu avant Montereau-Fault-Yonne (Seine-et-Marne) (Figure 2-12). Les carreaux repérés les plus à l'Ouest se situent à Châtenay-sur-Seine (Seine-et-Marne) (Figure 2-13, c), tandis que les plus à l'Est se situent à Villers-en-Argonne (Marne) (Figure 2-13, d). La superficie représentée par la présence du carreau de terre est d'environ 9 000 km^2.

Au Nord, la limite située au-dessus de Rethel est morcelée (Figure 2-12, 1 – cercle jaune). Il est probable que les sorties de terrain n'aient pas permis de mettre à jour la présence de carreaux de terre dans plusieurs communes de ce secteur. D'autant plus que la dernière présence de carreaux a été repérée grâce à l'absence d'enduit sur un mur pignon (Figure 2-13, a), confirmant qu'un grand nombre ne sont pas visible.

La présence d'une discontinuité du patrimoine Nord de la Marne (Figure 2-12, 2 – cercle vert) est expliquée en partie II.3.

En dehors de ces deux secteurs, la répartition du patrimoine est homogène.
La présence de carreaux de terre dans la ville de Sissonne a été signalée après la période de terrain par la propriétaire d'une maison lors d'un chantier (En orange sur la Figure 2-11).

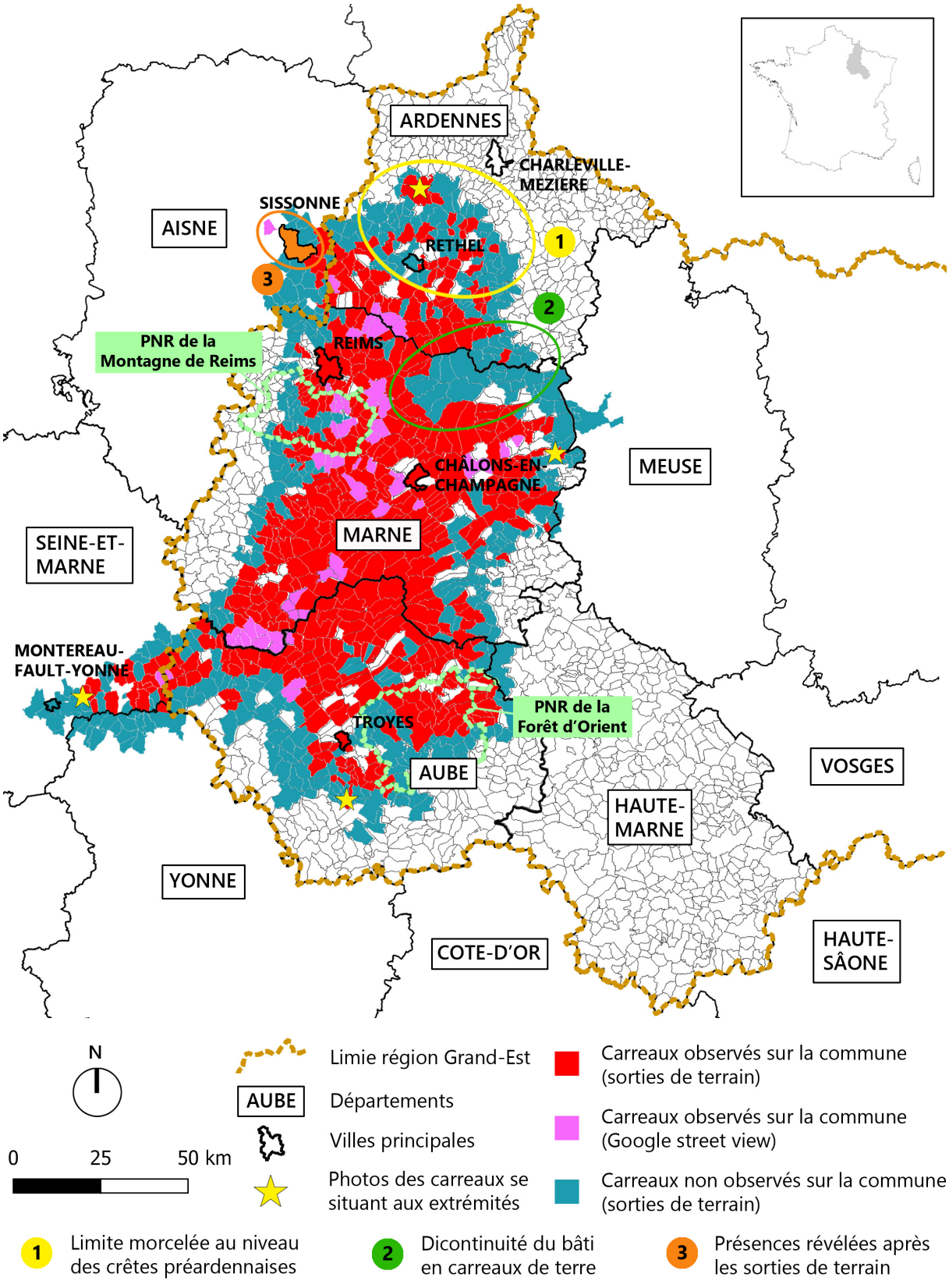


Figure 2-12 : Cartographie des communes possédant du bâti en carreaux de terre. 1 : Limite morcelée au niveau des crêtes préardennaises ; 2 : Indentation de non présence de carreaux de terre dans le nord de la Marne. Pour l'explication voir partie II.3 ; 3 : Présence de carreaux de terre révélée en dehors des sorties de terrain. Sissonne (V. Maquin), Liesse-Notre-Dame (Google street view).



Figure 2-13 : Photographies en limites. a : Carreaux de terre en pan de bois localisés à Signy-l'Abbaye (Ardennes). b : Carreaux de terre an pan de bois localisés à La Vendue-Mignot (Aube). c : Carreaux de terre porteurs à Châtenay-sur-Yonne (Seine-et-Marne).d : Carreaux de terre en pan de bois à Villers-en-Argonne (Marne). Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b, d) ; E. Hamard (c).

Au total, ce patrimoine a été observé dans 486 communes[2] (Tableau 2-5). Le relevé ne peut être considéré comme exhaustif et la présence de carreaux de terre a de manière certaine échappé à notre analyse dans plusieurs communes[3]. Les raisons sont majoritairement les suivantes : l'ensemble des façades ne sont pas visibles depuis la rue, les enduits sur les façades peuvent recouvrir des carreaux de terre et il n'est pas possible d'avoir accès aux intérieurs des bâtiments. En effet, parfois les carreaux de terre sont employés uniquement en intérieur : mur de refend ou cloison (Figure 2-14) (Cela avait été remarqué de la même manière par Mille (2023) pour la ville de Lyon). C'est pourquoi nous considérons que seule une minorité du patrimoine est visible depuis l'espace public. Ces résultats sont donc une estimation à minima, sous-estimant la réalité de la présence du carreau de terre dans le patrimoine bâti.

Ce patrimoine se réparti presque exclusivement sur trois départements de l'ancienne région Champagne-Ardenne (Ardennes, Aube et Marne, Figure 2-12), qui concentrent 95 % des communes repérées, pour un total de 464 communes (Tableau 2-5). Pour le département des Ardennes, des éléments de briques de terre crue ont été observées dans 63 communes, soit 14,1 % de l'ensemble des communes du département. Pour le département de l'Aube ce sont 137 communes repérées, correspondant à un tiers des communes du département. Enfin, pour le département de la Marne, où la concentration est la plus grande, ce sont 264 communes sur 611 où du patrimoine bâti en carreaux de terre a été repéré, soit 43,2 % des communes. En

2 Le décompte des communes est réalisé à partir du répertoire de l'INSEE.

3 À l'image de l'existence des carreaux de terre du bâtiment à Sissonne (Aisne), présents dans un mur intérieur (Figure 2-14), alors que les sorties de terrain n'avaient rien donné. Cette information a été transmise par Valentine Maquin lors de la rénovation de sa maison. Les murs extérieurs sont en pierre et la présence de carreaux de terre n'était pas visible depuis la rue. Cette information nous a amené à repérer un autre bâtiment par Google Street View à Liesse-Notre-Dame (Aisne).

dehors de la région Grand-Est, 15 communes sont repérées en Seine-et-Marne, tandis que pour l'Aisne et l'Yonne, respectivement 6 et 1 communes ont révélés du bâti en carreaux de terre. Quelques communes de la Meuse et de la Haute-Marne ont été visitée sans donner de résultat.

Cette approche met en relation le patrimoine en carreaux de terre et les limites administratives des collectivités territoriales à différentes échelles : communale, départementale, et régionale. Cela nous renseigne sur les responsabilités que pourraient avoir ces dernières vis-à-vis du patrimoine étudié. Par exemple, deux parcs naturels régionaux (PNR), celui de la Montagne de Reims et celui de la forêt d'Orient, sont concernés par ce patrimoine (Figure 2-12). Mais l'approche par les limites administratives ne nous informe pas sur l'origine de ce patrimoine, son lien au paysage et à la ressource en matériau de construction. Le découpage administratif n'est pas relié à des réalités physiques ou climatiques, contrairement au patrimoine qui s'est constitué autour et par ces réalités.

Tableau 2-5 : Récapitulatifs par département du nombre de communes repérées présentant du bâti avec carreaux de terre.

	Aisne	Ardennes	Aube	Marne	Seine-et-Marne	Yonne
Communes avec patrimoine en carreaux de terre	**6**	**63**	**137**	**264**	**15**	**1**
Nombre total de communes dans le département	798	448	431	611	507	423
	0,8%	14,1%	31,8%	43,2%	3,0%	0,2%



Figure 2-14 : Carreaux de terre dans un mur intérieur à Sissonne (Aisne), non visible depuis la rue, tandis que les murs extérieurs sont en pierre. Photographie : V. Maquin.

• Approche par les régions naturelles

Nous proposons de mettre en lien le patrimoine avec des limites prenant en compte les communautés humaines ainsi que les réalités physiques du territoire.

Le découpage par entité géographique établit par les régions naturelles[4] permet une approche plus en lien avec les réalités de terrain. Les régions naturelles sont définies à la fois par des réalités physiques homogènes (géomorphologie, géologie, climat, végétation, etc.) associées des aspects culturels qui constituent un héritage historique. Ceci peut expliquer pourquoi la littérature fait souvent le lien entre la Champagne crayeuse, définie en tant que région naturelle, et le patrimoine en carreaux de terre (Chapelon, 1981 ; Imbault, 1986 ; Royer, 2001).

En effet l'aire de répartition du bâti en carreaux de terre se situe principalement en Champagne crayeuse (Figure 2-15). Toutefois d'autres régions naturelles sont concernées :

- L' Ardenne dans sa limite avec le Porcien ;
- Le Porcien, où nous observons une concentration autour de l'Aisne ;
- L' Argonne dans sa partie ouest. L' Aisne semble établir une frontière ;
- Le Perthois dans sa partie nord ;
- Le Tardenois semble très légèrement concerné le long de la vallée de la Marne dans sa partie est ;
- Le sud de la Brie au niveau de la vallée fluviale du bassin versant de la Seine. Ce territoire est aussi nommé « la Bassée » dans lequel est établie la réserve naturelle national de La Bassée.

La Champagne crayeuse représente bien le cœur de ce patrimoine, néanmoins nous observons que son rayonnement dépasse également les frontières de ce qui définit cette région naturelle. Dans la moitié nord, la partition est assez nette entre les carreaux de terre porteurs limités à la Champagne crayeuse et les carreaux de terre en remplissage de pans de bois du côté du Porcien, de l'Argonne et du Perthois (Figure 2-15). Dans la moitié sud cette démarcation est moins nette, avec une zone qui semble presque inversée vis-à-vis de cette logique (pointillés bleus sur la Figure 2-15). Les limites sont poreuses. Cela peut s'expliquer par le concept de régions naturelles, pour lequel il n'existe pas de consensus arrêté amenant à des limites qui peuvent parfois être floues. L 'approche par les spécificités culturelles de ces régions sous-tend également une porosité de ces cultures qui ont eu des influences mutuelles.

Le bâti ancien, construit avant 1950 est intimement lié à la disponibilité des matériaux à proximité et donc à la nature de son sol (pédologie), de son sous-sol (géologie), ainsi qu'à son climat. C'est encore plus vrai avant la révolution industrielle et le développement ferroviaire dans les années 1850. Les matériaux de construction sont locaux. Le patrimoine révèle alors un savoir-faire vis-à-vis de l'utilisation d'une ressource locale, alors que la relocalisation de la ressource est devenue aujourd'hui un levier important dans le secteur du bâtiment en termes de diminution de l'impact environnemental.

Les courants favorables à une approche par la ressource gagnent du terrain aujourd'hui en architecture (Fiévé et Guillot, 2021). Nous le retrouvons également à travers le concept de Biorégion. Ce dernier naît au États-Unis dans les années 70 et reste un courant théorique qui n'est pas unifié (Rollot et Schnaffer, 2021, p.11). Ceci peut s'expliquer par le fait que le concept

4 Le terme de « région naturelle » ou de « pays » ont fait l'objet de différents travaux et controverses dans le domaine de la géographie dès le 18e siècle et le 19e siècle (Vacher, 1908). Néanmoins, les diverses approches prennent en compte des caractéristiques dites « naturelles ». Le but ici n'est pas de mener un travail sur ce que doit être une région naturelle, mais bien de nous détacher d'une approche purement administrative qui découpe des parties de territoire dont certaines caractéristiques sont identiques. Ici, les régions naturelles reportées sur la Figure 2-15, sont établies à partir d'un poster du Magazine Géo, transmis par Alain Devos (GEGENA). La carte est établie d'après Frédéric Zégierman, «les guides des Pays de France» Ed. Fayard, 2000.

tourne principalement autour de deux approches[5] : une réalité physique (scientifique), qui concerne ce qui est ici et maintenant, dont l'échelle correspond à l'origine au bassin-versant, et un récit collectif (politique), qui est en lien avec un futur à inventer à partir de la réalité physique et sa part symbolique (Rollot et Schnaffer, 2021). Si la partie politique est mouvante, la réalité physique sur laquelle ce concept s'appuie concerne bien un milieu de vie « plus qu'humain » (Rollot et Schnaffer, 2021, p.11), en lien avec les espèces animales et végétales, un climat dominant, des types de sols caractéristiques, des modalités d'installations humaines... En cela l'approche biorégionale pourrait être perçue comme un prolongement de la notion de région naturelle[6], qui constituerait alors une des points de départ d'une réflexion sur le développement d'une filière de la construction plus respectueuse de l'environnement.

Cette entrée par les régions naturelles offre un autre regard sur une approche territoriale et peut servir de point de départ sur la question des ressources, qui étaient traditionnellement liées à la nature du sol. Elle ne constitue pas une fin en soi, car la définition de limites, même géographiques, crée des frontières qui peuvent être déconnectées des réalités de terrain, notamment par les échanges culturels comme nous allons le voir dans les paragraphes suivants. La ressource employée pour la construction en terre provient du sol. Elle est donc le reflet direct de la pédologie et de la géologie de laquelle elle est extraite.

5 Dans « Qu'est-ce qu'une biorégion ? », Mathias Rollot et Marin Schaffer, Marseille, Wildproject, 2021, il est noté que « la notion est pleinement tenue entre la science, la poésie, l'art et la politique » (p.32).

6 Ici, cette ouverture est à prendre avec précaution et rentre en contradiction avec ce qui est souligné par Mathias Rollot, à savoir « ne pas confondre le concept de biorégion avec celui de « région naturelle «, [...] qui sert aujourd'hui, par exemple, à décrire les limites des anciennes provinces françaises (les fameux « pays») – qui n'ont rien de biorégionaliste en tant que telles » (Rollot et Schnaffer, 2021, p.14).

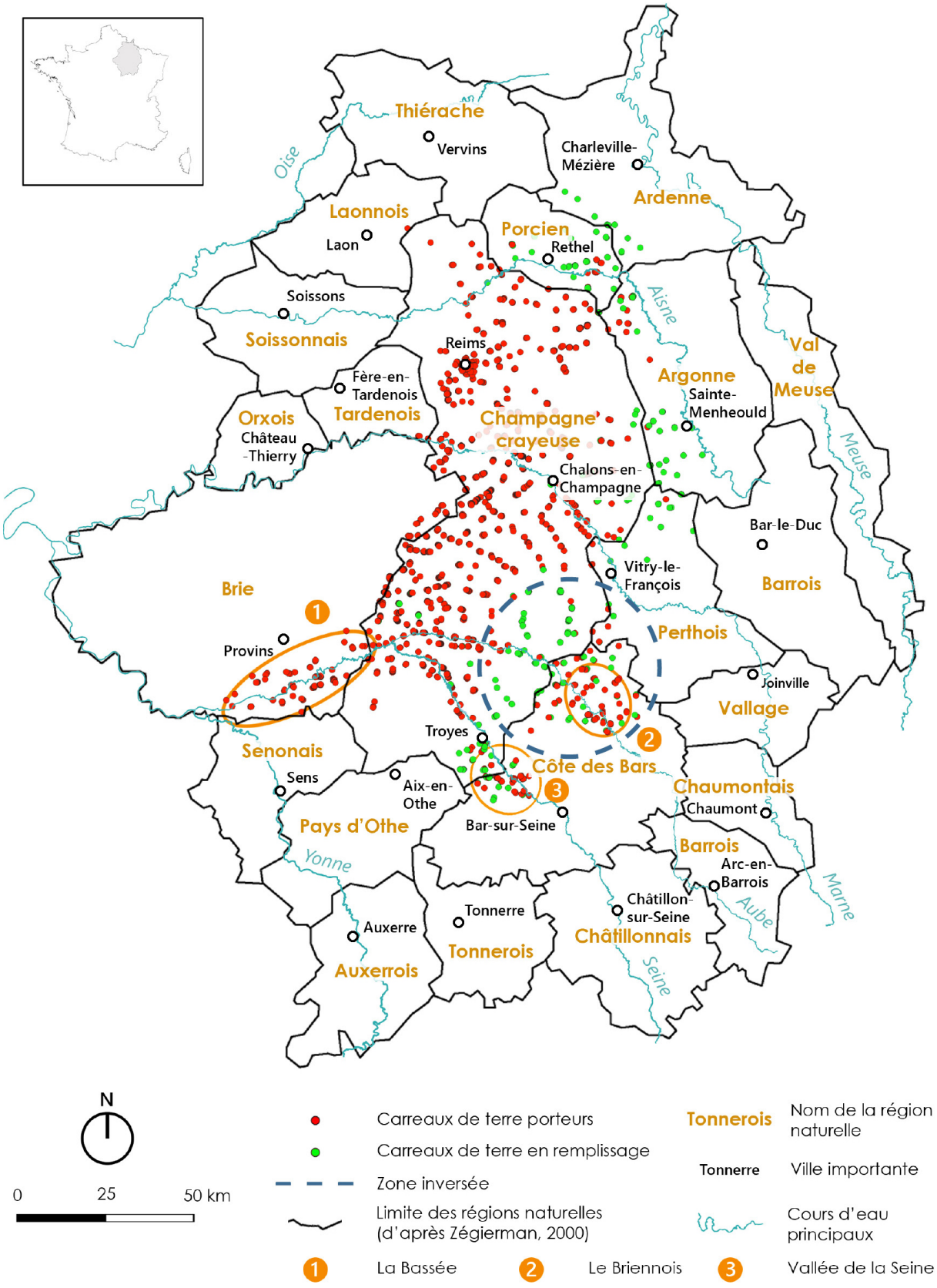


Figure 2-15 : Patrimoine en carreaux de terre en technique porteuse et en remplissage, en lien avec les régions naturelles (d'après Frédéric Zégierman,, 2000). Les microrégions de La Bassée et du Briennois ont été ajoutée, car elles correspondent à des zones spécifiques du patrimoine.

• Approche par la géologie

Le carreau de terre est présent quasi exclusivement sur le Crétacé supérieur. Toutefois, même si les sorties de terrain n'ont pas donné de résultats sur les communes situées au niveau du Cénozoïque, la littérature en a révélé l'existence, au niveau de la Montagne de Reims et du Pays d'Othe (Figure 2-16).

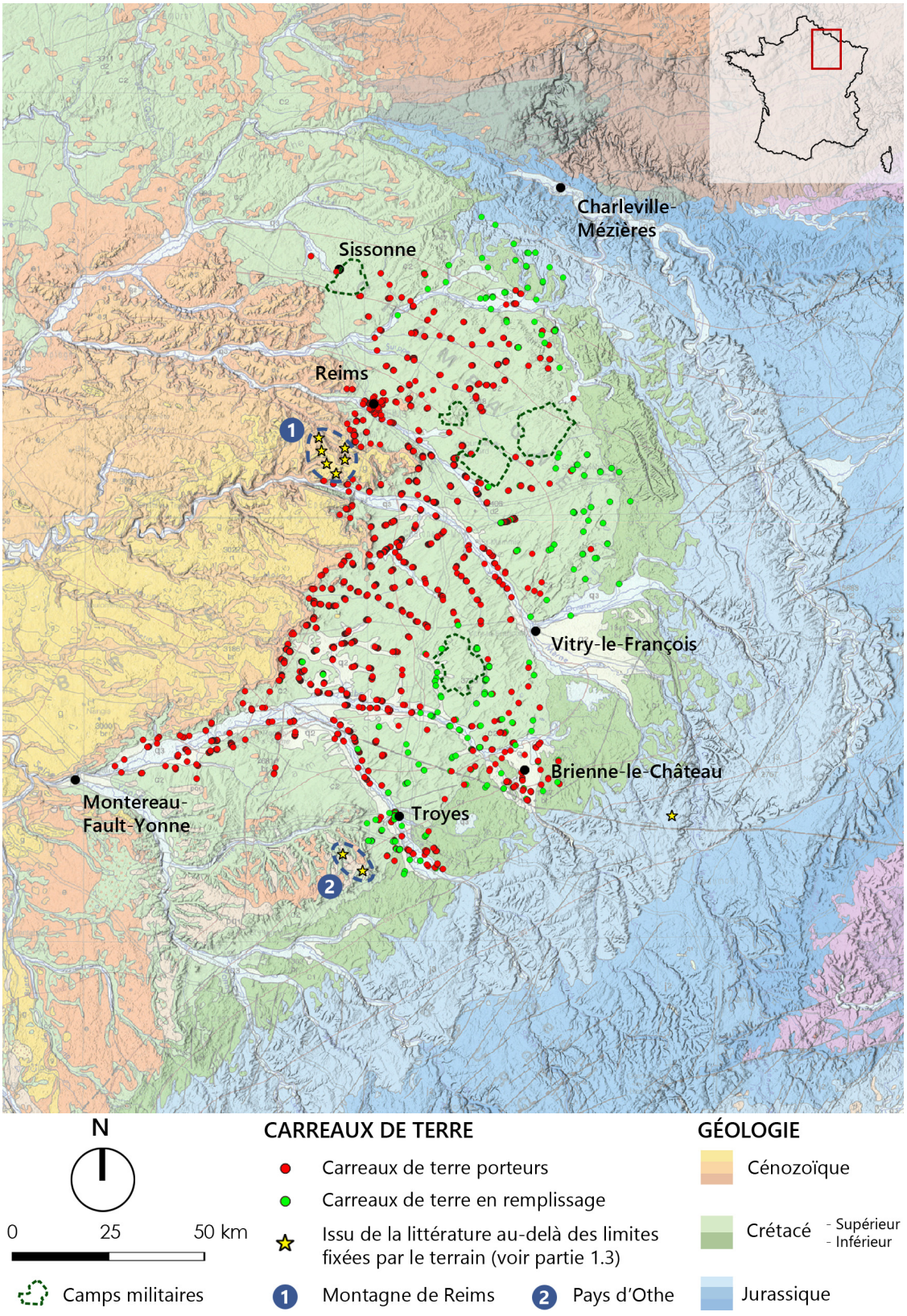


Figure 2-16 : Patrimoine en carreaux de terre en technique porteuse et en remplissage, en lien avec la géologie. Fond de plan BRGM.

• Différents types de limites, géographiques et géologiques

Cuesta d'Ile de France

Sur la partie ouest, l'utilisation du carreau de terre s'arrête très nettement entre le Crétacé supérieur et le Cénozoïque, au niveau de la cuesta d'Ile de France, qui limite les bas-plateaux de la Champagne crayeuse de ceux de la Brie, du Tardenois ou du Soissonais/Laonnois (Figure 2-17). Les communes situées sur le plateau ne présentent aucune trace de constructions en carreaux de terre. Cette limite est assez franche, car les villages situés au pied de la côte présentent une forte présence de l'utilisation de la brique de terre tandis que ceux situés en haut de la côte ou sur son revers sont presque exclusivement en pierres.

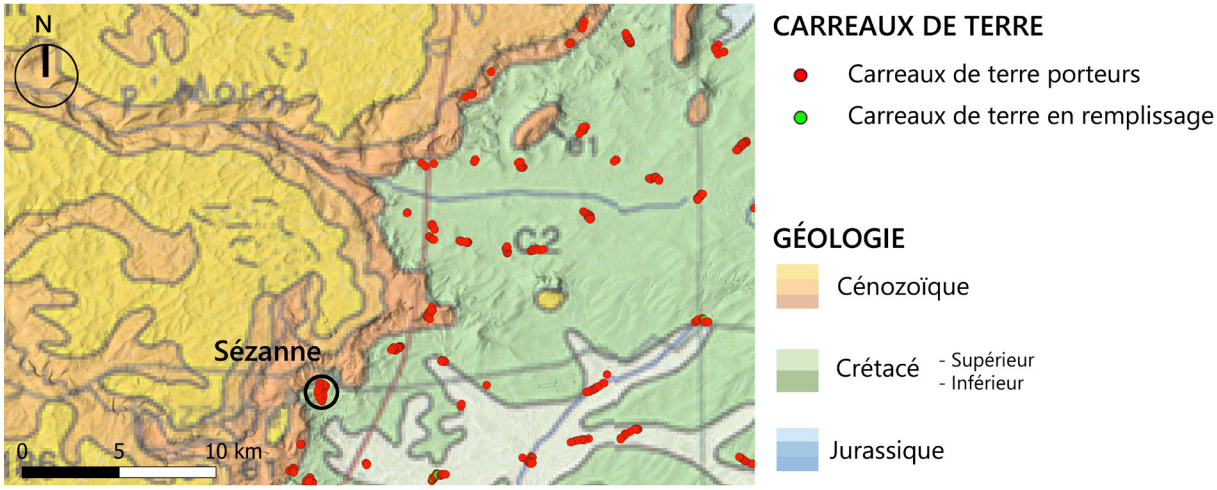


Figure 2-17 : Limite ouest de la cuesta d'Ile-de-France

Vallée de la Seine

Sur la partie sud, la vallée de la Seine et ses dépôts alluviaux semblent définir une limite, à l'exception de quelques bâtiments situés à Avon-la-Pèze et Rigny-la-Nonneuse dans l'Aube et d'un à Courceaux, dans l'Yonne (Figure 2-18). Les matériaux principaux dans ces villages sont les silex et les grès, extrait des carrières locales . Sur le territoire de la Bassée, le carreau de terre n'est pas la seule technique de terre crue. Un patrimoine en bauge a été découvert (voir II.2.2).

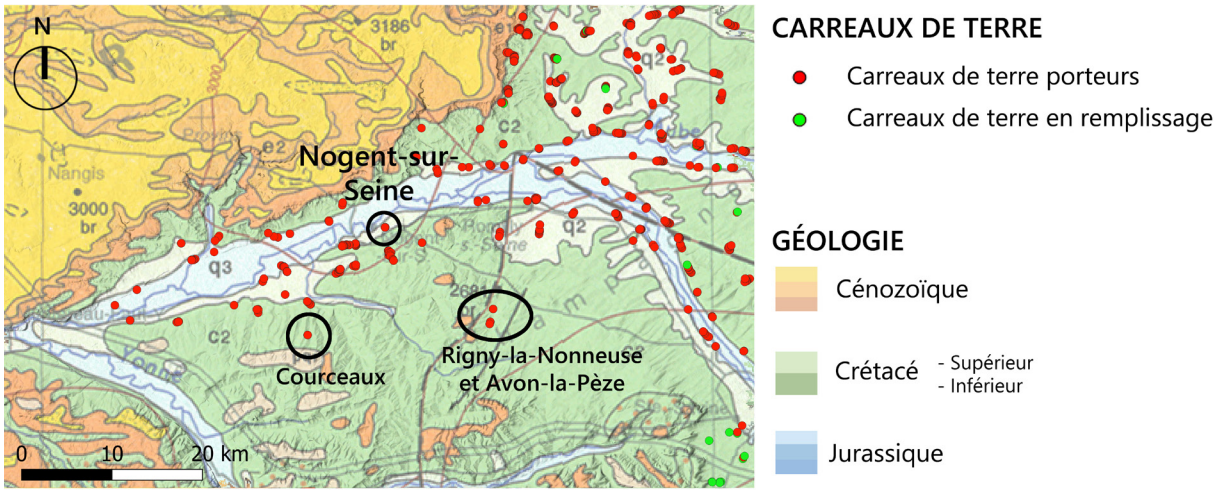


Figure 2-18 : Limite sud de la vallée de la Seine

7 Sur le sujet, voir le PLU de Rigny-la-Nonneuse : https://piece-jointe-carto.developpement- durable.gouv.fr/DEPT010A/Documents_urbanisme/10318/10318_PLU_20140130/Pieces_ecrites/1_Rapport_de_presentation/10318_rapport_20140130.pdf

Échancrure de la Seine, plaine de Brienne et plaine du Perthois

Au sud-est, le patrimoine en carreaux de terre s'étale au niveau de l'échancrure de la Seine, au sud de la plaine de Troyes et au niveau de la plaine de Brienne, caractérisé par ses dépôts alluvionnaires. La plaine du Perthois, après Vitry-le-François, ne révèle pas de présence de carreaux de terre, dominé par le torchis et/ou la brique cuite.

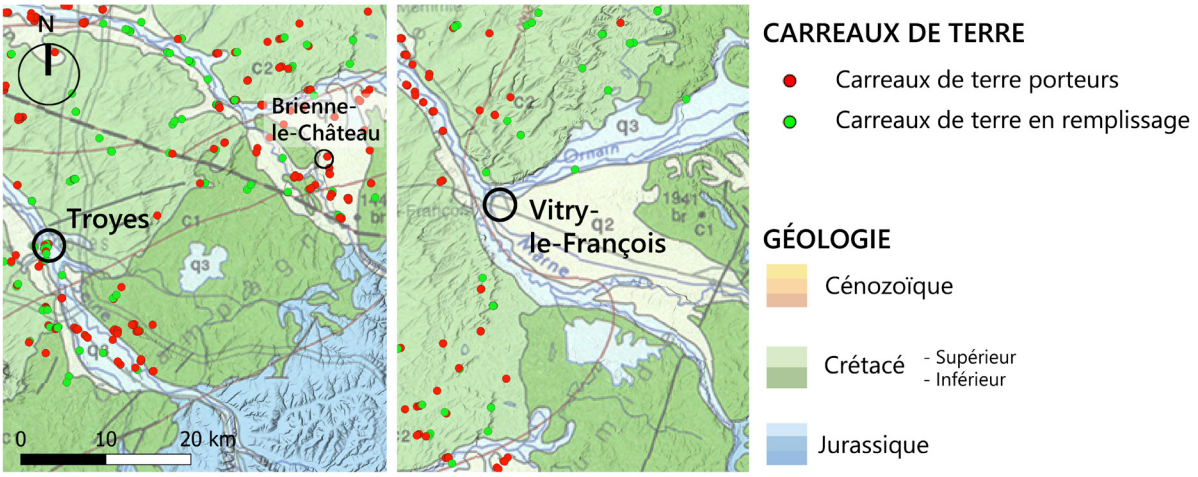


Figure 2-19 : Limites au sud de Troyes et plaine de Brienne (à gauche), et plaine du Perthois (à droite)

Champagne humide

Le long de la limite est, le patrimoine en carreaux de terre s'arrête au niveau du Crétacé inférieur (Figure 2-20). Rares sont les bâtiments relevés au-delà de cette limite. Ces derniers présentent un nombre limité de carreaux de terre, insérés en pan de bois et pourraient correspondre à des remplissages plus récents qui auraient succédés aux anciens remplissages en torchis (Figure 2-21). Au niveau du Crétacé inférieur, la technique de construction en terre majoritaire est le torchis.

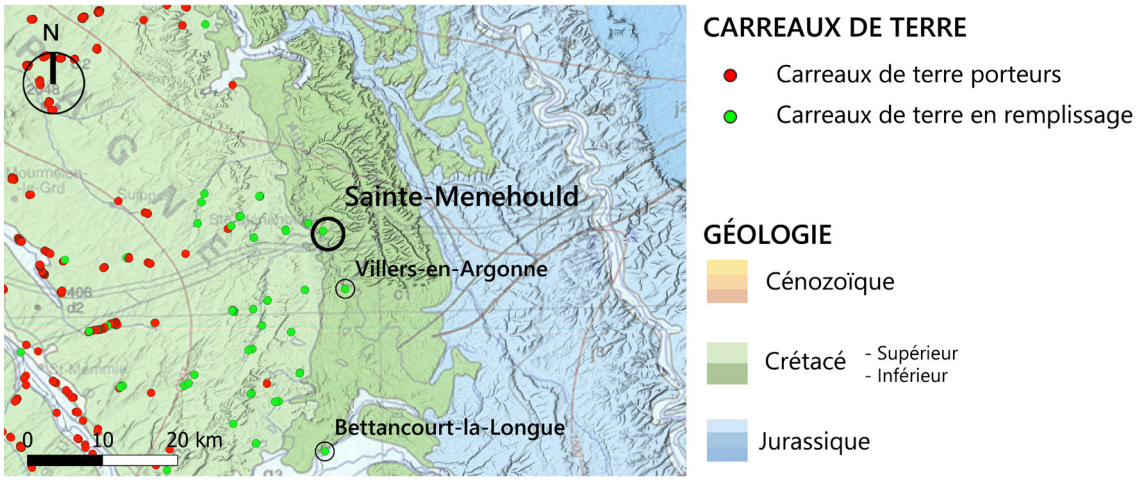


Figure 2-20 : Limite avec le Crétacé inférieur



Figure 2-21 : Carreaux de terre en pans de bois à Villers-en-Argonne et Bettancourt-la-Longue, dans la Marne. Photographies : A. Aras-Gaudry

Crêtes préardennaises

Le carreau de terre remplissage sur la partie nord se trouve à cheval entre le Crétacé supérieur, le Crétacé inférieur et le jurassique (Figure 2-22). C'est ici que les briques de terre sont le plus éloignées du plateau crayeux. Les quelques éléments sur les terrains du Jurassique sont répérés à Neuvizy, Hagnicourt, Mazerny, Dommery et Signy-l'Abbaye. Toutefois la présence du carreau de terre se limite à quelques entités. On ne retrouve pas plus de deux bâtiments dans ces communes. La technique de terre crue majoritaire est le torchis.

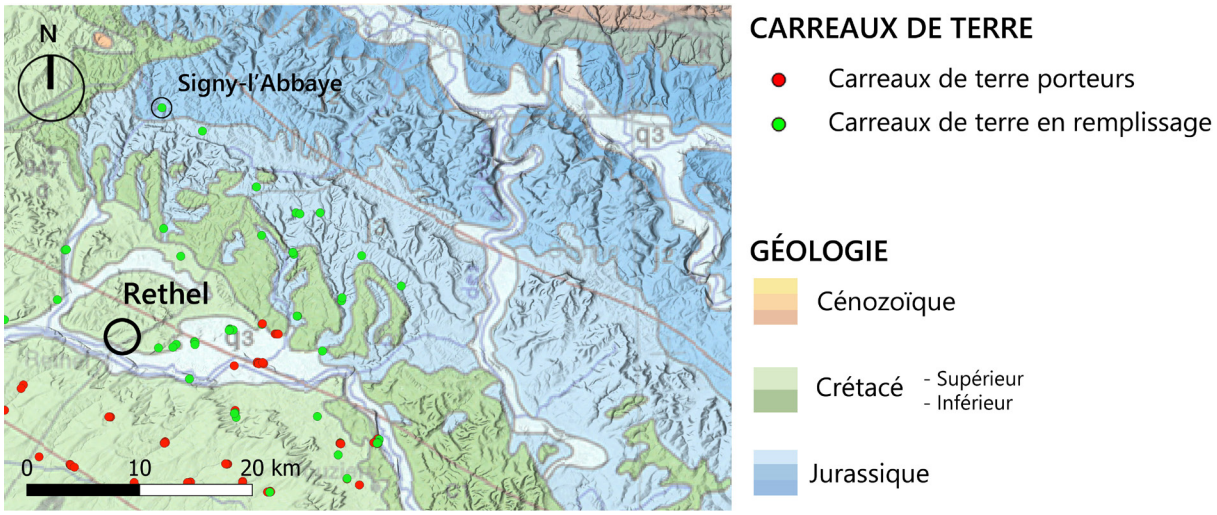


Figure 2-22 : Limite au niveau de crêtres oréardennaises

Différents types de limites caractérisent donc les marges du patrimoine en carreaux de terre. Sur la limite ouest, définie par la cuesta d'Île-de-France, la fin du patrimoine en carreaux de terre marque un arrêt de la construction en terre. Tandis que les limites à l'est, le long de la Champagne humide, depuis les crêtres préardennaises au Pays d'Othe, le bâti en carreaux est remplacé par la technique du torchis. C'est au niveau de cette transition, d'une technique à une autre que l'on retrouve l'emploi du carreau de terre en remplissage de pan de bois. Marquant une aire d'échange de culture constructive. Enfin un dernier type de transition est révélée aux deux extrémités du croissant formé par ce patrimoine. Au nord, au niveau des marais de la Souche, non loin de Sissonne (Aisne) et au sud le long de la vallée de la Seine, au niveau du territoire de La Bassée, avec la découverte d'un patrimoine en bauge, technique non répertoriée sur les cartes nationales.

II.2.2. Découvertes de techniques en terre crue non répertoriées

Des techniques de terre crue encore non répertoriées sont présentes à proximité du patrimoine en carreaux de terre. Celles-ci sont des cas isolés ou définissent une culture constructive ancrée.

Un bâtiment en pisé avait été évoqué par Chapelon (1981, p. 97) à travers un cas singulier : « il y a soixante ans un maçon de Mareuil[8] a construit en Pisé un mur de clôture qui existe encore » (Figure 2-23, étoile orange). Deux bâtiments en pisé ont été repérés lors des sorties de terrain (Figure 2-23, losanges orange). L' un à Dontrien (Marne) et le second à Pel-et-Der (Aube). Ces exemples restent uniques.

Deux bâtiments composés partiellement en damier[9], combinant des éléments en craie et carreaux de terre ont également été répertoriés dans le département de la Seine-et-Marne, à Grisy-sur-Seine et Bazoches-lès-Bray (Figure 2-23, points rouges). Ces bâtiments font partie d'un groupe plus étendu de construction en damier, dont la terre crue, en dehors du mortier, ne semble pas souvent employée.

Enfin, quelques bâtiments en bauge (Figure 2-23, triangles violets) sont repérés dans l'Aisne à proximité des marais de la Souche, tandis qu'une forte présence a été révélé sur le territoire de La Bassée, entre le département de la Seine-et-Marne et celui de l'Yonne, dans le prolongement du patrimoine en carreaux de terre.

8 Mareuil-sur-Ay se trouve dans la vallée de la Marne à l'est d'Epernay. Voir sur la carte.

9 La technique du damier en construction consiste à assembler deux matériaux sur une même façade de manière alternée, ce qui rend en façade l'effet visuel d'un damier. Cette technique de construction est connue dans l'Aube à travers le « damier champenois » qui consiste à employer la craie et la brique cuite.

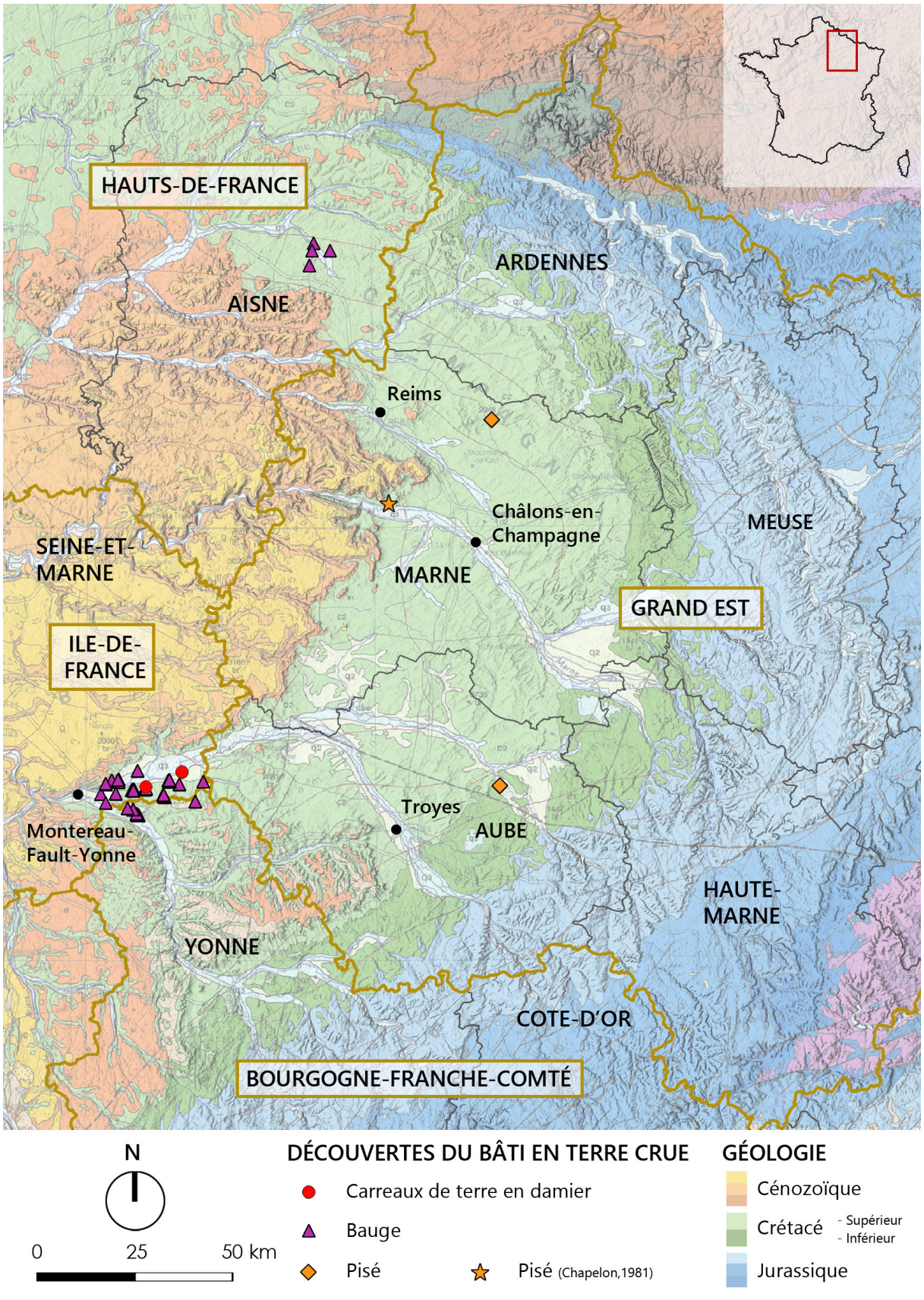


Figure 2-23 : Découverte d'un patrimoine en terre crue : Damier avec carreaux de terre, bauge et pisé. Fond de plan BRGM.

II.2.3. Les techniques de construction en terre

Les différentes techniques de construction en terre crue sont présentées dans cette partie et mises en relation avec les photographies prises lors des sorties de terrain. La sélection des photos est réalisée afin de mettre en avant la diversité d'emploi des techniques présentées, autant du point de vue de la typologie du bâtiment, de la mise en œuvre des éléments et de leur localisation géographique.

II.2.3.1. Carreaux de terre

• Carreaux de terre porteurs

Le carreau de terre porteur est de loin la technique la plus identifiée lors de ce travail de terrain. Ce sont 2946 unités architecturales qui ont été relevées. Les carreaux de terre porteurs se retrouvent sur l'ensemble de la Champagne crayeuse avec une présence plus marquée sur la partie ouest, à l'exception de la vallée de la Seine, dans le département de l'Aube, au niveau de Troyes et du Briennois (voir Figure 2-15). Comme cela est spécifié par Royer (2001), le carreau de terre ne définit pas une typologie particulière, mais constitue une variante sans introduire de différence de morphologie du bâti. Ainsi, cette technique constructive se retrouve aussi bien pour les habitations (Figure 2-25/26/27, a, b, c, f, g, h, i, j, m), que pour les bâtiments à usage agricole (Figure 2-25/26/27, d, e, j, n, o), dont certaines granges sont devenues aujourd'hui des habitations (Figure 2-27, k). Leur présence se fait aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain (Figure 2-25, c). Les baies sont réalisées la plupart du temps avec d'autres matériaux comme la brique cuite, la pierre ou le bois. On retrouve toutefois des chaînages d'angles composés uniquement avec ce matériau. Un fait étonnant réside dans le faible débord de toiture de ces bâtiments, notamment au niveau des murs pignons où la toiture s'arrête régulièrement à l'alignement du mur. Ceci définit une pratique allant à l'encontre des prescriptions communément acceptées. Des détails spécifiques de mise en œuvre sont présentés en partie II.2.6.

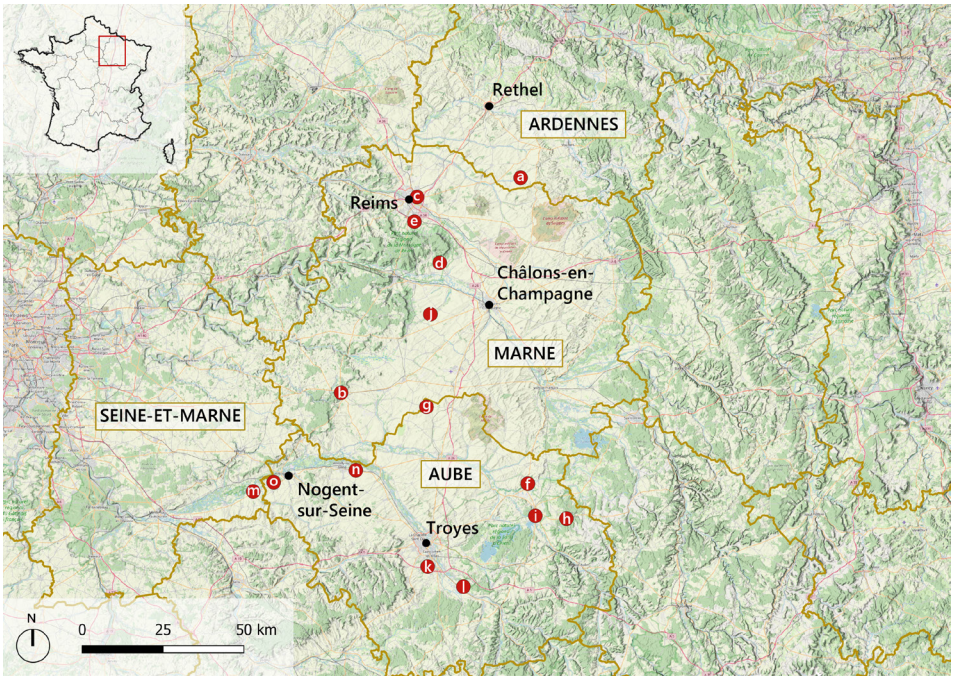


Figure 2-24 : Localisation des photos pour les techniques du carreau de terre porteur.

10 Dans la typologie traditionnelle, il est commun qu'un même corps de bâtiment accueil, la partie habitation et la partie agricole.

Les Figures 2-25, 2-26 et 2-27, sont composées de manières à laisser percevoir sur une même planche, la diversité des typologies, formes de toitures, environnements et matériaux complémentaires (chaînages d'angle, de baies et soubassements). Les photographies du bas mettent en avant des ensembles de constructions contigües non enduites, dévoilant un déroulé ininterrompu de carreaux de terre, caractéristique forte du patrimoine local.



Figure 2-25 : *Bâtiments en carreaux de terre porteurs (1)*
a : *Façade arrière d'un bâtiment d'habitation. Encadrement en briques cuites ou pierre de taille. Chaînage d'angle en briques cuites. Soubassement en briques cuites. Saint-Etienne-à-Arnes (Ardennes) ;*
b : *Bâtiment d'habitation. Enduit dégradé par endroit, laissant apparaître les carreaux de terre. Encadrement en briques cuites. Sézanne (Marne) ;*
c : *Pignon en carreaux de terre d'une maison à Reims (Marne) ;*
d : *Grange en carreaux de terre. Angle en carreaux de terre. Montants de baie et inteaux bois. Soubassement en pierre. Bouzy (Marne) ;*
e : *Ensemble de bâtiments en carreaux de terre. Encadrement en briques cuites. Soubassement en briques cuites et pierre. Montbré (Marne). Photographies : A. Aras-Gaudry*

Ce matériau présent sur un territoire étendu, participe à la richesse des cultures constructives, dont les formes varient fortement en fonction des lieux d'implantation des bâtiments. À l'image du bâtiment agricole établit sur un plan en « L », toiture à deux pans et bois pour les baies, situé à Bouzy (Figure 2-25, d) et de la grange en plan simple, toiture en croupe et briques cuites pour les baies, située à Maizière- la-Grande-Paroisse (Figure 2-27, n).



Figure 2-26 : Bâtiments en carreaux de terre porteurs (2)
f : Bâtiment d'habitation avec enduit décollé et chaînage d'angle en pierre. Rosnay-l'Hôpital (Aube) ;
g : Bâtiment d'habitation avec chaînage d'angle en briques cuites. Semoine (Aube) ;
h : Bâtiment d'habitation avec chaînage en pierre. La Chaise (Aube) ;
i : Corps de bâtiment accueillant la partie habitation et agricole avec encadrement en pierre. Brienne-la-Vieille (Aube) ;
j : Ensemble de bâtiment en carreaux de terre. Rouffy (Marne)
Photographies : A. Aras-Gaudry

Lorsque les enduits sont absents, les murs des façades présentent une plage de couleur allant du blanc crème (Figure 2-27, o) au jaune (Figure 2-26, j).



Figure 2-27 : Bâtiments en carreaux de terre porteurs (3)
k : Saint-Léger-près-Troyes (Aube) ;
l : Villemoyenne (Aube) ;
m : Noyen-sur-Seine (Seine-et-Marne) ;
n : Maizière-la-Grande-Paroisse (Aube) ;
o : La Motte-Tilly (Seine-et-Marne).
Photographies : A. Aras-Gaudry

Briqueterie

Une ancienne briqueterie abandonnée située sur la commune de Montreuil-sur-Barse (Aube), dévoile un procédé de construction original[11]. Il ne reste qu'un mur témoin de cette briqueterie. Il est composé d'un double parement : briques cuites en extérieur, tandis que l'intérieur contient des briques non cuites (les fissures sur ces dernières indiquent une terre plus argileuse) (Figure 2-28). Celles-ci sont situées en partie supérieure du mur. Deux rangs de briques cuites sont également insérés au sein des briques crues, mais leur rôle n'est pas certain. Chaînage du mur ou composition esthétique ? La raison de l'emploi de briques crues reste également indéterminée. Utilisation de briques impropres à la cuisson, permettant de faire l'économie de briques cuites ? Gestion hygrométrique du lieu ? Y avait-il un commerce de ces briques crues ? La présence de ce bâtiment questionne l'existence d'un modèle de production plus « professionnalisé » de brique crue.



Figure 2-28 : Ancienne briqueterie à Montreuil-sur-Barse (Aube). Photographie : E. Hamard

11 L'existence de cette ancienne briqueterie a été transmise par Jean-Michel Barrois.

• Carreaux de terre en pan de bois

Les carreaux de terre utilisés en remplissage d'une ossature en bois constituent un second mode de mise en œuvre. Ils ont été identifiés 316 fois. On les trouve majoritairement sur la partie est de la Champagne crayeuse, se situant à proximité de la Champagne humide, où la ressource en bois d'œuvre est bien plus grande. Sa présence est également assez marquée dans la vallée de la Seine, la vallée de l'Aube et la vallée de l'Aisne. Ces zones d'implantation du carreau de terre en pan de bois se situent dans des zones où l'on retrouve une forte présence du torchis. Dans la ville de Troyes, qui détient un des patrimoines urbains en pan de bois parmi les plus riche d'Europe, des carreaux de terre en remplissage ont été relevés. Le développement de cette utilisation semble faire le lien entre le carreau de terre porteur et l'utilisation du torchis et fait la transition entre ces deux techniques constructives.

Cette technique de remplissage se présentent sous deux formes. D'une part des pans de bois verticaux resserrés où l'espacement ne permet la mise en place que d'un seul carreau de terre (Figure 2-30), où bien des pans de bois plus espacés, parfois horizontaux, ou le vide est comblé par un ensemble de carreaux de terre (Figure 2-31).

Encore une fois son emploi se fait sur tout type de bâti, de l'habitation (Figure 2-30, a), jusqu'au lavoir (Figure 2-31, g). Toutefois, la majorité des bâtiments recensés sont à usage agricole.

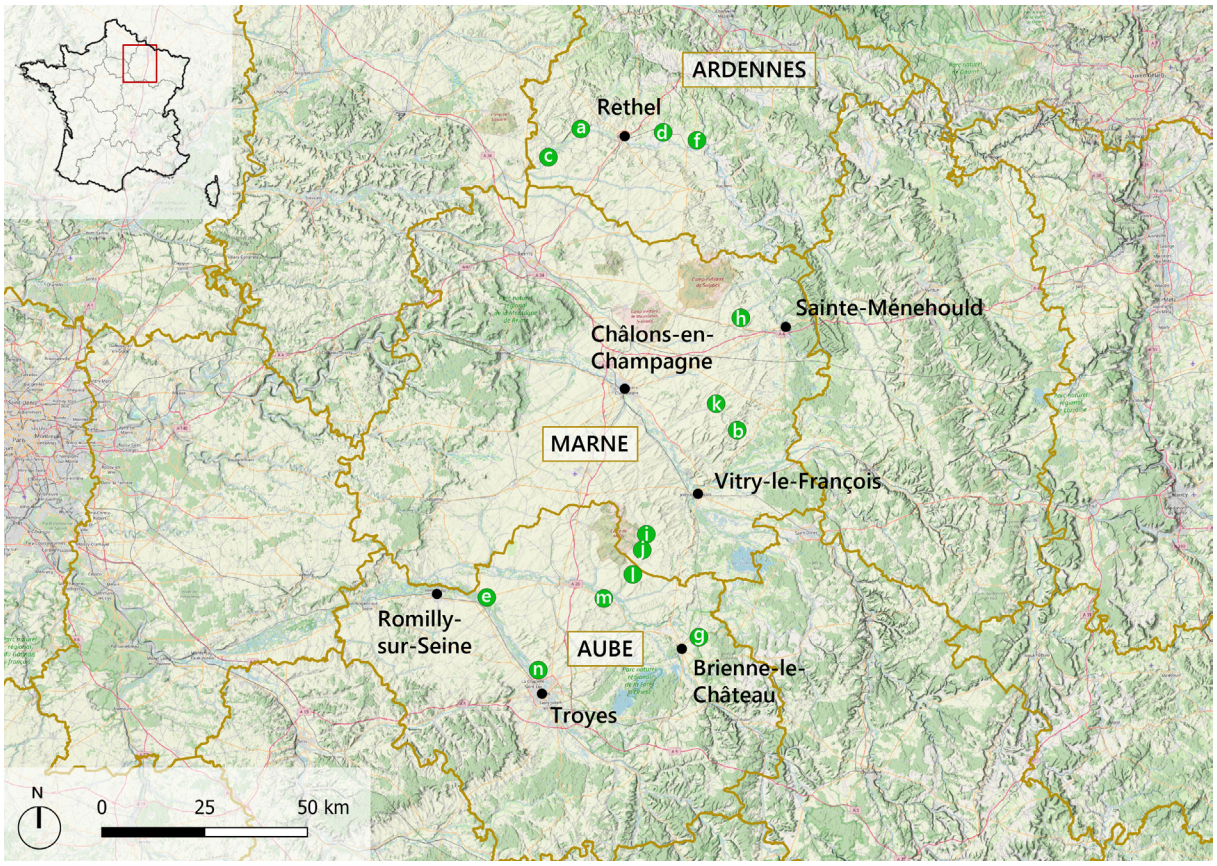


Figure 2-29 : Localisation des photos pour les techniques du carreau de terre de remplissage.



Figure 2-30 : Bâtiments en carreaux de terre en remplissage de pans de bois (1)
a : Façade arrière d'un bâtiment d'habitation. Enduit dégradé sur lattis. (Condé-lès-Herpy, Ardennes) ;
b : Façade en pan de bois sans enduit (Vanault-le-Châtel, Marne) ;
c : Grande à pan de bois partiellement remplis (Asfeld, Ardennes) ;
d : Grande avec enduit presque inexistant sur lattis. 1er niveau en pierre (Amagne, Ardennes) ;
e : Grange avec bardage bois et soubassement en pierre (Méry-sur-Seine, Aube) ;
f : Habitation avec façade en pierre. Mur intérieur en carreaux de terre au premier niveau. Étage en pan de bois et remplissage en carreaux de terre. Soubassement pierre (saint-Lambert-et-Mont-de-Jeux, Ardennes).
Photographies : A. Aras-Gaudry



Figure 2-31 : Bâtiments en carreaux de terre en remplissage de pans de bois (2)
g : Juzanvigny (Aube) ;
h : Hans (Marne) ;
i : Le Meix-Tiercelin (Marne) ;
j : Saint-Ouen-Domprot (Marne) ;
k : Moivre (Marne) ;
l : Dampierre (Aube).
Photographies : E. Hamard (g) ; A. Aras-Gaudry (h, i, j, k, l).

Liaison entre le remplissage et le pan de bois

Afin de faire la liaison entre le remplissage et la structure en pans de bois, deux détails de mise en œuvre ont été repérés lors de la récupération d'échantillons. Ces détails n'ont fait l'objet que d'une unique observation et ne peuvent en l'état pas être généralisés. La dépose des briques est nécessaire pour révéler ces spécificités.

Dans le premier cas la brique crue est « indentée » à ses extrémités, ce qui permet de la maintenir à l'aide de tasseaux fixés sur la structure (Figure 32, m). La réalisation d'indentations dans les briques crues a été repéré dans un cas unique au Portugal, pour une raison bien différente. En effet, il s'agit d'adobes structurels de 45 cm de longueur posés en boutisse. L' hypothèse proposée par Parracha et al. (2021), est alors que cette indentation sert à améliorer l'accroche de l'enduit. Dans ces deux cas, la forme du carreau suppose une modification du moule.

La seconde méthode consiste à fixer des pointes dans le pan de bois, au niveau du mortier toutes les deux assises de carreaux (Figure 2-32, n). Cette technique a été repérée à Sainte-Maure (Aube).

La découverte de ces méthodes de fixations pose question quant à leur fréquence d'emploi, leur aire de répartition, l'époque à laquelle ces pratiques ont été employées et l'existence d'autres moyens de liaisons.



Figure 2-32 : LIaisons en remplissage de pans de bois
Exemples de liaison entre le remplissage et le pan de bois.
m : présence de liteau à l'intérieur des pans de bois et carreaux de terre avec une indentation. Grange à Chaudrey (Aube). Photographies : A. Aras-Gaudry
n : la liaison est assuré par des pointes insérées tous les deux rangs au niveau du mortier (f). Sainte-Maure (Aube). Photographies : E. Hamard (n).

II.2.3.2. Torchis en remplissage de pans de bois

Le torchis est très présent sur une vaste partie du territoire d'étude. On le retrouve notamment dans le Vitryat, la Champagne humide, la vallée de l'Aisne ardennaise, le Porcien... Sa forte présence nous a contraint à ne pas relever systématiquement son existence, car son étude constitue un travail à part entière[12]. Tout comme le carreau de terre, son utilisation est avérée pour l'ensemble des typologies, aussi bien pour de l'habitat que pour du bâti agricole. Les pans de bois sont le plus souvent dressés verticalement (Figure 2-33, a, b, e, f), mais peuvent se présenter horizontalement (Figure 2-33, c, d). Le support pour le torchis est majoritairement composé de « palsons »[13], mais des exceptions existent avec la mise en place d'un « entrelacs de lattes ou de branchages souples » (Viart, 1974, p. 4) (Figure 2-33, c). Parmi ce patrimoine, les églises à pan de bois (Figure 2-33, f) du pays des grands lacs de la forêt d'Orient représentent un ensemble architectural unique, dont dix d'entre elles sont classées aux monuments historiques[14]. Ces constructions témoignent du savoir-faire des maîtres charpentiers à l'origine de ces édifices.

Cette technique de construction est présente aussi bien dans les villes que dans les communes rurales. Son utilisation se fait toutefois moins abondante en Champagne crayeuse où la ressource en bois était moindre.



Figure 2-33 : Bâtiments en pans de bois et torchis
a : *Grange à pans de bois. Doumely-Bégny (Ardennes) ;*
b : *Grange à pans de bois. Chaource (Aube) ;*
c : *Pignon à pans de bois horizontaux à entrelacs de lattes, dans le Parc de la Forêt d'Orient (Aube) ;*
d : *Pans de bois horizontaux. Hampigny (Aube).*
e : *Pignon à pans de bois. Ville-sur-Retourne (Ardennes) ;*
f : *Église à pans de bois. Outines (Marne). Photographies : A. Aras-Gaudry.*

12 Des travaux locaux sur ce mode constructif existe déjà. A titre d'exemple, pour le secteur situé entre Vitry-le-François (Marne), Saint-Dizier (Haute-Marne) et Troyes (Aube), nous pouvons citer Maisons à pans de bois, Folklore de Champagne n. 42, avril 1974, 32 p.

13 « Sortes de bûchettes de bois fendu, légèrement amincies en oblique à leurs deux extrémités et engrangés «à serre» en des encoches grossièrement taillées dans la partie médiane des poutres du chassis ». Maisons à pans de bois, Folklore de Champagne n. 42, avril 1974, p. 4.

14 L'église Notre Dame de Drosnay (Marne), classée au titre des monuments historiques en 1982, a été totalement détruite par un incendie le 7 juillet 2023.

II.2.3.3. Pisé

La présence de bâti en pisé fait figure d'exceptions sur le territoire. En effet, les sorties ont permis d'en révéler seulement deux unités architecturales : l'une à Pel-et-Der (Aube) (Figure 2-34), la seconde à Dontrien (Marne) (Figure 2-35). La détermination de la technique a été établie par analyse visuelle seulement. La raison de leur présence reste inconnue.

Le bâtiment situé à Pel-et-Der comprend une partie en pan de bois (Figure 2-34, a), ainsi que quelques carreaux de terre sous le linteau en bois (Figure 2-34, b). La technique du pisé est estimée d'après les lignes horizontales régulières qui apparaissent sur la façade, ainsi que ce qui semble être des trous de boulin espacés de manière régulière formant deux lignes pouvant correspondre à des hauteurs de levée. La date de construction n'est pas connue. Néanmoins, le bâtiment n'apparaît ni sur le cadastre napoléonien de 1811, ni sur la carte de l'état-major (1820-1866).

Le bâtiment de Dontrien interpelle par sa technique de mise en œuvre ainsi que les matériaux qui le composent (Figure 2-35, a). On y relève la présence de lits de pose en terre dans la mise en œuvre, s'apparentant à un matériau compacté, des lignes horizontales plus claires (peut-être en chaux ?) semblent marquer des hauteurs de banches, ainsi que le traitement en épi des angles et des parties harpées. Ces caractéristiques ne laissent que peu de doute sur la technique employée qui est celle du pisé. Au toucher, la terre est peu friable et laisse penser qu'elle a été adjuvantée à la chaux. Quelques mois après le premier passage, un nouvel enduit a été appliqué et ne permet plus d'avoir accès au matériau structurel. Les angles simulent même des blocs de pierre (Figure 2-35, b).

La présence de cette technique dans cette région renvoie à une information mentionnée par Alexandre Leymerie, dont le travail est présenté en partie 1.4.2. Il spécifie au sujet des constructions en terre dans les faubourgs de Troyes : « Quelquefois on forme des murs tout d'une pièce avec une espèce de pisé qu'on entasse entre deux planches » (Leymerie, 1846, p.361). S'agit-il ici d'une information de la littérature rapportée ou d'une observation de terrain ? Le bâtiment de Pel-et-Der, bien qu'éloigné du site en question dans le texte (environ 30 km), favorise une attention toute particulière dans les observations à mener sur les constructions en terre sur ce secteur. D'autres exemples pourraient exister.



Figure 2-34 : Bâtiment en pisé
Pel-et-Der (Aube). Grange en pisé. Les lits sont visibles sur l'élévation. Il ne semble pas y avoir la présence de chaux dans le mélange. *Photographies : A. Aras-Gaudry.*



Figure 2-35 : Bâtiment en pisé
a : *Dontrien (Marne). Grange en pisé. On remarque des sapins réalisés au niveau des angles, des baies et de la plus grande hauteur en pignon.*
b : *Ces détails sont plus clairs, comme les lits horizontaux, et pourraient signifier l'utilisation de chaux. L'analyse n'a pas été possible. Lors d'un deuxième passage l'enduit a été refait. Photographies : A. Aras-Gaudry.*

II.2.3.4. Bauge et damier : Particularités de la vallée de la Seine au niveau de la Bassée (Seine-et-Marne) et présence de bauge dans les marais de la Souche (Aisne)

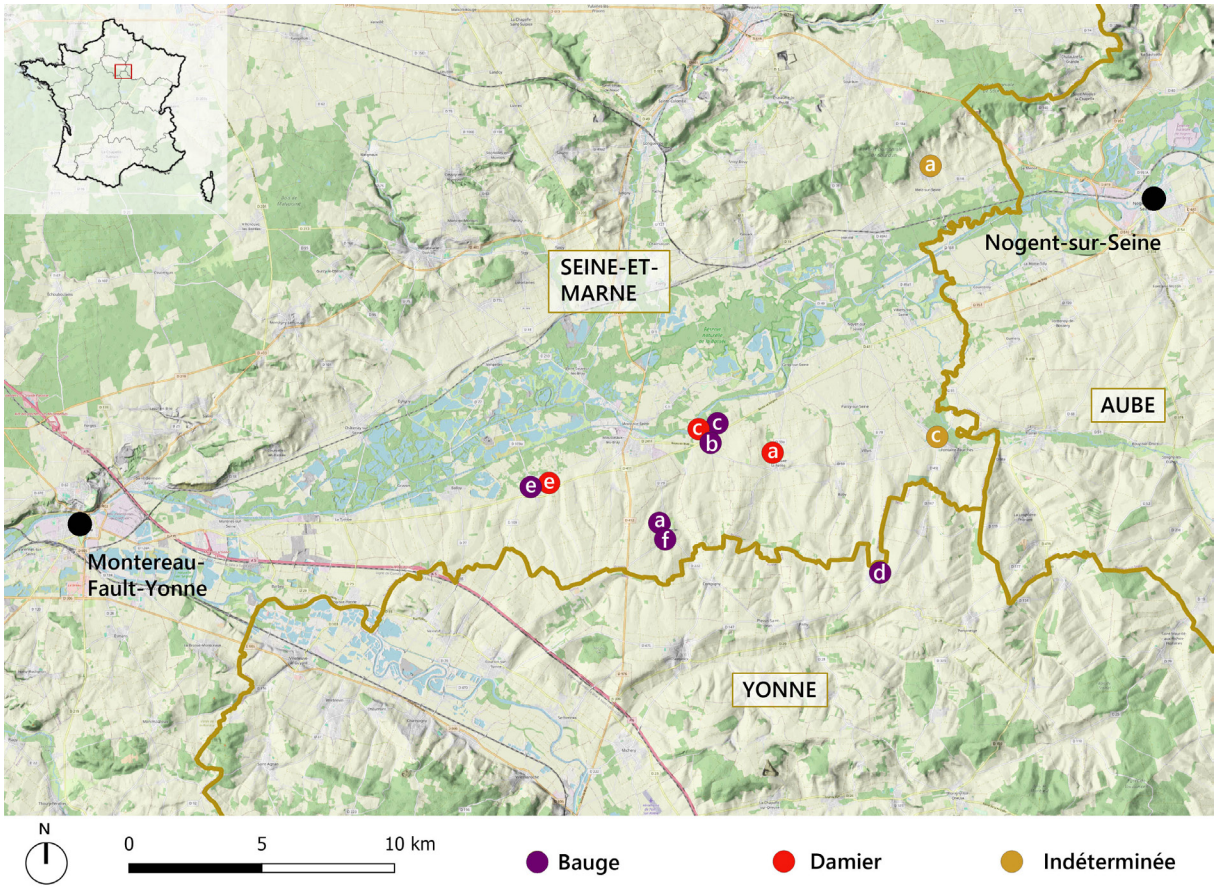


Figure 2-36 : Localisation des photos pour les techniques de la bauge, du damier et indéterminée, dans la Bassée

• Bauge

Les sorties de terrain révèlent également la présence de la technique de la bauge. Ce sont plus de 70 bâtiments, répartis sur dix-sept communes, qui ont été répertoriés sur le territoire de la Bassée, le long de la vallée de la Seine entre Montereau-Fault-Yonne (Seine-et-Marne) et Nogent-sur-Seine (Aube). Elle prolonge les constructions en carreaux de terre, avec quelques communes où l'on trouve la présence de ces deux techniques.

Certains murs laissent apparaître les « pâtons » qui ont servi lors de la mise en œuvre (Figure 2-37, e, f), tandis que ces derniers ne sont pas visibles sur d'autres bâtiments. Ceci laisse présager d'une diversité des pratiques., comme cela est le cas en Bretagne (Bardel et Maillard, 2009). Contrairement à la technique du pisé qui reste exceptionnelle, ce patrimoine en bauge est bien implanté sur le territoire de la Bassée. La question de sa période d'apparition nous est inconnue et sa relation avec la technique du carreau de terre soulève bien des questions. Cette technique aurait-elle pu être plus étendue, avant d'être remplacée dans le temps par le carreau de terre qui peut représenter une technique de préfabrication, facilitant les périodes de mise en œuvre par un montage à sec ?

Quatre bâtiments en bauge ont également été découverts via Google Street View au niveau des marais de la Souche (Aisne). Ceci laisse présager d'un patrimoine plus vaste.



Figure 2-37 : Bâtiments en bauge.
a : Montigny-le-Guesdier (Seine et Marne) ;
b et c : Jaulnes (Seine et Marne) ;
d : Plessis-du- Mée (Yonne).
e : Pâtons de terre visibles dans un mur de clôture à Bazoches-lès-Bray (Seine et Marne)
f : Pâtons de terre visibles en tête de mur d'un bâtiment à Montigny-le-Guesdier (Seine et Marne).
Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b, c, e) ; E. Hamard (d, f).

• Damier en pierre et terre crue

La technique du damier champenois est connue dans la région de Troyes, elle consiste en un assemblage de briques cuites et de craie (Figure 2-38, a). Mais ce type d'appareillage existe également avec d'autres types de pierres et de la terre crue. Ceci est connu en région Toulousaine associant des adobes et des galets (Aubert et al., 2015 ; Moulis et a. 2016) (Figure 2-38, b).

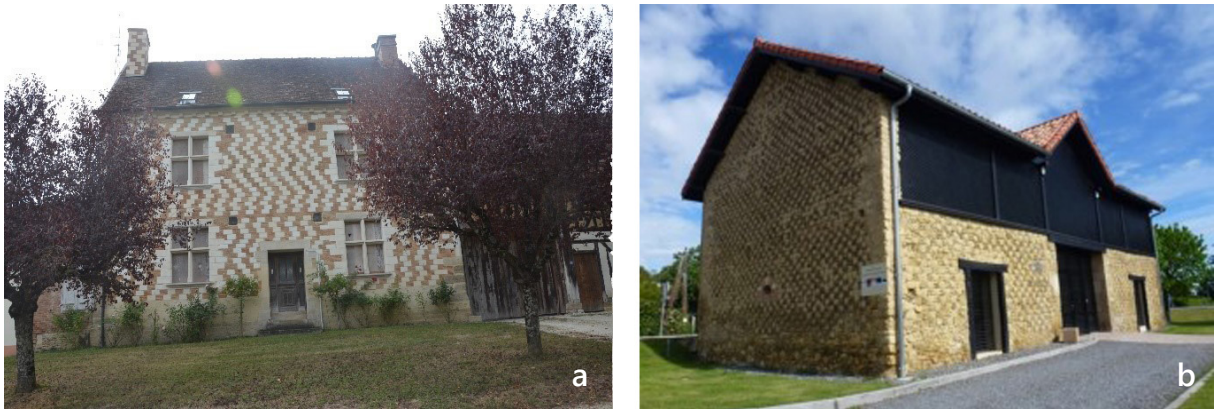


Figure 2-38 : Bâtiments en damier
Exemple de bâtiment en damier, craie et brique cuite, de l'hôtel Mauroy. Troyes (Aube) (a). La grange de Carrole, damier en galets et terre crue à Castelnau-Magnoac (Hautes-Pyrénées). Photographies : E. Hamard (a), I. Moulis (b).

Sur le territoire de la Bassée un patrimoine en damier est existant. Un pignon original, associant pierre calcaire et silex se trouve sur la commune de Villenauxe-la-Petite (Figure 2-39, a, b), tandis que d'autres ne laissent apparaître que la pierre calcaire, la nature du second élément restant inconnue car recouvert d'enduit (Figure 2-39, c). Deux bâtiments associant la pierre calcaire et le carreau de terre ont été identifiés à Grisy-sur-Seine (Figure 2-39, d) et Bazoches-lès-Bray (Figure 2-39, e, f). Ces exemples, contrairement à celui évoqué à Castelnau-Magnoac (Figure 2-38, b), ne constituent jamais la totalité d'un mur, mais se présentent sur quelques rangées uniquement.



Figure 2-39 : Bâtiment présentant du damier.
a et b : *Craie et silex à Villenauxe-la-Petite (Seine-et-Marne).*
c : *Craie et pierres calcaires à Jaulnes (Seine-et-Marne).*
d : *Craie et carreaux de terre à Grisy –sur-Seine*
e et f : *Craie et carreaux de terre à Bazoches-lès-Bray en Seine- et-Marne*. Photographies : A. Aras-Gaudry.

• Terre indéterminée

Enfin, des bâtiments composés de terre crue n'ont pas permis de déterminer leur technique de mise en œuvre. Dans certains cas, la matière est masquée par des enduits, rendant difficile l'identification. À Melz-sur-Seine (Seine-et-Marne), c'est le cas pour deux bâtiments, pour lesquels des fibres sont visibles dans le mélange, mais le peu de visibilité ne permet pas d'affirmer une technique particulière, bien que des formes de blocs soient identifiables (Figure 2-40, a, b). Dans un mur de clôture repéré à la Fontaine-Fourches (Figure 2-41, a), le matériau est bien visible, mais la forme des modules est très hétérogène. La présence du mortier favorise la dénomination de briques de terre. La forme irrégulière des blocs pourrait alors provenir d'une préparation « à la tarte » comme le précise A. Menu (voir partie 1.4.4). Ceci expliquerait l'irrégularité des blocs. Une autre hypothèse serait celle du réemploi d'anciens blocs de bauge appartenant à une construction antérieure. La mise en place de blocs de terre irréguliers, mise en œuvre avec du mortier a également été repéré lors de la sortie en Limagne (Figure 2-41, b).

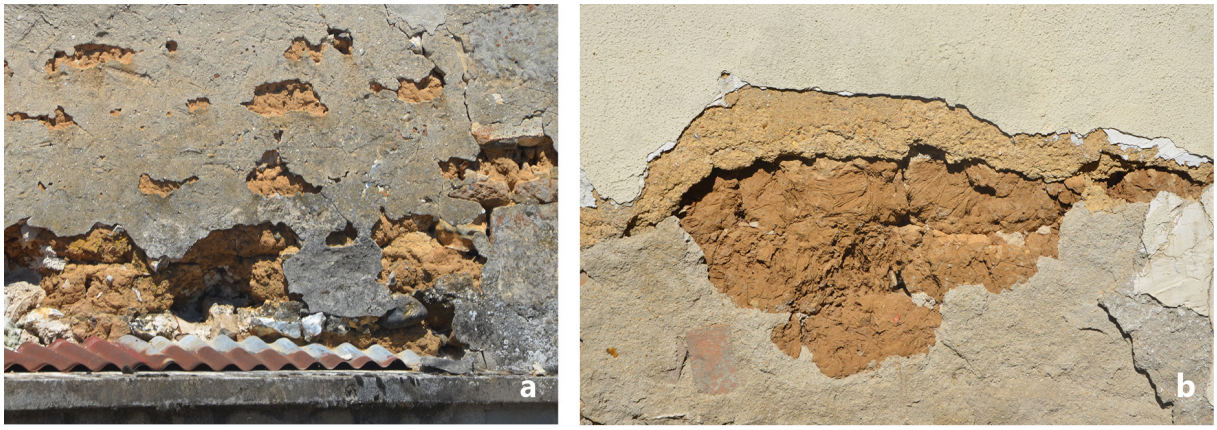


Figure 2-40 : Techniques indéterminée laissant penser à de la bauge.
a : Détail d'enduit dégradé laissant apparaître des éléments en terre à Melz-sur-Seine
b : Détail d'enduit dégradé laissant apparaître des éléments en terre à Marolles-sur-Seine en Seine-et-Marne).
Photographies : E. Hamard.

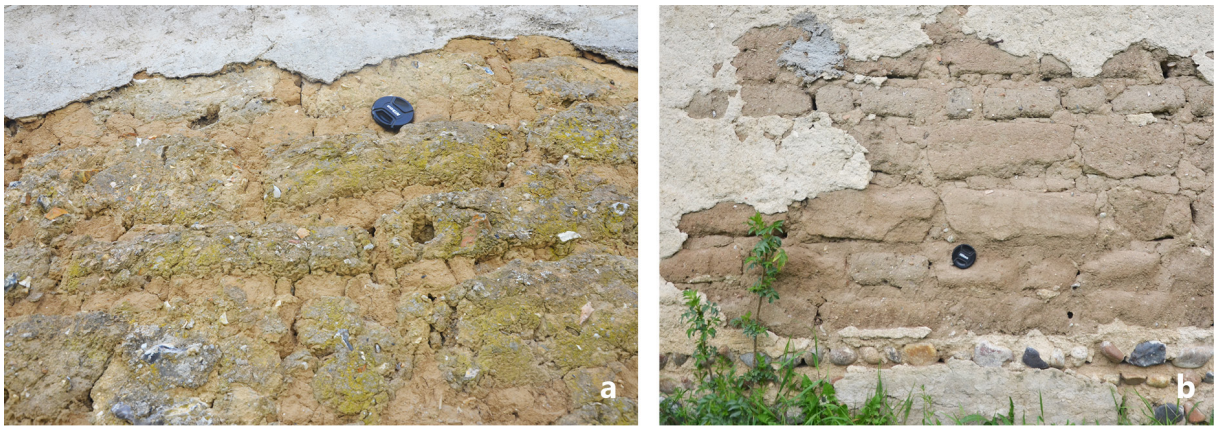


Figure 2-41 : Techniques indéterminées
a : Techniques indéterminée laissant penser à de l'adobe. La forme très irrégulière des modules pourrait correspondre à des briques découpées. Détail sur l'appareillage de bloc de terre à Fontaine- Fourches (Seine-et-Marne).
b : Ressemblance avec un cas aperçu en Limagne. Photographies : E. Hamard.

• Conclusion sur les techniques de construction en terre crue repérées

Le secteur de l'étude a donc permis d'identifier 4 familles de techniques de construction en terre crue (carreaux de terre, torchis, bauge et pisé). La plus importante est celle de l'emploi du carreau de terre qui se présente sous deux types de mise en œuvre : la maçonnerie porteuse et le remplissage en pans de bois. La première est relevée 2946 fois, et correspond au patrimoine le plus présent, tandis que la seconde est relevée 316 fois. La technique du torchis est également très présente sur la partie nord, est et sud. Le relevé n'étant pas systématique, le comptage n'apparaît pas ici. La bauge constitue un patrimoine non négligeable, avec 72 bâtiments relevés, principalement sur le territoire de la Bassée, mais également dans une moindre mesure au niveau des marais de la Souche (Aisne). Enfin, deux cas de pisé sont signalés.

La différence d'éléments sur la Figure 2-42 (Bâtiments + murs = 3 334. Toutes techniques confondues = 3 360), est due aux bâtiments sur lesquels sont présentes plusieurs techniques de constructions en terre crue.

Cette diversité révèle une richesse inattendue des cultures constructives se situant sur ce territoire. Ces découvertes démontrent qu'une grande partie du patrimoine en terre crue sur le territoire nationale reste à découvrir et laissent en un champ d'investigation important afin de redécouvrir, comprendre, mettre en valeur et protéger ce patrimoine.

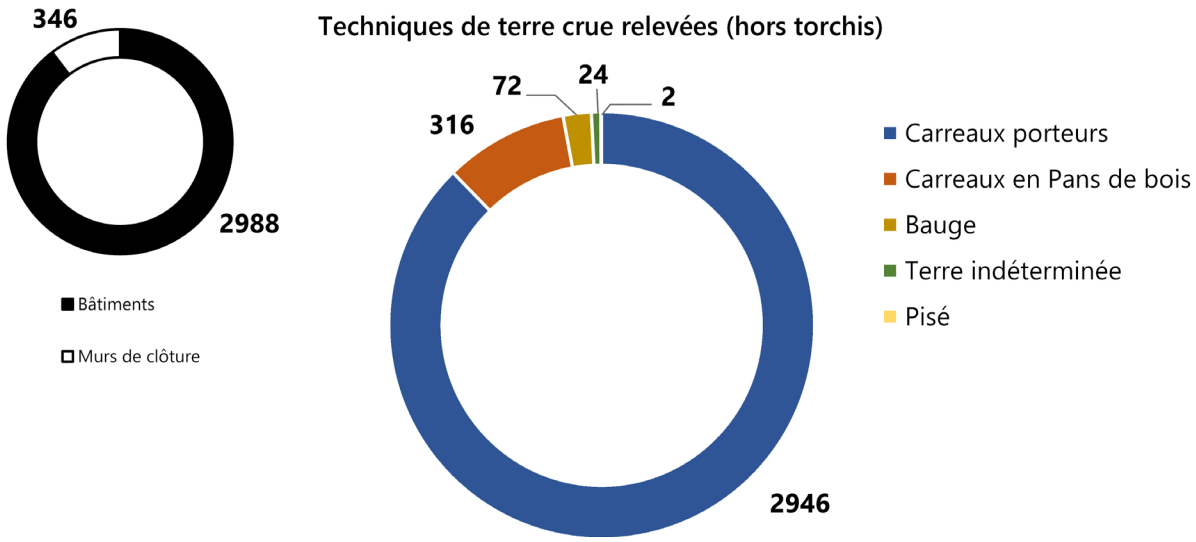


Figure 2-42 : Répartition des techniques constructives en terre crue relevées (Hors torchis)

II.2.4. Mixité : différentes techniques de terre sur un même bâtiment

Les techniques de construction en terre crue ont été présentées de manière distincte. Mais à l'instar des divers matériaux de construction qu constituent les structures d'un même bâtiment, la richesse et la diversité du patrimoine nous offre des exemples d'emploi de la terre crue sous différentes formes au sein d'une même construction (Figure 2-43). Ces illustrations sont présentées ci-après (Figure 2-44).

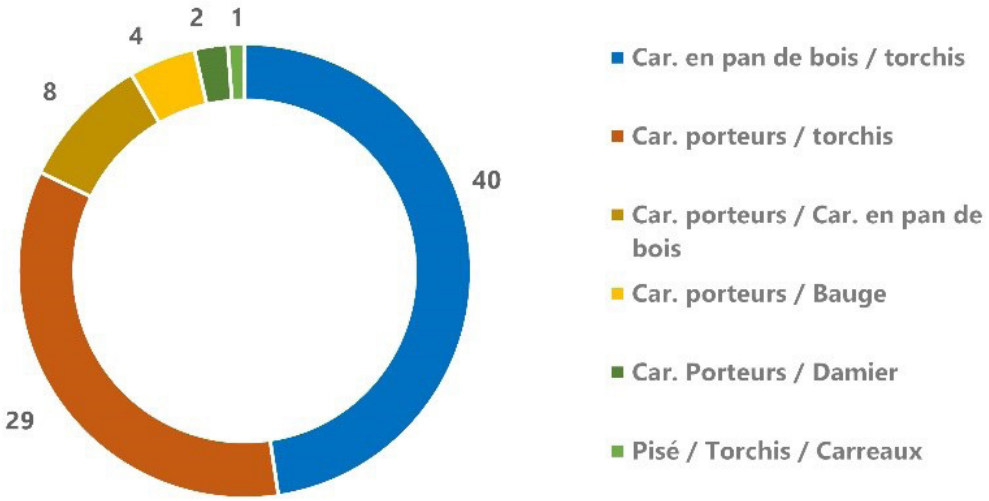


Figure 2-43 : Répartition des techniques mixtes en terre crue relevées

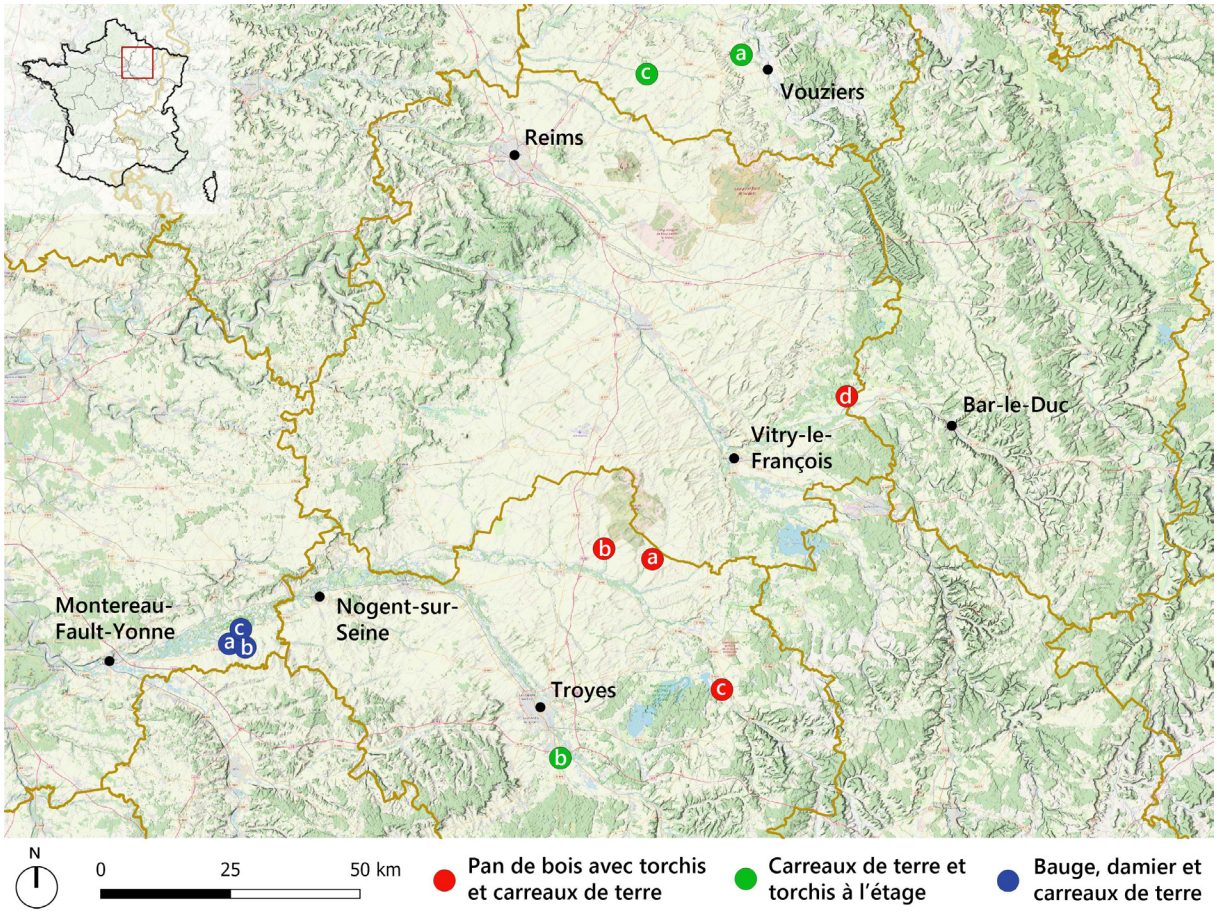


Figure 2-44 : Localisation des photos des techniques mixtes de terre crue

• Pan de bois avec torchis et carreaux de terre en remplissage

Des bâtiments employant le carreau de terre et le torchis ont été observés avec différentes mises en œuvre. À Dampierre (Aube), une alternance entre structure à pans de bois et maçonnerie de carreaux de terre au premier étage (Figure 2-45, a). À Lhuître (Aube), carreaux de terre en remplissage pans de bois espacés en rez-de-chaussée et torchis en pans de bois resserrés en partie haute (Figure 2-45, b). Tandis qu'à Unienville (Aube) et Bettancourt-la-Longue (Marne), la structure à pans de bois verticaux resserrés est identique sur l'ensemble des bâtiments qui présentent un remplissage en carreaux de terre et en torchis (Figure 2-45, c, d).



Figure 2-45 : Pans de bois torchis et carreaux de terre
a : *Carreaux de terre maçonnés insérés entre pans de bois à Dampierre (Aube).*
b, c et d : *Carreaux de terre en remplissage de pans de bois à Lhuître et Unienville dans l'Aube et Bettancourt-la-Longue dans la Marne. Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b, d) ; E. Hamard (c).*

• Partie basse en carreaux de terre et étage à pan de bois

L' emploi de maçonnerie de carreaux de terre et de pans de bois peut être également réparti selon le niveau. On retrouve alors la maçonnerie en rez-de-chaussée et la structure à pans de bois en partie supérieure (Figure 2-46).



Figure 2-46 : Maçonnerie de carreaux de terre au premier niveau et torchis à l'étage. a : Loisy (Ardennes)
b : *Isle-Aumont (Aube)* ; c : *Juniville (Ardennes).* Photographies : A. Aras-Gaudry

• Bauge, Damier et carreaux de terre

Sur le secteur de la Bassée (Seine-et-Marne), les mélanges de techniques sur un même bâtiment sont nombreux : damier en partie basse et bauge en partie supérieure (Figure 2-47, a), damier en mur pignon et bauge en mur gouttereau (Figure 2-47, c), bauge en partie inférieure et carreaux de terre en partie supérieure (Figure 2-47, b), ou encore damier et carreaux de terre en tête de mur (Figure 2-47, d, e). Ces associations de mise-en-œuvre sont complexes à expliquer et il est difficile aujourd'hui d'avoir des certitudes sur les raisons de leurs présences. Le choix de ces différentes modalités d'assemblage entre techniques différentes résulte probablement d'un enchevêtrement complexe de considérations pratiques, économiques, sociales, esthétiques, ect. au moment de l'édification du bâtiment. Cet emploi mixte de la bauge et de la brique crue a été observé sur une grange à Entraigues (Puy-de-Dôme) (Figure 2-48).



Figure 2-47 : Bâtiments présentant deux techniques de construction particulière, dont au moins une en terre en terre.
a : *Damier et bauge à Jaulnes (Seine-et-Marne) ;*
b : *Bauge en partie inférieur et carreaux de terre en partie supérieure à Villenaux-la-Petite (Seine-et-Marne) ;*
c : *Damier en pignon et bauge en mur gouttereau à Jaulnes (Seine-et-Marne).*
Photographies : E. Hamard (a, c) ; A. Aras-Gaudry (b) ;



Figure 2-48 : Bâtiment en bauge et carreaux de terre à Entraigues (Puy-de-Dôme). Photographies : E. Hamard

II.2.5. Combinaisons de matières locales

La terre crue est sensible à l'eau. Les plus grands dangers sont les remontées capillaires et les infiltrations en tête de mur. Pour prévenir des risques structurels liés à cette problématique, les soubassements et les éléments de toiture sont faits avec des matériaux moins sensibles à l'eau. Ceci amène alors une superposition de matériaux, généralement locaux, créant des couches horizontales, renforçant d'autant plus la diversité et les identités culturelles des bâtis selon les territoires parcourus (Figure 2-49). Des exemples sont présentés sur la Figure 2-50. Dans une certaine mesure, l'observation fine des deux premières couches soubassement et mur structurel[15], correspondant aux pierres et terres de proximité, il est possible de définir le secteur concerné par un bâtiment. Les bâtiments révèlent les caractéristiques du sol et sont l'image d'une identité dans laquelle les habitants peuvent se reconnaître.

Sur le territoire parcouru, les soubassements sont en briques cuites, en pierre calcaire plus ou moins tendre, ou en pierre meulière du côté de la Montagne de Reims.

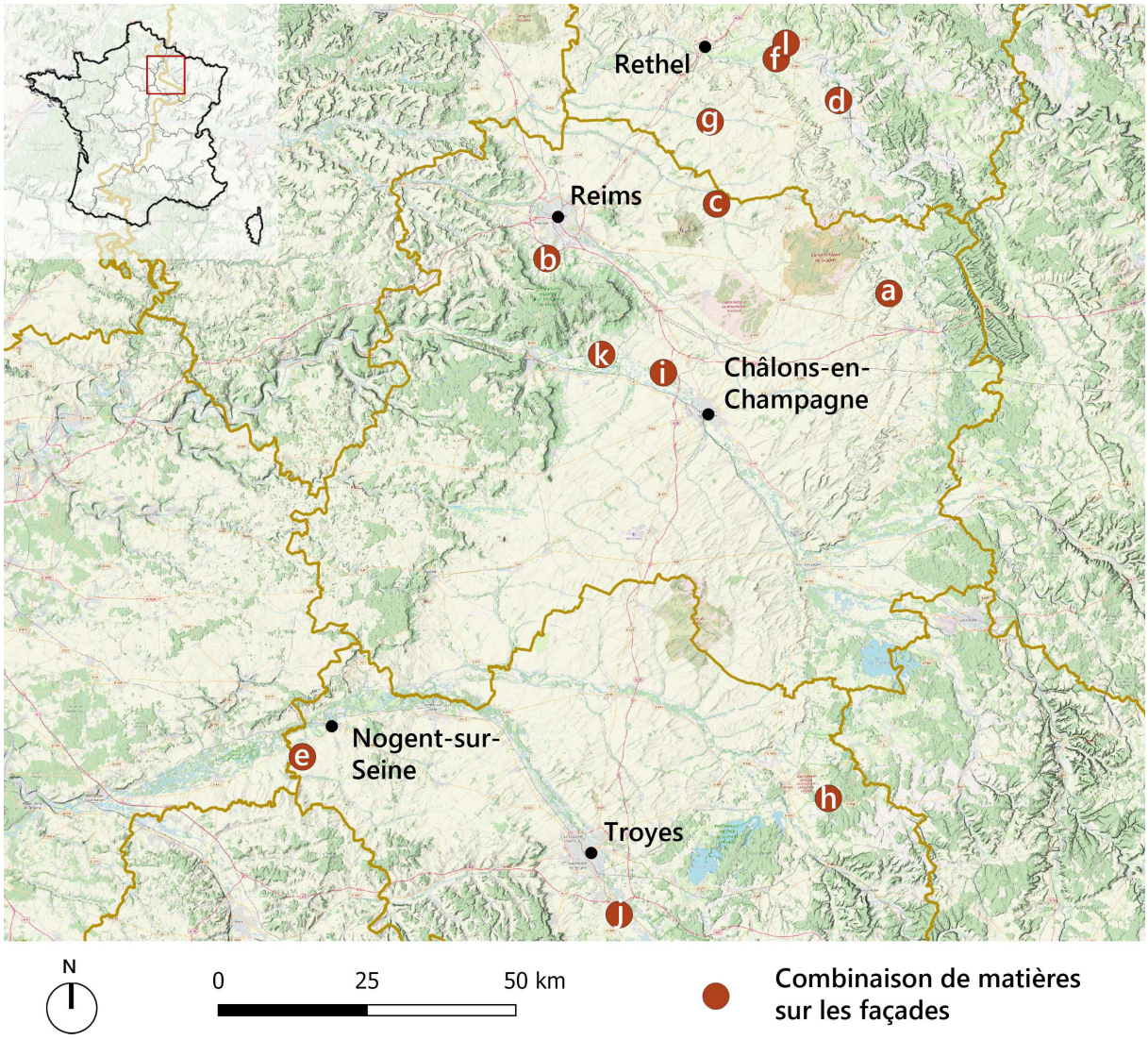


Figure 2-49 : Localisation des photos des combinaisons de matières locales

15 La 3e strate, correspondant à la toiture peut parfois être moins pertinente. Cette partie ayant tendance à être remplacée plus régulièrement. Néanmoins, avec un peu de recul, la forme générale de la toiture représente déjà un premier élément d'information.



Figure 2-50 : Les différentes compositions et assemblages de matériaux.
a : *Courtémont (Marne) ;*
b : *Villers-aux-Nœuds (Marne) ;*
c : *Saint-Hilaire-le-Petit (Marne) ;*
d : *Vrizy (Ardennes) ;*
e : *Gumery (Aube) ;*
f : *Givry (Ardennes) ;*
g : *Juniville (Ardennes) ;*
h : *Morvilliers (Aube) ;*
i : *Juvigny (Marne) ;*
j : *Saint-Thibault (Aube) ;*
k : *Tours-sur-Marne (Marne) ;*
l : *Alland'Huy-et-Sausseuil (Ardennes).*
Photographies : A. Aras-Gaudry


g
h
i
j
k
l

II.2.6. Récurrence de spécificités architecturales

L observation sur le temps long de ce patrimoine a permis de révéler certains détails récurrents parfois en rapport à des secteurs géographiques, parfois répartis aléatoirement.

• Arcs de décharge

Les arcs de décharge sont des éléments architecturaux qui permettent l'allègement du poids du mur sur le linteau en orientant les charges sur les côtés (Figure 2-51). L utilisation de ce procédé n'a pas été observé de manière récurrente (moins d'une dizaine de fois), ni affilié à un secteur spécifique. Toutefois, les enduits cachant un grand nombre de façades, peuvent atténuer la réalité de l'emploi de ce système.



Figure 2-51 : Photographie d'arc de décharge en carreaux de terre
a : *Damery (Marne) ;*
b : *Avenay-Val-d' Or (Marne) ;*
c : *Aÿ (Marne) ;*
d : *Chalette-sur-Voire (Aube). Photographies : A. Aras-Gaudry*

• Carreaux de terre pour les cheminées

Les carreaux de terre sont couramment employés pour les conduits de cheminée. Sur la partie Est du patrimoine, le long de la Champagne humide, ce procédé correspond parfois au seul emploi du carreau de terre dans la construction (Figure 2-53, de a à e), tandis que sur le reste du territoire on peut le retrouver en d'autres endroit, en remplissage de pans de bois et en parement intérieur d'un mur en craie, comme c'est le cas pour le bâtiment en ruine à Coole (Marne) (Figure 2-53, f).

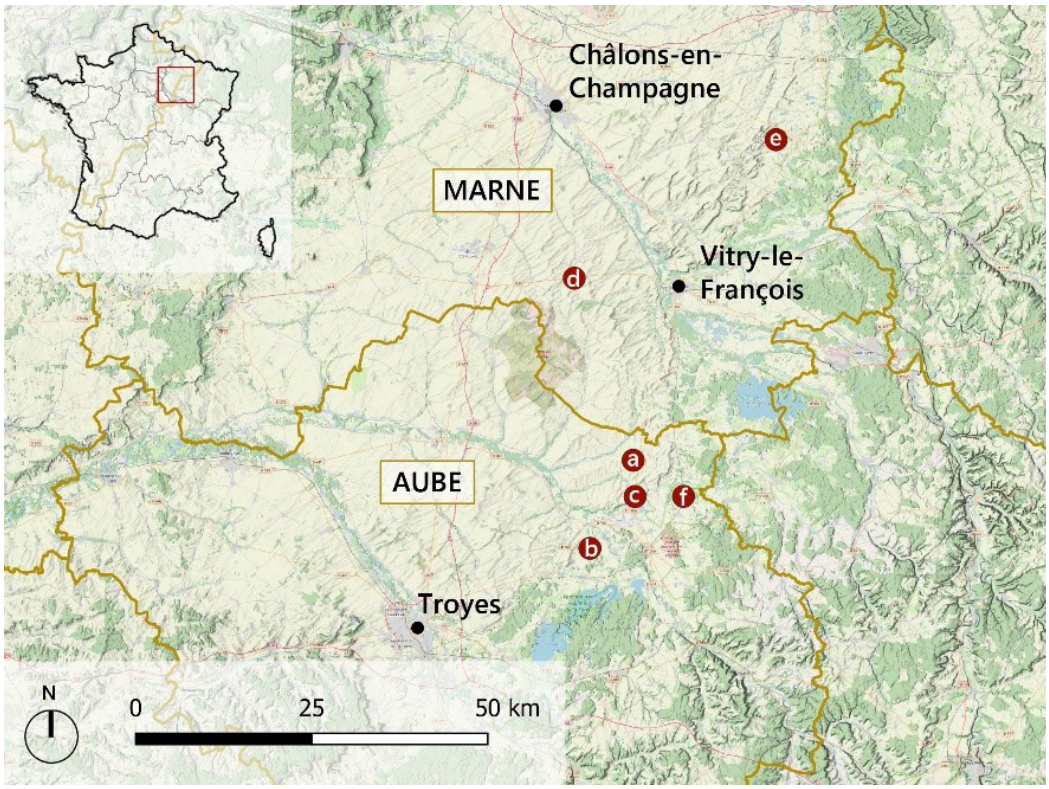


Figure 2-52 : Localisation des photos des conduits de cheminée en carreaux de terre



Figure 2-53 : Carreaux de terre en cheminée
a : *Pars-lès-Chavanges (Aube) ;*
b : *Pel-et-Der (Aube) ;*
c : *Rosnay-l 'Hôpital (Aube) ;*
d : *Hampigny (Aube) ;*
e : *Contault (Marne) ;*
f : *Coole (Marne). Photographies : A. Aras-Gaudry*

• **Carreaux de terre en parement intérieur**

Plusieurs auteurs ont spécifié l'emploi du carreau de terre en parement intérieur du mur (Leymerie 1846 ; Daunay, 1973 ; Bavay, 2011). Il s'avère que ce procédé de mise en œuvre est relevé sur une vaste partie du terrain parcouru et ne semble pas spécifique à un secteur géographique en particulier. En revanche les parements extérieurs diffèrent selon la ressource locale et on retrouve tout autant de la craie, des calcaires durs et des briques cuites.

Le double parement se dévoile souvent lorsque le bâti est en partie démoli (Figure 2-55, a, c, d, f, j), mais peut également s'observer sur les tranches de murs, lorsque certaines façades sont laissées ouvertes (Figure 2-55, b), dans l'épaisseur des baies ((Figure 2-55, g) ou bien lorsque le mur en question n'est pas harpé en angle (Figure 2-55, h, i).

Cet emploi dont il est évidemment impossible de mesurer sa généralisation semble bien aller dans le sens, à la fois de questions économiques et de durabilité (De Chazelles et al. (Guillaud), 2016), que de représentation sociale (Daunay, 1973). Est-il possible d'imaginer que cela puisse être dans l'optique d'une correction thermique intérieure ?

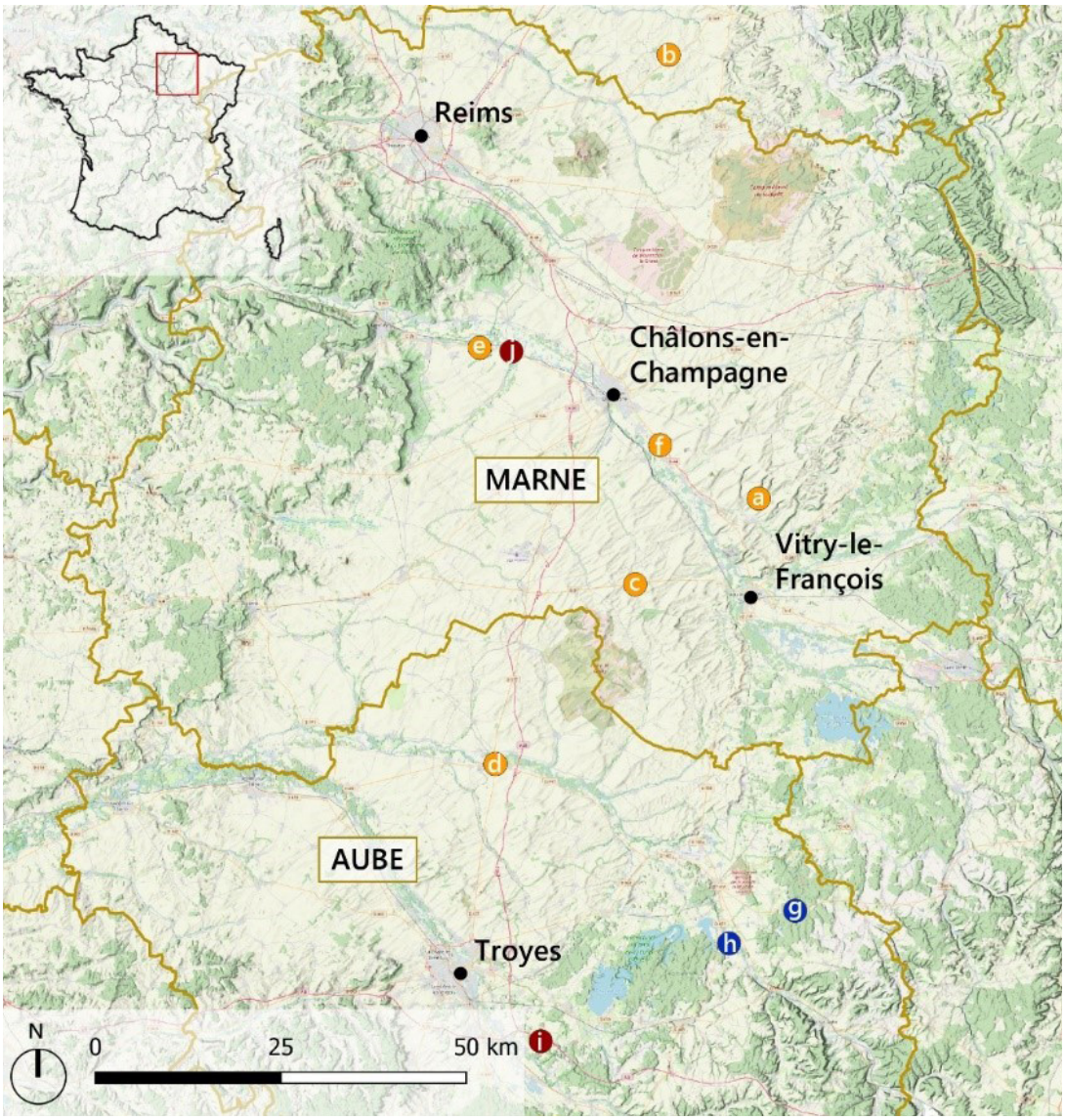


Figure 2-54 : Localisation des photographies des murs à double parement (carreaux de terre en intérieur).



Figure 2-55 : Murs à double-parement dont l'intérieur est en carreaux de terre.
•**Parement de craie :** a : Saint-Amand-sur-Fion (Marne) ; b : Cauroy (Marne) ; c : Cool (Marne) ; d : Arcis-sur-Aube (Aube) ; e : Athis (Marne) ; f : Chepy (Marne);
•**Parement de pierres calcaires :** g : La Chaise (Aube) ; h : Unienville (Aube) ;
•**Parement de briques cuites :** i : Fresnoy-le-Château (Aube) ; j : Jâlons (Marne).
Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b, c, e, f, h, i, j) ; E. Hamard ((d, g).

• Présence de carreaux de terre dans les Églises

Le carreau de terre est repéré principalement dans des églises sur le quart nord-ouest du département de la Marne. Sa présence est limitée et reste anecdotique dans l'ensemble. Son emploi peut être inclus dans le corps de la maçonnerie (Figure 2-56, a, b), se limiter à quelques rangées en tête de mur (Figure 2-56, c, e), ou bien ne servir que de rebouchage de baies (Figure 2-56, d, f). Aucune église n'est relevée avec la terre crue comme élément principal de construction, comme cela est le cas pour certaines se trouvant sur le territoire toulousain (Ruefly et Stadnicki, 2017).



Figure 2-56 : Églises présentant des carreaux de terre
•En maçonnerie : a : *Berru (Marne)* ; b : *Les-Istres-et-Bury (Marne)* ; c :*Flavigny (Marne)* ; e : *Rouffy (Marne)*
•En rebouchage de baie : d : *Villeneuve-Saint-Vistre (Marne)* ; f : *Sézanne (Marne).*
Photographies : A. Aras-Gaudry (a, f) ; E. Hamard (b, c, d, e).

• Carreaux de terre pour les rangées supérieures

L'utilisation du carreau de terre pour les rangées supérieures est généralisée en divers endroits dans les Ardennes (Figure 2-57, b), l'Aube (Figure 2-57, e), la Marne (Figure 2-57, c, f), la Seine-et-Marne (Figure 2-57, d), où le matériau principal varie en fonction des lieux. Cette pratique est récurrente dans l'architecture d'adobes (Figure 2-58).



Figure 2-57 : Présences de rangées de carreaux de terre sur les rangées supérieures.
a : *grange à Cauroy (Ardennes) ;*
b : *Église à Livry-Louvercy (Marne) ;*
c : *Maison d'habitation à Chamery (Marne) ;*
d : *Villenauxe-la-Petite (Seine-et-Marne) ;*
e : *Crespy- le-Neuf (Aube) ;*
f : *Saint-Remy-sur-Bussy (Marne).*
Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b c, d, f) ; E. Hamard (e).



Figure 2-58 : Rangées supérieures en carreaux de terre en plaine de la Limagne. Photographies : E. Hamard

• Comblement de baies en carreaux de terre

Le rebouchage de baies est un fait architectural anedotique lorsqu'il est question de décrire la composition d'un bâtiment, mais il révèle toutefois la présence du matériau.



Figure 2-59 : Rebouchage de baies en carreaux de terre.
a : *Aulnay-l'Aître (Marne) ;*
b : *Ville-sur-Retourne (Ardennes) ;*
c : *Cumières (Marne) ;*
d : *Bouy (Marne).*
Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b, c, e) ; E. Hamard (d).

• Rampant de pignons en carreaux de terre

Une autre pratique presque invisible est caractéristique de certains bâtiments dans les Ardennes. Il s'agit de l'insertion de carreaux de terre au niveau des rampants de toiture sur les murs pignons du bâti à ossature bois (Figure 2-60). Ceci pourrait traduire une facilité de mise en œuvre entre l'arbalétrier et le chevron. L'emploi de la brique crue à cet endroit a également été repéré en Limagne sur des bâtiments en pisé (Figure 2-61).



Figure 2-60 : Carreaux de terre sous rampant au niveau du pignon dans les Ardennes
a : *Sugny ;*
b : *Novion-Porcien ;*
c : *Loisy ;*
d : *Grivy- Loisy ;*
e : *Amagne ;*
f : *Sery.*
Photographies : A. Aras-Gaudry.



Figure 2-61 : Briques de terre crue sous rampant en Limagne. Photographies : E. Hamard

• Pignons en carreaux de terre et façades en matériaux plus « nobles »

Le carreau de terre n'est pas considéré comme un matériau noble (Folklore de Champagne, 1974 ; Imbault, 1986). Par conséquent il n'est pas rare que la façade principale du bâtiment mette en avant des matériaux plus résistants et bénéficiant d'une valeur sociale plus élevée, telle la craie (Figure 2-62, a, b, c) ou la brique cuite (Figure 2-62, d, e, f), tandis qu'on retrouvera le carreau de terre en pignon (Figure 2-62). Dans son étude sur le pisé dans la ville de Lyon, Mille (2023) évoque le cas des « immeubles-canuts » (des immeubles-ateliers qui accueillaient des activités de tissage), dont les façades gouttereaux « qui sont très ouvertes, sont construites en maçonnerie de pierre, tandis que le pisé de terre est documenté dans d'autres élévations, telles que des murs pignons ou des murs de refends intérieurs ». Pour ces immeubles, les ouvertures grandes et nombreuses, impliquent des trumeaux de baies élancés. Ainsi, pour des raisons structurelles, la pierre ayant une résistance à la compression plus importante est plus appropriée. Toutefois, les constructions de Champagne sont moins hautes et les ouvertures ne semblent pas suffisantes pour affirmer cette hypothèse.



Figure 2-62 : Pignon en carreaux de terre.
• **Façade en craie :** a : *Saint-Hilaire-le-Petit (Marne) ;* b : *Cauroy (Ardennes).*
• **Façade mixte craie et briques cuites :** c : *Machault (Ardennes).*
• **Façade en pierres calcaires :** d : *Corroy (Marne).*
• **Façades en briques cuites :** e : *Saint-Hilaire-le-Petit (Marne) ;* f : *Hauviné (Ardennes).*
Photographies : A. Aras-Gaudry.

• Murs de clôture

Les murs de clôture traditionnels sont également des éléments architecturaux extrêmement présents et représentatifs des cultures constructives locales. Au même titre que les bâtiments ils sont le reflet de l'identité d'un territoire où l'on retrouve à nouveau des couches horizontales caractéristique : soubassement, l'élévation et couverture ou chaperon, qui mettent en avant une variété de couleurs et de textures. La Figure 2-63 illustre cette richesse patrimoniale.



Figure 2-63 : Murs de clôtures avec carreaux de terre.
a : *Châtres (Aube) ;* b : *Provisieux-et-Plesnoy (Aisne) ;* c : *Isle-Aumont (Aube) ;* d : *Bouy (Marne) ;* e : *Bethenivillle (Marne) ;* f : *Sept-Sault (Marne) ;* g : *Tours-sur-Marne (Marne) ;* h : *Ambonnay (Marne) ;* i : *Sarry (Marne) ;* **j :** *Mourmelon-le-Petit (Marne) ;* k : *Merfy (Marne) ;* l : *Reims (Marne).* Photographies : D. Kobtane (k) ; A. Aras-Gaudry (autres)

• **Terre à perte de rue**

Tandis que le carreau de terre a disparu de l'imaginaire collectif, dans certaines communes rurales, sa forte présence non recouverte d'enduit, conduit à traverser des rues, enveloppé dans la matérialité de la terre (Figure 2-64 et Figure 2-65).



Figure 2-64 : Rue avec carreaux de terre apparents à Ambonnay (Marne). Photographie : L. Corevetti



Figure 2-65 : Rue avec carreaux de terre apparents à Vraux (Marne). Photographie : A. Aras-Gaudry

II.2.7. Présence urbaine du carreau de terre

Le patrimoine en carreaux de terre en milieu rural est donc important, tandis que sa présence en milieu urbain est attestée par la littérature (voir partie 1.3.4), mais les informations sont lacunaires. Cette partie présente quelques bâtiments relevés dans les quatre villes les plus peuplées[16] situées sur le territoire étudié : Épernay (22 001 habitants), Châlons-en-Champagne (43 877 habitants), Troyes (62 782 habitants) et Reims (179 380 habitants). Épernay et Châlons-en-Champagne ont été seulement traversées, tandis que Troyes et plus encore Reims ont été parcourues plus longuement.

• Épernay

Au cours du 19e siècle la brique crue est très répandue dans le bâti sparnacien (voir partie 1.2.5). Des traces de sa présence sont encore visibles aujourd'hui sur des bâtiments et des murs de clôtures en maçonnerie porteuse (Figure 2-66). Toutefois la Première Guerre mondiale n'a pas épargné la ville touchée par 1 400 bombes et obus, avec 1841 bâtiments endommagés ou détruits[17]. Il est difficile d'évaluer l'importance actuelle de ce patrimoine bâti et son état.



Figure 2-66 : Carreaux de terre dans la ville d'Épernay. Photographies : A. Aras-Gaudry.

16 Ces chiffres sont donnés d'après l'INSEE (2021) et concernent uniquement la population de l'agglomération hors aire urbaine.

17 Chiffres issus des propos de François Kirchmeyer, membre d'Epernay Patrimoine, recueilli par Simon Ksiazenicki dans l'Hebdo du vendredi du 4 octobre 2018 pour l'exposition « Epernay ville meurtrie » présentée à l'office du tourisme. Site consulté : https://www.lhebdoduvendredi.com/article/32831/sous-les-decombres-de-la-grande-guerre

• Châlons-en-Champagne

L' utilisation du carreau de terre à Châlons-en-Champagne est avérée dès la période romaine (voir partie 1 .2.1). Selon Ravaux (1979), le carreau de terre semble ne pas avoir été utilisé avant le 19e siècle, dans des proportions restreintes. La ville subit des bombardements durant les deux guerres mondiales, ce qui détruit une partie des habitations. Une photographie datant de la seconde Guerre mondiale, révèle son existence en mur de refend d'une façade en pierre de taille rue Garinet (Figure 2-67). La Figure 2-68 illustre des carreaux de terre en remplissage de pans de bois ou en maçonnerie porteuse relevés lors des sorties de terrain.



Figure 2-67 : Photographie de destruction à Châlons-en-Champagne durant la seconde guerre mondiale. Le mur de refend semble dévoiler un mur en carreaux de terre. Photographie collectée par H. Chausson.



Figure 2-68 : Carreaux de terre dans la ville de Châlons-en-Champagne. Photographies : A. Aras-Gaudry.

• **Troyes**

Au 19e siècle Leymerie (1846, p.361) signale que dans les faubourgs de Troyes « on construit aussi des habitations en carreaux de terre de route ». Quelques bâtiments sont encore perceptibles aujourd'hui. Majoritairement en pans de bois, dont la plupart ne révèle que quelques éléments derrière un enduit (Figure 2-69, a, b). Toutefois, le bâtiment situé sur la rue de la Vierge et la rue Urbain IV est assez remarquable par la quantité de briques crues employées. En effet, la structure à pans de bois est entièrement remplie de carreaux de terre, que ce soit pour les façades extérieures (Figure 2-69, d, e) ou les cloisons intérieures (Figure 2-69, f). Un bâtiment d'habitation, ainsi qu'une ancienne usine (Figure 2-69, c) ont révélé la présence de carreaux de terre en maçonnerie porteuse.



Figure 2-69 : Carreaux de terre dans la ville de Troyes.
Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b, d, e, f); E. Hamard (c)

• Reims

À Reims, plus d'une centaine de bâtiments ont été repérés, répartis dans la plupart des quartiers de la ville (Figure 2-70). Ces derniers sont presque exclusivement concentrés dans les limites de la ville bâtie d'après le plan de 1917 (pointillés jaunes).

Les différentes modalités d'observation de ce matériau sont présentées ci-après.



Figure 2-70 : Localisation des bâtiments présentant des carreaux de terre dans la ville de Reims.

Absence partielle d'enduit

Le décollement des enduits de façade révèle le matériau structurel (Figure 2-71). Ces absences partielles d'enduit peuvent être réduites (Figure 2-71, a, b) ou plus étendu, laissant apparaître des rangées entières de carreaux (Figure 2-71, c, d ,e).



Figure 2-71 : Carreaux de terre suite à la chute de l'enduit dans la ville de Reims. Photographies : A. Aras-Gaudry.

Réfection de façade, démolitions et ruines

L'intervention des entreprises sur les bâtiments permet également de mettre à jour les matériaux de construction. Ces interventions sont de différents ordres :

- Les réfections de façades (Figure 2-72, a,b, c, d) ;
- Les bâtiments en cours de démolition (Figure 2-72, e, f) ;
- Les ruines (Figure 2-72, e).

La mise à nue de pans entier de structures révèle l'importance de l'emploi de ce matériau.



Figure 2-72 : Carreaux de terre visibles lors de réfection de façade (a, b), bâtiments démolis (c, e) ou en ruine (d). Reims (Marne). Photographies : A. Aras-Gaudry.

Les murs pignons

Un grand nombre de carreaux de terre sont visibles en pignon de bâtiments (Figure 2-73) dont certains atteignent 2, 3 voire 4 niveaux (Figure 2-73, a, b, c, d). Toutefois pour les bâtiments les plus élevés il n'est pas possible de savoir si la totalité du mur pignon est réalisé en carreaux de terre ou s'il s'agit uniquement des parties supérieures.



Figure 2-73 : Carreaux de terre visible en pignon dans la ville de Reims (Marne).
Photographies : A. Aras-Gaudry.

Murs de clôture

A l'instar du patrimoine rural, les murs de clôture en carreaux de terre sont également présents dans la ville de Reims (Figure 2-74). Certains sont totalement dépourvus d'enduit (Figure 2-74 a, b), tandis que d'autres sont visibles lors d'un ravalement de façade (Figure 2-74, d). Ces murs peuvent s'élever sur plus de trois mètres de hauteur.



Figure 2-74 : Murs de clôture en carreaux de terre dans la ville de Reims. Photographies : A. Aras-Gaudry

Visites de maisons chez des particuliers

Les visites effectuées dans le cadre associatif (visites conseil effectuées avec l'association Des Idées Plein La Terre) ont permis également de révéler le matériau lors des phases de chantier. Des pans entiers de murs porteur en carreaux de terre dans des bâtiments d'habitation (Figure 2-75, a, b, d), plus surprenant en remplissage de chevrons en toiture (Figure 2-75, e). Mais également sur une ancienne chapelle (Figure 2-75, c).



Figure 2-75 : Carreaux de terre découverts lors de visite de chantier. Reims (Marne). Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b) ; A. Houssack (c).

• Conclusion sur la présence de carreaux de terre en milieu urbain

Le carreau de terre est donc toujours bien présent en milieu urbain, sur tous types de constructions (logements, usines, chapelle, murs de clôtures...) malgré les destructions liées aux deux guerres mondiales de la 1ere moitié du 20e siècle. Bien qu'il soit difficile d'évaluer l'importance sans investigations plus poussées, ce matériau est encore présent dans des quantités élevées, comme cela a été montré sur le bâtiment en pans de bois à Troyes ou les maisons d'habitation rémoises.

En s'approchant de ces constructions, la composition macroscopique de ces briques de terre crue se révèle. Cela est encore plus vrai lorsque celles-ci sont érodées laissant apparaitre les éléments qui les constituent.

II.2.8. Diversité de la ressource

Les carreaux de terre sont définis dans la littérature comme appartenant à la Champagne crayeuse (Chapelon, 1981), caractérisée par des terrains sédimentaires du Crétacé supérieur, et par conséquent composée de terre majoritairement crayeuse (Linoir, 2014). Ceci laisse penser qu'un seul type de ressource est utilisé pour leur fabrication. Or leur présence au niveau des crêtes préardennaises, dans les vallées fluviales, sur les plateaux et en Champagne humide (Voir 2.2.1), dont les terrains géologiques diffèrent, permettent d'envisager une diversité des terres employées. Les catégories présentées s'appuient sur l'aspect visuel des carreaux de terre répertoriés.

• Carreaux de terre à fragments de craie

La majeure partie du patrimoine en carreaux de terre se situe donc sur le bas-plateau calcaire composé des craies pures du Crétacé supérieur. Les carreaux de terre présentent alors une forte présence d'éléments calcaires (Chapelon, 1981). Ces éléments, issus de la gélifraction de la craie peuvent présenter des tailles variables différenciables à l'œil nu. Deux sous-catégories de carreaux de terre à fragments de craie, situés sur le crétacé supérieur (Figure 2-76), sont alors établies :

- Carreaux de terre à fragments de craie dit « crayon »

Les fragments de craie les plus grossiers sont de l'ordre du centimètre et sont nommés localement « crayon ». Les carreaux composés de ces éléments sont tous situés sur le plateau calcaire appartenant au crétacé supérieur (Figure 2-76). Leur localisation sur la carte semble majoritaire sur la partie Ouest, proche de la cuesta d'Ile-de-France. Toutefois cette information est à prendre avec précaution. En effet, la majorité des carreaux de terre n'étant pas visible, il est possible que certains composés de crayon soient localisés plus à l'est également. Ces carreaux sont composés de graviers de craie dans des proportions variables (Figure 2-77).

- Carreaux de terre à fragments de craie dit « graveluche »

Les fragments de craie plus petits, de l'ordre de quelques millimètres, issus du fluage des poches de cryoturbation, sont nommés « graveluche » (Laurain et al., 1995). Les carreaux de terre composés de graveluche sont répartis sur l'ensemble du plateau calcaire à l'image des exemples sélectionnés (Figure 2-78). Leur aspect granuleux est dû à la forte présence de ces petits graviers de craie.

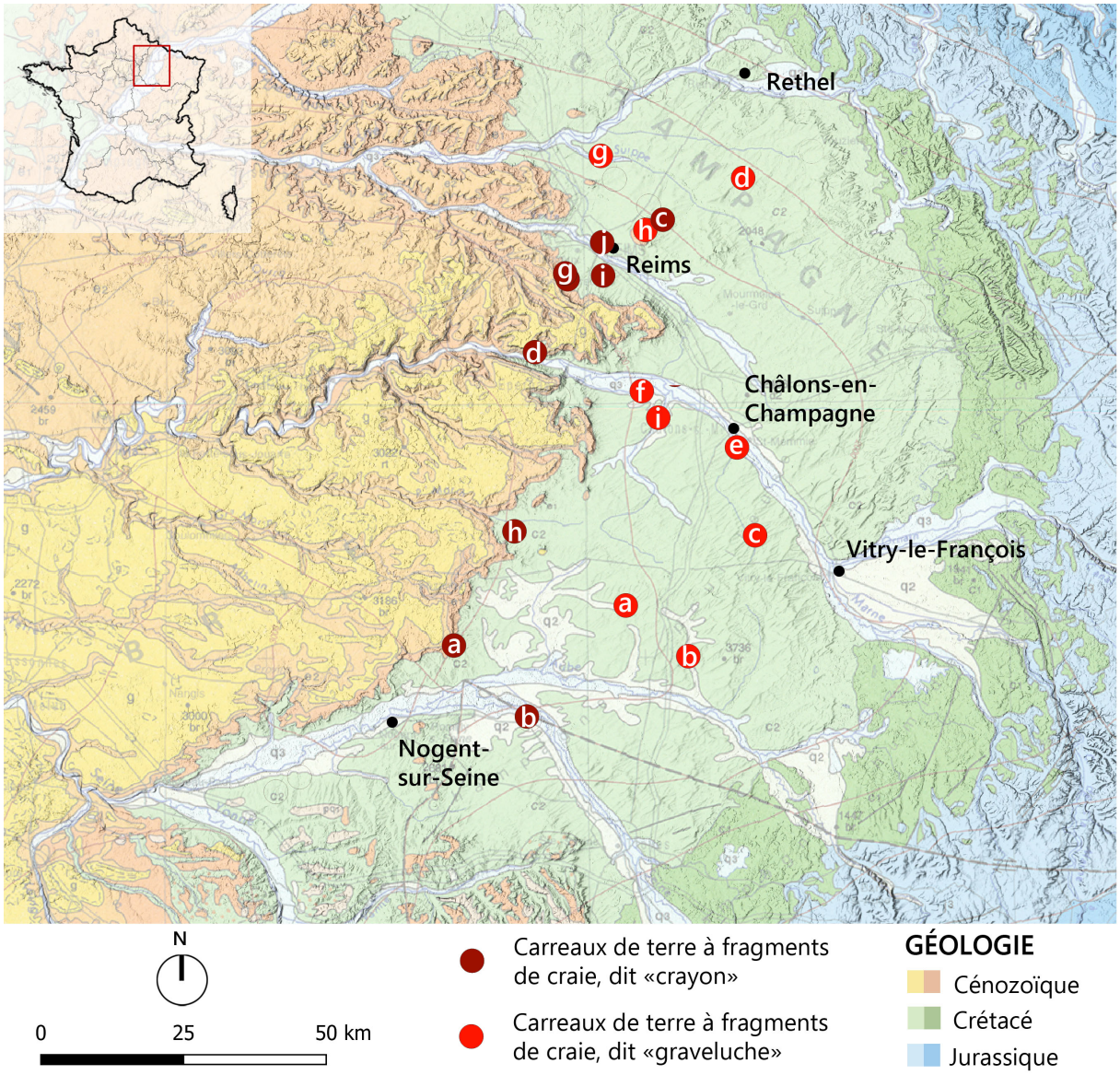


Figure 2-76 : Localisation des photographies des carreaux de terre avec fragments de craie, dit « crayon ».



Figure 2-77 : Carreaux de terre à fragments de craie.
a : *La-Chapelle-sous-Chantemerle (Marne) ;*
b : *Châtres (Aube) ;*
c : *Berru (Marne) ;*
d, e et f : *Damery (Marne) ;*
g : *Écueil (Marne) ;*
h : *Broussy-le-Petit (Marne) ;*
i : *Montbré (Marne) ;*
j, k et l : *Reims (Marne).*
Photographies : A. Aras-Gaudry.



Figure 2-78 : Carreaux de terre avec graveluche.
a : *Semoine (Aube) ;*
b : *Grandville (Aube) ;*
c : *Faux-Vésigneul (Marne) ;*
d : *La- Neuville-Tourne-à-Fuy (Ardennes) ;*
e : *Coolus (Marne) ;*
f : *Athis (Marne) ;*
g : *Pontgivart (Marne) ;*
h : *Berru (Marne) ;*
i : *Champigneul (Marne).*
Photographies : A. Aras-Gaudry.

• Carreaux de terre à composante alluvionnaire

La Champagne est traversée par trois rivières (L'Aisne, l'Aube et la Marne) et un fleuve (la Seine). Ces dernières peuvent charrier des alluvions provenant de couches géologiques différentes du Crétacé. Les carreaux formés à proximité de ces vallées fluviales (Figure 2-79) sont donc chargés par ces alluvions qui se distinguent facilement par leur aspect arrondi (Figure 2-80).

• Carreaux de terre fin et argileux

Sur les marges du patrimoine en carreaux de terre, le substrat géologique diffère. Les exemples sélectionnés pour cette catégorie sont majoritairement issus de la Champagne humide (Figure 2-81, a, c ,d ,e). Le substratum est composé de terrains sédimentaires du Crétacé inférieur dont la nature est principalement marno-argileuse et présente une prévalence des sols bruns lessivés hydromorphes (Linoir, 2014). Les carreaux de Dommery (Figure 2-81, b) (Ardennes) se trouvent sur des terrains du jurassique présentant des sols bruns calciques, tandis que ceux de Merfy (Figure 2-81, f) sont issus des terrains tertiaires présentant des sols bruns hydromorphes sur terrain marno-argileux. Tous sont donc issus de sols bruns, expliquant une coloration plus forte de ces carreaux. La granulométrie est également très fine, et la présence d'éléments grossiers est quasi inexistante. La nature du sol employé amène régulièrement un faïençage en surface. Enfin, ces carreaux de terre sont de dimensions plus petites.

• Carreaux avec présence de fibres

Les carreaux de terre de la Champagne sont non fibrés (Imbault, 1986), en dehors de quelques cas mentionnés pour Châlons-en-Champagne et Epernay (Marcq, 1975) et des pratiques relayées par Leymerie (1846, p.619) à Gumery et Fontenay (vallée de l'Aube à l'ouest du département, proche de Nogent-sur-Seine) où il était courant de gâcher la terre avec du foin. Quelques cas de présence de fibres végétales ont été repérés à Resson et Givry dans les Ardennes (Figure 2-82, a et b) et à Saint-Hilaire-le-Petit dans la Marne (Figure 2-82, c). La pratique d'ajout de fibres semble plus courante dans la mise en œuvre de la bauge (Figure 2-82, d, e, f).

• Conclusion

La terre employée pour la confection des carreaux est donc variée. La majeure partie du patrimoine se trouvant sur le plateau calcaire, les carreaux sont donc majoritairement composés de fragments de craie de différentes tailles visibles à l'œil nu, du crayon à la graveluche, provenant du calcosol. Le long des rivières, il est fréquent de repérer la présence d'alluvions dans les carreaux de terre. Tandis que dans les secteurs les plus éloignés de la Champagne crayeuse, notamment en Champagne humide ou dans les crêtes préardennaises, marqué par la présence de brunisol, les fragments de craie sont absents et la composition semble majoritairement limono-argileuse. A l'instar des bâtiments, les carreaux de terre présentent une certaine homogénéité dans leur forme et mise en œuvre. Toutefois, leur composition révèle une variété caractéristique de leur lieu de fabrication.

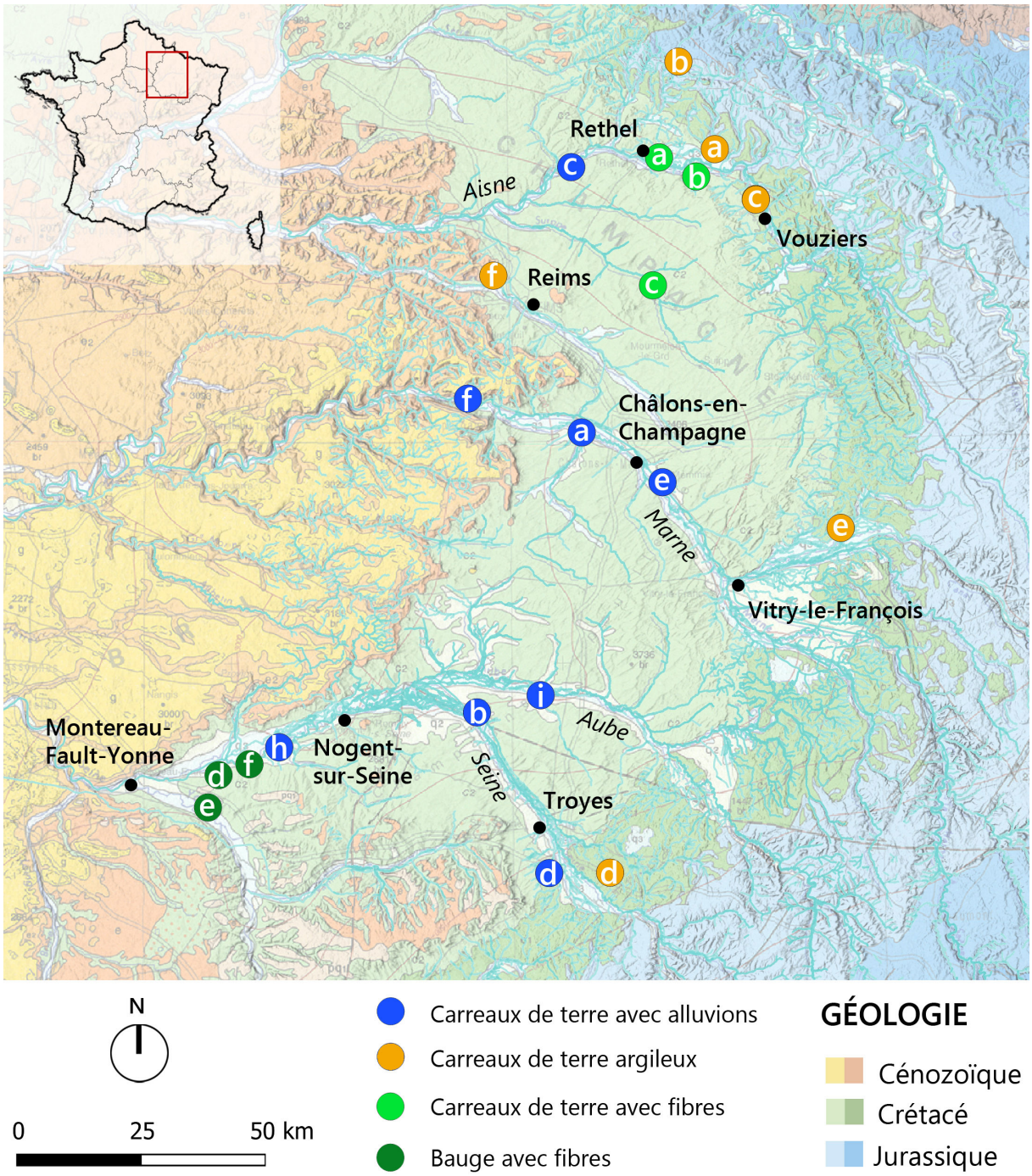


Figure 2-79 : Localisation des photographies des carreaux de terre avec alluvions.



Figure 2-80 : Carreaux de terre avec alluvions.
a : *Jâlons (Marne) ;* b :*Mery-sur-Seine (Aube) ;* c : *Blanzy-la-Salonnaise (Ardennes) ;* d : *Moussey (Aube) ;* e : *Sarry (Marne) ;* f, g : *Damery (Marne) ;* h : *Noyen-sur-Seine (Seine-et-Marne) ;* i : *Pouans- les-Vallées (Aube).*
Photographies : A. Aras-Gaudry



Figure 2-81 : Carreaux de terre argileux (faïençage en surface).
a : *Alland'huy (Ardennes) ;*
b : *Dommery (Ardennes) ;*
c : *Vrizy (Ardennes) ;*
d : Montreuil-sur-Barse (Aube) ;
e : *Bettancourt-la-Longue (Marne) ;*
f : *Merfy (Marne).*
Photographies : A. Aras-Gaudry.



Figure 2-82 : Carreaux de terre (a-c) et bauge (d-f) avec présence de fibres.
a : *Givry (Ardennes) ;*
b : Saint-Hilaire-le-Petit (Marne).
c : *Jaulnes (Seine-et-Marne) ;*
d : *Bazoches-lès-Bray (Seine-et-Marne) ;*
e : *Courlon-sur-Yonne (Seine-et- Marne) ;*
f : Jaulnes (Seine-et-Marne).
Photographies : A. Aras-Gaudry.

II.2.9. Les pathologies du patrimoine

Les sorties de terrain ont révélé un patrimoine présentant un nombre de pathologies importantes et de différents types. Ces dernières ont été triées et rangées sur la base des familles établies par la classification, en cours de réalisation, de l'ICOMOS-ISCEAH (Aching Vasquez et Marcus, 2022). Les sous-catégories sont détaillées en partie sur la base de celles présentent dans le glossaire de la terre et complété avec le glossaire de la pierre, de l'ICOMOS-ISCS (Vergès-Belmin, 2008). Par exemple, la sous-catégorie « perforation » n'était pas présente sur le poster du glossaire de la terre. Enfin quelques sous-catégories ont été spécifiée pour répondre aux pathologies observées, notamment pour les types d'érosion.

Afin de spécifier de quel document sont issues les familles et sous-catégories, nous établissons le code couleur suivant : ICOMOS-SCEAH (Aching Vasquez et Marcus, 2022) / ICOMOS-ISCS (Vergès-Belmin, 2008) / Travail de thèse

Les photographies servent à illustrer les désordres. Toutefois, ceci ne constitue pas un diagnostic des bâtiments présentés, qui nécessitent une analyse plus poussée de chaque cas. En effet, les facteurs peuvent être multiples, ainsi l'observation fine de l'environnement et la connaissance de la vie du bâtiment est primordiale.

II.2.9.1. Fissure et déformation (Figure 2-83)

Une fissure est un plan de rupture qui marque la séparation d'un élément en deux parties (Vergès-Belmin, 2008). Les fissures structurelles dans une maçonnerie constituent un désordre lié à certaines sollicitations qui affectent le fonctionnement de la paroi. En effet, la terre travaille bien en compression, mais résiste peu à la traction, la poussée et l'arrachement (Galmiche, 2019).

Les fissures repérées dans le patrimoine sont verticales, mais peuvent être dues à des facteurs différents :

- Fissure verticale, suite à un tassement différentiel du sol lié à des alternances de sécheresse et d'humidité du terrain, un creusement en sous-œuvre (Moriset et al., 2011), transformation des abords de la construction, des baies trop grandes ou mal situées notamment trop proche des angles (Galmiche, 2019) (Figure 2-83, d) ;
- Un flambement ou écartement du mur sous l'effet d'une charge latérale (Moriset et al., 2011), lié à une mauvaise conception de la toiture, son usure, des modifications de charpente, le défaut du harpage d'angle (Figure 2-83, e, f), la surcharge des planchers, etc. ;
- - Un poinçonnement provoquant une charge ponctuelle excessive (Moriset et al., 2011) (Figure 2- 83, b).

En fonction du type de fissure, des interventions peuvent être nécessaire pour ne pas risquer la mise en péril du bâtiment. Par exemple la pose de tirants ou l'utilisation d'entraits de ferme (PNR des Marais du Cotentin et du Bessin, 2010).



Figure 2-83 : Fissurations verticales.
a : *Juvigny (51).* b : *Ambonnay (51).* c : *Vaudes (10).* d : *Villers-aux-Nœuds(51).* e : *Écury- sur-Coole (51).*
f : *Balignycourt (10).* Photographies : A. Aras-Gaudry (a, c, d, e) ; E. Hamard (b, f).

II.2.9.2. Décollement et détachement de l'enduit (Figure 2-84)

Les décollements et détachement de l'enduit peuvent avoir deux sources :

- La mauvaise adhérence avec le support, lié à un défaut de mise en œuvre ou un enduit trop raide, qui ne s'adapte pas aux mouvements de la structure plus « souple » ;
- Les revêtements étanches (enduit ciment principalement) modifient les transferts hydriques qui permettent d'évacuer l'eau, et ne sont alors plus suffisants, voire inexistants. Ceci conduit à une retenue d'eau au sein de la paroi amenant un décollement, puis un détachement de l'enduit. Ces détachements sont alors le signe d'une forte présence d'humidité dans le mur, qui peut être source de pathologies plus importantes (érosion de la matière, effondrement…).

Les enduits perspirants (à base de chaux ou de terre si le débord de toit est suffisant) sont les seuls compatibles. Pour la question des enduits, il convient de se référer aux règles professionnelles des enduits sur supports composés de terre crue (Casaux et al., 2013).



Figure 2-84 : Décollement et détachement des enduits.
a : *Blanzy-La-Salonnaise (08).* b : *Herbisse (10),* c : *Pouan-les-Vallées (10).* d : *Moussey (10).* e : *Ambonnay (51).* f : *Reims (51).* Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b, d, f) ; E. Hamard (c, e).

II.2.9.3. Pertes de matière

• Érosion de surface (Figure 2-85)

L' érosion est une disparition de la surface originelle du matériau suite à l'action de l'eau et du vent. Elle peut être plus ou moins grande selon l'orientation de la façade. En effet, elle est plus marquée sur les façades exposées aux vents dominants.

Contrairement aux techniques de terre monolithiques, telles que la bauge ou le pisé, l'eau aura tendance à s'infiltrer dans les interstices entre les éléments. L' érosion différentielle sera plus ou moins homogène suivant la nature du mortier. Un mortier plus résistant se creusera moins et inversement.

Ce type d'érosion modifie l'aspect esthétique du mur en laissant apparaître les différents grains composant le matériau et laissent apparaître les lignes du mortier, mais ne créé généralement pas de risque structurel pour l'ouvrage.

• Érosion différentielle avec le mortier / Alvéolisation (Figure 2-86)

Si le mortier est de nature différente, entraînant une disparité de résistance à l'érosion, alors le matériau le moins résistant va être amené à se creuser. Sur le patrimoine observé ce sont les carreaux qui présentent la résistance la plus faible, par rapport aux mortiers composés de chaux, voire de ciment. Le creusement des carreaux laisse apparaître une alvéolisation en façade. Parfois ce sont les rejointoiments en surface qui sont à l'origine de l'érosion. Celle-ci induit des espaces où l'eau peut stagner, augmentant d'autant plus la sensibilité du matériau lors des periodes de pluie. Dans le temps cela peut entrainer une perte de matière beaucoup plus importante. Dans de telles circonstances, il est conseillé au minimum de procéder au remplacement du motrier, si ce dernier est superficiel, ou de réaliser un enduit de protection non étanche.

• Érosion différentielle changement de matériaux et zone de migration capillaire (Figure 2-87)

L' érosion différentielle peut également se produire à la jonction de deux matériaux distincts. La terre est alors le matériau le plus fragile, entrainant une perte de matière. De nouveau, celle-ci créé un espace privilégié d'infiltration et d'accumulation d'eau. L' origine provient principalement :

- Des remontées capillaires et de la cristallisation des sels contenus dans l'eau. Le bâti traditionnel n'est pas équipé de rupture de capillarité, ces dernières pouvant être fréquentes, d'autant plus après l'imperméabilisation du sol. Le désordre sera plus ou moins bas selon la hauteur du soubassement ;
- Du ruissellement des eaux de pluie quand la façade n'est pas enduite. Ainsi, la différence de résistance entre la terre et le soubassement va entrainer dans le temps une érosion à l'interface des deux matériaux.

L' action combinée de ces deux phénomènes est également possible. Il est conseillé d'étudier la possibilité de drainage autour du bâti, favoriser des dalles perspirantes pour atténuer les remontées capillaires, ou la réalisation d'un enduit pour éviter le lessivage de la matière.

• Érosion en pied de mur / Les pieds dans l'eau (Figure 2-88)

L' érosion en pied de mur, lorsque la terre est à même le sol peut avoir deux origines :

- Le soubassement d'origine est trop faible, voire presque inexistant ;
- La modification de la chaussée a entrainé une rehausse du sol faisant disparaître le soubassement.

La terre à même le sol est un espace privilégié d'érosion combinant les problématiques suivantes:

- Remontées capillaires ;
- Rejaillissement de l'eau de pluie ;
- Différence de résistance à l'érosion entre la terre et la surface du sol.

La modification de la chaussée et son imperméabilisation vient aggraver le phénomène de remontées capillaires (Figure 2-88, a). Sur la Figure 2-88 c , l'enduit ciment (imperméable) empêche l'eau de s'évaporer et ne fait que déplacer le problème plus haut.

• Érosion gravitaire (Figure 2-89)

Lorsqu'il n'y a plus de protection au niveau de la tête de mur (défaut de toiture pour les bâtiments ou de chaperon pour les murs), l'eau ravine la surface du mur en emportant de la matière. Cela peut se produire également s'il y a un défaut au niveau de la gouttière, l'écoulement crée un sillon le long de celle-ci (Figure 2-89, f). La perte de matière peut être importante et rapide.

•Perte majeure et effondrement (Figure 2-90/91)

Les différents types de pathologies liées à l'eau, si elles ne sont pas traitées, peuvent conduire à une perte majeure de matière, entrainant dans un premier temps un grand risque structurel dans le cas de bâtiments (Figure 2-90, b,c,d,f), ou bien l'érosion de l'élément dans le cas d'un mur de clôture (Figure 2-90, a) et provoquer le décollement de l'enduit (Figure 2-90, e). Dans un second temps l'effondrement est presque certain. Il peut être soudain lorsque l'eau s'est accumulée derrière l'enduit. Soit le fait du gel-dégel ou lors d'une intervention sur la façade, alors que l'enduit a pris le relai en devenant complément structurel. La dépose de l'enduit conduit à l'effondrement de la façade, comme c'est le cas sur ce chantier à Reims, suite à une fuite de ballon d'eau (Figure 2-91).

• Perforation (Figure 2-92)

La terre peut être habitée par des insectes créant ainsi des perforations dans le mur. Les murs peuvent devenir un garde-manger pour les oiseaux. « En s'agrippant au mur, ils cherchent les insectes et leurs larves à coups de bec et élargissent peu à peu les creux » (PNR des Marais du Cotentin et du Bessin, 2010).



Figure 2-85 : Erosion de surface
a : *Montangon (10) ;*
b : *Villers-aux-Noeuds (51) ;*
c : *Moussey (10) ;*
d : *Morvilliers (10).*
Photographies : E. Hamard (a, c, d) ; A. Aras-Gaudry (b).



Figure 2-86 : Érosion différentielle avec le mortier.
a : *Buchères (10).* b : *Val d'Auzon (10).* c : *Champfleury (10).* d : *Nogent-sur- Aube (10).* e : *Pouan-les-Vallées (10).*
f : *Saint-Hilaire-le-Petit (51).* Photographies : A. Aras-Gaudry (a - c, f) ; E. Hamard (d, e).



Figure 2-87 : Érosion différentielle de changement de matériau.
a : *Champigneul-Champagne (51)*
b : *Coupetz (51)*
c : Givry (08).
Photographies : A. Aras-Gaudry.



Figure 2-88 : Érosion en pied de mur.
a : *Saint-Hilaire-le-Petit (51).* b : *Queudes (51).* c : *Allemanche-Launay-et-Soyer (51).* d : *Moussey (10).*
e : *Champigneul-Champagne (51). Linthes (51).* g : *Prémierfait (10).*
Photographies : A. Aras-Gaudry (a, b, d, e, f) ; E. Hamard (c, g).



Figure 2-89 : Érosion gravitaire par absence de protection en haut du mur.
a : *Villevotte (51).* b : *Reims (51).* c : *vers Gaye.* d : *Sézanne (51).* e : *Écury-sur-Coole (51).* f : *Machault (08).*
g : *Betheniville (51).* Photographies : A. Aras-Gaudry.



Figure 2-90 : *Perte majeure de matière par manque de protection en haut du mur (a), remontée capillaire (b, c) et enduit ciment (d, e, f).*



Figure 2-91 : Effondrement du mur pignon d'un bâtiment à Reims. Photographies : A. Aras-Gaudry.



Figure 2-92 : Perforations dans le mur dues à des insectes. Photographies : A. Aras-Gaudry.

II.2.9.4. Décoloration et dépôts par encroûtement (Figure 2-93)

Une couche peut se former sur les carreaux de terre en changeant légèrement la coloration. Il pourrait s'agir d'un calcin[18], comme sur les pierres. Cet encroûtement a tendance à finir par se détacher par desquamation. Il est difficile de savoir si cette couche joue un rôle de protection.



Figure 2-93 : Formation d'une couche en surface des carreaux de terre.

II.2.9.5. Colonisation biologique (Figure 2-94/95/96)

La colonisation biologique peut prendre différentes formes, des plus petites avec les lichens (Figure 2 94) et les mousses (Figure 2-95), au plus grandes avec des plantes (Figure 2-96). Elles se développent en surface ou dans les creux.

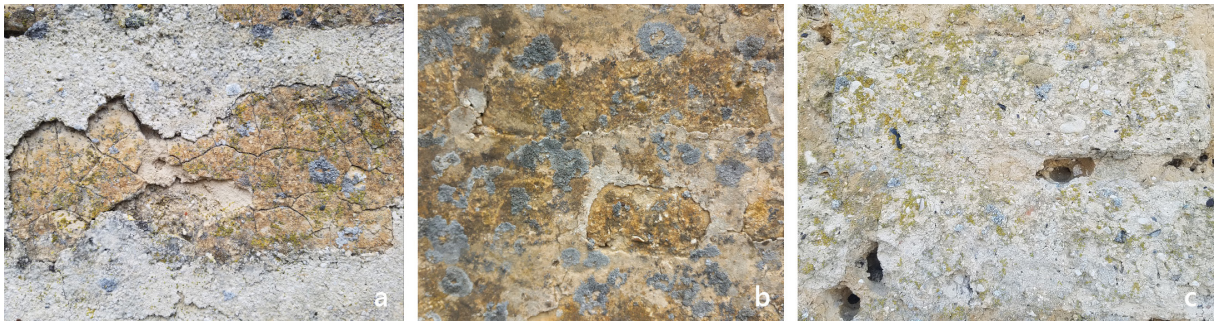


Figure 2-94 : Développement de lichens.



Figure 2-95 : Développement de mousses. Celui-ci est accentué par le creux créé par l'érosion (b).

18 Le calcin se créé sous l'effet de l'absorption, puis de l'évaporation de l'eau, qui dépose en surface du carbonate de calcium.



Figure 2-96 : Développement végétal en façade.

• Conclusion

Cette classification constitue un premier travail sur les pathologies courantes des carreaux de terre en Champagne, à partir du glossaire des pathologies de la terre, en cours de rédaction par l'ICOMOS-ISCEAH (Aching Vasquez et Marcus, 2022). Il ne constitue qu'une amorce, certaines pathologies observées, telles que les fissures mériteraient une étude plus poussée. D'autres ont certainement échappé au regard, quand certaines ne seraient accessibles qu'en ayant accès à l'intérieur des bâtiments. Néanmoins, ce premier constat permet de mettre en lumière la multiplicité des pathologies existantes, face auxquelles des actions seraient nécessaires. La prolongation de ce travail pourrait servir à l'élaboration d'un guide d'aide au diagnostic, à destination des professionnels, étudiants et particuliers pour se réapproprier les savoir-faire liés à la construction en terre crue tout en préservant le patrimoine bâti. En effet, le diagnostic constitue une étape préalable à une intervention adaptée sur le patrimoine.

II.2.10. INTERVENTIONS ACTUELLES SUR LE PATRIMOINE

Les pathologies présentées peuvent être liées à différents facteurs : des phénomènes naturels, un manque d'entretien ou des interventions néfastes de la part de professionnels ou de particuliers. Ces dégradations entrainent une mauvaise image du bâti en terre, qui est vu comme vétuste et fragile. Cela avait déjà été souligné par Paul-Henry Boutin (1983) : « Actuellement, le carreau de terre est mal connu, mal connu, il est mal traité, mal traité il s'effondre, s'effondrant il est méprisé ». Or c'est bien la disparition des savoir-faire vernaculaires au cours du 20e siècle (Pruvost, 2021), qui se traduit aujourd'hui par le manque d'entretien nécessaire et les méconduites qui est à l'origine de la plupart des pathologies observées. Un exemple fréquent et préjudiciable est la pose d'un enduit ciment.

Malgré l'existence de règles professionnelles d'enduits sur supports composés de terre crue (Casaux et al., 2013), qui interdit cette pratique, il est courant de voir encore aujourd'hui des enduits au ciment recouvrir les façades en terre crues (Figure 2-97).



Figure 2-97 : Enduits ciments sur carreaux de terre.

Toutefois, l'utilisation systématique du ciment ne semble plus généralisée. Quatre entretiens ont été menés avec des entreprises effectuant des enduits sur des murs en carreaux de terre. Toutes procédaient de la même manière avec un enduit à la chaux (Figure 2-98) :

- Nettoyage du mur et des parties pulvérulentes ;
- Accrochage d'un grillage métallique à l'aide de crampillons (Figure 2-98 a) ;
- Gobetis à la chaux (Figure 2-98 b) ;

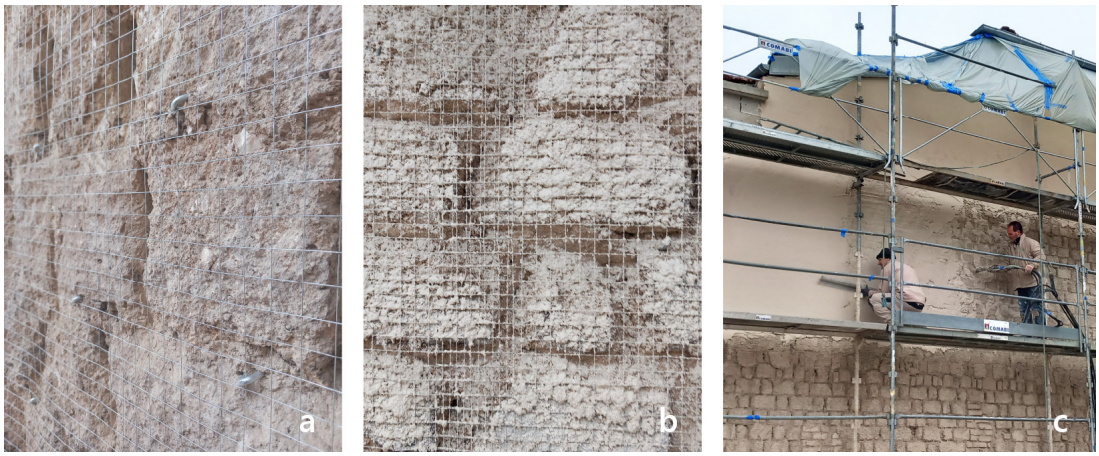


Figure 2-98 : Étape de la pose d'enduit à la chaux sur un mur en carreaux de terre.

- Enduit de finition à la chaux (Figure 2-98, c).

Le remplacement d'un enduit ciment par des enduits à base de chaux est une nette amélioration, mais l'emploi d'un grillage peut amener un débat. En effet dans un document concernant la chaux aérienne (Tiez Breiz, 1993), il y a un passage sur les enduits sur supports particuliers :

> « Enduits sur pisé : mettre un grillage, comme certains le préconisent, oblige à faire une première couche très couvrante avec du ciment car la chaux ou même le bâtard attaque les aciers, le fer ainsi que le métal galvanisé.»

L' étude du vieillissement de ces enduits pourrait ne pas être optimisé. Un retour d'expérience datant de 1983 est donné un peu plus loin :

> « La CAEB (chaux aérienne) constitue aujourd'hui la seule solution satisfaisante pour un enduit sur mur de pisé. Aucun enduit hydraulique n'adhère sur un mur en terre quel que soit l'artifice employé pour le faire tenir [...] les DTU qui préconisent l'interposition d'un grillage avant d'enduire au ciment ne sont pas applicables efficacement dans ce cas. En réalité, le grillage ne fait que servir d'armature à l'enduit hydraulique [...] Il suffit de «sonner» le mur enduit pour s'en apercevoir : on perçoit un son creux qui prouve que l'ensemble n'est pas solidaire.»

Ces informations ont été transmises par Olivier Berthaut, artisan spécialisé dans la restauration du bâti ancien dans l'Aube, ayant participé à l'élaboration des Guides de Bonnes Pratiques de la terre crue (CCTC, 2020). Pour la réalisation d'une rustine sur une façade à Troyes, il a réalisé un enduit à la chaux aérienne et sans grillage. Le protocole a été le suivant :

- Purge des éléments défectueux et beaucoup de dépoussiérage ;
- Grosse humidification du mur ;
- Gobetis 3 vol de 0/4 pour 1 vol de CL 90 ;
- Dégrossi en plusieurs passes pour ne pas trop charger d'un coup, avec humidification du support à chaque fois.
- Finition jetée à la truelle avec mélange deux sables : 0/4 et 0/2 pour l'aspect (4 volumes de sable pour 1 volume de chaux).

L' entretien du bâti traditionnel nécessite donc un soin particulier et le savoir-faire spécifique à la terre crue reste majoritairement ignoré.



Figure 2-99 : Enduit réalisé par O. Berthaut à Troyes en 2018.

II.3. Impacts de la guerre en zone de front : en zone rurale et à Reims

L' étude cartographique définit une zone au nord du département de la Marne où la présence de bâtiments en carreaux de terre est faible, voire nulle (Figure 2-100). La géologie ne donne pas d'explication à cette discontinuité du patrimoine (Figure 2-100, a), se situant au cœur de la Champagne crayeuse, sur le crétacé supérieur, loin des marges observées ailleurs. En revanche, ce secteur correspond à la zone de front de la première guerre mondiale (Figure 2-100, b) Celle-ci définit la limite nord du domaine d'étude mené par Daniel Imbault dans les années 1980, considérant que « les destructions de la première guerre mondiale ne permettent plus aucune analyse du bâti presque entièrement disparu » (Imbault, 1986, p.9). Ceci a été confirmé par Anne-Laure Collet (2000) et Jean-Baptiste Scharffhaussen (2019), respectivement pour les communes de Sommepy et Thillois (Figure 2 100), avec la disparition du carreau de terre pour la reconstruction. Cette partie a pour objectif d'étudier l'impact de la première guerre mondiale sur la présence contemporaine du carreau de terre en zone de front. Peut-on généraliser le constat établit par Collet (2000) et Scharffhaussen (2019) ? Dans un premier temps en milieu rural, puis en milieu urbain, avec le cas de la ville de Reims.

Pour ce faire un transect perpendiculaire à la zone de front a été réalisé (Figure 2-100). Le dépouillement de dossiers de la série 10 R, relative aux destructions, aux archives départementales de la Marne, permet de révéler les matériaux employés pour la construction des bâtiments avant leur destruction et de les comparer à ce qui est perceptible aujourd'hui.

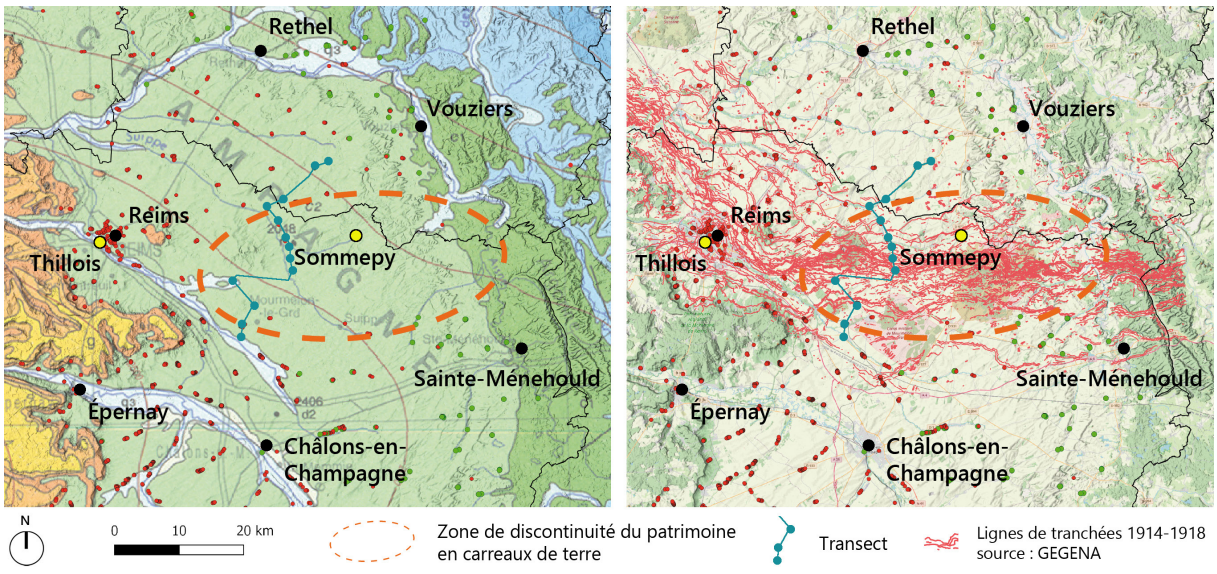


Figure 2-100 : Mise en lien de la discontinuité du patrimoine (pointillés oranges, absence de point rouge) et de la zone de front (ligne rouge).

II.3.1. Transect en zone de front.

Suite aux impacts de la première guerre mondiale, le ministère des Régions libérées a défini trois degrés de destruction (Jacquemot, 2015) (Figure 2-101, a) :

- Zone faiblement atteinte : lieu de passage des armées ou de séjour de l'ennemi ;
- Zone de dommages importants : ravages beaucoup plus amples, correspondant à la zone des opérations ;
- Zone complètement détruite ou « zone rouge » : lieu des grandes batailles.

Parmi les communes visitées trois sont situées dans la « zone rouge » : Dontrien, Vaudesincourt et Aubérive, tandis que les communes de Saint-Martin-l'Heureux et de Prosnes se trouvent à moins d'un kilomètre, respectivement au nord et au sud. Sur la carte spéciale des régions dévastées correspondant à notre secteur d'analyse, seules les communes de Livry-Louvercy et Mourmelon-le-Petit ne sont pas représentées en tant que « localité démolie » (rouge sur la carte spéciale (Figure 2-101, b)). Ces villes sont donc plus susceptibles d'avoir conservé des bâtiments d'avant-guerre.

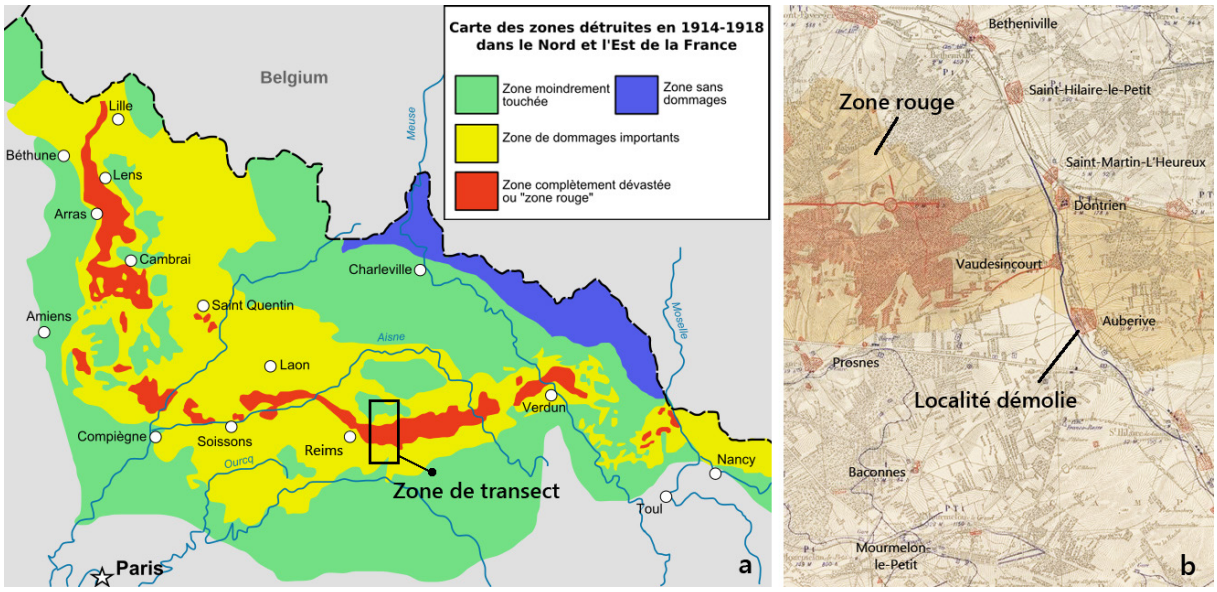


Figure 2-101 : Localisation de la zone rouge
À gauche : Carte des zones détruites en 1914-1918, d'après Guicherd, J., & Matriot, C. (1921). La terre des régions dévastées. Journal d'Agriculture Pratique, 34, 154-6.
À droite : extrait de la carte spéciale des régions dévastées REIMS S.E. Service géographique de l'armée. (1920). En rouge les zones détruites.

Dans la Marne, sept communes de la zone de front, presque anéanties durant la Première Guerre mondiale n'ont pas été reconstruites. Cinq d'entre elles se situent aujourd'hui dans le camp militaire de Suippes[19], à une quinzaine de kilomètre à l'est de la zone d'étude. Les deux autres sont Moronvilliers et Nauroy, situés immédiatement à l'ouest de notre transect (Figure 2-102). La zone traversée a donc été fortement impactée.

19 Il s'agit des villages suivants : Hurlus, Le Mesnil-lès-Hurlus, Perthes-lès-Hurlus, Ripont et Tahure. Leurs territoires ont été rattachés aux communes voisines suite à la création du camp militaire de Suippes. Afin de garder leurs mémoires, leurs noms a été ajouté aux communes voisines.

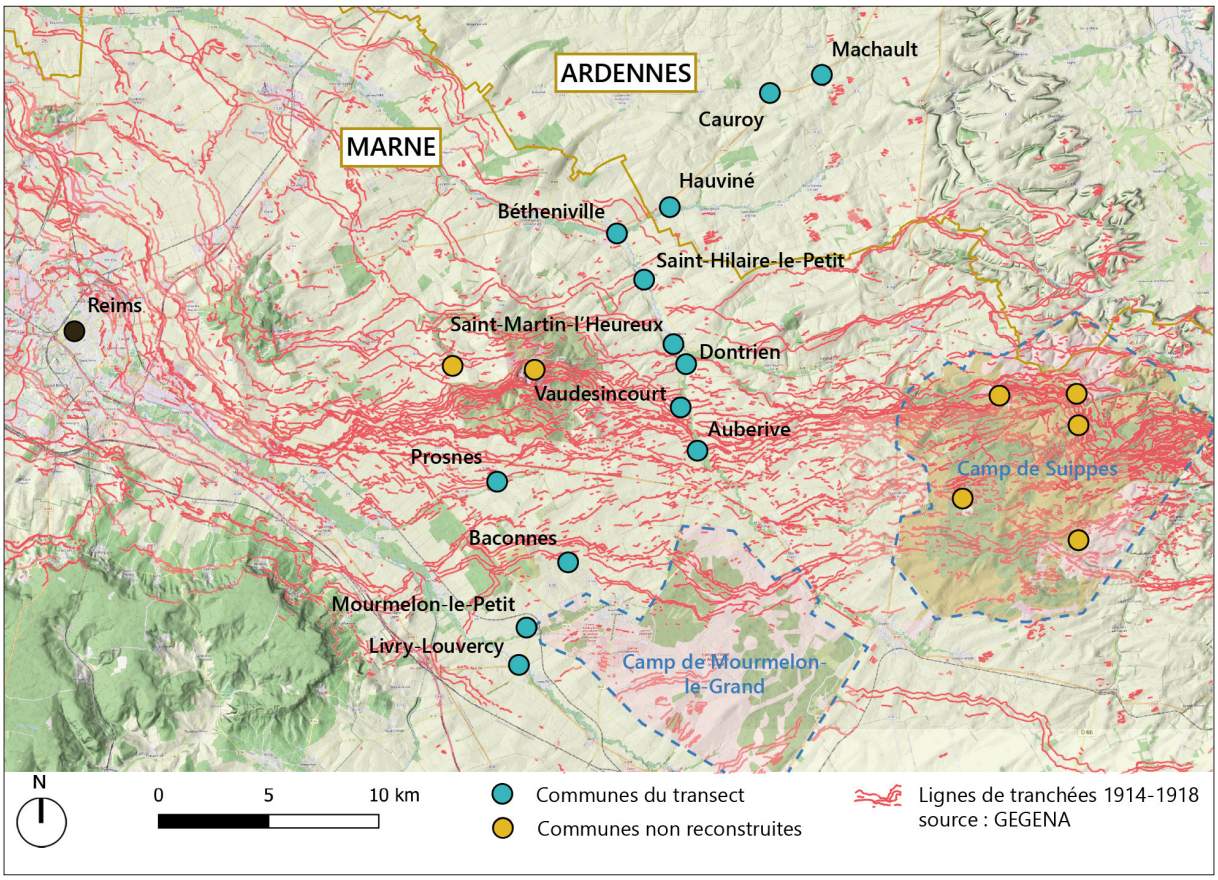


Figure 2-102 : Transect en zone de front

• Résultat du transect

La Figure 2-103 rend compte du bâti contenant des carreaux de terre repéré lors du transect (points rouges). Les communes sont rangées du Nord au Sud suivant le transect. Ainsi en regardant la Figure 2-103 de gauche à droite et de haut en bas, la zone rouge est traversée sur la troisième ligne (cadre rouge), correspondant à Dontrien, Vaudesincourt et Auberive. Ces trois communes sont bien celles où la présence du bâti en carreau de terre n'est plus repérée (seul Dontrien contient 2 bâtiments), tandis que les communes se situant à plus de 5 km au nord (Machault, Cauroy, Hauviné) et au sud (Baconnes, Mourmelon-le-Petit, Livry-Louvercy) sont celles où la présence du carreau de terre est fortement marquée (cadre vert). Ces dernières comptent au moins une quinzaine de bâtiments composés de carreaux de terre (Tableau 2-6). Les communes où l'on peut observer le plus de bâti en briques de terre crue sont Machault, Livry-Louvercy et Mourmelon-le-Petit avec respectivement 28, 40 et 54 bâtiments repérés. La présence de ce bâti sur Livry-Louvercy est particulièrement élevée au regard de sa population (197 habitantes) en 1911, qui est bien inférieure aux deux autres communes (550 pour Machaut et 1174 pour Mourmelon-le-Petit) (Tableau 2-6).



Figure 2-103 : Bâti en carreaux de terre relevé lors du transect. La lecture de gauche à droite et de haut en bas correspond au transect du nord au sud (voir Figure 2-105).

Tableau 2-6 : Synthèse du bâti en carreaux de terre relevés en fonction des communes et de leur distance de la zone rouge

	Distance de la zone rouge (km)	Bâtiments en carreaux relevés (Hors murs)	Etat de destruction D'après la carte spéciale des régions dévastées	Nombre d'habitants 1911	 Carte (1920)
Machault	14	**28**	Localité démolie	**550**	502
Cauroy	13	**16**	Localité démolie	**190**	180
Hauviné	7	**16**	Localité démolie	**476**	260
Bétheniville	4	**4**	Localité démolie	**1472**	450
Saint-Hilaire-le-Petit	3	**9**	Localité démolie	**546**	260
Saint-Martin-l'Heureux	0,5	**5**	Localité démolie	**108**	92
Dontrien	0	**2**	Localité démolie	**259**	178
Vaudesincourt	0	**0**	Localité démolie	**173**	44
Auberive	0	**0**	Localité démolie	**345**	73
Prosnes	1	**1**	Localité démolie	**361**	119
Baconnes	5	**15**	Localité démolie	**203**	84
Mourmelon le petit	9	**54**	Auncune mention	**1174**	800
Livry-Louvercy	11	**40**	Auncune mention	**197**	Auncune mention

• Présence en retrait de la zone de front

Au-delà de 5 km de la zone rouge, le patrimoine en carreaux de terre peut être facilement observable. C'est notamment le cas des hangars non enduits (Figure 2-104). Les caractéristiques sont les mêmes que sur le reste du territoire : les carreaux sont visibles sur les façades des habitations lorsque l'enduit est dégradé (Figure 2-105, a, b), un matériau plus noble est placé sur la façade principale. Il peut s'agir de briques cuites (Figure 2-105, c, d) ou de craie (Figure 2-105, e, f). Et les murs de clôture révèlent également la culture constructive locale (Figure 2-105, g, h).



Figure 2-104 : Hangar en carreaux de terre non enduit.
a : Baconnes (51).
b : *Cauroy (08)*
c : *Hauviné (08)*
d : *Baconnes (51)*
Photographies : A. Aras-Gaudry



Figure 2-105 : Photographies à plus de 5 km de la zone rouge. a, b, h : *Mourmelon-le-Petit (51).* c, e, g : *Livry-Louvercy (51).* d : *Hauviné (08).* f : *Cauroy (08).* Photographies : A. Aras-Gaudry

• Au cœur de la zone de front

Dans les villages situés dans la zone rouge ou à moins de cinq kilomètres, aucune commune ne présente plus de dix bâtiments avec des carreaux de terre (Tableau 2-6). À Saint-Hilaire-le-Petit deux dates indiquées sur certains bâtiments informent qu'il s'agit de constructions antérieures à la première guerre mondiale et servent de témoins des matériaux employés avant-guerre. L' une est en briques cuites (Figure 2-106, a), l'autres en briques crues (Figure 2-106, b).



Figure 2-106 : a : *1 rue de Saint-Martin à Saint-Hilaire-le-Petit (51). Soubassement et façade en brique cuite. Bandeau, angles et encadrements en pierre calcaire. La date notée sur la façade est 1954.*
b : *24 rue de Saint-Martin à Saint-Hilaire-le-Petit (51). Soubassement en pierre. Encadrements en pierre calcaire. Angles en pierre et craie. Façade en carreaux de terre. La date sur la pierre semble indiquer 1821.*
Photographies : A. Aras-Gaudry

Parmi les quelques bâtiments repérés, de nouveau les mêmes caractéristiques : carreaux apparents sur les hangars, façade en craie ou en briques (Figure 2-107, c, d). Certains bâtiments se démarquent à travers le travail de composition, employant différents matériaux sur une même façade : soubassement en briques cuites, rez-de-chaussée en craie, étage en carreaux apparents et baie en pierre de taille (Figure 2-107, e). La composition est particulièrement soignée pour un ensemble située rue de l'Église à Saint-hilaire-le-Petit. Le bâtiment d'habitation est composé dans son élévation d'un jeu de briques cuites rouges et noires vernissées et bandeaux et baie en pierres de taille moulurées, tandis que le bâtiment annexe présente un premier niveau en briques cuites séparé du deuxième en carreaux de terre par un bandeau en craie (Figure 2-107, f).



Figure 2-107 : Photographie dans la zone de front. a et b : *Dontrien (51).* c, d, e et f : *Saint-Hilaire- le-Petit (51).*
Photographies : A. Aras- Gaudry

• **Matériaux de la reconstruction**

À Auberive la date de construction 1924 est inscrite sur un bâtiment d'habitation (Figure 2 108, a). Il est composé de pierres meulières jointoyées au ciment. Les encadrements en briques cuites et de maçonnerie au ciment peinte en blanc. La présence d'un bow-window et la forme de la toiture se distingue des typologies aperçues sur le reste du territoire et témoigne d'un habitat dont le propriétaire cherche à se démarquer. À Saint-Martin-l'Heureux, une mairie école présente les mêmes matériaux de construction dans un style plus sobre (Figure 2-108, b). La date de construction affichée est de 1926. D'autres types de pierre sont également employés à la place de la pierre meulière (Figure 2-109, c, d). Il arrive également que les couleurs de ces matériaux laissent entièrement place au gris du ciment, aussi bien pour des hangars que pour des maison d'habitation (Figure 2-108, c, d). Le ciment est également très présent pour les murs de clôtures, sous forme de plaques ou d'enduit (Figure 2-109, c, d).

La physionomie des communes du front change radicalement. Les destructions ont laissé place aux bâtiments de la reconstruction. Les matériaux utilisés transforment les caractéristiques visuelles des rues (Figure 2-109, e).



Figure 2-108 : Bâtiment de la reconstruction.
a : *Prosnes (51). Bâtiment de 1924 (date indiquée sur la façade). Élévation en pierre meulière, encadrement brique cuite et pierre.* c : *Vaudesincourt (51). Bâtiment avec soubassement en pierre meulière et parpaing de ciment en élévation.* Photographies : A. Aras-Gaudry



Figure 2-109 : Bâtiments de la reconstruction. Photographies : A. Aras-Gaudry

II.3.2. L'apport des archives : omniprésence du carreau de terre avant-guerre

Suite aux destructions et dommages dus à la Première Guerre mondiale, les propriétaires ont constitué des dossiers afin de bénéficier d'indemnités pour la réparation ou la reconstruction de leurs biens. Ces dossiers, contiennent des descriptifs détaillés des dommages et nous informe sur les matériaux employés. La consultation de ces archives nous informe alors sur la typologie du bâti en zone rurale. Un peu plus d'un tiers des bâtiments étudiés correspondent à des bâtiments d'habitation. Ensuite, viennent principalement les granges et les écuries (Figure 2-110). Les bâtiments annexes sont nombreux en zone rurale.

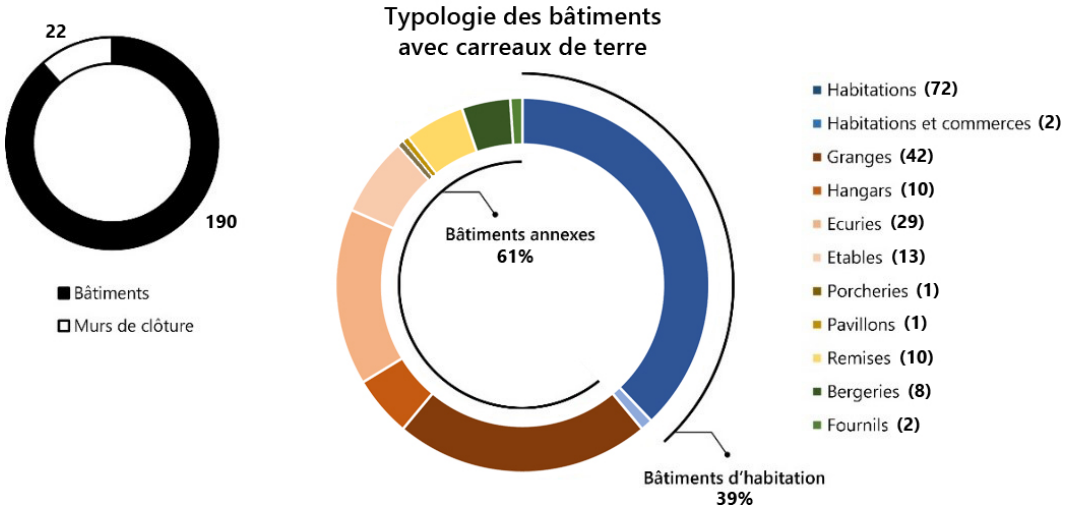


Figure 2-110 : Typologie des bâtiments relevés dans les archives

À Bétheniville le carreau de terre est présent dans 70 % des bâtiments. Ce chiffre semble élevé, alors qu'il représente le plus faible pourcentage sur les communes observées (Tableau 2-7). En effet le carreau compose plus de 80 % des constructions des autres communes. À Vaudesincourt, où aucun bâtiment n'a été repéré sur le terrain, l'ensemble des vingt bâtiments étudiés (six habitations et quatorze annexes) sont composés de carreaux de terre. Sur la totalité des 219 bâtiments analysés, 87 % (soient 190) recensent l'emploi du carreau de terre (Tableau 2-7).

La série 10 R révèle également l'emploi régulier d'un double parement dans la composition de certains murs. À Saint-Hilaire-le-Petit, 16 bâtiments sur les 35 consultés en contiennent (Tableau 2-7). Les carreaux de terre sont toujours utilisés en intérieur, tandis que le parement extérieur est soit en craie, soit en briques.

Tableau 2-7 : Synthèse de la présence des carreaux de terre présent dans les constructions et de mur double parement avec carreaux de terre en intérieur. D'après la consultation de la série 10 R des archives départementales.

	Série 10 R			Double parement			
	Bâtiments avec carreaux	Total bâtiments étudiés	Proportion	Habitation	Annexes	Mur	Total
Bétheniville	33	47	70%	2			**2**
Saint-Hilaire-le-Petit	30	35	86%	9	5	2	**16**
Saint-Martin-l'Heureux	14	17	82%		4		**4**
Dontrien	27	28	96%	2			**2**
Vaudesincourt	20	20	100%				**0**
Auberive	39	43	91%	3			**3**
Prosnes	27	29	93%				**0**
	190	**219**	**87%**	**16**	**9**	**2**	**27**

Parmi les bâtiments d'habitation, l'emploi de carreaux de terre seul pour les élévations (CDT, pour carreau de terre, sur la Figure 2-111) est plus faible en façade principale (33 %) qu'en façade arrière et mur pignon (respectivement 50 et 47 %). Les murs composés en élévation uniquement en craie ou en briques cuites représentent au total 25 % des façades principales, contre 12 % pour les autres (Figure 2-111). Cette différence pourrait faire penser que l'on favorise les matériaux plus résistants et plus nobles pour les façades principales, en cachant plus volontiers les carreaux de terre. Or l'emploi d'un double parement extérieur en craie ou en briques cuites, rendant le carreau de terre invisible, est supérieure pour les façades arrières et les murs pignons (24% dans chaque cas, contre 15 % pour les façades principales). Au total, 40 % des façades principales présentent des façades en craie ou en briques cuites, contre 36 % et 35 % pour les façades arrières et les murs pignons. La différence est relativement faible. Toutefois, il est possible que les façades employant du carreau de terre étaient enduites.

La tendance révélée par cette étude tend à démontrer que le carreau de terre est bien le matériau majoritaire dans l'élévation des bâtiments d'habitation.

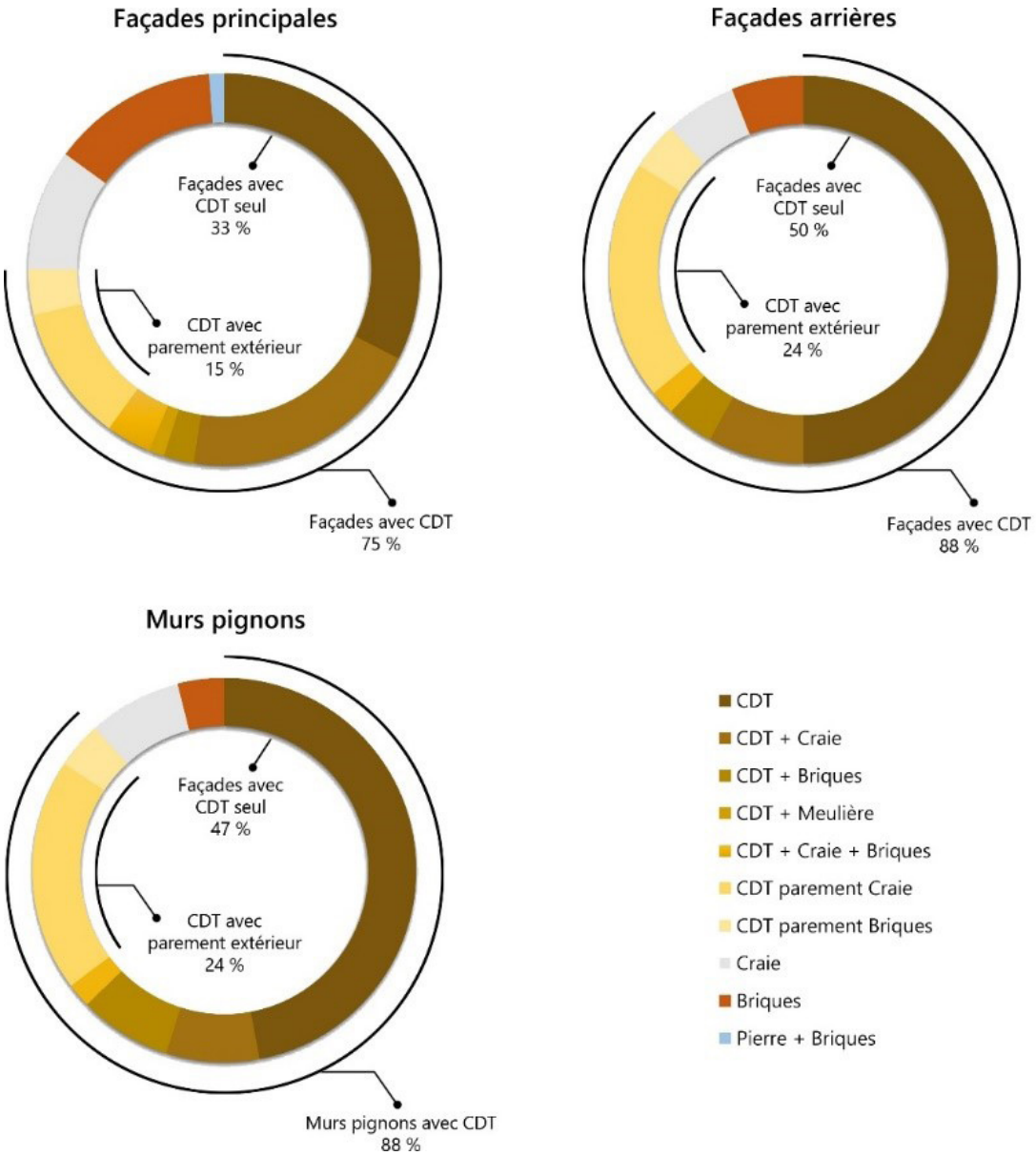


Figure 2-111 : Répartition des matériaux en fonction des façades des bâtiments d'habitation

Dans le prolongement des informations données par les ressources écrites, les photographies des archives, retranscrivent visuellement l'omniprésence du carreau de terre, pour les bâtiments des particuliers (Figure 2-112, a - d), mais également pour la mairie de Saint-Hilaire-le-Petit (Figure 2 112, e) ou une usine de tissage mécanique à Bétheniville (Figure 2-112, f).



Figure 2-112 : e : *Saint-Hilaire-le-Petit (51). Photo de la mairie qui présente des éléments en carreaux de terre.* f : *Usine de tissage mécanique rue Bourg-Neuf – Bétheniville (51).* Crédit : Archives départementales de la Marne - cotes 3 Fi 54/84

La consultation des dossiers de la série 10 R des dommages de guerre aux archives départementales et la consultation des photographies permet de confirmer que le carreau de terre était bien le matériau emblématique de ce territoire détruit. La guerre marquant alors la disparition d'un patrimoine locale spécifique et l'abandon de la brique de terre crue comme matériau de la reconstruction, faisant écho au constat établi pour la ville de Thillois (Scharffhaussen, 2019) et Sommepy (Collet, 2000). Cette forte présence en milieu rural interroge alors la place qu'a pu occuper ce matériau en zone urbaine.

II.3.3 Présence urbaine : cas de la ville de Reims au début du 20e siècle

> « À Reims par contre, dans la ville, la terre se cache. Elle est très souvent dissimulée par un enduit, et parfois la façade sur rue, la façade « noble » se trouve réalisé dans un autre matériau (pierre ou brique). En fait bien des gens ignorent qu'ils habitent des maisons en terre, ils pensent qu'elles sont en pierre calcaire très tendre ». (D Pidance et A. Le Balh, 1983)

• Répartition spatiale

La ville de Reims a été très grandement impactée par la première guerre mondiale (Figure 2-113), elle est détruite à environ 60 pourcents (Cochet, 1989)[20]. En 1914, 8 000 maisons sont détruites et 5 000 sont endommagées à des degrés divers, dont certaines devront être démolies car irréparables. Il ne reste que 1 000 maisons habitables rapidement (Potier, 2015). Quatorze dossiers de la série 10 R des archives départementales ont été consultés, pour un total de trois-cent onze parcelles réparties sur les 4 cantons de la ville. Les deux premiers cantons regroupent le secteur du centre-ville correspondant aux remparts du Bas Empire (4e siècle). Tandis que les 3e et 4e canton comprennent des parties de la ville « périphérique », qui s'est développée durant le 19e siècle.

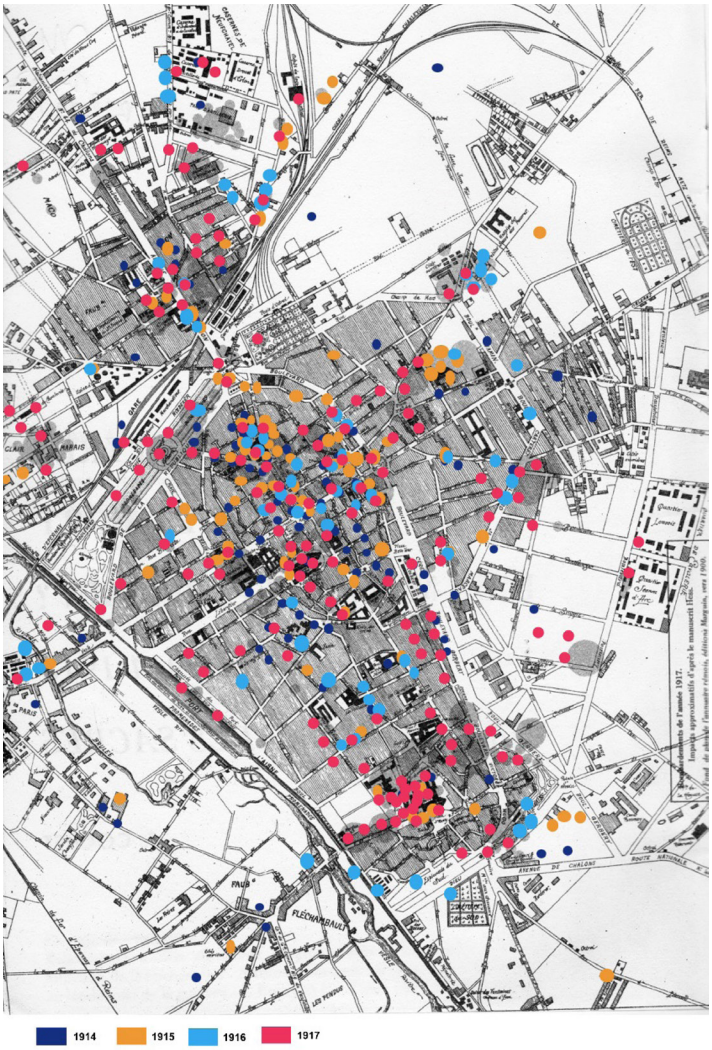


Figure 2-113 : Cartographie des bombardements sur Reims de 1914 à 1917 (Caillaut, 2017)

20 https://www.persee.fr/doc/xxs_0294-1759_1989_num_22_1_2141

Dans les deux premiers cantons, près d'un tiers des 152 parcelles étudiées contiennent des bâtiments composés de carreaux de terre (Tableau 2-8). Tandis que pour le troisième et quatrième canton, plus de la moitié des 159 parcelles en contiennent (Tableau 2-8). La tendance est de 44% sur l'ensemble de la ville. La répartition spatiale des parcelles est majoritaire dans les quartiers extérieurs aux anciens remparts du 14e siècle[21] (Figure 2-114). La majeure partie du bâti en carreaux de terre se trouve dans les quartiers construits au 19e siècle comme l'évoquait Michel (1912) lors de ses visites des habitats ouvriers.

Tableau 2-8 : Présence du carreau de terre sur les parcelles étudiées en fonction des cantons

	Mentionné	Non mentionné	Pourcentage
1er Canton	23	78	29%
2e Canton	25	74	34%
3e Canton	41	71	58%
4e Canton	48	88	55%
Total	**137**	**311**	**44%**

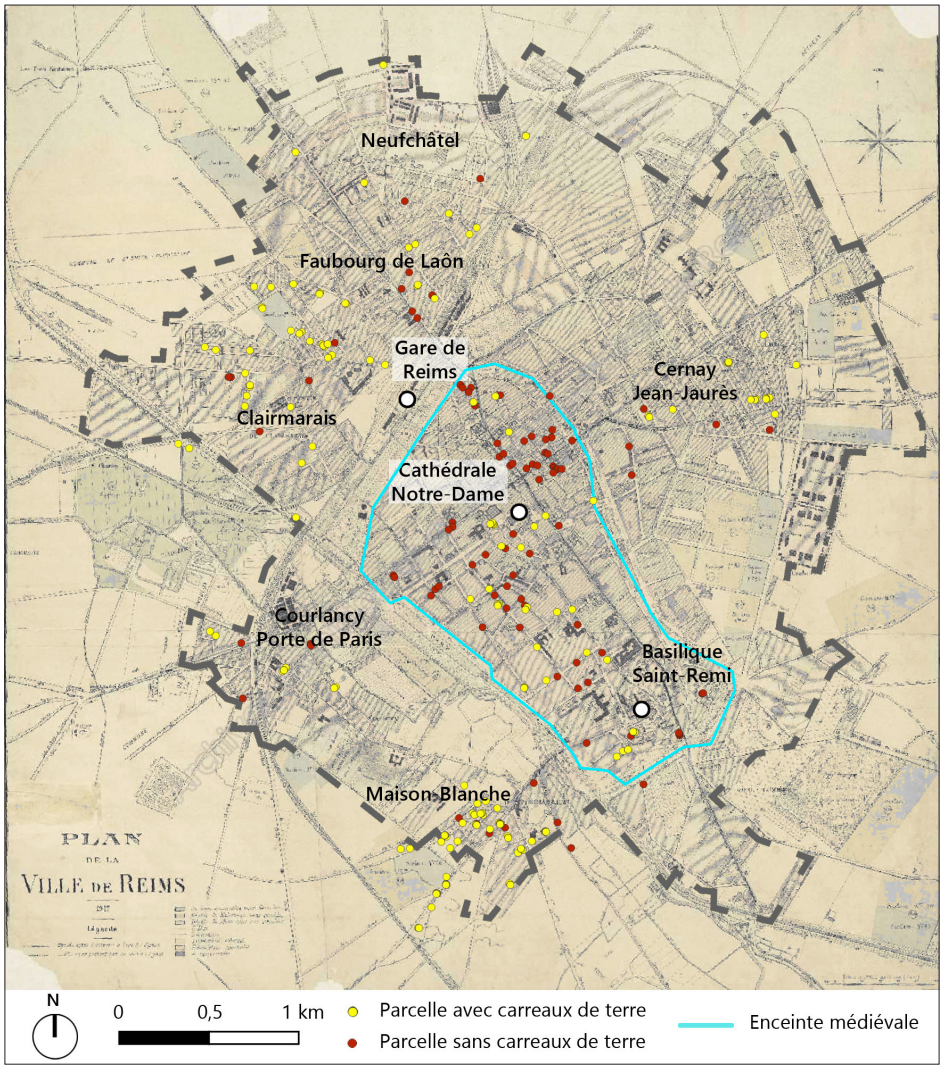


Figure 2-114 : Localisation des bâtiments composés de carreaux de terre sur le plan de la ville de Reims de 1914

21 Il existe une marge d'erreur dans la position des points relevés, les numéros de rue ayant changés depuis l'établissement des dossiers, mais cela reste assez précis pour représenter les quartiers concernés par les bâtiments

• Typologie du bâti en carreaux de terre à Reims en 1914

Le carreau de terre a massivement été employé par les ouvriers, notamment à travers l'auto-construction (Michel, 1912). Mais les archives révèlent deux exemples d'habitations qualifiées de « bourgeoises » employant ce matériau. Au 81 rue de Saint-Brice dans le quartier Clairmarais, le bâtiment construit en 1909 présente des briques cuites de Champigny en façade principale et arrière, tandis que les pignons sont en carreaux de terre. Au 20 rue Tronsson Ducoudray, en face de la cathédrale, la façade est en pierre de taille, les pignons en moellons, tandis que la façade arrière est en pans de bois hourdés en carreaux de terre. Le coût global de ces constructions, à travers l'emploi de la pierre de taille ou de la brique est plus élevé que celui de l'habitat ouvrier, mais le carreau de terre continue de jouer un rôle dans l'économie globale de la construction en étant employé dans les parties non visibles.

Parmi les parcelles étudiées, on dénombre 45 murs de clôtures et 165 bâtiments avec des carreaux de terre répartis sur les 311 parcelles. 82 % des bâtiments sont des logements, les autres représentant les annexes : appentis, atelier, hangar, etc. La hauteur des bâtiments d'habitation varie du simple rez-de-chaussée au R+2 avec comble. Aucun bâtiment plus haut n'a été repéré. Nous notons toutefois l'emploi de carreaux de terre pour une chapelle et un bâtiment d'usine dont nous n'avons pas les hauteurs. L' existence d'un bâtiment d'usine en carreaux de terre renvoie à celui évoqué au chapitre 1, ce qui pourrait supposer un emploi régulier pour ce type de bâtiments également.

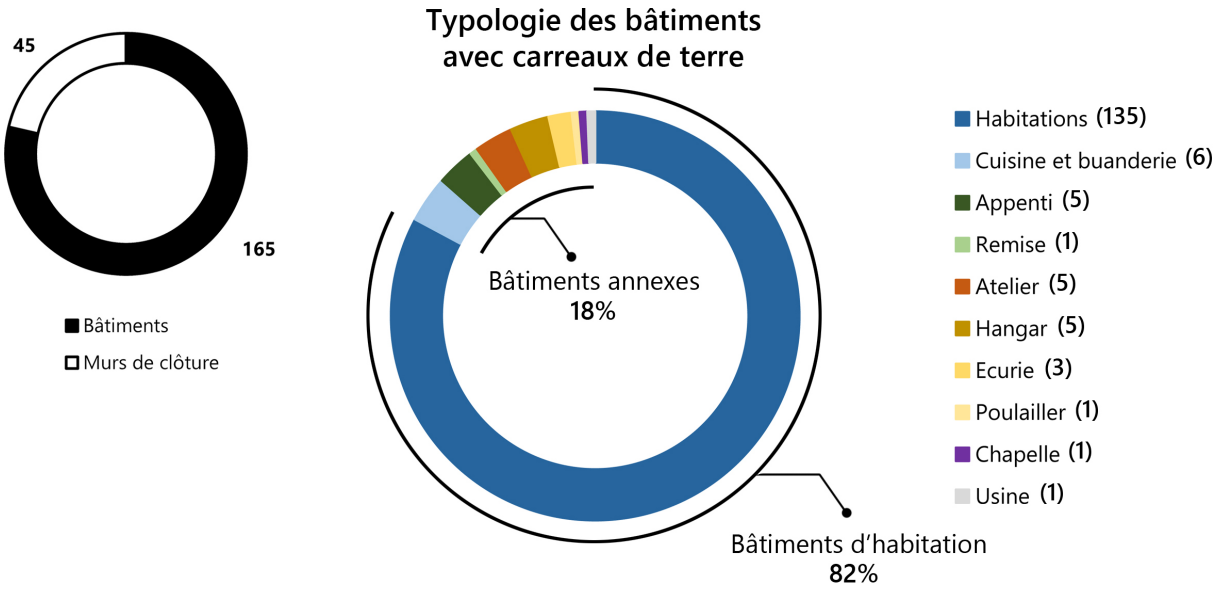


Figure 2-115 : Typologie des bâtiments relevés dans les archives pour la ville de Reims

• **Le carreau par les images d'archive**

Les photographies d'archive rendent à nouveau visible ce patrimoine où le carreau de terre composait les élévations de bâtiments d'habitation de différentes taille (Figure 2-116, a - f), mitoyens ou isolés, mais également la scierie Renneville rue Prieur de la Marne dans le quartier Jean-Jaurès (Figure 2-116, g).



Figure 2-116 : Images d'archives de bâtiments en carreaux de terre détruits durant la Première Guerre mondiale.

Le cas de la ville de Reims est notable. La présence aussi grande du carreau de terre dans les constructions permet une nouvelle compréhension historique de la fabrique de la ville et de son territoire, aussi bien d'un point de vue social, à travers l'organisation nécessaire à sa fabrication, sa mise en œuvre et son entretien, que matériel, à travers l'emploi d'une ressource locale.

II.4. Approche sensible du travail de terrain.

Le travail de terrain s'est développé sur le temps long, à travers un travail d'attention. Le temps et l'attention apportent de l'épaisseur à la relation à l'objet d'étude. Le sujet étudié passe alors de l'état d'objet à l'état de chose. Ce changement de statut est défini par Denis et Pontille (2022, p.23) de la manière suivante : « Avec les choses, les matériaux se mettent à compter ». Les auteurs s'appuient notamment sur la distinction proposée par Bruno Latour (1999, dans Denis et Pontille, 2022)) :

> « En d'autres termes, les objets rassemblent ce qui est utilisé sans être questionné, de manière quasi transparente. On ne s'inquiète pas pour eux. Ils relèvent de ce que Bruno Latour, qui propose une distinction similaire, appelle des « matters of fact ». Ce que sont et deviennent les choses en revanche, est au cœur de préoccupations multiples. Elles sont des « matters of concern ». Les choses nécessitent que l'on en prenne soin pour continuer d'exister ». (Denis et Pontille, 2022, p.23).

Ce lien qui se crée renouvelle le regard. Dès lors, des questions naissent, donnant d'autres perspectives sur le sujet d'étude. Nous proposons de montrer que cette approche sensible du sujet étudié, donne accès à des dimensions essentielles sur les problématiques et les enjeux soulevés par le sujet étudié.

Ce propos est développé en deux parties : La première concerne le suivi du parcours des carreaux de terre après démolition (fin de vie), permettant de comprendre le cycle, ou plutôt le parcours linéaire, qui existe aujourd'hui dans le monde de la construction en terre crue en Champagne. Cette trajectoire permet de mettre en lumière des questionnements autour des notions de déchet et de ressource. La seconde concerne le rapport à l'image à travers la photographie. Questionnant le double rôle de celle- ci, en tant que document et œuvre (Bertho, 2013).

II.4.1. Trajectoire de fin de vie : étude de cas

> En effet, collecter, c'est aussi sauver de la destruction et de l'oubli des matériaux qui portent une protestation sourde contre l'Homo detritus ; c'est les exposer au grand jour pour les faire luire d'un sens nouveau. A chaque matériau sacrifié sur l'autel de la productivité, du progrès ou du confort, la collecte offre une seconde chance : non pas seulement de reprendre fidèlement du service, mais avant tout de témoigner au tribunal de la construction du gâchis et de la violence de nos pratiques » (Simay, 2024, p.96)

Lors des sorties de terrain, il est arrivé plusieurs fois de tomber sur des travaux de démolition du patrimoine en carreaux de terre. Dans l'étude menée par Denis et Pontille (2022) sur le travail de la maintenance, il est évoqué qu'avec le développement de l'attention, il est possible de percevoir le « devenir préoccupant » des choses. L' attention portée aux carreaux de terre face à des chantiers de démolition (Figure 2-117), a fini par soulever la question du devenir de ce matériau. Ce devenir de la matière qui se situe au cœur des réflexions sur la valorisation possible des déchets dans le secteur du bâtiment.



Figure 2-117 **:** a : *Pomacle, rue du coin Colbert. Démolition d'une grange à Pomacle.* b : *Reims, rue de la maison Blanche. Démolition par l'entreprise Vieillard d'une ancienne maison. L'ensemble des carreaux de terre est évacué par camion hors du site.* c : *Reims, ZAC du Port Colbert. Démolition du mur de clôture. L'entreprise Viellard est en charge de l'acheminement des carreaux de terre sur le site d'Eurovia.*

L' étude de cas présentée concerne un chantier situé à Reims au niveau de la ZAC du Port Colbert, dans le quartier Clairmarais. Les travaux de démolition et terrassement sont effectués par l'entreprise Viellard, une entreprise locale. Dans le cadre du suivi de la matière jusqu'au site de stockage et de tri, un entretien a été mené avec M. Bernard, directeur de travaux dans l'entreprise, qui nous a décrit le fonctionnement de la plateforme d'Eurovia et le cheminement des carreaux de terre lors des travaux de démolition.

• ZAC du Port Colbert

Le projet de la ZAC du Port Colbert a pour objectif la reconversion de ces anciens sites industriels localisés le long du canal de la Vesle, dans le quartier Clairmairais (Figure 2-118). Le chantier étudié se situe sur l'ancien site des Magasins Généraux qui accueillera à terme un programme mixte composé notamment de logements, et de deux écoles d'enseignement supérieur (Néoma, école de commerce et management et l'ESAD de Reims, école d'art et de design).

• Quantité de matière

C'est la démolition du mur de clôture en carreaux de terre qui est mis en lumière dans ce paragraphe. Il représentait environ 330 mètres linéaires pour 2 mètres de hauteur et 40 cm de largeur, soit environ 264 m3 de matériaux représentant environ 400 tonnes de matières et une estimation de 60 000 carreaux de terre. Ce volume peut sembler négligeable si l'on prend en compte les flux de matières en jeu dans ce type de projet (par exemple le terre excavée pour la réalisation des parkings). À titre de comparaison, cette quantité de briques crues représente la production de deux années pour la briqueterie solidaire EMMAÜS TERRE de Chevaigné en Bretagne. Cette briqueterie fournie les artisans maçon·nes des alentours, permettant de réaliser la rénovation du patrimoine, mais également d'alimenter la construction neuve et emploie deux salariés permettant l'activité de 6 compagnons.

• Parcours et fin de vie

Une fois le mur mis à terre, les carreaux de terre sont déposés dans un camion benne à l'aide d'une pelleteuse (Figure 2-119, a). Ensuite, ils sont acheminés sur la plateforme de tri que l'entreprise possède avec Eurovia (Figure 2-119, b) . Sur ce site, les déchets sont triés et recyclés pour être réemployés principalement pour des travaux de voirie. Parmi les tas triés, les carreaux sont déposés au niveau des déblais terreux brut – inerte (Figure 2-120). C'est le seul tas pour lequel il n'y a pas de réutilisation prévue. La future destination de cette matière servira de remblai dans une carrière à Berru, située une dizaine de kilomètres plus loin. La terre sera de nouveau déplacée, consommant de l'énergie de transport.

La terre a pourtant la potentialité de rentrer dans le cadre d'une économie circulaire, sans passer par la case déchet. Ce concept est appelé « du berceau au berceau » (McDonough et Braungart, 2011). Mais aujourd'hui la terre suit régulièrement le parcours linéaire de la matière « du berceau à la tombe ».

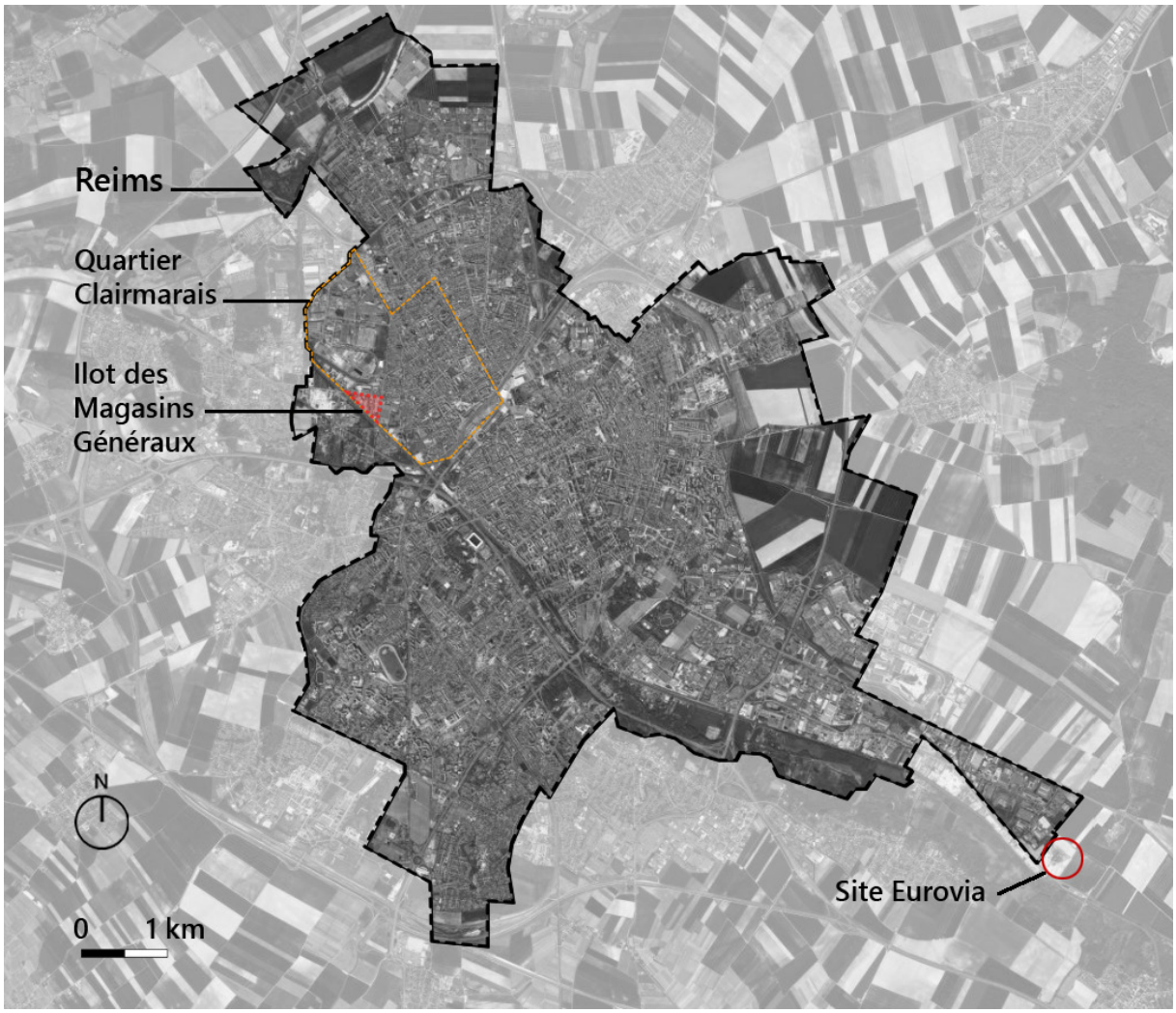


Figure 2-118 : Localisation de l'Îlot des Magasins Généraux appartenant à la ZAC du Port Colbert, dans la ville de Reims. Le site de valorisation des déchets (Eurovia) se situe à une quinzaine de kilomètres.



Figure 2-119 : Tajetctoire de la matière. a : *Îlot des Magasins Généraux. Pelleteuse prête à récupérer les carreaux de terre, avant de la mettre dans un camion-benne pour être acheminé sur le site d'Eurovia.*
b : *Plateforme de stockage d'Eurovia. Au premier plan le pont pour la pesée. En arrière-plan les zones de stockage en fonction de la matière.*

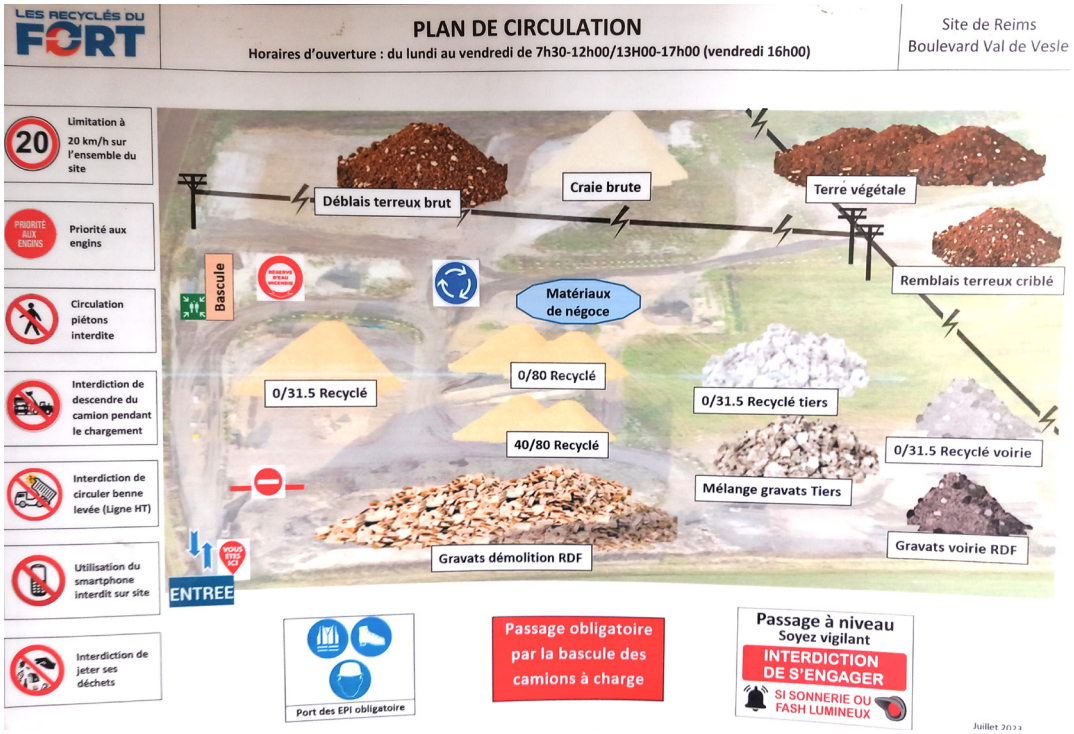


Figure 2-120 : Plan de zonage du stockage des matériaux sur le site d'Eurovia.

• Une autre fin de vie possible : Récupération (glanage) des carreaux de terre

En parallèle de cette étude de cas, une petite quantité de carreaux a été récupérée afin de les mettre en œuvre avec l'association Des Idées Plein La Terre sur le site de l'association Les Bons Restes, en face du chantier de démolition. Le but est de montrer le potentiel de réemploi de ce matériau lorsqu'il est considéré. La récupération des carreaux est comparable à ce qui est en jeu dans le documentaire réalisé par Agnès Varda « les Glaneurs et la Glaneuse » (2000). Dans ce film, Agnès Varda interroge l'opulence de nos sociétés, à travers différentes personnes qui pratiquent le glanage aussi bien à la ville qu'à la campagne. Ces personnes se baissent pour ramasser les restes des récoltes encore consommables, fruits et légumes, qui sont laissés de côté, prêt à être jetés. Le titre du film fait référence au tableau de Jean-François Millet « Les glaneuses ». Se baisser pour ramasser les carreaux de terre, à l'instar des denrées alimentaires hors calibres qui sont délaissés, fait écho et renvoie à cette quantité de matière non considérée et donc gâchée par le monde du bâtiment (Figure 2-121).



Figure 2-121 : Représentation de ceuillettes
a : *Des glaneuse, peinture de Jean-François Millet réalisée en 1857* ; b et c : *Extrait du film «Les glaneurs et la glaneuse» d'A. Varda ;* d : Récupération des carreaux de terre sur le site de démolition de la ZAC du Port Colbert.

« L'architecture de cueillette n'est pas une alternative à la construction neuve, elle n'est pas vouée à répondre à la demande générale de logements. Ce qui est en jeu, plutôt, c'est l'expérience de l'écart, le pas de côté hors de l'architecture de production pour redécouvrir ce que peut être une architecture de subsistance située dans les marges de l'ordre marchand. Se baisser pour glaner, çà et là, les matériaux de construction voués à un gâchis inacceptable. Se baisser sans s'abaisser, pour réparer et reconstruire ce qui doit l'être » Simay, 2024, p.99

Cette étude de cas pose alors question. L' une des ambitions du grand Reims et de la ville de Reims pour la construction de ce quartier concerne la qualité de l'architecture [22] . Que penser alors de la construction neuve d'un quartier à majorité de béton et briques cruites (Figure 2-122, a) , sans référence à la culture constructive locale, tandis que le matériau qui la caractérise, est évacué sans considération (la terre d'excavation n'est pas non plus considérée). Nous voyons ici à travers deux parcours différents (Figure 2-122, b, c), la manière dont un même matériau peut être pris en compte.



Figure 2-122 : Trajectoires opposées. a : Construction neuve avec structure en béton et briques cuites. b : Photographie du tas dit des «déblais terreux brut» où sont déchargés les carreaux de terre. Ce tas n'est pas valorisé et sera acheminé plus tard sur un autre site de remblais. c : Réalisation de bancs au local Les Bons Restes, avec les carreaux de terre de démolition du mur. Soubassement avec des pavés de récupération.

22 https://www.reims.fr/qualite-de-vie-environnement/travaux-urbanisme/amenagements-du-port-colbert

Afin de faciliter la transition environnementale et sociétale, le secteur du BTP cherche à valoriser ses déchets produits, à travers une démarche d'économie circulaire. Pour ce faire la prévention des déchets est primordiale. Ce champ entre dans les questions posées par le métabolisme urbain (Barles, 2002). En ce sens le réemploi permet de prolonger la durée de vie du matériau. « A l'heure actuelle, seulement 1% de ces matériaux sont réemployés. Bien qu'un nombre important de ces éléments soient techniquement réemployables ou réutilisables, ils finissent encore trop souvent par être recyclés voire mis en décharge. Le résultat se traduit par un impact environnemental élevé et une perte nette de valeur économique » (Ghyoot &Topalov, 2022). En dehors du recyclage et des matériaux de construction, on retrouve l'extraction intérieure inutilisée, correspondant aux flux de matière que l'on va déplacer tel les déblais. Or ce flux est très important (Barles, 2017). La nécessité de traiter de manière concomitante l'approvisionnement urbain en matériaux et la gestion des déchets produit par la ville, demande des changements de pratiques en transformant les différents maillons des filières existantes de gestion des matériaux de chantier (Bastin, 2022). Dans ce cadre la terre crue a une place toute particulière, car elle représente la moitié des déchets produits par le BTP tout en étant un matériau réutilisable à l'infini, ce qui permettrait de substituer « des matières secondaires, c'est-à-dire issue de la valorisation, à des matières primaires » (Bastin, 2022).

II.4.2. Photographie de terrain : mêler l'approche sensible au travail documentaire du patrimoine

> « La présence conjointe du chercheur et du photographe sur le terrain, face à l'objet à photographier, constitue le cadre irremplaçable d'un dialogue fructueux. La conjugaison de leurs compétences complémentaires et de leurs deux regards, le premier scientifique et le second plastique, enrichit immanquablement le résultat »
> Duahau, 2008

II.4.2.1. La photographie et le patrimoine

La photographie et la notion de patrimoine sont très liées. Elles se développent toutes deux durant le 19e siècle et le caractère documentaire de la photographie est mis en avant dès 1839 par François Arago lors de son discours à la Chambre des députés du 3 juillet. « L' image photographique devint ainsi dès l'origine un outil privilégié de représentation du patrimoine » (Bertho, 2013).

La description des sujets d'étude par les archéologues et les historiens de l'art ont pendant longtemps été effectuée par le texte et quelques dessins (Pérouse de Montclos, 2013). Le texte avait alors la place centrale dans l'analyse et la transcription de l'œuvre. L' utilisation croissante de la photographie a redéfini la place du texte sans toutefois retirer son intérêt et sa fonction heuristique. L' inventaire général est créé avec le décret du 4 mars 1964 par André Malraux, sur la proposition d'André Chastel et Louis Grodecki (Meyer, 2008). Cet inventaire « recense, étudie et fait connaître les éléments du patrimoine qui présentent un intérêt culturel, historique ou scientifique » (art. 95 de la loi n°2004-809 du 13 août 2004). La photographie y prend une part non négligeable, « support majeur de la description, à égalité avec le texte » (Auduc, 2013), et instaure un dialogue entre photographes et spécialistes du patrimoine (Bertho, 2013).

En aval du travail de terrain, la photographie permet une confrontation directe des images de bâtiments ne se trouvant pas sur le même territoire, et instaure un dialogue. Jouant sur les différences et les ressemblances. A l'image du travail de Bernd et Hilla Becher qui commence dans les années soixante et relance le style documentaire en réalisant un inventaire du bâti industriel du 19e et 20e siècle en Europe. Par la présentation en série, ce travail transforme la photo d'archive en travail conceptuel par la présentation en série (Duhau, 2008).

II.4.2.2. L'exemple contemporain du projet d'Atlas des Régions Naturelles

L' Atlas des Régions Naturelles est un travail photographique réalisé par Eric Tabuchi et Nelly Monnier (Figure 2-123), dont le but est de réaliser cinquante prises de vues dans chaque région naturelle de France, soit environ 25 000 photographies. La focal n'est pas sur des architectures remarquables, mais des architectures « ordinaires » ou « communes », « c'est-à-dire fréquentées quotidiennement, qui structurent le paysage habituel des habitants d'un territoire » (Berthot, 2019). Ce projet s'insère dans la lignée de la tradition française qui établit un lien entre la représentation du territoire et la représentation photographique, dont l'origine s'établit avec la Mission de la DATAR (1984-1988). Il s'agit là d'une expérience du territoire vécu, dans le temps long.



Figure 2-123 : 16 maisons individuelles, Atlas des Régions Naturelles, 2018. Photographie : Éric Tabuchi

II.4.2.3. Approche sensible photographique du travail de thèse

• Mise en série des photographies de terrain

La mise en série permet le dialogue entre des architectures qui ne peuvent se voir d'un seul regard sur le terrain. Ces bâtiments sont parfois éloignés de plus de cent kilomètres. Se révèle un jeu de ressemblance et de différences. Le montage proposé, à l'image des projets présentés, joue de cette dialectique (Figure 2-124). Dans ce dialogue, une thématique réunit l'ensemble: le carreau de terre. Des crêtes préardennaises à la plaine de Troyes, en passant par la plaine champenoise. Par cette mise en perspective, c'est la richesse de ce patrimoine qui s'offre au regard, à travers le phénomène « d'estrangement » définit par Bertho (2019) comme suit : « une façon de « défamiliairiser » ces paysages et architectures ordinaires, de les mettre à distance par l'opération de prise de vue et d'exposition qui permet ainsi de les reconsidérer dans leurs spécificités ».



Figure 2-124 : Mise en série de photos du patrimoine en carreaux de terre. Photographies : A. Aras-Gaudry.



Figure 2-125 : Les différentes typologies et mises en œuvre du carreau de terre en Champagne et ses marges. Photographies : A. Aras-Gaudry.

• Partenariat photographique : chercheur- photographe

La rencontre de Lali Corevetti, photographe rémoise, s'est faite autour de la photo d'un bâtiment breton qu'elle exposait lors d'un évènement (Figure 2-126). Ce bâtiment typique de l'architecture vernaculaire bretonne, nous a donné envie de donner une place à l'architecture en carreaux de terre, jamais représentée.

La volonté est de laisser libre cours à un regard extérieur. Les photos prises dans le cadre de cet échange ne suivent donc pas les prescriptions photographiques propres à ce qui a été mis en place dans le cadre de l'Inventaire, et fait le choix de mettre en avant la dimension artistique à l'instar du projet « Archivio dello Spazio » présenté par Roberta Valtorta, sur le travail d'inventaire du patrimoine architectural dans la province de Milan durant les années quatre-vingt-dix (Bertho, 2013). La représentation du bâti en carreaux de terre y est centrale, mais la volonté est bien de considérer ce travail comme document et comme œuvre (Valtorta, 2013). Les photos présentées proposent différentes échelles : la rue (Figure 2-130), le bâtiment (Figure 2-131), le détail d'un élément d'architecture (Figure 2-132) et le détail d'un carreau (Figure 2-133). La dernière place le carreau en arrière-plan, comme élément de décor (Figure 2-134).



Figure 2-126 : «Travaux en cours». Bretagne, France, 2023. Photographie : Lali Corevetti

Cette perte d'objectivité de la photographie d'archive, permet une approche complémentaire, plus sensible. Un regard situé qui renforce la richesse et le spectre de la représentation du patrimoine, favorisant l'imaginaire et le récit, tout en nous informant sur ces architectures. Car au-delà de l'aspect esthétique, ces images nous renseignent sur les objets photographiés : l'organisation spatiale d'un village, la maintenance apportée aux bâtiments, leurs typologies, la présence d'autres matériaux pour les soubassements, les baies, les chainages d'angle et la toiture, ou bien la composition de la matière employée.



Figure 2-127 : Ambonnay, rue de la musique. La présence du carreau de terre y est visible à tous les plans : façade, pignons, murs de clôture. Photographie : Lali Corevetti



Figure 2-128 : Villers-aux-Nœuds, impasse Brochet. Couverture en tuiles mécaniques. Soubassement enduit au ciment. Baies et angles en briques cuites. Façade en carreaux de terre. Photographie : Lali Corevetti



Figure 2-129 : Détail d'une façade. Montant et jambage en bois. Appui de fenêtre repris en tuiles et mortier de ciment. Enduit dégradé laissant apparaitre les carreaux de terre. Photographie : Lali Corevetti



Figure 2-130 : Détail de composition d'un carreau de terre. Incrustation de nombreux éléments de tailles et couleurs variées. Photographie : Lali Corevetti



Figure 2-131 : Premier plan : végétal avec noisetier. Centre de l'image : Ancien tonneau en métal rouillé reconverti en barbecue. Arrière-plan : Mur en carreaux de terre avec joints beurrés. Chaque plan joue sur des couleurs différentes. Photographie : Lali Corevetti

II.5. Conclusion partie 2 : révéler l'invu et le disparu comme point de départ d'une dynamique territoriale

Le travail de terrain révèle l'omniprésence encore actuelle du carreau de terre dans la construction sur une large part du territoire de la Champagne et ses alentours, aussi bien en milieu rural qu'urbain (Châlons-en-Champagne, Épernay, Reims et Troyes). Des bâtiments composés de carreaux de terre sont confirmés dans 486 communes, répartis sur 6 départements, de manière très variée (1 commune pour l'Yonne contre 264 pour la Marne).

Le travail de cartographie confirme la centralité de ce patrimoine en Champagne Crayeuse, au niveau du Crétacé supérieur et de ses vallées alluviales. Quelques exceptions se retrouvent dans la partie nord au niveau des crêtes préardennaises et dans la partie sud sur la plaine de Brienne et l'échancrure de la Seine en dessous de la plaine de Troyes.

La majeure partie de ce patrimoine est réalisé en maçonnerie porteuse, tandis que sur la partie est, la technique en remplissage de pans de bois fait le lien avec la technique du torchis qui se déploie en Champagne humide. Ceci démontre une dynamique dans la diffusion des savoir-faire jusqu'au début du 20e siècle. De plus, l'ensemble des typologies sont concernées, comme les bâtiments d'habitation, les granges, les écoles, mais également des usines, ce qui est tout à fait remarquable et mérite d'être regardé plus attentivement.

En dehors du torchis connu et très présent à l'est de la zone d'étude, d'autres techniques de construction en terre ont été repérées : deux bâtiments en pisé (Aube et Marne), du damier (Seine-et- Marne), mais surtout la technique de la bauge sur le territoire de la Bassée, le long de la vallée de la Seine, dans 17 communes. Quelques bâtiments ont également été repérés après les sorties de terrain au niveau des marais de la Souche (Aisne). Ces découvertes démontrent qu'une grande partie du patrimoine en terre reste à découvrir.

Le bâti vernaculaire offre une diversité de combinaison de matériaux et de techniques constructives au sein des mêmes bâtiments à travers des mises en œuvre différentes selon les territoires et les géo- bioressources locales (bois, pierres et terre cuites) démontrant le savoir-faire des bâtisseurs.

Les carreaux de terre localisés sur le plateau calcaire sont composés majoritairement de fragments de craie, sous forme de crayon ou de graveluche. Mais sa présence sur des terrains géologiques différents révèle des variantes le long des vallées alluviales et sur les crêtes préardennaises. Une diversité qui n'était pas encore révélée.

La Première Guerre mondiale a fait disparaître une grande partie du patrimoine sur les communes situées sur la zone de front. Mais l'étude des archives départementales de la Marne concernant les dommages de guerre révèle une tendance de la présence du carreau de terre dans près de 90 % des bâtiments. À Reims, ce sont 44 % des parcelles qui seraient concernées. Ceci renouvelle l'histoire de la fabrique de la ville et de ses alentours.

Malgré son omniprésence, le carreau de terre n'est pas toujours visible. Soit il est recouvert d'un enduit qui le protège, mais le cache également, soit il est employé en façade arrière, mur pignon ou en double-parement, côté intérieur, laissant la façade principale à des matériaux plus nobles, telles la pierre ou la brique cuite. Toutefois, sur certains bâtiments il est assumé dans une composition soignée avec d'autres matériaux.

Les savoir-faire liés à ce patrimoine ont disparu avec l'avènement des matériaux industrialisés. Ce qui a pour conséquence que les particuliers et les entreprises n'ont plus les connaissances

nécessaires à l'entretien des constructions en terre. Ceci se traduit aujourd'hui par le développement de pathologies qui dans certains cas mènent à la ruine des constructions.

Enfin, nous avons vu que le développement d'une approche sensible à l'objet d'étude permet de soulever de nouvelles problématiques, notamment sur la fin de vie du matériau et la question des ressources, ainsi que d'explorer de nouvelles manières de transmettre les éléments de recherche en participant à l'enrichissement de sa représentation, ici à travers le travail photographique.

À partir de la diversité révélée par le travail de terrain, nous prolongeons cette recherche sur les carreaux de terre dans le chapitre suivant à travers un travail de laboratoire, afin de développer les connaissances sur les aspects physiques du matériau en tant qu'élément de construction.

III. CARACTÉRISATION ET CARACTÉRISTIQUES DES CARREAUX DE TERRE

« Les défis encore ouverts sont la nécessité de préserver la variété des matériaux, des techniques et de l'architecture en terre, car c'est un moyen de minimiser l'impact sur l'environnement et d'assurer une optimisation possible des constructions. »

Fabbri et al. (2021)

Cette partie présente le travail d'analyse en laboratoire d'échantillons de carreaux de terre, prélevés sur différents sites du secteur d'étude, afin de révéler la diversité des ressources employées. Dans le prolongement du travail de terrain, l'objectif est ici de présenter les caractéristiques des géomatériaux (sols et sous-sols) utilisés pour la fabrication des carreaux de terre champenois, ainsi que les comportements mécaniques et hygrothermiques de ces éléments.

Ce travail a bénéficié d'une collaboration avec le laboratoire ITHEMM[1] (URCA), dont les résultats ont fait l'objet de plusieurs publications communes (Polidori et al, 2024, 2025a, 2025b, 2025c). Dans le texte ci- après, la répartition des analyses effectuées en fonction des personnes impliquées est spécifiée.

III.1. Méthodes d'analyse des carreaux de terre en laboratoire

La cartographie du patrimoine en carreaux de terre en lien avec la géologie et l'observation macroscopique laissent présager d'une diversité de matériaux employés pour la fabrication de ces carreaux. De plus, deux types de mise en œuvre des carreaux de terre sont observées : porteurs ou remplissage de pans de bois.

Aujourd'hui il n'existe pas de normalisations partagées par la communauté scientifique sur les tests à mener pour caractériser la matière ou le matériau (Fabbri et al., 2021). Afin de ne pas apporter plus de confusion sur les pratiques de laboratoire, nos tests se sont basés sur l'état de l'art effectué par le comité technique de la RILEM TC 274-TCE (Fabbri et al. 2022b).

L' objectif de cette étude est de décrire la variété des matériaux employés sur le territoire champenois, qui présente la particularité de détenir des sols rayeux très riches en carbonates. Ce travail propose également une première caractérisation des comportements mécaniques et hygrothermiques des carreaux de terre utilisés de manière structurelle ou en tant qu'éléments de remplissage.

III.1.1. Choix des carreaux de terre et sites de prélèvement

Dans un premier temps, des sites potentiels de prélèvement ont été sélectionnés :

- Il n'était pas envisageable que les prélèvements entrainent des travaux sur des bâtiments en fonctionnement ou en bon état de conservation. Lors des sorties de terrain, les bâtiments en ruine ou en état de dégradation avancée (Figure 3-1) ont été renseignés sur la tablette, afin de les répertorier dans la base de données et de les localiser dans le logiciel de Système d'Information Géographique Qgis. Les prélèvements dans ce type de bâtiments, ne modifiant pas leur fonctionnement et n'entrainant pas de travaux supplémentaires pour les propriétaires, permettent un accès simplifié, plus rapide et plus économique aux carreaux de terre ;
- Une première sélection a été effectuée afin d'obtenir une variété des provenances selon la géologie et la situation géographique (vallée, plateau, côte...) du site de prélèvement potentiel;
- Les mairies des communes concernées ont été contactées, afin d'obtenir le contact des propriétaires des bâtiments.

Dans un second temps, c'est l'accord des propriétaires, qui a guidé la sélection. Au total, des échantillons ont été récupérés sur une vingtaine de sites (Figure 3-2 et Figure 3-3) au sein d'une

1 Le laboratoire ITHEMM, de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, mène des activités de recherche à travers des approches pluridisciplinaires dans les domaines suivants : matériaux, mécanique, thermique et énergétique.

quarantaine envisagée. Cette campagne de prélèvement a par ailleurs permis de mesurer les dimensions de ces carreaux de terre, ainsi que de réaliser des analyses plus poussées sur une seconde sélection.



Figure 3-1 : Bâtiments en ruine ou en état de dégradation avancée.
a : *Puisieux (08),*
b : *Marson (51),*
c : *Thibie (Marne),*
d : *Jâlons (51),*
e : *Maisons-en-Champagne (51),*
f : *Rosson (10).*
Photographies : Adrien Aras-Gaudry

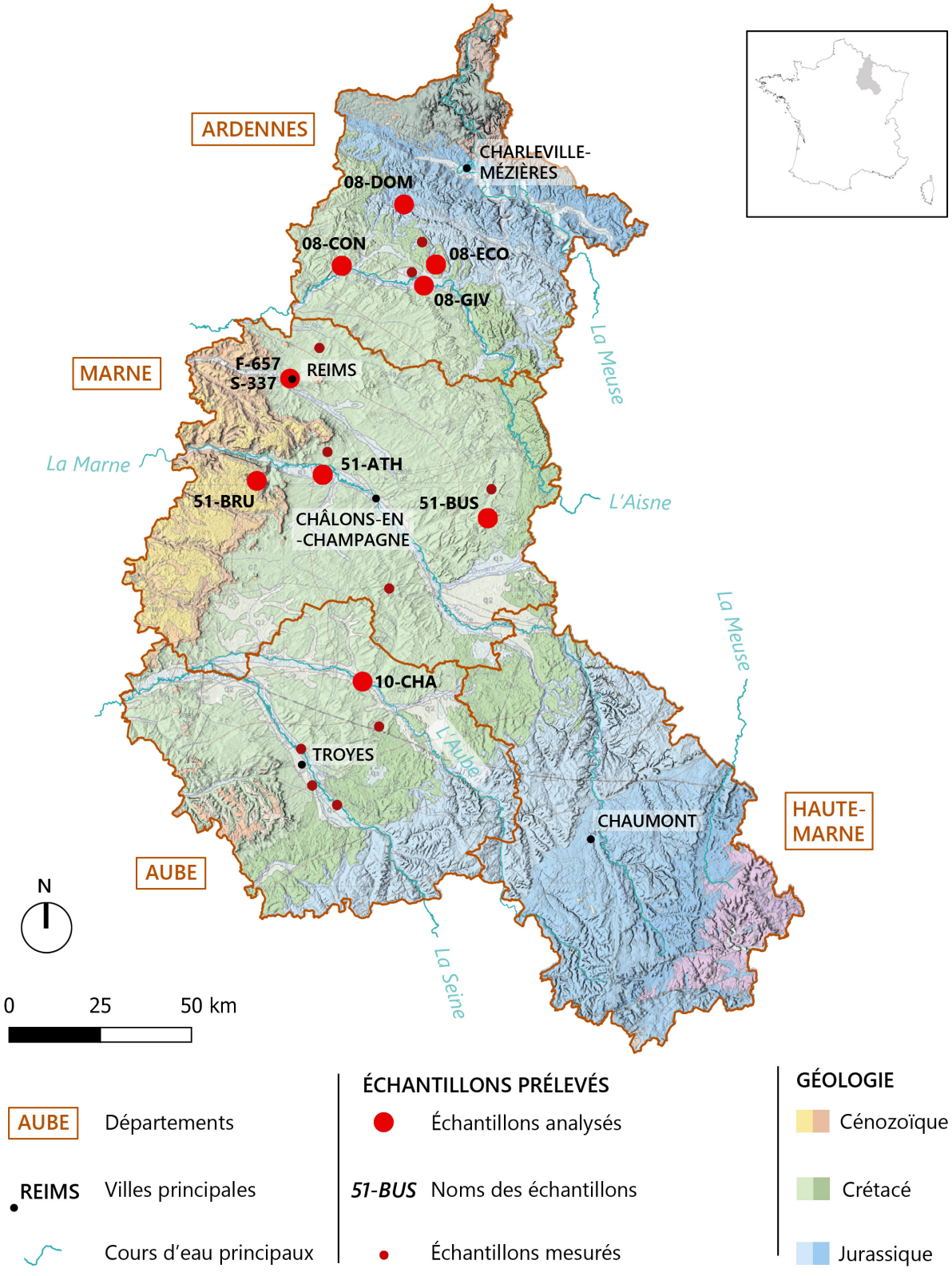


Figure 3-2 : Localisation des sites de prélèvement des échantillons. Fond de plan relief BD Alti et carte géologique du BRGM.



Figure 3-3 : Une partie des carreaux prélevés : ici des carreaux de terre provenant de 11 sites d'extraction sur les 21. Nous observons sur l'image la diversité de dimensions et de teintes des éléments. Le carreau provenant de Chaudrey (10) est facilement identifiable avec sa dent creuse pour emboitement dans le liteau de la structure en pan de bois. Photographie : Adrien Aras-Gaudry

III.1.1.1. Récupération et stockage des carreaux

La récupération des échantillons se réalise sur site, à l'aide d'outils simples : une massette et un burin (Figure 3-4, a). La première étape consiste à gratter dans le mortier, afin de pouvoir dégager la brique en la fragilisant le moins possible. Ensuite les briques sont transportées dans le coffre du véhicule protégé par du papier bulle et une bâche. L' objectif étant de les préserver au maximum des chocs et vibrations provoqués par le transport.

Le stockage est effectué dans des caisses (Figure 3-4, b) dans une salle du laboratoire GEGENA, protégé des intempéries.



Figure 3-4 : Échantillons de carreaux de terres prélevés à l'aide d'un burin et d'une massette, puis rangés dans les caisses du laboratoire du GEGENA.

III.1.1.2. Sélection pour analyses en laboratoire

Les études envisagées concernant la caractérisation de la ressource et le comportement physique de l'élément n'étant pas envisageable sur l'ensemble des échantillons dans le temps de la thèse, une seconde sélection a été effectuée, en gardant l'objectif de révéler la diversité de ce patrimoine. Les critères de sélection des échantillons ont été les suivants :

- des provenances géographiques diverses, en Champagne crayeuse et en dehors ;
- des carreaux de terre porteur et des carreaux de remplissage de dimensions différentes ;
- des terres visuellement composées d'éléments calcaires plus ou moins grossiers, d'autres en semblant dépourvues. Ceci a été établi suite aux tranches réalisées sur les carreaux de terre ;
- du nombre suffisant d'éléments pour mener les études (plus d'une dizaine). Notamment pour les essais de flexion trois points et de compression, qui sont destructifs et nécessitent des carreaux de terre entier.

III.1.1.3. Choix de terre de l'époque gallo-romaine

Au cours du travail de thèse, nous avons été en contact avec Yoann Rabasté, responsable d'opération à l'Inrap Grand-Est, sur les fouilles archéologiques menées sur le site de la SERNAM à Reims (Rue Jules César - Figure 3-5, a). Ce site montrant deux types de carreaux de terre, respectivement estimés du 1er et 2e siècle de n.è. (Figure 3-5, b - d), nous avons trouvé intéressant d'y réaliser des prélèvements d'échantillons, même si la problématique des carreaux de terres anciens sort de notre projet de recherche.



Figure 3-5 : a : le site des fouilles de la SERNAM à Reims (51). Les 3 autres photos (b,c et d) montrent les carreaux de terre datant de l'époque gallo-romaine en place dans la fouille. Photographies : Adrien Aras-Gaudry.

Le Tableau 3-1 récapitule les caractéristiques des carreaux de terre analysés en laboratoire selon les critères de sélection, afin de représenter la diversité du patrimoine champardennais en adobes.

Tableau 3-1 : Synthèse des caractéristiques de sélection des carreaux de terre analysés en laboratoire.

	Département	Ville	Géologie	Zone de prélèvement	Présence de calcaire (Visuel)	Type de mise en œuvre
08 CON	Ardennes	Condé-lès-Herpy	Crétacé supérieur	Porcien Vallée de l'Aisne	+	Remplissage
08 DOM		Dommery	Jurrassique moyen Jurrassique supérieur	Crêtes préardennaise	-	Remplissage
08 ECO		Écordal	Jurrassique supérieur Crétacé inférieur	Vallage ardennais	-	Remplissage
08 GIV		Givry	Crétacé supérieur	Vallage ardennais	+++	Porteur
10 CHA	Aube	Chaudrey	Crétacé supérieur	Champagne Crayeuse Vallée de l'Aube	+++	Remplissage
51 ATH	Marne	Athis	Crétacé supérieur	Champagne Crayeuse Vallée de la Marne	+++	Porteur
51 BRU		Brugny-Vaudancourt	Crétacé supérieur	Champagne Crayeuse Au pierd de la cuesta d'Île de France	+++	Porteur
51 BUS		Bussy-le-Repos	Crétacé supérieur	Champagne Crayeuse Sur la cuesta de Champagne	+++	Remplissage
F 672		Reims	Crétacé supérieur	Champagne Crayeuse	+++	Porteur
S 337		Reims	Crétacé supérieur	Champagne Crayeuse	+	Porteur

III.1.2. Expérimentations et répartitions entre laboratoires

Dans un premier temps sont présentées les analyses réalisées dans le but d'établir la caractérisation de la matière employée pour la fabrication des carreaux de terre. La présentation est effectuée selon la méthodologie proposée par la RILEM (Aubert et al., 2022), suivant les 4 types de caractérisation des matériaux, sans toutefois mener l'ensemble des manipulations présentées dans l'état de l'art :

- Distribution de la taille des particules ;
- Caractérisation physique et géotechnique ;
- Caractérisation chimique ;
- Caractérisation minéralogique.

Dans un second temps nous présenterons la méthodologie concernant le comportement de l'élément en tant que matériau de construction : comportement mécanique, comportement hygrothermique et réutilisation possible du matériau.

Le Tableau 3-2 fait la synthèse des manipulations effectuées sur les carreaux de terre dans chaque laboratoire. Les manipulations menées au sein des laboratoires du GEGENA et du GPEM ont été réalisées conjointement avec les techniciens et techniciennes de laboratoire ainsi que les encadrants de thèse. Les manipulations effectuées par le laboratoire ITHEMM ont principalement été réalisées par les membres de ce laboratoire, à partir des échanges opérés dans le cadre de ce travail collaboratif.

Tableau 3-2 : Répartition des manipulations menées sur les carreaux de terre.

	ARDENNES				MARNES					AUBE
	08 CON	08 DOM	08 ECO	08 GIV	51 ATH	51 BUS	51 BRU	F 672	S 337	10 CHA
Granulométrie										
Tamis + Laser	X	XX	X		X	X	XX			XX
Tamis + Sédimentométrie							X			
Caractérisation géotechnique										
Bleu de Méthylène	X	X	X		X	X	X			X
Caractérisation chimique										
Teneur en calcite	X	X	X		X	X	X			X
Caractérisation minéralogique										
Diffraction des rayons X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Cortège argileux	X	X	X				X	X	X	X
Pétrographie		X		X			X	X	X	X
MEB	X	X	X		X	X	X			X
Comportement mécanique										
Flexion 3 points		X					XX			X
Compression	X	XX	X		X	X	XX			XX
Comportement hygrothermique										
Porosimétrie mercure		X					X			X
Analyse thermique	X	X	X		X	X	X			X
MBV	X	X	X		X	X	X			X
Réutilisation du matériau										
Cycles de réutilisation							X			

Manipulations réalisées par : X = GEGENA / X = GPEM / X = ITHEMM / X = Cortège argileux, problématique de calcite

III.1.2.1. Préparation des échantillons pour les manipulations

Pour les analyses de caractérisation de la matière mené au sein du laboratoire du GEGENA, les carreaux de terre ont été coupés en tranche de 2 à 3 centimètres à l'aide d'une tronçonneuse débiteuse ESCIL LD 350 équipée d'un disque diamanté non rainuré (Figure 3-6, a et b). Les échantillons sont prélevés dans ces tranches (Figure 3-6, c). Le protocole de prélèvement des échantillons est explicité dans la Figure 3-7. Le nombre d'échantillons prélevés pour les différentes manipulations et leur préparation est explicité plus en détail dans les parties suivantes.



Figure 3-6 : Préparation des échantillons. a : *réalisation des tranches à l'aide d'une tronçonneuse débiteuse.* b : *carreaux de terre en tranches.* c : *échantillons pour la DRX et la prosimétrie mercure.*

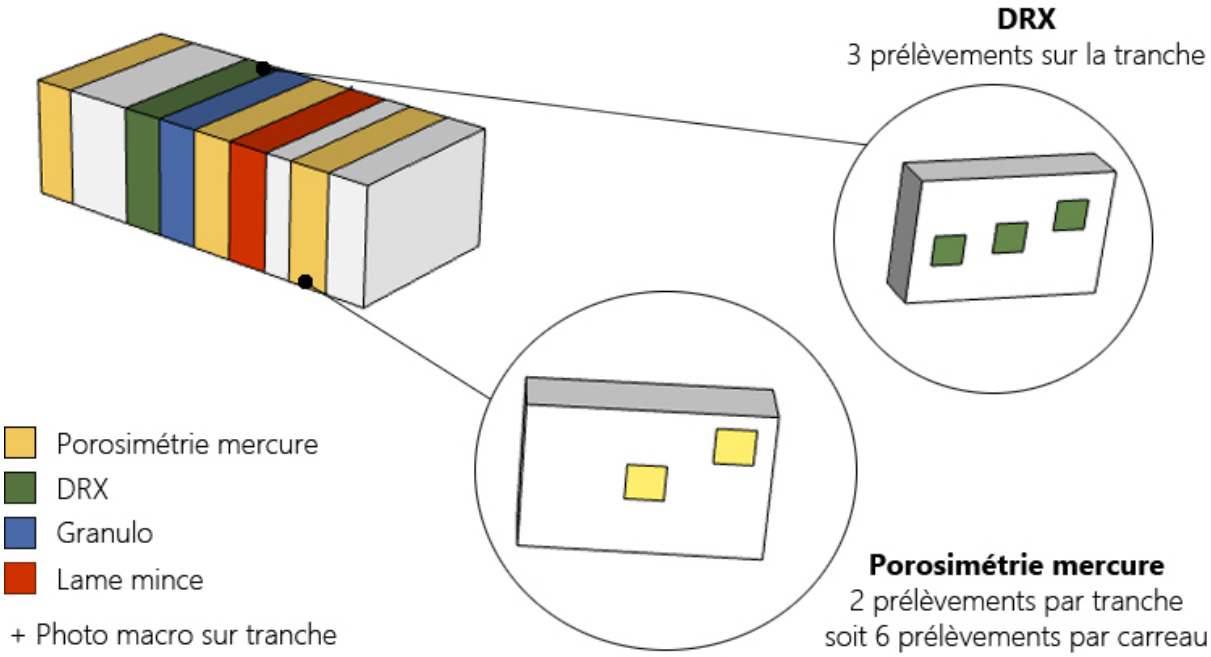


Figure 3-7 : Protocole de prélèvement des échantillons pour analyse.

III.1.3. Caractérisation de la matière

III.1.3.1. Granulométrie (GEGENA / GPEM / ITHEMM)

La granulométrie est considérée comme une caractéristique essentielle dans l'étude de la terre, même si l'état de l'art mené par Aubert et al. (2022) sur la caractérisation de la terre dans la construction montre que dans certaines études elle n'est pas complète, la fraction fine pouvant être manquante. Elle détermine en grande partie la classification des sols, et des propriétés géotechniques et géohydrologiques y sont liées (cf.NF EN ISO 17892-4).

L' étude granulométrique dans le cadre de la norme Européenne EN ISO 17892-4 est traitée par tamisage par voie humide pour les grains les plus gros (> 80 µm) et par sédimentométrie pour la partie fine (<80 µm). La granulométrie laser n'étant pas considérée comme adaptée pour les sols argileux à cause des problèmes de dispersion des particules (Aubert et al., 2022). En effet, les argiles en suspensions dans l'eau sont sujettes à des forces d'attractions et de répulsions qui peuvent conduire à un état dispersé ou floculé, lorsque les forces d'attraction qu'elles subissent sont plus élevées que les forces de répulsions (Das, 2011, dans Ribeiro, 2021).

Pour des raisons pratique, nous avons tout de même choisi de traiter les granulométries des fractions fines au granulomètre laser, en utilisant un protocole développé spécifiquement pour les sols crayeux et éprouvé au sein du Gegena. Malgré cette considération il a été choisi de mener l'étude par granulométrie laser (Tableau 3-2), notamment afin de pouvoir réaliser des comparaisons entre nos échantillons. En effet, la forte présence d'éléments crayeux implique un important risque de leur morcellement lors du traitement par tamisage par voie humide créant un biais sur les résultats obtenus. D'autre part, le protocole utilise de l'hexametaphosphate de sodium, un défloculant qui empêche le compactage des particules d'argile.

Une analyse au GPEM sur un échantillon provenant de Brugny-Vaudancourt, a été réalisé selon la norme européenne EN ISO 17892-4 afin de comparer les résultats entre ces méthodes.

• Granulométrie laser

L' étude de granulométrie laser a été réalisé avec le granulomètre à diffraction laser MALVERN Mastersizer 3000 (Figure 3-8). La distribution granulométrique est déduite de l'interaction entre un ensemble de particules et le faisceau laser incident par l'analyse de la tache de diffraction du faisceau.

Les échantillons étudiés pour la granulométrie correspondent à un tranche d'une épaisseur de 3 cm d'un carreau de terre et 4 morceaux prélevés sur une autre tranche, dans le but de vérifier si la taille influe sur les résultats obtenus. Pour chaque échantillon, la première étape consiste à récupérer les éléments inférieurs à 2 millimètres.

Pour ce faire les étapes ont été les suivantes :

- Peser l'échantillon à l'état sec ;
- Placer l'échantillon dans un récipient en verre ;
- Ajouter de l'eau distillée pour recouvrir l'échantillon ;
- Laisser reposer afin que l'échantillon désagrège seul ;
- Faire passer le tout au tamis de 2 mm en prenant soin de ne pas désagréger les éléments calcaires crayeux ;
- Arroser à l'aide d'une pipette à eau pour nettoyer le tamis et récupérer les particules;
- Récupérer et peser les éléments supérieurs à 2 millimètres une fois secs ;
- Placer dans une coupelle et mettre à l'étuve à 45 degrés pour l'évaporation de l'eau ;
- Gratter la coupelle pour récupérer la totalité de la partie solide.

À partir de la fraction inférieure à 2 millimètres, débarrassée de tout élément végétal, les échantillons sont mis en solution et défloculés de la manière suivante :

- 3 grammes d'échantillon sec sont placés dans un pot ;
- 100 mL d'hexamétaphosphate de sodium à 10g/L sont ajoutés ;
- Puis 5 gouttes de NH4OH ;
- Les pots sont étanchéifiés et scellés à l'aide de Parafilm ;
- Les pots sont agités pendant une nuit (soit 10 à 12h).

Pour chaque échantillon, 8 récipients sont réalisés et passés au granulomètre à diffraction laser en voie liquide via le module de dispersion de faible volume de 100 mL (Hydro SM de chez Malvern), dans lequel sont ajoutés 3 mL de solution, sous agitation de 1 750 rpm. L' analyse dure 20 secondes et répétée trois fois par dépôt. Trois dépôts sont réalisés par récipient. Le bruit de fond est analysé sur l'eau osmosée pour une durée de dix secondes dans les mêmes conditions. Le software utilisé est le Mastersizer Xplorer software update v5.40.



Figure 3-8 : Étapes de préparation pour la granulométrie laser. a :*Trempage de l'échantillon dans l'eau.* b: *Tamisage à 2mm.* c : *Grains supérieur à 2 mm pour la pesée.* d : *Particules inférieures à 2mm pour mise à l'étuve. e : Récupération des éléments secs après passage à l'étuve.* f : *Échantillons préparés.* g : *Agitation dans la solution défloculée à l'aide d'hexamétaphosphate de sodium.* h : *Pots avant granulométrie laser. i : Granulomètre laser.*

III.1.3.2. Caractérisation géotechnique : Essai au bleu de méthylène (ITHEMM)

D'après le Guide des Terrassements Routiers (GTR) (IDRRIM, 2024), l'argilosité d'un sol peut être définit de deux manières :

- Par les limites d'Atterberg qui permettent de définir la limite de plasticité et la limite de liquidité ainsi que l'indice de plasticité.
- Par la valeur au bleu de méthylène, dite valeur au bleu de sol (VBS).

Afin de ne pas démultiplier les analyses, nous nous sommes concentrés sur la seconde, qui nous permet avec les études de granularité, de prolonger les recherches sur l'utilisation du GTR, comme système de classification des matériaux en terre (Rojat et al., 2020).

Notre choix s'est porté sur la valeur au bleu de sol (VBS), en effet il s'agit d'une technique couramment utilisée pour détecter la présence de minéraux argileux dans les sols. Cet essai est simple, fiable et plus rapide que d'autres méthodes pour obtenir des informations sur les propriétés des minéraux argileux (Chiappone et al. 2004 ; Rojat et al., 2020). Il permet de caractériser la teneur en argile du sol dont sont issus les carreaux de terre examinés, ainsi que leur sensibilité à l'eau, un paramètre essentiel dans les applications de construction. Il existe plusieurs variantes méthodologiques pour la réalisation du test au bleu de méthylène (Li et al., 2011), dont les deux principales (Aubert et al., 2022) s'effectuent soit à l'aide d'un colorimètre (ASTM C1777, 2015), soit par la méthode dite « à la tâche » spécifié par la norme américaine ASTM C837 (ASTM, 2019) ou française NF P 94-068 (AFNOR, 1993). C'est cette dernière qui a été suivie. Cette procédure consiste à introduire progressivement du bleu de méthylène dans une suspension de sol tout en l'agitant. Périodiquement, une goutte de la suspension est extraite et déposée sur du papier chromatographique. L' achèvement de l'adsorption du bleu de méthylène sur les particules d'argile est indiqué par le développement d'un halo bleuâtre autour de la tache bleue initiale formée après le dépôt de la goutte, ce qui signifie la présence d'un excès de bleu de méthylène dans la suspension. Les mesures de la VBS, exprimées en grammes de bleu pour 100 grammes de sol, ont été effectuées sur une douzaine d'échantillons choisis au hasard dans différentes briques. Plus la valeur est élevée et plus l'argilosité du sol est forte. A partir de ces résultats des catégories ont été établies à partir de seuils et définies par la norme NF P11-300 (AFNOR, 1992) et le Guide des Terrassements Routiers (GTR) (IDRRIM, 2024).

La préparation et l'analyse au bleu de méthylène ont été menées par le laboratoire ITHEMM.

Tableau 3-3 : Catégories de sol en fonction de la valeur VBS selon le Guide des terrassements.

Valeur VBS (mg/g)	**Type de sol**
VBS < 0.1	Insensible à l'eau
0.2 < VBS < 1.5	Sablo-limoneux
1.5 < VBS < 2.5	Sablo-argileux et limoneux peu plastique
2.5 < VBS < 6	Limoneux à plasticité moyenne
6 < VBS < 8	Argileux
VBS > 8	Très argileux

III.1.3.3. Teneur en carbonate (ITHEMM)

La teneur en carbonate est calculée par mesure volumétrique selon la norme NF EN ISO 10693 à l'aide d'un calcimètre Scheibler et réalisé par le laboratoire IHTEMM. La détermination est réalisée à partir du volume de CO2 libéré (et récupéré par le calcimètre), par l'échantillon après attaque à l'acide chlorhydrique.

III.1.3.4. Minéralogie (GEGENA)

L' étude minéralogique a été réalisé par diffraction des rayons X, avec le diffractomètre à rayon X Bruker D2 Phaser (Figure 3-9, a). Cette étude nous permet d'identifier les minéraux cristallisés présents dans les sols employés pour la réalisation des carreaux de terre. Le principe consiste à envoyer un faisceau de rayons X sur le matériau. La diffraction du faisceau permet de mesurer les angles et les intensités des rayons X. Chaque composé présente un schéma de diffraction unique (Aubert et al., 2022).

La détermination des minéraux et du cortège argileux nécessite chacune une préparation spécifique présentée ci-dessous.

L' identification de la composition minéralogique est réalisée à l'aide de la base de données du logiciel DIFFRAC.SUITE qui correspond à la base de donnée COD (Crystallography Open Database).

Pour chaque carreau, trois échantillons sont testés. Le diffractomètre à rayon est réglé sur un pas de 0,016° et 1 seconde d'acquisition.

• Préparation pour la détermination des minéraux

Le protocole pour la préparation des échantillons est le suivant :

- Récupérer environ 3 grammes sur la tranche du carreau de terre (Figure 3-9, b);
- Trois échantillons sont récupérés sur une tranche pour les répétitions ;
- Broyage des échantillons à l'aide du broyeur à mortier Retsch RM 100 ;
- Avec les poudres, remplir les pastilles qui seront placées dans le diffractomètre (Figure 3-9,c).

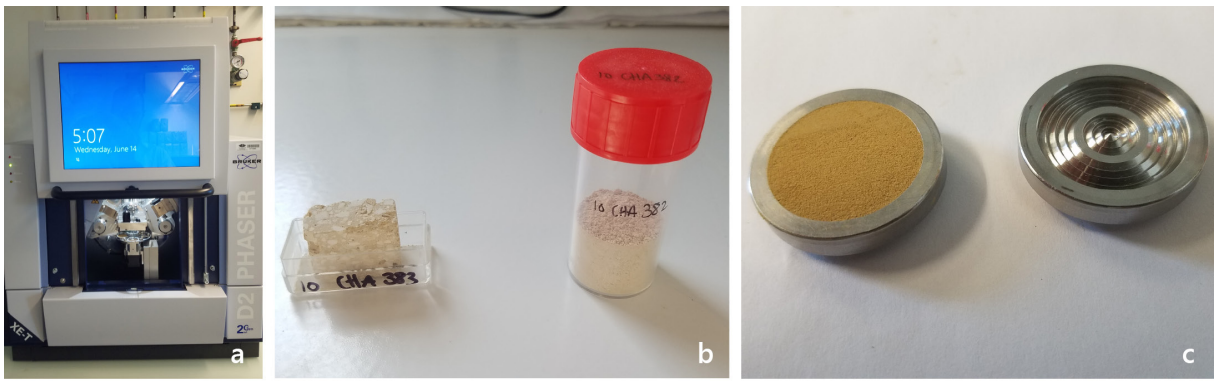


Figure 3-9 : a : *Le diffractmètre à rayon X ;*
b : *Les échantillons: avant et après broyage ;*
c : *la poudre placée dans les pastilles pour analyse.*

•Préparation pour la détermination du cortège argileux

Les minéraux argileux possèdent une structure en feuillets variables, composés d'un empilement de couches, dont l'équidistance entre les feuillets et sa variabilité constitue un caractère distinctif entre les grandes familles (Holtzapffel, 1985). Afin que les diffractogrammes mettent en évidence ces paramètres, la préparation des échantillons répond aux critères suivant, donnés par Thierry Holtzapffel (Holtzapffel, 1985) :

- Les échantillons analysés doivent être enrichis en argile (par tri granulométrique) ;
- Les échantillons soumis aux faisceau de rayons X doivent présenter le plus grand nombre possible de plans de densité atomique maximum (parallèles à l'allongement des feuillets). Il faut alors orienter les préparations ;
- Les échantillons après analyse en conditions naturelles sont soumis à différents traitements mettant en évidence la variabilité de l'équidistance entre les feuillets (saturation avec de l'éthylène-glycol et chauffe).

Pour la préparation des échantillons, le protocole détaillé par Thierry Holtzapffel (Holtzapffel, 1985) ainsi que celui de Thiry et al. (2013) sont suivis. Les étapes sont les suivantes (Figure 3-10) :

- Broyage, délicat et pas trop fin à l'aide d'un mortier en porcelaine, afin d'éviter de broyer les minéraux non argileux qui doivent être séparer des minéraux argileux ;
- Délitage dans un erlenmeyer. Environ 7 grammes (le double pour les échantillons avec forte présence de carbonate) dans 150 mL d'eau distillée et un agitateur magnétique à environ 400 rpm;
- Si présence de carbonate : décarbonatation à l'aide d'acide chlorhydrique dilué (HCL N/5). L' acide est ajouté progressivement (goutte à goutte) à la suspension d'argiles, qui reste sous agitation. L' attaque est arrêté par contrôle du PH à l'aide de papier PH universel. Noyer l'échantillon avec de l'eau distillée et retirer l'agitateur magnétique[2];
- On laisse ensuite la suspension décanter 2 à 3 heures puis défloculer ;
- Lavage à l'aide d'une centrifugeuse réglée à 2 500 tr/min durant 3 min environ. Après chaque centrifugation, l'eau surnageante est éliminée. Le culot est remis en suspension dans de l'eau distillée jusqu'à ce que le trouble persiste dans l'eau surnageante après centrifugation ;
- Mise en suspension dans de l'eau distillée et extraction de la fraction argileuse suivant la loi de Stokes afin de récupérer au maximum la fraction inférieure à 2µm ;
- Réalisation de la pâte orientée à partir de la fraction extraite qui est centrifugée à 3 500 trs/min durant 40 min. Le culot est récupéré à l'aide d'une spatule, déposé en bordure d'une lame rainurée, puis étalée dans la rainure à l'aide d'une lame de verre;
- Les lames sont séchées.

À partir de ces préparations, trois diagrammes de DRX sont réalisés par échantillon. Le premier est réalisé à partir de la lame séchée, qui sert de diagramme de référence pour observer les déplacements de raies occasionnés par les traitements (Thiry et al., 2013). Les traitements supplémentaires ont été réalisés par Alexandra Guillaneuf (GEGENA) :

Ethylène-Glycol

Il s'agit de la saturation de l'échantillon en éthylène-glycol. Pour ce faire les lames sont placées pendant au moins 12 heures dans des vapeurs d'éthylène-glycol. Ceci permet de faire gonfler les feuillets smectiques (Holtzapffel, 1985 ; Moore et Reynolds, 1997). Les lames doivent être

2 Cette étape est particulièrement délicate lorsque les échantillons présentent un taux de calcite élevé, si on ne veut pas détériorer les argiles.

passées rapidement à la diffraction pour éviter que les argiles ne se désaturent (Thiry et al., 2013).

Chauffage

Le traitement par la chaleur est réalisé en plaçant les échantillons dans un four à moufle à 550 degrés pendant 2 heures. En dessous de cette température et de cette durée, la calcination peut ne pas être totale et la kaolinite peut subsiter.

Pour l'analyse des résultats, nous avons pu bénéficier d'une journée d'échange avec Myriam Duc de l'Université Gustave Eiffel, du département de Géotechnique, Environnement, Risques naturels et Sciences de la Terre. Nous nous sommes appuyés également sur de la littérature suivante : « Les minéraux argileux » (Holtzapffel, 1985), « X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals » (Moore et Reynolds, 1997).



Figure 3-10 : *Étapes de préparation des échantillons pour lame orientée (de gauche à droite et de haut en bas) :* a : Broyage ; b : *Délitage dans l'erlenmeyer* ; c :*Décarbonatation : vérification au papier PH* ; d : *Décantation avant le prélèvement des parties en suspension* ; e : *Solutions dans les tube à centrifuger* ; f : *Tubes placés dans la centrifugeuse* ; g : *Tube après centrifugation. On observe que les argiles se trouvent au niveau du culot* ; h : *Étalement de la pâte sur la lame de verre rainurée* ; i : *Lames orientées prêtes pour la DRX.*

III.1.3.5. Pétrographie / Étude microscopique (GEGENA)

Les observations microscopiques permettent de réaliser une caractérisation micromorphologique des échantillons étudiés. Les analyses ont été menées avec Gilles Fronteau (GEGENA).

• Microscope optique

Les lames minces ont été préparées par le laboratoire PACEA de Bordeaux. Six échantillons de carreaux de terre (des tranches de 2 cm - Figure 3-11, a), ont servi pour la réalisation des lames (Figure 3-11, b), provenant des sites suivants : Brugny-Vaudancourt (51), Chaudrey (10), Dommery (08) , Givry (08), et des fouilles archéologiques de la SERNAM à Reims (51).

L' observation a été réalisée avec le microscope optique Olympus BX51 en lumière polarisée non analysée (LPNA) et en lumière polarisé analysée (LPA).

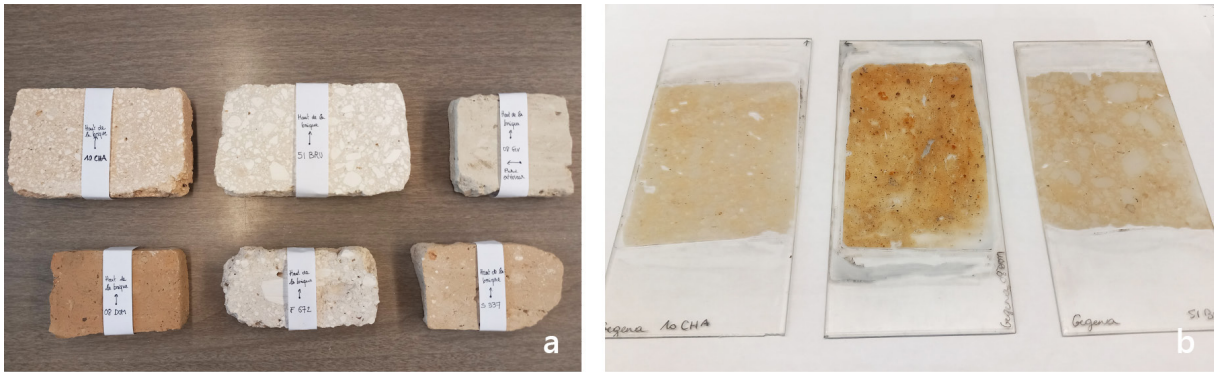


Figure 3-11 : Réalisation des lames minces a : tranches de carreaux préparées pour l'envoi au PACEA. b : trois des six lames minces reçues.

• Microscope électronique à balayage

Des observations ont été réalisées au microscope électronique à balayage (MEB) Hitachi TM-1000 avec EDS. L' examen détaillé de la topographie et de la morphologie de l'échantillon est rendu possible par un faisceau d'électrons qui balaye sa surface, permettant une imagerie haute résolution, le grossissement peut aller de x100 à x10 000. L' appareil permet aussi des analyses EDX sur des points sélectionnés de l'échantillon, ce qui fournit des indications sur la composition chimique des éléments.

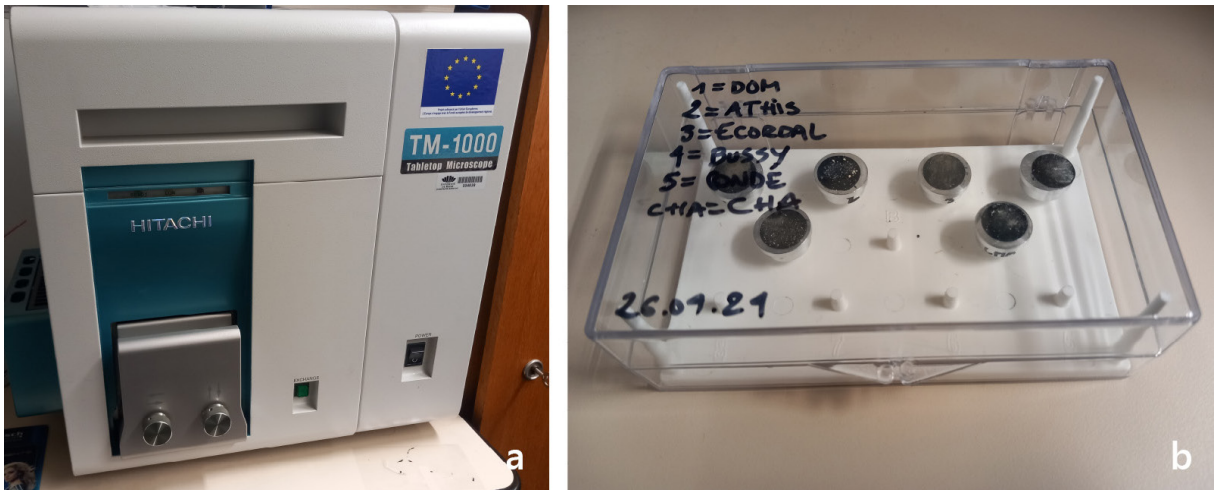


Figure 3-12 : MEB. a : *le microscope électronique à balayage.* b : *les échantillons préparés. Il suffit de gratter légèrement le carreau de terre en surface pour récupérer la matière nécessaire.*

III.1.4. Comportements mécaniques (GPEM & ITHEMM)

Au-delà de la compréhension de la ressource utilisée pour la fabrication des carreaux de terre, il est essentiel d'apporter une connaissance sur le comportement mécanique de ces éléments, et d'augmenter la confiance vis-à-vis de leur utilisation (Abhilash et al., 2022). Ces essais permettent également d'observer l'influence de la craie sur le comportement du matériau.

• Échantillonnage

Les tests sont réalisés sur six carreaux de terre par provenance (Figure 3-13), ce qui est partagé dans la pratique par les chercheurs (Abhilash et al., 2022) et qui correspond au minimum indiqué pour la norme française/européenne NF EN 772-1 (NF EN 772-1, 2015) décrivant les méthodes d'essai sur les éléments de maçonnerie.

• Dimension et aspect des carreaux de terre

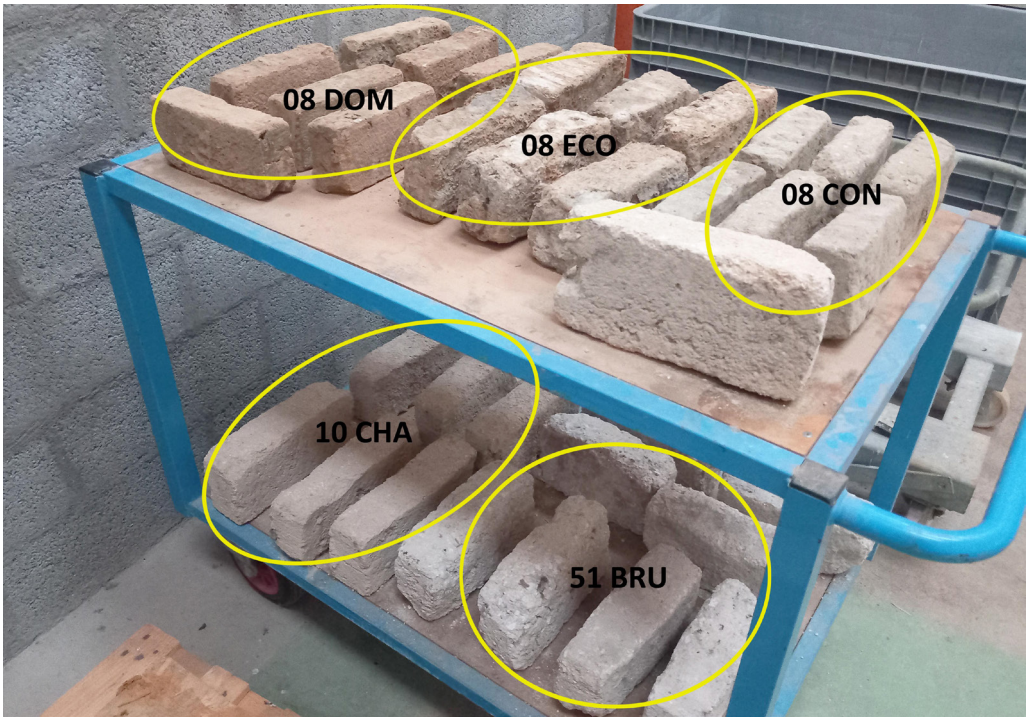


Figure 3-13 : Stockage des carreaux de terre avant préparations pour les tests de résistance mécanique.

Comme observé lors des sorties de terrain, les dimensions des carreaux de terre varient fortement. Ceci se traduit par une difficulté de retrouver des dimensions standards pour les tests, bien que certaines normes proposent des facteurs de correction (Walker, 2002 ; NF EN 772-1, 2015, d'après Abhilash et al., 2022). Afin d'obtenir un élancement minimum de 1, les tests de compression sont élaborés à partir du test de la RILEM TC 164, qui superpose des demi-blocs liés par un mortier de terre afin de doubler le rapport d'élancement.

• Conditionnement et surfaçage

L' humidité joue un rôle important dans le comportement mécanique des matériaux en terre crue (Maskell et al., 2013 ; Champiré et al., 2016). Elle varie en fonction de son environnement et des conditions de température et d'humidité. Il est donc nécessaire de conditionner les échantillons avant les tests et de mesurer leur teneur en eau lors de ces derniers. Avant de tester les carreaux de terre, pour la flexion trois points ou les tests en compression, ces derniers ont été placés dans une enceinte à 20 degrés et 40 % d'humidité relative jusqu'à masse constante.

Les adobes artisanaux présentent des surfaces irrégulières ne favorisant pas un bon contact

avec les surfaces de chargement et donc une répartition uniforme de la charge. Une opération de surfaçage a été réalisée (Figure 3-14), dans le but d'obtenir des surfaces lisses. Pour les tests effectués au GPEM, la première étape consiste à utiliser une ponceuse avec des guides latéraux en bois, ceci dans le but d'obtenir des surfaces parallèles pour le test en compression. Cette étape générant une quantité importante de poussière, il a été préféré une première rectification à l'aide de la tronçonneuse débiteuse ESCIL LD 350 pour les carreaux préparés au GEGENA. Une finition manuelle au papier de verre avec un grain plus fin a également été réalisée (Figure 3-14, c). Ces étapes peuvent avoir une incidence négative sur la résistance des carreaux suite aux vibrations provoqués par le ponçage, et sur l'accroche de l'enduit entre les deux blocs superposés. Les surfaces irrégulières des carreaux de terre traditionnels favorisant la cohérence entre les briques. C'est pourquoi les faces en contact des carreaux ont été grattées avant humidification et application du mortier.



Figure 3-14 : Surfaçage des carreaux de terre
a : *Carreau de terre avant ponçage ;* b : *Vérification de la planéité à la règle ;* c : *Ponçage au papier de verre ;* d : *Différence d'aspect de surface avant et après surfaçage.*

III.1.4.1. Essais de flexion trois points (GPEM)

L'essai à la flexion trois points est un essai mécanique réalisé sur une éprouvette en appui sur deux tubes inférieurs sur laquelle on applique une force donnée par un autre tube sur la face supérieure centrée sur le milieu de l'éprouvette. Ainsi, la zone de contrainte est assez petite et concentrée. Cet essai donne la valeur de flexion.

La machine utilisée au sein du laboratoire GPEM est une Instron 5969 d'une capacité de 50 kN. Les carreaux de terre sont placés sur deux appuis cylindriques (Figure 3-16). Afin d'éviter les effets de bord, le rapport de la distance entre les appuis et les bords du carreau et la longueur totale du carreau est supérieure à 1/8. Ceci donne les distances entre les appuis suivants, pour chaque groupe de carreaux :

- 08 DOM : Longueur moyenne des carreaux : 214,2 mm ; distance entre les tubes : 150 mm. ; Rapport 1/7 = 30,6 mm - Rapport 1/8 = 26,8 mm
- 10-CHA : Longueur moyenne des carreaux : 278,9 mm ; distance entre les tubes : 195 mm. ; Rapport 1/7 = 39,8 mm - Rapport 1/8 = 34,9 mm
- 51-BRU : Longueur moyenne des carreaux : 266,2 mm ; distance entre les tubes : 195 mm. ; Rapport 1/7 = 38,0 mm - Rapport 1/8 = 33,3 mm

Les essais de flexion trois points ont été réalisés sur 3 séries de carreaux de terre : 08 DOM, 10 CHA et 51 BRU.



Figure 3-16 : a : essai à la flexion 3 points en cours ; b : les demi-bloc après l'essai de flexion mis à l'étuve.

Morel et Pkla (Morel et Pkla, 2002) proposent une relation permettant d'estimer la résistance en compression d'une brique à partir de sa valeur de résistance à la flexion 3. Ce modèle est basé sur des tests de brique de terre compressée. Nous l'utiliserons ici sur les carreaux de terre assemblés au mortier de terre, afin de comparer les résultats du modèle et de ceux obtenus par le test de la RILEM.

L'estimation de la résistance à la compression en passant par l'essai à la flexion trois points est reconnu comme étant une méthode moins précise, indirecte, mais plus rapide et économique, sans nécessairement recourir à des analyses en laboratoire (Abhilash et al., 2022). Elle donne cependant une indication de la résistance relative (Morel et al., 2007). Ces tests ont été réalisés dans le but d'apporter des résultats à cette hypothèse. En effet, les Morel et Pkla (2002) précisent que le modèle reste à valider pour des adobes à cause de la différence de fabrication.

La RILEM TC 274-TCE détermine les principaux avantages de l'essai de flexion trois points :

- La charge de rupture requise est 80-150 fois inférieure à celle requise dans l'essai de compression directe ;
- Le test ne nécessite pas de préparer la surface de l'échantillon ni de le recouvrir (ce qui est en l'occurrence erroné dans le cas de briques de terre crue issues du patrimoine) ;
- Cet essai peut être réalisé sur le terrain avec un minimum d'exigences.

Les limites données sont les suivantes :

- La méthode d'essai ne tient pas compte de la susceptibilité des défauts dans les blocs tels que les fissures de retrait.
- La précision de la résistance à la compression calculée à l'aide de ces modèles est réduite, mais elle est considérée comme suffisante pour permettre une estimation de la limite inférieure.

III.1.4.2. Essais de résistance à la compression

Il n'existe pas aujourd'hui de consensus sur un protocole commun pour tester la résistance à la compression des briques de terre crue. La RILEM TC 274 TCE a souligné les questions qui restent en suspens et ne permettent pas un accord sur une procédure universelle. Parmi ces dernières nous pouvons citer : la dimension et la géométrie des échantillons, l'intégration des effets dimensionnels, les facteurs de correction à apporter, etc. (RILEM TC 274 TCE). Parmi les méthodes existantes, nous avons opté pour le test de la RILEM (RILEM TC 164, 1997), où la hauteur de l'échantillon correspond au double de la hauteur des carreaux de terre, afin d'éviter un élancement trop faible.

• Test Rilem (GPEM + ITHEMM)

GPEM. Pour les carreaux testés au GPEM (08 DOM, 10 CHA, 51 BRU), les demi-briques qui ont servi pour le test de compression selon la Rilem (Olivier et al., 1997), sont issues du test à la flexion 3 points décrit plus haut (Figure 3-17, a). Les carreaux ne sont pas cassés parfaitement en leur centre et peuvent présenter une différence de surface. Pour le calcul de résistance à la compression, c'est la surface de contact entre les deux briques qui a été utilisée (Olivier et al., 1997), calculée à l'aide du scanner 3D (Figure 3-17, c).

Le mortier est le même pour l'ensemble des séries de briques et correspond à une terre issue des FAC de région parisienne. Pour une répartition uniforme du mortier et afin que les faces en contact avec les plateaux soient parallèles, après la mise en place du mortier, les échantillons sont mis en compression à 1 kN, avant d'être placés en étuve dans les mêmes conditions que pour les tests de flexion 3 points. L' épaisseur du mortier est d'environ 3-5 mm.

ITHEM. Les demi-briques testées chez ITHEMM (08 CON, 08 ECO, 51 ATH, 51 BUS) ont été scindées en deux à l'aide de la tronçonneuse débiteuse ESCIL LD 350 équipée d'un disque diamanté non rainuré (cf. Figure 3-6, p.7). La surface en contact entre les demi-briques a été mesurée à l'aide d'un pied à coulisse.

La terre issue des FAC n'étant plus disponible, c'est la terre de chaque carreau qui a servi de mortier, après tamisage à 1mm, pour une épaisseur de 3-5 mm.

GPEM et ITHEMM. Les plaques de chargement en contact avec les blocs de terre, présentent une rigidité supérieure à celle des blocs donnant lieu à une résistance par frottement qui affectera la précision de la résistance calculée (Abhilash et al., 2022). Pour minimiser cet effet,

des feuilles de téflon sont placées entre les surfaces des échantillons et les plaques de chargement de la presse (Figure 3-17, d).

La résistance à la compression de blocs correspond à la formule suivante :

Rc = 10 x F/S, dans laquelle :
F : charge maximale supportée par les deux demi-blocs en kN
S : surface moyenne des faces d'essai en centimètre carrés

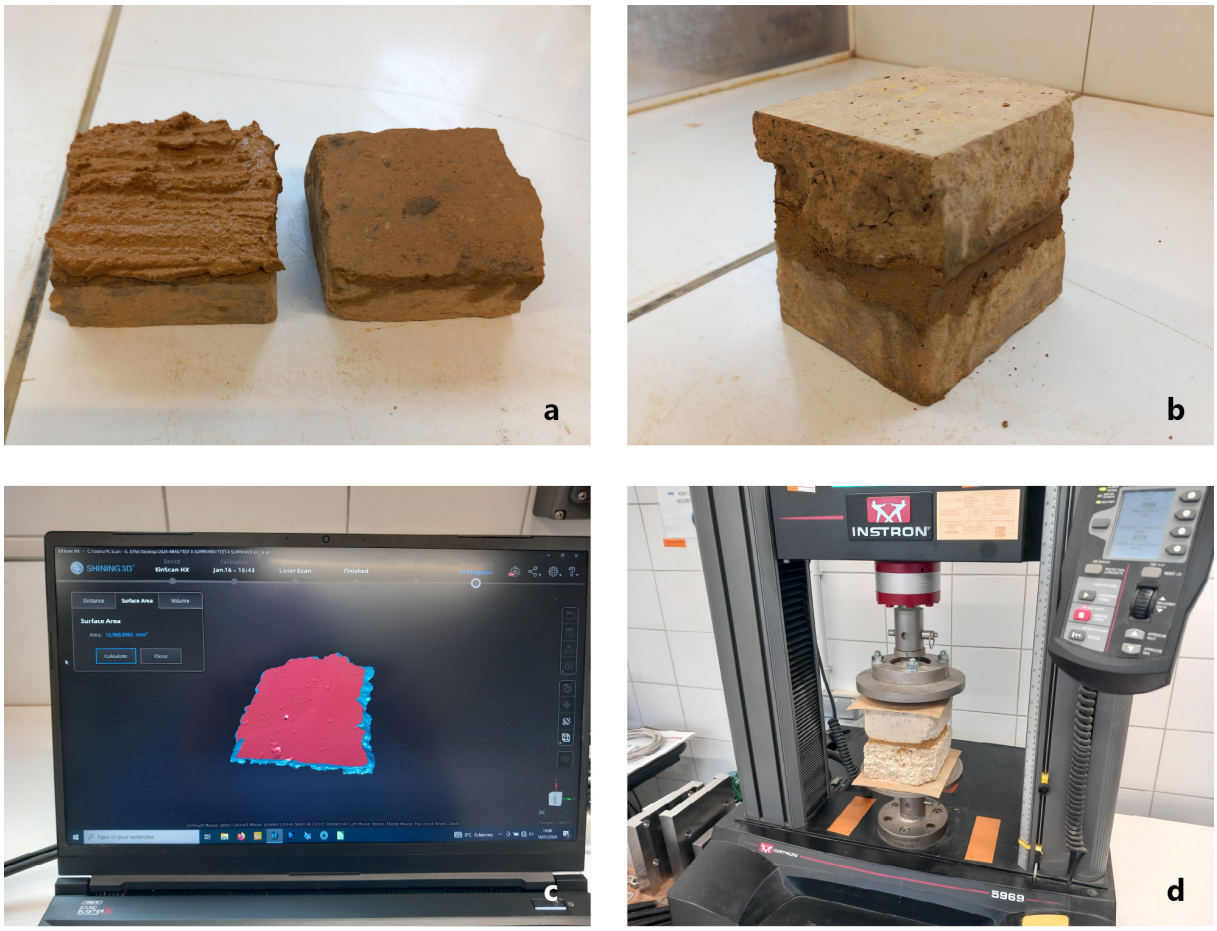


Figure 3-17 : Étape de réalisation du Test RILEM pour la résistance à la compression.
a : *mise en place du mortier.* b : *échantillon préparé*. c : *mesure de la surface de contact à l'aide du scanner 3D.*
d : Essai en compression.

III.1.5. Comportement hygrothermique

III.1.5.1. Porosimétrie au mercure (GEGENA)

La porosimétrie par injection de mercure permet d'estimer la porosité totale d'un matériau, et plus spécifiquement de déterminer la distribution de la taille d'accès aux pores d'un échantillon (Thomachot, 2002 ; Turmel, 2014). Elle s'effectue par l'injection de mercure dans un échantillon placé dans une enceinte sous vide, à différents niveaux de pression. Plus la pression est forte et plus l'accès au réseau poreux de petite taille est possible.

La petite taille de l'échantillon (environ 1,5 cm^3) pose question sur la représentativité de ce dernier avec la roche (Thomachot, 2002), notamment pour un matériau qui contient des éléments de différentes tailles pouvant aller jusqu'au centimètre. Nous avons donc prélevé 6 échantillons sur une même tranche de carreau de terre (cf. Figure 3-7). Ces derniers ont ensuite été dessiqués par lyophilisation[3]. Cette technique permet de ne pas déformer les échantillons fragiles et de conserver le volume et les propriétés de ces derniers. Ils ont ensuite été conservés dans un dessiccateur (Figure 3-18, a) avant la réalisation de la manipulation par Julien Hubert, technicien au GEGENA.

L' appareil utilisé est un porosimètre mercure Micromeritics Autopore IV (Figure 3-18). L'échantillon est placé dans un pénétromètre (Figure 3-18, b) avant d'être mis sous vide dans l'appareil (Figure 3-18, c). Deux phases d'intrusion de mercure sont réalisées. Une première à basse pression (de 0,004 MPa à 0,2 MPa) puis à haute pression (de 0,2 à 222 MPa). Ces pressions correspondent à des rayons d'accès d'environ 190 µm pour la pression la plus faible, à des rayons d'accès de l'ordre de 0,003 µm pour la pression la plus forte. Cette limite inférieure d'accès au réseau poreux ne permet pas de prendre en compte la totalité des pores que l'eau peu imbiber (Hammecker, 1993). L' incertitude sur la porosité totale par porosimétrie mercure est alors de 4 % (Schaffhauser, 1987, dans Thomachot, 2002).

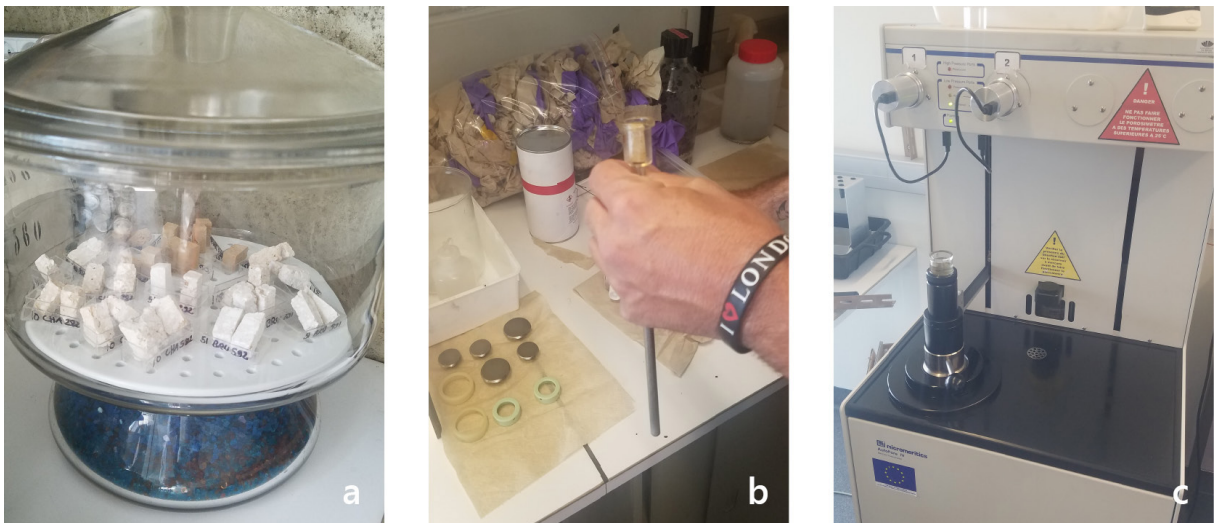


Figure 3-18 **:** Porosimétrie mercure. a : *Échantillons dans le dessiccateur après la lyophilisation ;* b : *Échantillon placé dans le pénétromètre ;* c : *Porosimètre micromeritics AutoPore IV.*

3 Cette manipulation a été réalisée par Gonzague Alavoine, ingénieur d'étude de l'UMR FARE, INRAE, URCA.

III.1.5.2. Analyse thermique (ITHEMM)

La performance thermique des carreaux de terre a été réalisée sur la base de mesures de la conductivité thermique, de la capacité thermique spécifique et de la diffusivité. Les propriétés thermiques ont été évaluées à l'aide de l'analyseur de caractéristiques thermiques ISOMET 2114, sur la base d'impulsions de flux de chaleur appliquées à la surface du matériau. Cinq échantillons ont été analysés pour chaque type de carreau de terre.

III.1.5.3. Valeur tampon hydrique (MBV) (ITHEMM)

La valeur tampon d'humidité évalue la capacité d'un matériau à modérer les fluctuations de l'humidité relative dans un espace clos. Essentiellement, la valeur MBV indique si un matériau régule efficacement l'humidité, ce qui a un impact sur le confort de l'utilisateur et d'autres facteurs. La mesure suit le protocole décrit dans le projet Nordtest (Rode et al., 2005), qui permet de classer les valeurs de tamponnement de l'humidité de négligeables à excellentes.

Les échantillons sont stabilisés à 23°C et 50% d'humidité relative pendant 14 jours, puis soumis à des cycles quotidiens d'humidité relative : 8 heures à 75 % d'humidité relative suivies de 16 heures à 33 %, dans une chambre climatique de marque Binder MKF 720. Les cycles se poursuivent jusqu'à ce que la différence entre les variations de masse mesurées au cours des trois derniers cycles soit inférieure à 5 %. La valeur MBV est déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$$MBV = \frac{\Delta m}{A\ (\ RH_{sup} - RH_{inf})}$$

Où MBV représente la valeur tampon d'humidité en gramme par mètre carré par pourcentage d'humidité relative (g/(m2.%RH)), Δm représente la variation de masse pendant l'absorption ou la désorption en grammes, A représente la surface de l'échantillon en contact avec l'air en mètres carrés (m2), et RH_sup et RH_inf représentent les niveaux d'humidité relative supérieur (75 %) et inférieur (33 %), respectivement.

Quatre échantillons parallélépipédiques mesurant 10x10x4 cm3 ont été utilisés comme spécimens d'essai et scellés sur les surfaces latérales et inférieures avec du ruban adhésif imperméable

III.1.6. Réutilisation de la matière (ITHEMM)

Une étude sur le potentiel de réutilisation de la matière a été mené par le laboratoire ITHEMM. Le but de cette étude est de vérifier si le matériau peut être réutilisé à des performance équivalente à sa première utilisation. Une étude similaire a été menée sur des briques de terre compressé (BTC) par Bruno et al. (2020) et Audren et al. (2024) et donnant des résultats positifs.

Cette étude a été menée sur les carreaux de terre de Brugny-Vaudancourt (51 BRU).

L' un des aspects essentiels de cette étude comparative des cycles de réutilisation de carreaux de terre est d'assurer une reproductibilité adéquate dans le processus de fabrication des échantillons successifs en laboratoire et en cohérence avec les réalités de chantier. Pour ce faire, des échanges avec des maçons spécialistes de la terre ont été réalisés afin de prendre en compte leur pratique de terrain. Les maçons peuvent choisir entre deux modalités différentes : faire tremper les briques anciennes provenant de la démolition jusqu'à ce que leur teneur en eau garantisse une bonne maniabilité ou concasser les adobes anciens et ajouter de l'eau

pour accélérer la création d'une pâte. Nous envisagerons ce dernier procédé, qui semble être le moins favorable à la conservation des propriétés des adobes au cours des cycles de réutilisation successifs, le concassage engendrant une possible modification de la répartition granulaire.

Par conséquent, le processus de laboratoire comportera quatre étapes (Figure 3-19) :

- Concassage à l'aide d'un marteau en morceaux grossiers de 5 cm ;
- Mouillage : quel que soit le cycle, le même taux de masse d'eau de 26 % a été ajouté à la terre broyée afin d'obtenir une bonne plasticité et une meilleure maniabilité lors de la fabrication des nouveaux carreaux de terre. Cette quantité d'eau a été établie suite à différents essais réalisés. Cette teneur en eau est en accord avec les valeurs présentes dans la littérature pour une plasticité optimale (Monghassem et al., 2021 ; Hejazi et al., 2024) ;
- Mélange au malaxeur planétaire ;
- Moulage et séchage des échantillons.

Afin d'assurer la reproductibilité du processus de fabrication, un seul opérateur a procédé à la destruction et au moulage des briques.

Bien que les échantillons ne soient pas comprimés, un compactage manuel dans le moule est nécessaire pour s'assurer que le matériau occupe tout le volume et atteigne la forme de l'échantillon souhaité, comme l'exigent les tests expérimentaux. L'évaluation du seuil de compactage manuel est un paramètre critique, car il a un impact direct sur la résistance à la compression de l'échantillon. À cette fin, un tapis de pression a été placé au fond du moule (Figure 3-20), révélant que la pression exercée manuellement ne dépasse pas 7,4 kPa. Cette valeur est nettement inférieure aux pressions générées par les presses mécaniques ou hydrauliques utilisées pour les briques compressées, qui sont estimées entre 25 et 100 MPa (Bruno et al., 2018).

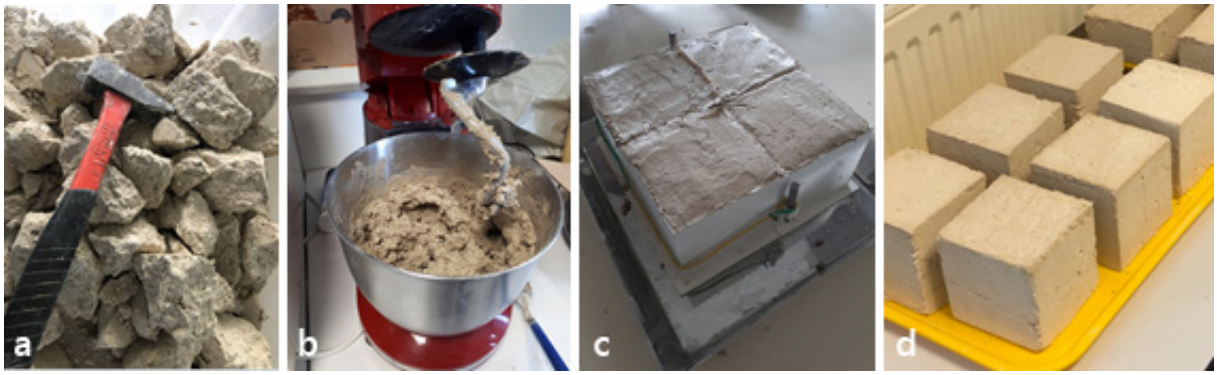


Figure 3-19 : Étape de fabrication des échantillon en terre crue :
a : *concassage,* b : *mélange,* c : *moulage,* d : *séchage.*

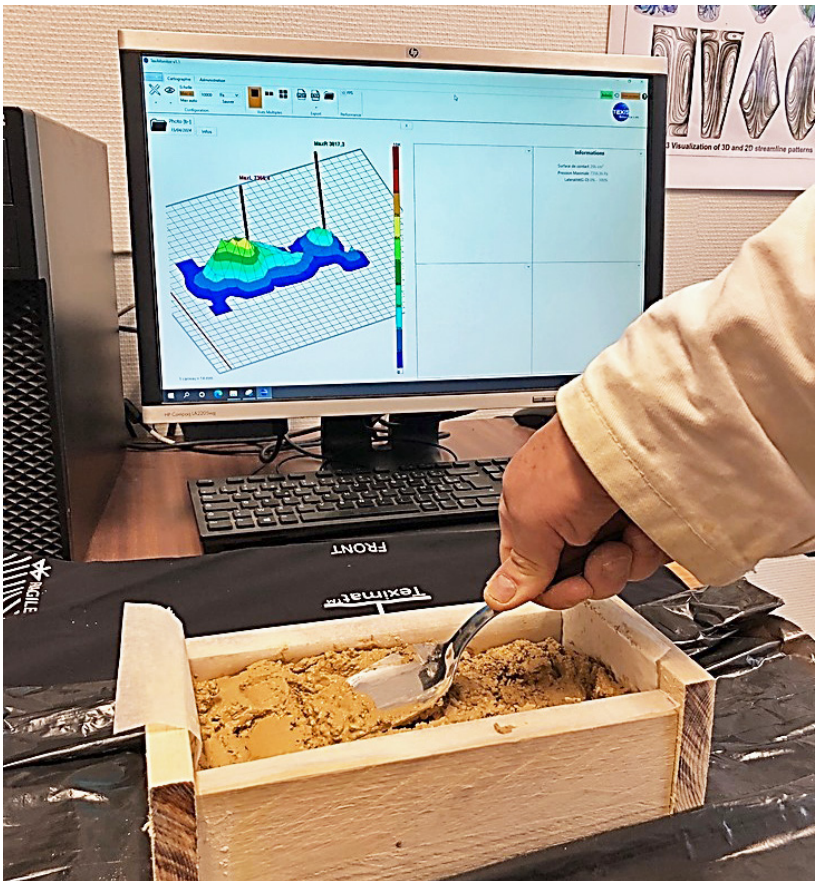


Figure 3-20 : Évaluation expérimentale du seuil de pression manuelle exercé pour réaliser les échantillons.

III.2. Résultats d'analyse des carreaux de terre

III.2.1. Dimensions des carreaux de terre

Le Tableau 3-4 présente la moyenne des dimensions et des volumes des carreaux de terre qui ont été menées sur des briques provenant de 19 sites différents : 5 dans les Ardennes, 5 dans l'Aube et 9 dans la Marne. La répartition entre ceux issus de structures porteuses (9 sites) et de remplissage (10 sites) est équilibrée.

Les carreaux de terre issus de structures porteuses présentent en moyenne des dimensions de 286 mm (± 26) x 135 mm (± 11) x 104 mm (± 19) , contre respectivement 228 mm (± 22) x 106 mm (± 12) x 78 mm (± 12), pour ceux issus de structures à pan de bois. Cette différence de dimensions induit une différence de volume : environ 4,1 litres pour les carreaux de terre porteur et 1,9 litres pour les carreaux de terre de remplissage.

Le poids suit ce rapport et les carreaux de terre porteurs pèsent en moyenne 6,5 kg contre 2,9 kg pour les carreaux de remplissage. La densité sèche moyenne, est du même ordre de grandeur pour les deux types de mise en œuvre, soit 1 575 kg/m^3 pour les éléments porteurs et 1 516 kg/m^3 pour les éléments de remplissage. Ces données rentrent dans la plage de densité sèche que l'on retrouve dans la littérature entre 1 400 et 2 500 kg/m3 (CCTC, 2020 ; Sanchez et al., 2022).

Deux types de dimensions de carreaux de terre sont donc observés en fonction de leur mise en œuvre. Les carreaux de terre des structures porteuses sont plus grands dans toutes les dimensions. Cette différence peut s'expliquer par la manipulation en chantier et l'équilibre à trouver entre rapidité de pose (plus les carreaux sont gros, moins il y a de gestes pour un même volume de mur) et maniabilité (plus les carreaux sont gros et plus l'inconfort dû au poids est grand). Les murs porteurs nécessitant de plus grands volumes de terre, il est préférable alors de travailler avec des volumes plus grands.

Toutefois, cette variabilité s'inscrit dans la grande diversité des dimensions que l'on trouve suivant les régions (Guillaud, 2008). Les deux types s'inscrivent plutôt dans les formats rectangulaires les plus petits dont le poids moyen varie entre 8 et 12 kg, tandis que les plus lourdes varient entre 13 et 25 kg (Guillaud, 2008). À titre d'exemple on retrouve pour des briques dites « légères » des formes très différentes, beaucoup plus plates avec la dimension des briques foraines (400 mm x 270 mm x 50 mm, soient 5,4 litres) que l'on retrouve dans le patrimoine toulousain (Aubert et al., 2013). Pour les briques «lourdes», le patrimoine du Portugal offre des dimensions typiques de 450 mm x 150 mm x 120 mm (8,1 litres) (Costa et al. 2019).

Les carreaux champenois sont dans l'ensemble de taille « assez petites » et sont pour la plupart manipulable par une personne à une main.

Tableau 3-4 : Synthèse des dimensions et propriétés physiques de l'ensemble des échantillons récupérés en fonction de leur mise en œuvre.

Technique	Dimensions				Propriétés physiques	
Mise en œuvre	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	Volume (L)	Poids (kg)	Densité sèche (kg/m3)
Remplissage	**228,5**	**106,0**	**78,4**	**1,9**	**2,9**	**1516**
Écart-type	*22*	*12*	*12*	*1*	*1*	*128*
Porteur	**286,1**	**135,3**	**104,4**	**4,1**	**6,5**	**1575**
Écart-type	*26*	*11*	*19*	*1*	*2*	*153*

III.2.2. Caractérisation des sols utilisés dans la fabrication des carreaux de terre

III.2.2.1. Des sols diversifiés

Les échantillons ont été prélevés sur divers sites du territoire : en Champagne Crayeuse (crétacé supérieur), ou en dehors au niveau des crêtes préardennaises, du Porcien, de la Champagne Humide, etc. (crétacé inférieur et jurassique). Traditionnellement la ressource est prélevée à proximité du site, si ce n'est sur le site même (Chapelon, 1981 ; Hamard, 2017). La géologie et la pédologie[4] donnent alors une idée du type de sol utilisé pour la construction en terre d'un site donné. Le Tableau 3-6 fait la synthèse des caractéristiques géologiques et pédologique de 4 sites de prélèvement. Pour illustrer la diversité potentielle des ressources les Référentiels Régionaux Pédologiques ont été utilisés :

> *« Les Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP) sont une représentation des sols à l'échelle du 1/250 000 réalisée par département ou par région dans le cadre du programme Inventaire, Gestion et Conservation des Sols (IGCS) coordonné par le Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols (GIS Sol). Les sols sont représentés sous la forme d'ensembles cohérents – portion de la couverture pédologique qui présente des caractéristiques communes en termes de paysage et de répartition des sols – appelés Unités Cartographiques de Sols (UCS). A cette échelle de représentation, chacune des UCS est caractérisée par un regroupement d'un ou plusieurs types de sol différents, nommés Unités Typologiques de Sol (UTS). »*
> (Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols (GIS Sol) et Réseau Mixte Technologique Sols & Territoires, Pédologie – Les sols dominants de France métropolitaine, 2019.)

Afin de simplifier la lecture, une seule entrée est représentée par ligne. Pour la géologie et les UCS, il s'agit de celles dominantes à proximité du site. Pour les UTS qui composent les UCS, c'est celle qui est le plus représentée au sein de l'UCS qui est citée (Tableau 3-5). Il est à noter que la plupart des autres UTS sont assez similaires à celles majoritaires.

D'après le Tableau 3-6, et la géologie des sites de prélèvement, la ressource en terre peut provenir d'alluvions, de gaize (roche sédimentaire siliceuse formée en terrain argileux, typique des Ardennes), de craie ou de colluvions.

Tableau 3-5 : Exemple de la sélection effectuée pour 08 CON parmi les entrées possibles.

Index	Géologie			Pédologie							
	Notation			UCS	Nom UCS	UTS	%	Nom	Type de sol	Matériau parental
08-CON	Fz	Alluvions fluviatiles actuelles et récentes	Quaternaire Holocène	1301	Vallées d'alluvions récentes (l'Aire...) à sols alluviaux calcaires hydromorphes	151	50	Sol alluvial calcaire, argileux, hydromorphe	FLUVIOSOL	Alluvions récentes calcaires
	LP	Limons des plateaux	Crétacé			152	30	Sol alluvial calcaire, limono-argileux, d'alluvions récentes	FLUVIOSOL	Alluvions récentes calcaires
	C3	Craie a micraster	Crétacé sup			153	10	Sol alluvial peu évolué, limono-argileux à argileux, hydromorphe, d'alluvions récentes	FLUVIOSOL	Alluvions récentes
	GP	Grouine, grèze ou graveluche	Quaternaire			128	10	Sol alluvial calcaire, argileux, hydromorphe, des alluvions récentes de l'Aisne	FLUVIOSOL	Alluvions récentes calcaires
				4102	Collines de Champagne crayeuse de pente forte, sommets des crêtes étroites et allongées, plateaux sommitaux étroits à sols calcaires peu profonds	63	60	Sol brun calcaire, limono-argilo-sableux à argilo-limono-sableux	CALCOSOL	Craie
						64	40	Sol calcaire, limono-argilo-sableux à argilo-limono-sableux, peu profond	RENDOSOL	Craie
				1131	Plaine alluviale de l'Aisne à sols d'alluvions récentes principalement calcaires plus ou moins hydromorphes	128	50	Sol alluvial calcaire, argileux, hydromorphe	FLUVIOSOL	Alluvions récentes calcaires
						130	25	Sol alluvial calcaire, argilo-limoneux à argileux, à gley réduit superficie	REDUCTISOL	Alluvions récentes calcaires
						129	15	Sol alluvial calcaire, argilo-limoneux à argileux, faiblement hydromorphe	FLUVIOSOL	Alluvions récentes calcaires
						131	10			

Plus proche de la localisation

Majoritaire

4 La pédologie concerne les couches supérieures du sol et sont les plus à même de donner des informations sur la ressource employée. Mais en Champagne crayeuse, les sols sont dans l'ensemble peu épais et la géologie pourrait donner une indication sur le type de terre employée.

Tableau 3-6 : Synthèse des sols présents au niveau de sites de prélèvement pour les échantillons 08 CON (Condé-lès-Herpy), 08 DOM (Dommery), 10 CHA (Chaudrey) et 51 BRU (Brugny-Vaudancourt).

		08 CON	08 DOM	10 CHA	51 BRU
Géologie	Notation	Fz	j5a	c3	C
	Description	Alluvions fluviatiles récentes	Gaize	Craie	Colluvions indifférenciés
Pédologie	*UCS*	1301	3331	54	3212
	Description	Vallées d'alluvions récentes à sols alluviaux calcaires hydromorphes	Vastes dépressions limoneuses (principalement forestières) de la deuxième dépression préardennaise à sols bruns et lessivés hydromorphes du pied de la cuesta oxfordienne	Sols des versants calcaires limoneux à charge graveleuse variable sur matériaux d'altération de la craie de la Champagne crayeuse	Versants champenois à pente forte de Brie Champenoise, essentiellement agricoles, à sols calcaires dominants
	UTS majoritaire (%)	151 (50%)	40 (80%)	7 (75%)	132 (30%)
	Description	Sol alluvial calcaire, argileux, hydromorphe	Sol lessivé, limoneux à argilo-limoneux en profondeur, fortement hydromorphe	Sol très calcaire, moyennement profond, limoneux, plus ou moins graveleux	Sol calcaire
	Type de sol	FLUVIOSOL	LUVIOSOL-REDOXISOL	CALCOSOL	CALCOSOL
	Description	Sols issus d'alluvions	Présentent à la fois les critères des luvisols, présentant un lessivage marqué d'argile et de fer, et des rédoxisols, présentant un engorgement temporaire en eau qui se traduit par une coloration bariolée du sol.	Sols développés à partir de matériaux calcaires	Sols développés à partir de matériaux calcaires
	Matériau parental	Alluvions récentes calcaires	Limon reposant sur marne à minerai de fer	Craie	Calcaire dur

III.2.2.2. Première analyse visuelle des carreaux de terre

Une première analyse visuelle des carreaux de terre semble différencier ceux de couleur claire provenant de la Champagne Crayeuse et ceux plus colorés prélevés dans les Ardennes.

Les tranches réalisées dans les carreaux de terre (Figure 3-20) permettent d'établir un premier constat macroscopique sur la présence ou l'absence d'éléments grossiers. Parmi les échelles granulométriques courantes, permettant de nommer les éléments selon leur taille, c'est la classification Gradistat (Blot et al., 2001) qui est utilisée. Les carreaux des Ardennes ne présentent pas ou peu de trace de graviers (08 DOM, 08 CON), tandis que ceux de la Champagne Crayeuse sont composés de nombreux éléments calcaires plus ou moins grossiers. Parmi ces derniers, certains échantillons comportent des graviers supérieurs à 10 mm (51 BRU, R MAI), tandis que d'autres en sont dépourvus (10 CHA, 51 AMB). Les matériaux présentent une matrice que l'on peut ranger en deux catégories principales :

- Fine : peu ou pas d'éléments visibles à l'œil nu (08 CON, 08 DOM) ;
- Grossière : forte présence de sables grossiers / ou gravier très fin (10 CHA, 51 AMB) ; avec présence de graviers supérieurs à 10 mm (51 BRU, R MAI).

Les matrices grossières composées de craie proviennent de la Champagne Crayeuse, tandis que les matrices fines se trouvent généralement en dehors ou en limite de cette zone géographique. Dans un premier temps deux catégories seront donc définies, selon la présence d'éléments crayeux. La première catégorie sera celle des carreaux dit « crayeux » et des carreaux « non crayeux ».

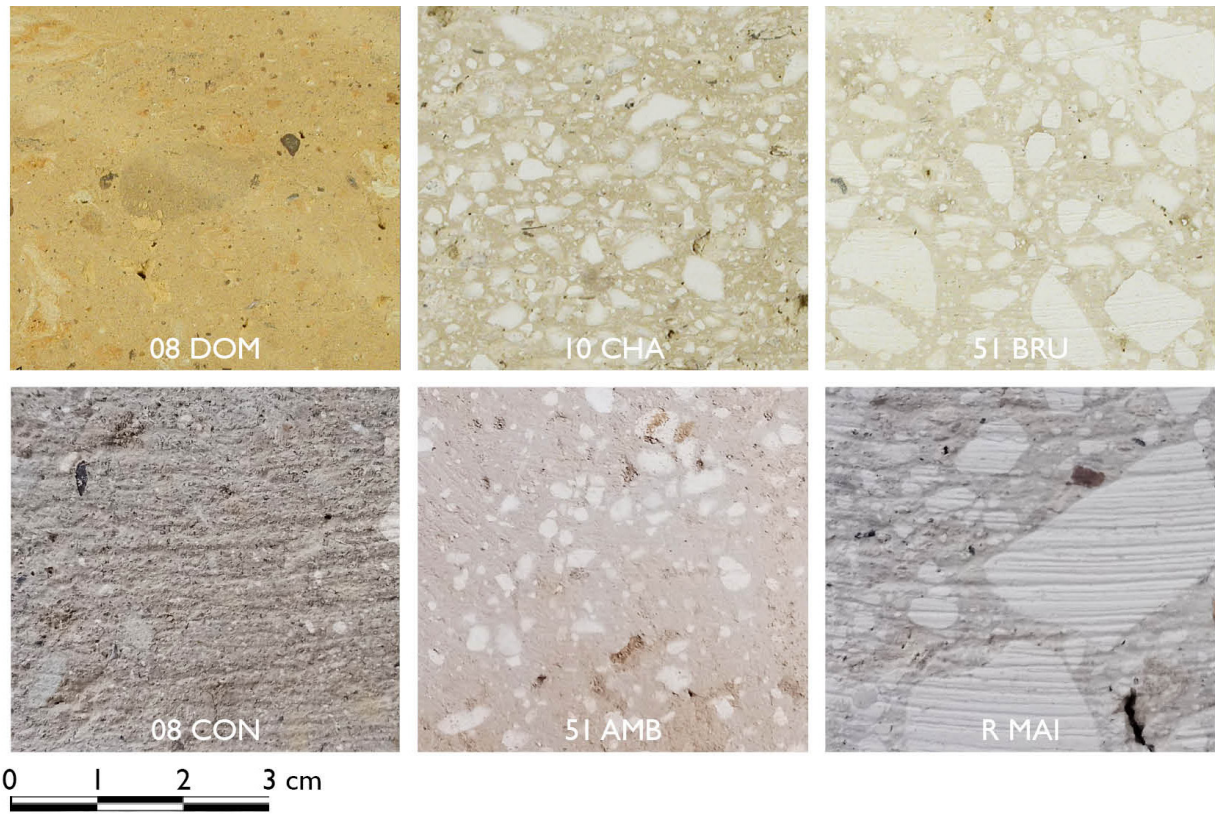


Figure 3-20 : Tranches réalisées dans des carreaux de terre provenant des Ardennes (08) : Condé-lès-Herpy, Dommery ; de l'Aube (10) : Chaudrey ; de la Marne (51) : Ambonnay, Brugny-Vaudancourt, Reims (rue Maillefer).

III.2.2.3. Caractérisation colorimétrique : couleur des carreaux de terre

L'espace chromatique CIELAB a été mis en place par la Commission internationale de l'éclairage (CIE) en 1976. Il permet de distinguer les différences de couleur à travers trois valeurs : L*a*b*, où la valeur L* représente la clarté (plus L est élevé, plus l'échantillon est clair) et les valeurs a* et b* représentent la chromaticité (-a* indique les couleurs dans le sens du vert, +a* dans le sens du rouge, -b* dans le sens du bleu et +b* dans le sens du jaune) (Figure 3-21).

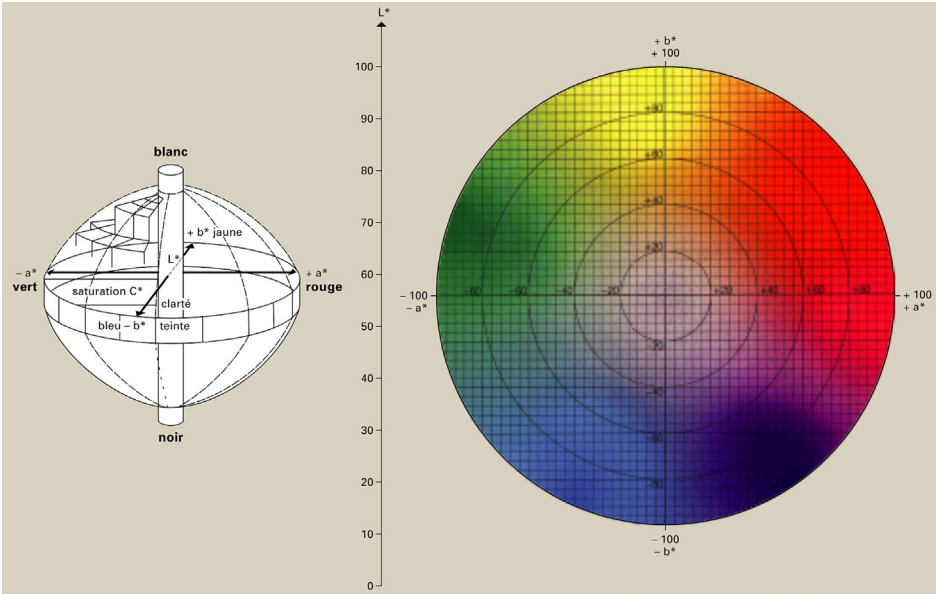


Figure 3-21 : Espace colorimétrique CIELAB (1976), d'après Encyclopædia Universalis France.

La Tableau 3-7 représente la moyenne des valeurs L*a*b* de 15 échantillons représentant des carreaux de terre crayeux et non crayeux.

Les valeurs a* s'étalent de 0,01 (08 GIV) à 2,76 (51 POM) pour les carreaux crayeux et de 1,77 (08 CON) à 4,81 (08 DOM) pour les non crayeux. L' ensemble des valeurs a* sont positives pour chaque échantillon et les carreaux non crayeux présentent des valeurs a* supérieures aux carreaux crayeux (Figure 3-23), sont donc plus « rouges ».

Les valeurs b* s'étalent de 10,09 (R OSE) à 18,69 (10 BRE) pour les carreaux crayeux et de 16,45 (08 CON) à 24,15 (08 DOM) pour les non crayeux. L' ensemble des valeurs b* sont positives pour chaque échantillon et les carreaux non crayeux présentent des valeurs b* supérieures aux carreaux crayeux (Figure 3-23), sont donc plus « jaunes ».

Selon les valeurs de chromaticité a* et b*, seul 08 CON a des valeurs se confondant avec des carreaux crayeux, les trois autres échantillons (08 DOM, 08 ECO, 08 PUI) présentent toujours des valeurs supérieures, correspondant à une couleur plus brune.

Les valeurs L* s'étalent de 70,90 (R OSE) à 80,87 (51 ATH) pour les carreaux crayeux et de 55,66 (08 DOM) à 63,17 (08 CON) pour les non crayeux. Les carreaux crayeux présentent des valeurs L* supérieures aux non crayeux (Figure 3-22), et sont donc plus clairs .

Les carreaux crayeux ont une valeur L* semblable aux sols de la Champagne crayeuse étudiés par Linoir (2014) qui présentent des valeurs aux alentours de 72 pour les RENDOSOLS, 75 pour les grèzes (graveluches) et 80 pour les horizons d'accumulations carbonatées.

Tableau 3-7 : Valeurs des échantillons dans l'espace CIELAB. Avec la clarté (L) et la chromaticité (a* et b*).*

Crarreaux non crayeux			
	L*	a*	b*
08 DOM	55,66	4,81	24,15
08 ECO	60,92	3,49	20,84
08 PUI	62,38	4,26	22,61
08 CON	63,17	1,77	16,45
Carreaux crayeux			
	L*	a*	b*
R OSE	70,90	1,38	10,09
51 POM	72,94	2,76	16,59
10 CHA	74,51	2,82	18,54
10 BRE	74,82	2,06	18,69
51 AMB	75,51	2,46	16,74
08 GIV	77,00	0,01	13,72
51 BUS	77,56	0,18	14,89
10 MAU	77,66	2,43	18,16
51 BRU	79,17	0,94	10,82
10 CLE	80,16	1,09	15,56
51 ATH	80,87	1,41	15,32

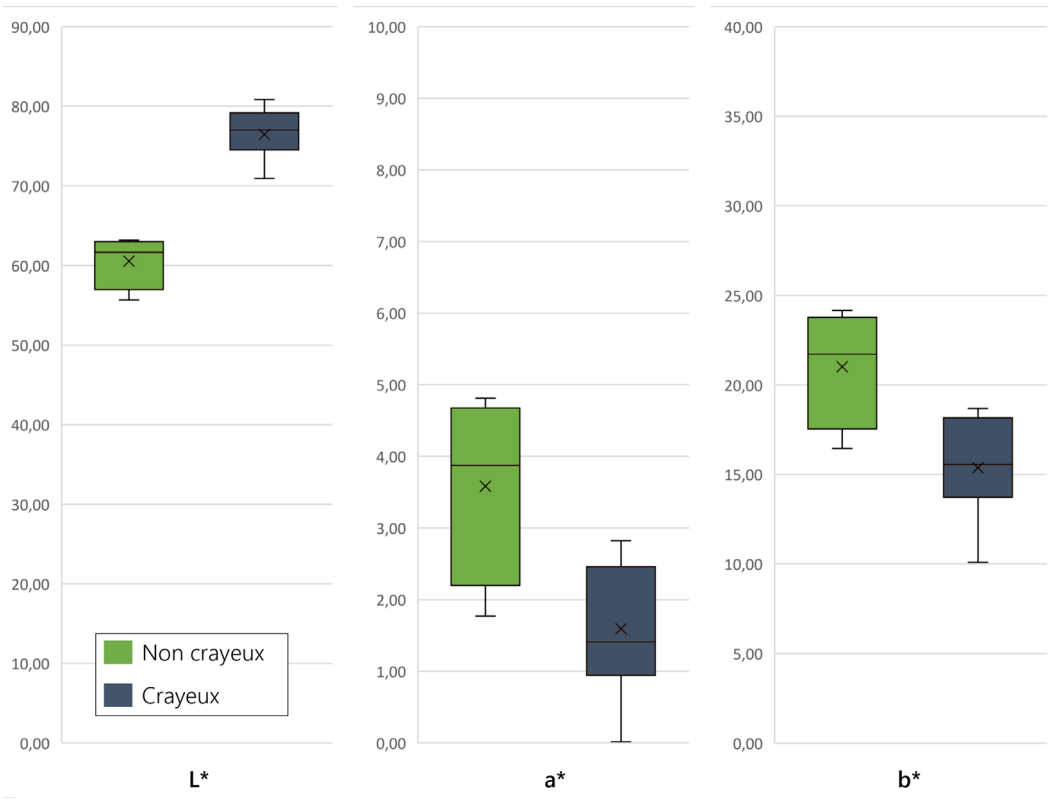


Figure 3-22 : Valeurs de clarté (L) et de chromaticité (a* et b*) des carreaux de terre crayeux (bleu) et non crayeux (vert).*

Le ΔEab représente la mesure de la différence visuelle entre deux couleurs dans l'espace CIELAB. Il est calculé selon la formule :

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

Où L1*, a1* et b1* sont les coordonnées dans l'espace CIELAB de la première couleur et L2*, a2* et b2* celles de la seconde. Le Tableau 3-8 présente la moyenne des ΔEab par couple d'échantillons comparés[5].

La moyenne des ΔEab comparant les carreaux non crayeux entre eux est de 6,5 (± 2,8), avec une valeur minimale de 2,4 (08 ECO / 08 PUI) et maximale de 11,2 (08 CON / 08 DOM), tandis qu'elle est de 5,6 (± 2,6) pour les carreaux crayeux entre eux, avec une valeur minimale de 0,8 (10 CLE / 51 ATH et 10 BRE / 10 CHA) et maximale de 11,3 (51 ATH / R OSE). Enfin, la moyenne pour la comparaison des carreaux crayeux et non crayeux est de 17,5 (± 4,5). Les valeurs s'étalant de 9,8 (08 CON / 51 POM) à 27,3 (08 DOM / 51 BRU) qui correspond à la différence visuelle la plus marquée de l'ensemble.

Tableau 3-8 : Moyenne des ΔE entre les couples d'échantillons.

Carreaux comparés	Moyenne ΔE	σ	ΔE mini	ΔE max
Carreaux non crayeux / Carreaux non crayeux	**6,5**	*2,8*	2,4	11,2
Carreaux crayeux / Carreaux crayeux	**5,6**	*2,6*	0,8	11,3
Carreaux non crayeux / Carreaux crayeux	**17,5**	*4,5*	9,8	27,3

La limite de perceptibilité généralement admise est ΔEab = 3 (Benavente et al., 2003 ; Burgos-Cara et al., 2017). Bien que cette assertion soit remise en question, du fait que l'œil humain soit plus sensible à certaines couleurs (Burgos-Cara et al., 2017), le Tableau 3-9 présente les couples de carreaux de terre pour lesquels l'œil pourrait ne pas percevoir la nuance. Sur la totalité des 105 comparaisons entre les couples d'échantillons, 12 ont un ΔEab < 3. 11 concernent des carreaux crayeux entre eux et 1 concerne des carreaux non crayeux. Cette différence peut s'expliquer par le nombre moins important de carreaux non crayeux récupérés.

Tableau 3-9 : Échantillons avec ΔE < 3, admis comme seuil de perceptibilité (Benavente et al., 2003 ; Burgos-Cara et al., 2017)

Carreaux comparés	ΔE
51 ATH / 10 CLE	0,8
10 BRE / 10 CHA	0,8
08 GIV / 51 BUS	1,3
10 CHA / 51 AMB	2,1
10 BRE / 51 AMB	2,1
08 ECO / 08 PUI	2,4
10 CHA / 51 POM	2,5
10 MAU / 51 AMB	2,6
51 AMB / 51 POM	2,6
10 CLE / 51 BUS	2,8
10 BRE / 51 POM	2,9
10 BRE / 10 MAU	2,9

Carreaux crayeux / Carreaux crayeux

Carreaux non crayeux / Carreaux non crayeux

L'ensemble de ces résultats montrent l'homogénéité de couleur au sein de chaque type de carreaux de terre. Les carreaux non crayeux étant légèrement plus saturés en rouge et jaune (valeurs a* et b*), présentent une teinte plus brune que les carreaux crayeux. Ces derniers étant plus clairs (valeur L*) que les carreaux non crayeux.

La Figure 3-23 présente les couleurs issues des moyennes mesurées au colorimètre pour différentes types de carreaux de terre. Ces nuanciers pourraient être utiles pour les structures qui établissent des chartes de couleurs, tel que les Parcs Naturels Régionaux.

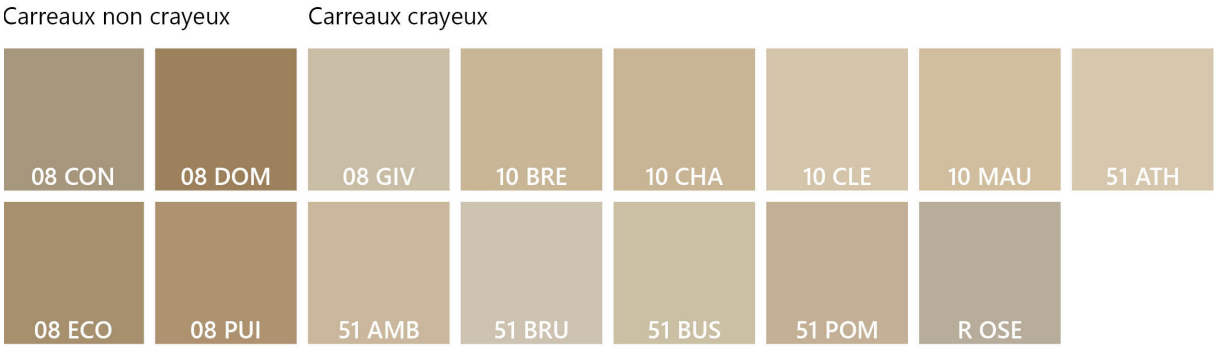


Figure 3-23 : Représentation des couleurs de la surfaces des carreaux de terre selon les moyennes L, a*, b*, mesurées au colorimètre.*

III.2.2.4. Approche pétrographique

Les lames minces ont été principalement réalisées sur des carreaux de terre issus de la Champagne crayeuse (10 CHA ; 51 BRU ; F 673 et S 337), mais deux autres proviennent du vallage ardennais (08 GIV) et des côtes préardennaises (08 DOM). Parmi les prélèvements étudiés de la Champagne crayeuse, deux sont issus des fouilles archéologiques de la SERNAM à Reims, dont les carreaux sont datés entre le 1er et 2e siècle (F-673 et S 337). La Figure 3-24 présente les prises de vue à la même échelle pour chaque échantillon sous lumière polarisée non analysée et analysée. 10 CHA, 51 BRU et F 673 présentent une forte présence d'éléments grossiers, tandis que 08 DOM, 08 GIV et S 337 sont composés d'élément plus fins.

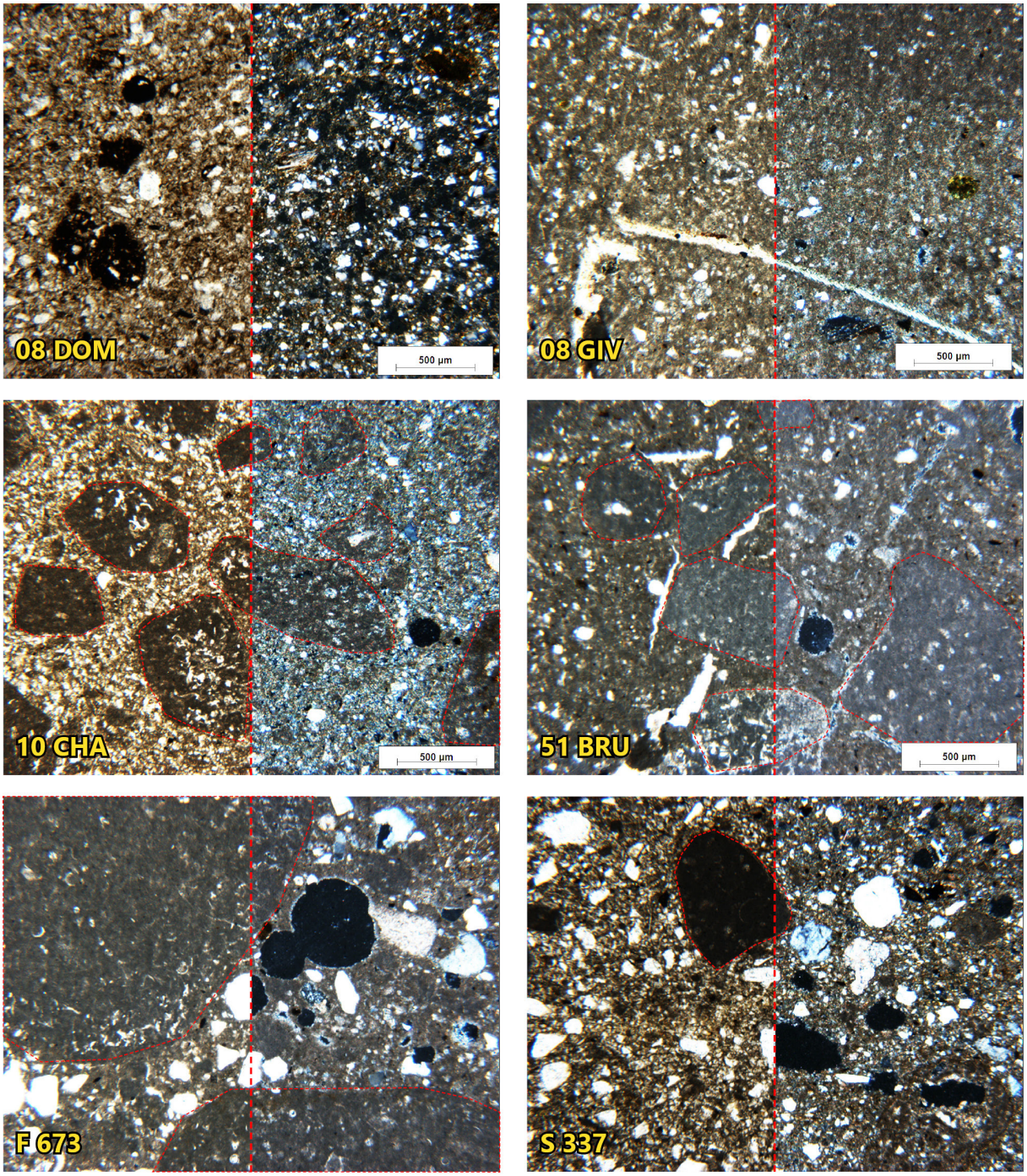


Figure 3-24 : Comparaison de la présence d'éléments grossiers en lame mince sous lumière polarisée non analysée et analysée, pour chaque échantillon.

Brugny – Vaudancourt (51 BRU)
L' échantillon 51 BRU présente une importante quantité d'éléments calcaires identifiés comme des fragments de craie anguleux, non érodés et peu recristallisés (dénommé localement crayon (Cr)), ainsi que des éléments plus petits, altérés et arrondis (localement appelés graveluches (Gr)) (Figure 3-25, a). La graveluche est plus résistante que la craie blanche, à cause d'un phénomène de recristallisation (Loisy, 1997).

La matrice (M) est également très carbonatée et les inclusions de quartz (Qz) sont très peu abondantes et correspondent à des grains de granulométrie situées entre les limons grossiers et les sables très fins (de 30 μm à 125 μm) (Figure 3-25, a).

Les seuls autres éléments observés sont des biosphéroïdes calcitiques de vers de terre (Bcv) (Figure 3 25, b). Ces cristallisations sont liées au métabolisme des vers de terre, capable d'accumuler du carbonate de calcium grâce à leur glande calcifère (Bal, 1977, dans Loisy, 1997). Ces éléments sont un indice d'une origine pédologique du matériau car ils sont essentiellement observés dans les horizons A et les poches de cryoturbations des sols crayeux champenois (Loisy, 1997).

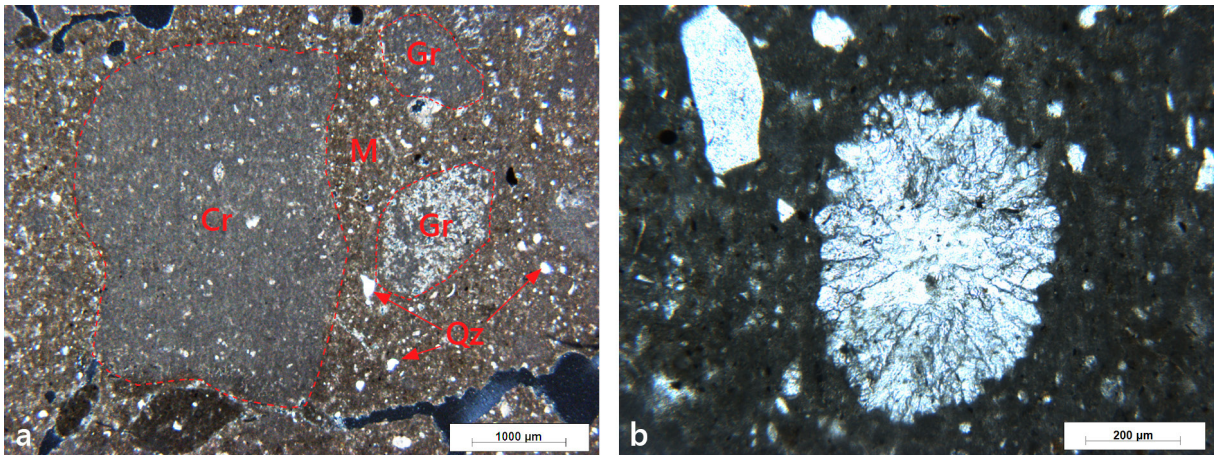


Figure 3-25 : Observation au microscope optique en LPA.
a : *Présence d'éléments calcaire sous forme de craie (Cr) ou graveluche (Gr), de quartz (Qz) et de matrice argileuse (M).* b : *Biosphéroïdes calcitiques de vers de terre.*

La macroporosité (la seule observable en microscopie optique), est composée de vacuoles (V) circulaires ou subcirculaires (Figure 3-26). Celles-ci correspondent à des bulles d'air piégées. Leur forme sphérique peu à pas déformée laissant présager d'un piégeage dans une matière plastique ou visqueuse, mais non liquide. Ces bulles piégées correspondent à de la porosité initiale acquise lors de la fabrication des carreaux.

Une légère porosité fissurale (Pf) secondaire est observée dans l'échantillon (Figure 3-26). Ces fractures relient les bulles d'air et contiennent un léger remplissage de calcite. Ces cristallisations indiquent que les fractures ne se sont pas produites de façon récente lors du prélèvement ou de la fabrication de la lame. Il pourrait donc s'agir d'une légère fissuration liée au retrait lors du séchage.

Enfin, une porosité tardive est aussi observée. Elle profite du réseau de fissures et du réseau de bulles. Les pores tardifs sont plus larges et de type chenalisant (chanel) (Pc) (Figure 3-26). Ils correspondent probablement à un processus de dissolution, liée à la circulation de l'eau et/ou à une altération biologique.

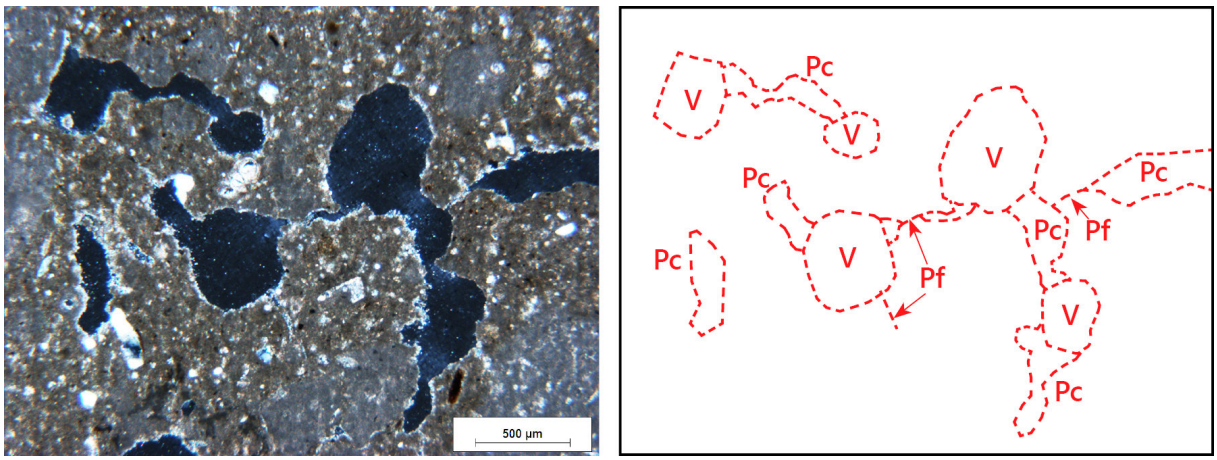


Figure 3-26 : Observation au microscope optique en LPA de différents types de porosité d'après Choquette et Pray (1970).

Chaudrey (10 CHA)

L' échantillon 10 CHA présente une forte concentration d'éléments crayeux, parfois jointifs, sous forme de graviers de graveluches (Gr) très recristallisés avec une importante porosité intra-granulaire (Figure 3-27).

La matrice (M) est essentiellement limono-argileuse et carbonatée. Les quartz (Qz) sont assez présents et correspondent à des granulométries de limons grossiers (de 25 μm à 50 μm).

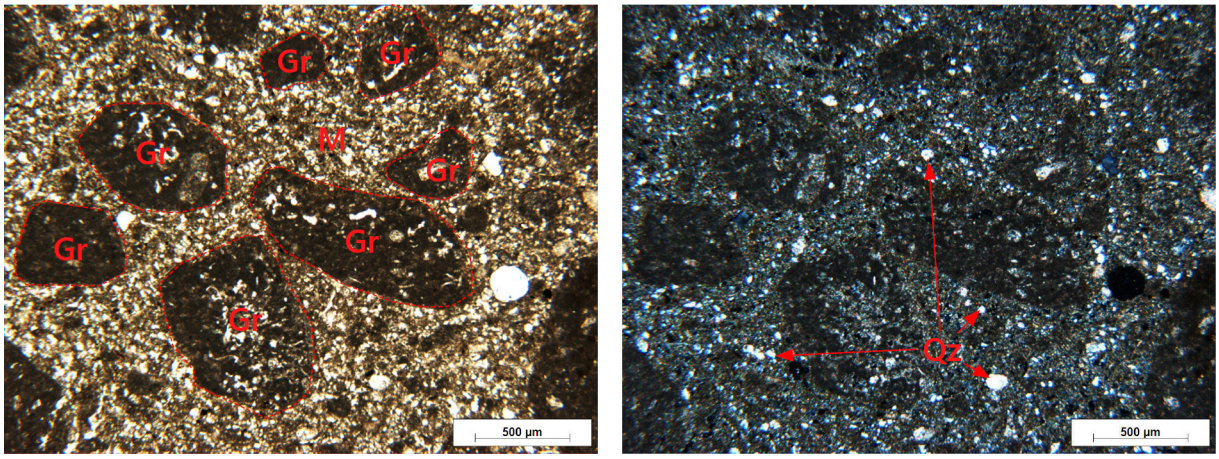


Figure 3-27 : Observation au microscope optique en lumière naturelle (gauche) et polarisée (droite). Forte présence de graveluches (Gr), remarquable par l'altération des éléments, et d'une matrice (M) riche en quartz (Qz).

Des éléments remarquables se trouvent dans les pores en forme de canaux. Il s'agit d'un tapissage de nano et de micro-aiguilles de calcite de type NFC (needle-fiber-calcite, Verrecchia, E.P.et Verrecchia, K.E., 1994) (Figure 3-28). Dans les sols sur craie de Champagne, cette phase correspond à des bio-processus de reprécipitation de la calcite (Devers et al., 1982) sous forme de pseudomycéliums calcaires (Laurain et al., 1995). Cela peut conduire à une réduction de la porosité de la craie et consolider les formations meubles donnant naissance à un encroûtement nommé « tuf » (Baliff, 1972, dans Durand, 1979) ou horizons d'accumulations carbonatées « HAC » (Linoir, 2014). Dans les encroûtements carbonatés quaternaires champenois, cette phase est localisée dans les pores de la matrice à éléments détritique (Loisy, 1997). Elle peut présenter, comme observé dans le carreau de terre 10 CHA : des structures pontées créant des contacts entre les bords des pores, des paquets d'aiguilles en tapissage des parois des pores intergranulaires ou dans les graveluches, des dispersions diffuses.

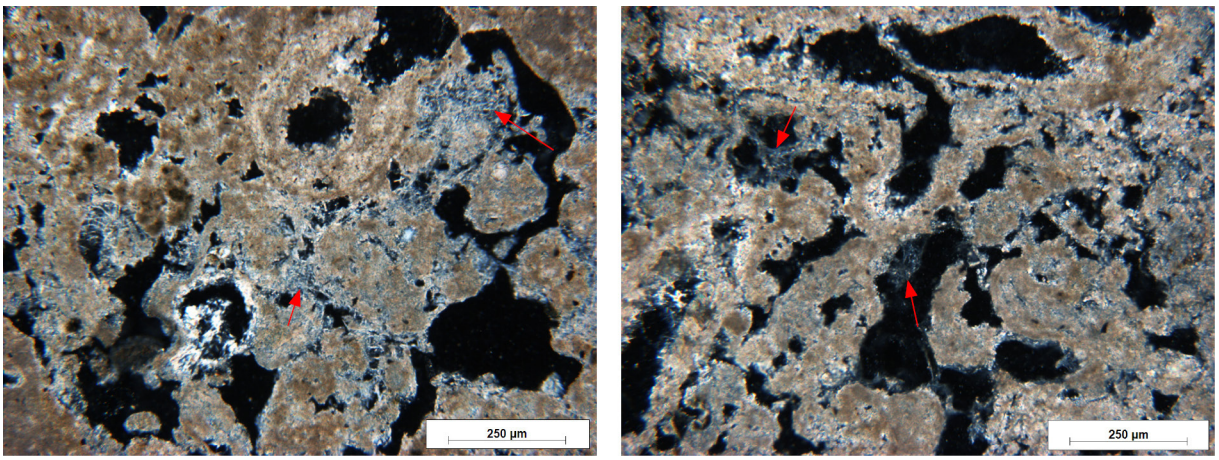


Figure 3-28 :
Microscope optique en LPA. Observation du développement des phases calcitiques dans les pores.

Ces aiguilles se développent dans des zones où la porosité est plus développée, les « aire ouvertes » (Linoir, 2014). Celles-ci ne se présentent pas comme de larges pores vides, mais contiennent des agrégats de matrice, ainsi que des grains de graveluches (Gr). L' étendue de ces zones altérées varie entre 500 μm et 2 mm (Figure 3-29).

En dehors de ces aires ouvertes à micro-aiguilles, la présence de vacuoles (V) et de pores de type chenalisant (Pc) sont observables (Figure 3-29).

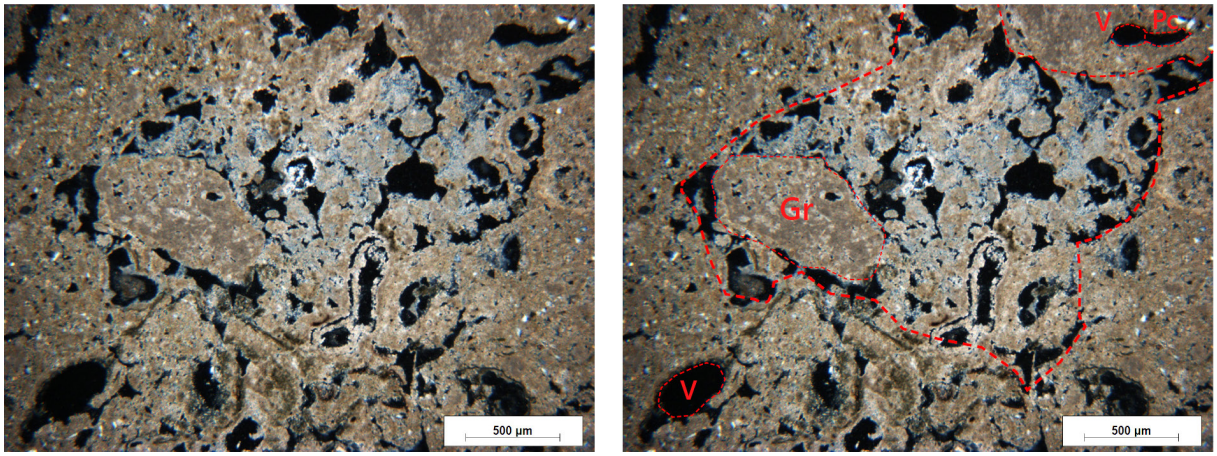


Figure 3-29 : Porosité et « aire ouverte » à micro-aiguilles observée dans 10 CHA.

Reims (F 673)

L' échantillon F 673, d'époque antique, provient des fouilles archéologiques de la SERNAM à Reims (INRAP). Très proche des carreaux de terre typiques du secteur rémois, il présente une forte concentration d'éléments crayeux, sous la forme de graviers de graveluches (Gr). Ces derniers sont parfois assez peu altérés (Figure 3-30, a) et présentent des grains de craie peu recristallisée, faiblement macroporeuse ou dans une moindre proportion, les graviers sont partiellement altérés (Figure 3-30, b).

La matrice (M), qui semble visuellement très proche de la nature des graveluches, est essentiellement carbonatée. Les quartz (Qz) sont abondants dans une variété de tailles, correspondent à des granulométries de limons mais aussi de sables fins et moyens (de 25 μm à 150 μm)

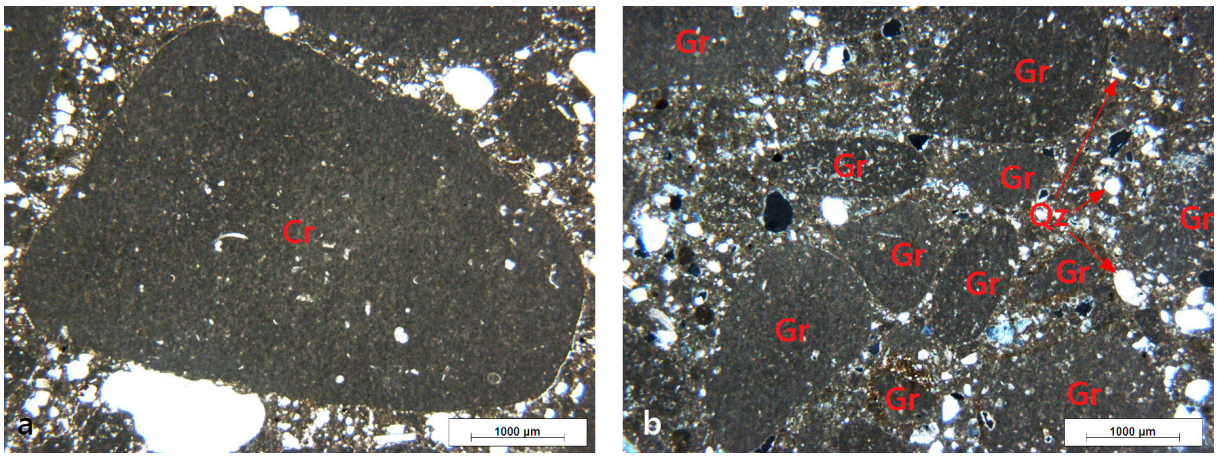


Figure 3-30 : a : *Gravier de craie arrondi sans trace d'altération périphérique. Présence d'un ciment de calcite cristallisé sur le pourtour.* b : *Graviers de craie partiellement altérés.*

Deux autres types d'éléments particuliers sont observés. Des fibres d'environ 2 mm de diamètre, qui ne sont plus présentes sous la forme de matière mais de pores moldiques (Pm), avec le remplissage du trou de la fibre par la matrice terreuse (Figure 3-31, a) ; et des biosphéroïdes calcitiques de vers de terre (Bcv) (Figure 3-31, b).

La macroporosité est principalement sous forme de vacuoles intergranulaires (Figure 3 32) sphériques correspondant à d'anciennes bulles d'air piégées.

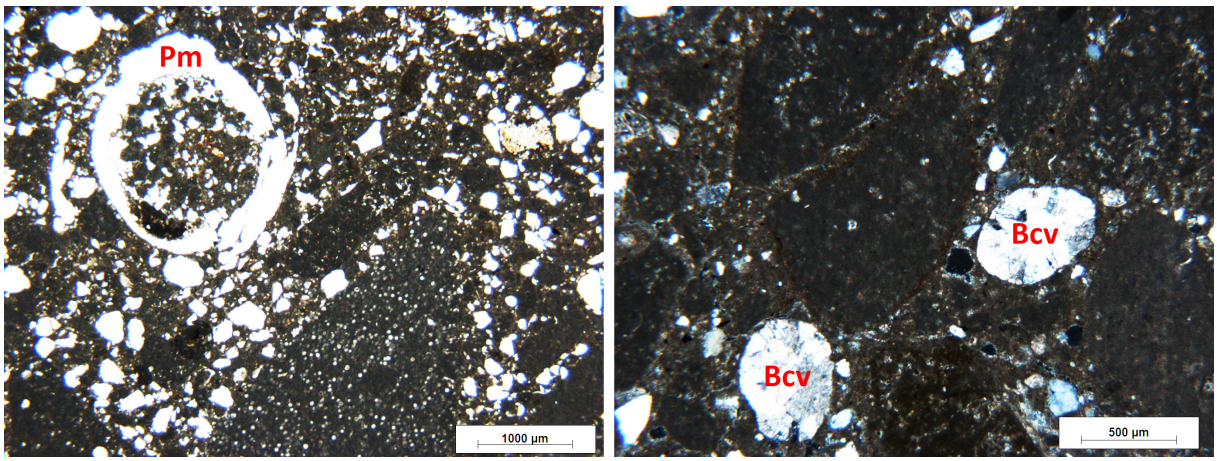


Figure 3-31 : a : *Trace de la présence ancienne d'une fibre végétale (Pf).* b : *Présence de deux Biosphéroïdes calcitiques de vers de terre (Bcv)*

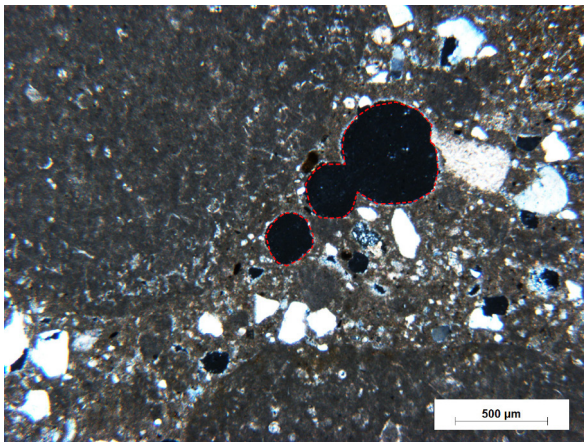


Figure 3-32 : Macroporosité vacuolaire (bulles) observée dans F 673.

Reims (S 337)

L' échantillon S 337, d'époque antique, provient des fouilles archéologiques de la SERNAM à Reims (INRAP) est très différent des carreaux de terre typiques du secteur rémois et de F 673. En effet, contrairement à l'échantillon F 673, il ne présente qu'une très faible quantité d'éléments crayeux, seuls des petits fragments de graviers arrondis de graveluches (Gr) sont observables (Figure 3-33, a).

En revanche le quartz est très présent dans la matrice avec une large répartition granulométrique depuis les limons aux sables moyen. Il s'agit très probablement des limons éoliens (limons de plateau lœssiques), présents dans les formations périglaciaires locales.

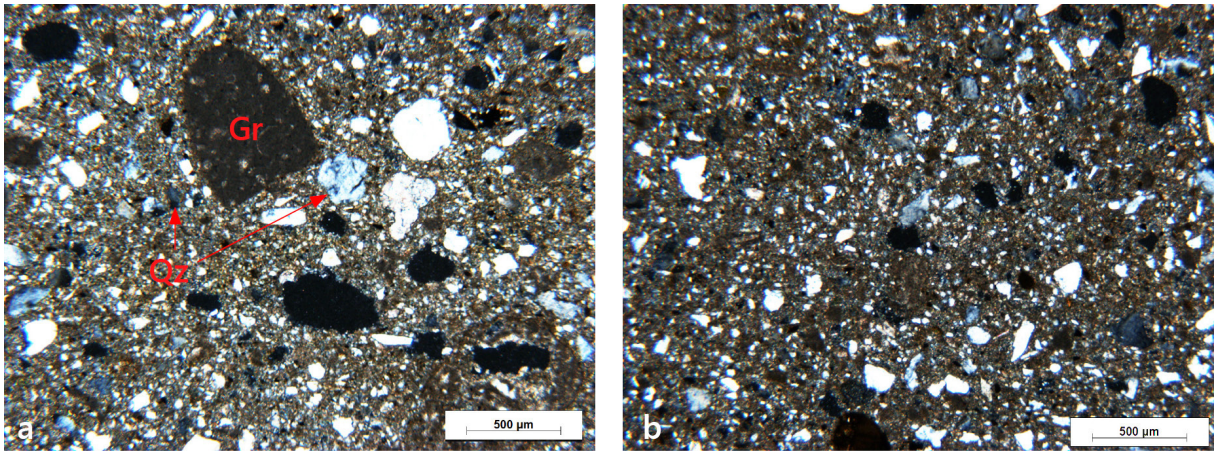


Figure 3-33 : Observation au MEB. a : *un élément de graveluche (Gr) au sein d'une matrice avec beaucoup de quartz (Qz).* b : *Matrice très concentrée en quartz.*

On note aussi la présence de glauconie (Gl) (Figure 3-34 a et b), or ce minéral est typique des formations du Cénozoïque et notamment des sables Thanétiens marins qui affleurent à l'ouest de Reims. Les glauconies sont présentes au sein d'un grumeau argileux (Ga), contenant également des quartz (Qz) et des limons (Figure 3-34, a) ou bien sous forme oxydée (Glo) (Figure 3-34, b).

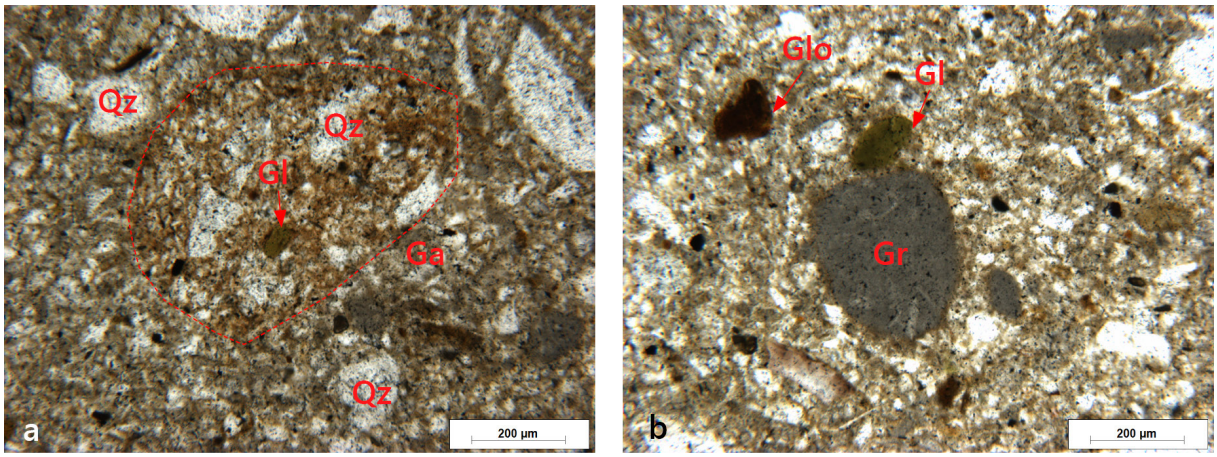


Figure 3-34 : Observation au MEB. Présence de grains de quartz, de glauconie et de graviers de craie cassés, remaniés.

La macroporosité est principalement de type vacuolaire avec des bulles subcirculaires dans des tailles variant entre 80 et 500 µm) (Figure 3-35).

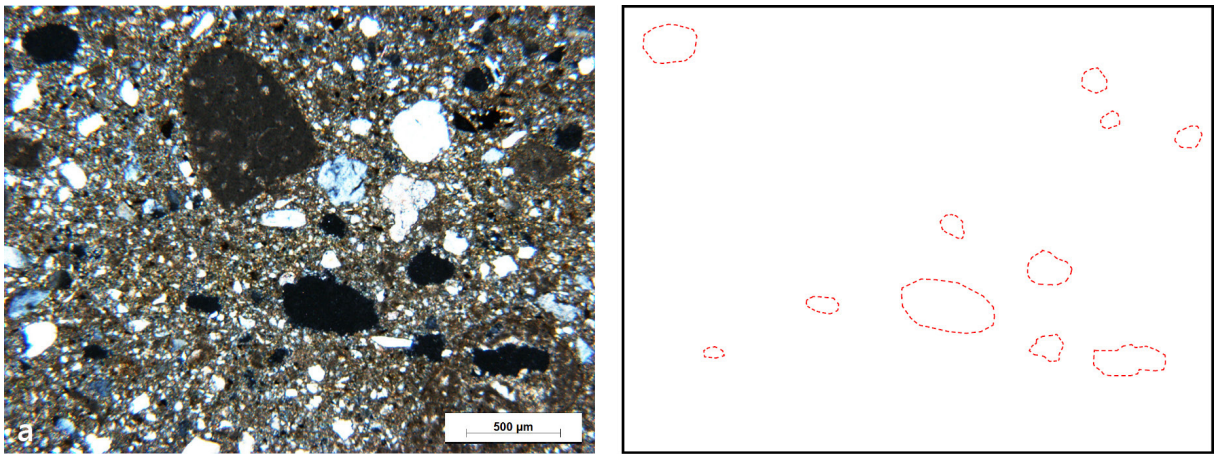


Figure 3-35 : Observation au MEB. Porosité sous forme de vacuoles

Givry (08-GIV)

L'échantillon de Givry présente un sédiment carbonaté très fin, de type craie marneuse (mélange d'argile et calcaire). La matière est très homogène et présente peu de fragment de roche et très peu de quartz de la taille de sables, uniquement des limons (Figure 3-36).

La présence de fibres est spécifique à cet échantillon. Il semble s'agir de fibres animales d'un diamètre d'environ 50 μm et d'une longueur variant de 0,6 à 2 mm (Figure 3-36 et Figure 3-37). Ces dernières sont assez abondantes et ont une répartition régulière, indiquant un ajout volontaire à la matière et un mélange.

La macroporosité est principalement de type vacuolaire avec des bulles subcirculaires dans des tailles variables (entre 20 et 500 μm) (Figure 3-36).

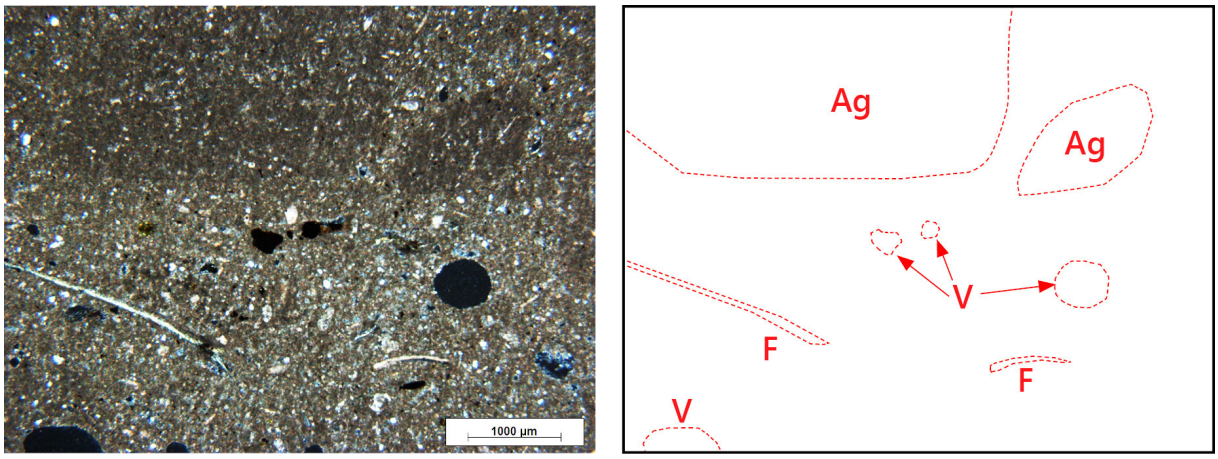


Figure 3-36 : Observation au MEB. Sédiment carbonaté de type craie marneuse avec présence de fibres animales.

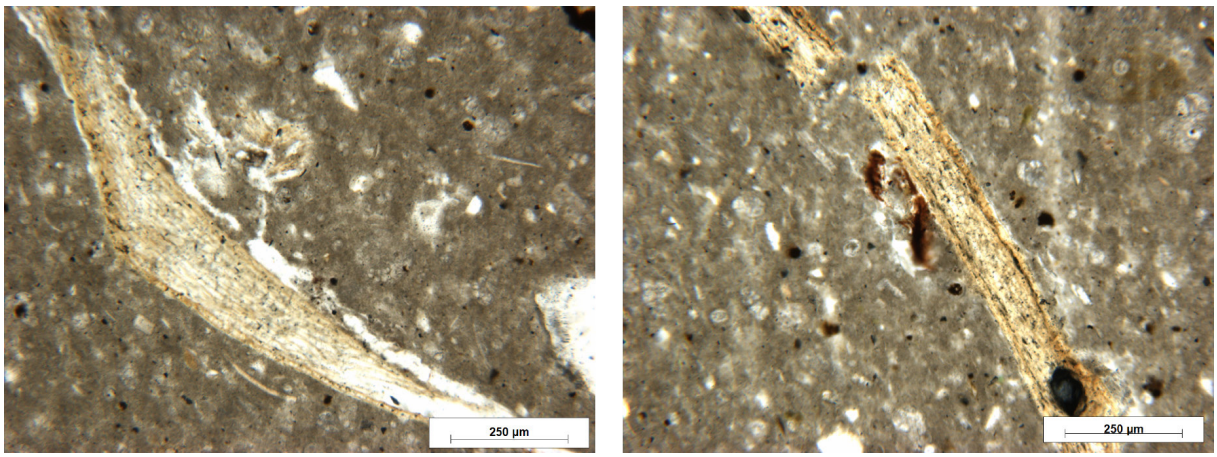


Figure 3-37 : Observation au MEB. Grossissement sur la fibre animale.

Dommery (08 DOM)

L'échantillon 08 DOM ne présente pas d'élément calcaire ou crayeux. En revanche la matrice est très chargée en grains de quartz (Qz) et autres minéraux détritiques (quelques micas, rares feldspaths), dont les dimensions s'étalent des limons aux sables très fins, avec une majorité de limons.

On note également la présence d'oxydes de fer (Ox) (matière sombre à opaque, fréquemment rougeâtre), soit en amas diffus, soit sous la forme de grains. Il pourrait s'agir soit d'amas d'argilo-ferranes, soit de grains de glauconie totalement altérée. La macroporosité est très faible.

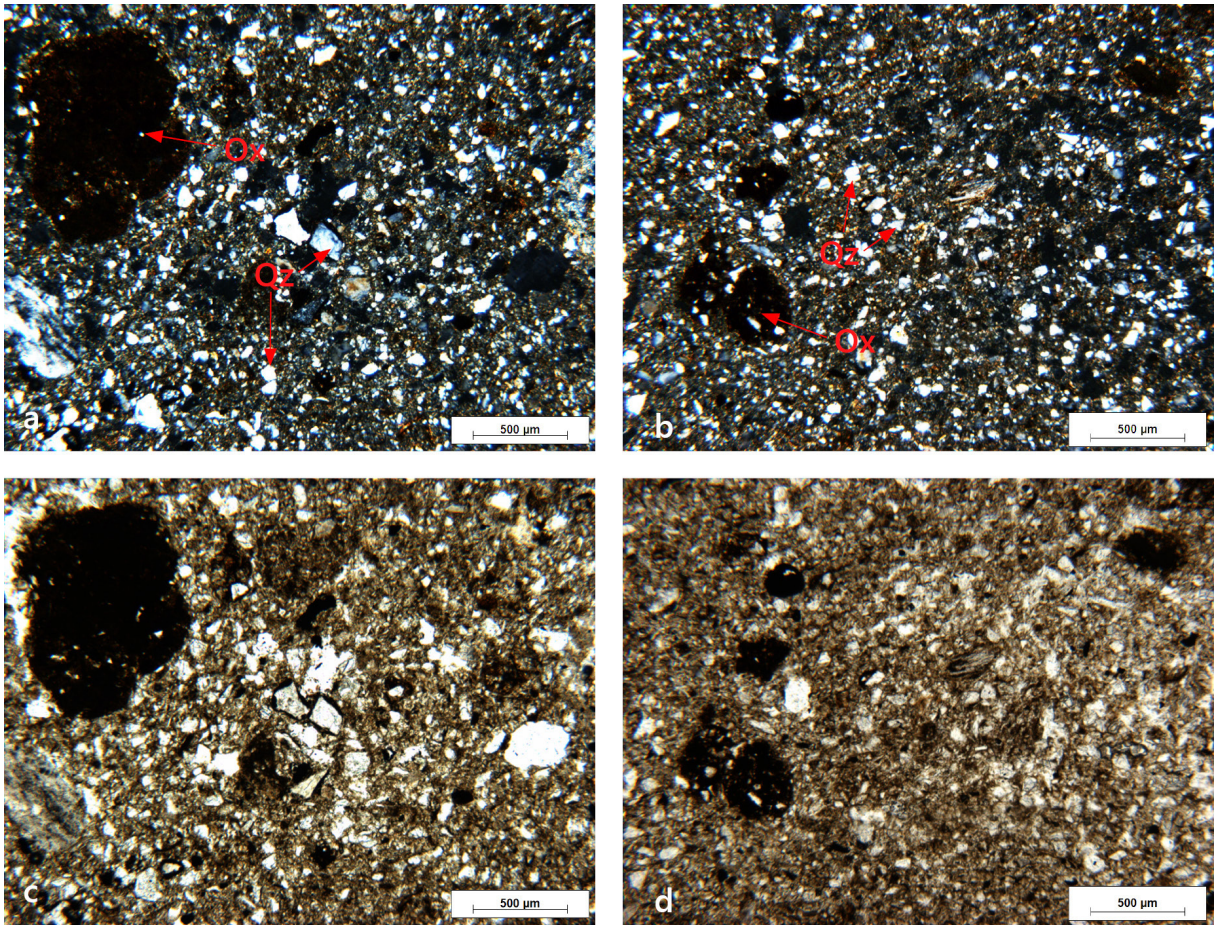


Figure 3-38 : Observation au MEB d'une matrice très chargée en quartz (Qz) avec présence d'oxydes de fer.

Conclusion sur l'analyse des lames minces

L' observation des lames minces permet d'observer la variabilité des ressources employées pour la confection des carreaux dans la zone d'étude.

En Champagne crayeuse, les carreaux présentent, la plupart du temps, une forte teneur en éléments calcaires issus du substrat crayeux. Ces éléments peuvent être de différentes tailles : les plus petits correspondent généralement à des graviers arrondis attribuables à des grains de « graveluches » et les plus gros sont à l'inverse des éléments de craie fracturée, non roulée et peu recristallisée, correspondant aux horizons de craie altérée non remaniée nommé « crayon » en Champagne.

Toutefois, l'échantillon S 337, provenant de Reims, permet d'observer l'emploi d'une ressource différente avec très peu d'éléments crayeux et un sable limono-glauconieux. La différence de composition des deux carreaux issus des fouilles de la SERNAM de Reims soulève donc une question : l'emploi des deux assemblages de terre différents sur le même site, traduit-t-il un choix délibéré, un emploi opportuniste de matériaux différents ou à des traditions différentes selon la période considérée. En effet, l'échantillon S 337 (limon-sableux, peu calcaire) correspondrait aux phases les plus anciennes du site, alors que l'échantillon F 673 proviendrait de phases ultérieures. Mais la question dépassant largement le cadre de cette étude, nous n'avons pas eu l'opportunité d'étudier plus avant cet aspect dans ce travail.

La présence de biosphéroïdes calcitiques de vers de terre semble être courant et ici observé sur deux échantillons (51 BRU et F 673). Cette présence semble indiquer l'emploi de terre et de formations crayeuses de surface (= indice pédologique) et non de matières issues du sous-sol profond.

L' échantillon de Chaudrey dans l'Aube (10 CHA) présente des aiguilles de calcite traduisant un processus de re-précipitation de la calcite. Cet aspect n'a pas été étudié plus en détail, mais semblerait témoigner de l'existence de phases de dissolution/recristallisation à l'intérieur des carreaux de terre altérés.

Malgré la prédominance de la présence des carreaux de terre à inclusion crayeuse, il est aussi désormais attesté de l'existence de carreaux non crayeux, notamment dans les Ardennes, avec d'une part des terres marneuses (08 GIV) et d'autre part des terres limono-sableuses très peu carbonatées (08 DOM).

Enfin, les carreaux de terre de Champagne semblent essentiellement non fibrés, mais l'échantillon 08- GIV montre qu'il est possible de trouver des éléments à fibres (ici animales). L' échantillon rémois F 673 ayant quant à lui montré la présence d'un moulage de fibre végétale. Mais celle-ci étant seule observée, il semble qu'il s'agisse plus d'une présence occasionnelle voire accidentelle que d'un choix d'ajout de fibres.

III.2.2.5. Analyse morphologique : microscope électronique à balayagage (MEB)

Parmi les éléments de carreaux observés aux microscope électronique à balayage (MEB), trois proviennent du plateau calcaire champenois : Chaudrey (10-CHA) dans l'Aube et Brugny-Vaudancourt (51-BRU) et Bussy-le-Repos (51-BRU) dans la Marne. Les trois autres échantillons proviennent des Ardennes : Condé-les-Herpy (08-CON), Dommery (08-DOM) et Écordal (08-ECO).

• Carreaux de terre crayeux

La Figure 3-39 montre les caractéristiques microstructurales de différents carreaux de terre issus de la Champagne Crayeuse. Les échantillons présentent une grande quantité de micro-grains de calcite (Ca), caractéristique des sols et sous-sol calcaires. Des coccolithes (Co), parois externes d'algues planctoniques fossiles typiques de la craie crétacée, sont également visibles sous forme entière ou fragmentée. Il semble que la majeure partie de la fraction inférieure à 2 microns (argiles granulaires) soit dominée par de la calcite cristalline, comme cela a été observé pour les sols calcaires en Angleterre (Kerry et al., 2009) et non par des argiles. Plus en détail, ce géomatériau fortement carbonaté présente des agrégations (Ag) poreuses de nano et micro-grains de calcite où les éléments sont en contact ponctuel ou forment parfois des agrégats recristallisés séparés par des pores plus larges sous forme de cavités ou de canaux tubulaires. Des cristaux plus gros sont également présents, qui peuvent être soit de la calcite (sparite), des argiles, des éléments organo-minéraux (51 ATH, 51 BRU) ou des petits quartz (limon) (51 BUS). Des microfibres NFC (Durand et al., 2010) potentiellement liées à des caractéristiques pédologiques se trouvent occasionnellement dans l'échantillon de Bussy-le-Repos (51 BUS) Chaudrey (10 CHA).

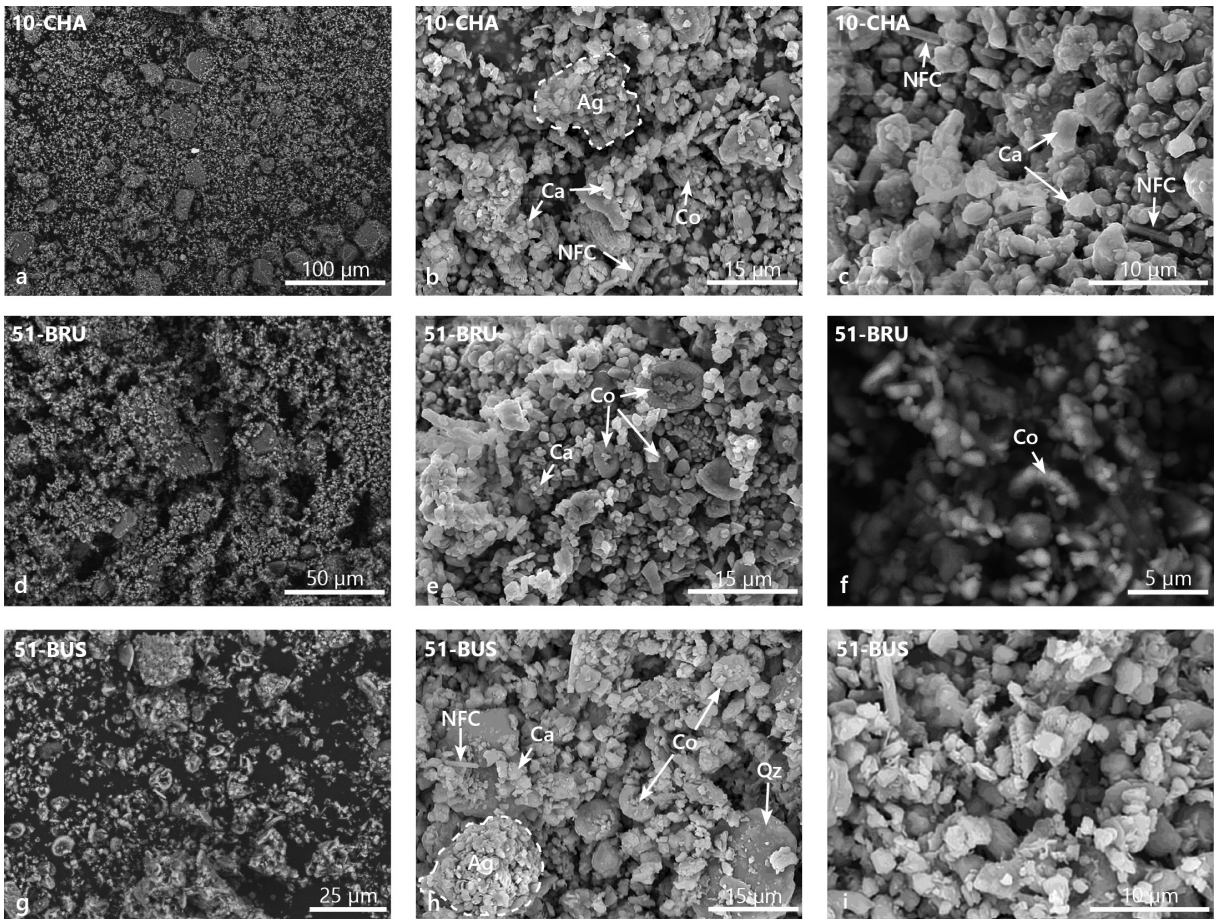


Figure 3-39 : Images tirées du MEB des carreaux de terre de la Champagne Crayeuse

• Carreaux de terre non crayeux

La Figure 3-40 présente une configuration morphologique différente et montrent une faible quantité de grains de calcite et, d'autres part, un nombre élevé de grands agrégats avec une couche d'argile. Des limons silicoclatiques fins, principalement des grains de quartz, avec quelques feldspaths et du rutile, probablement avec une matrice argileuse sont également présents (08 DOM, 08 ECO) avec des amas recristallisés (08 CON, 08 ECO).

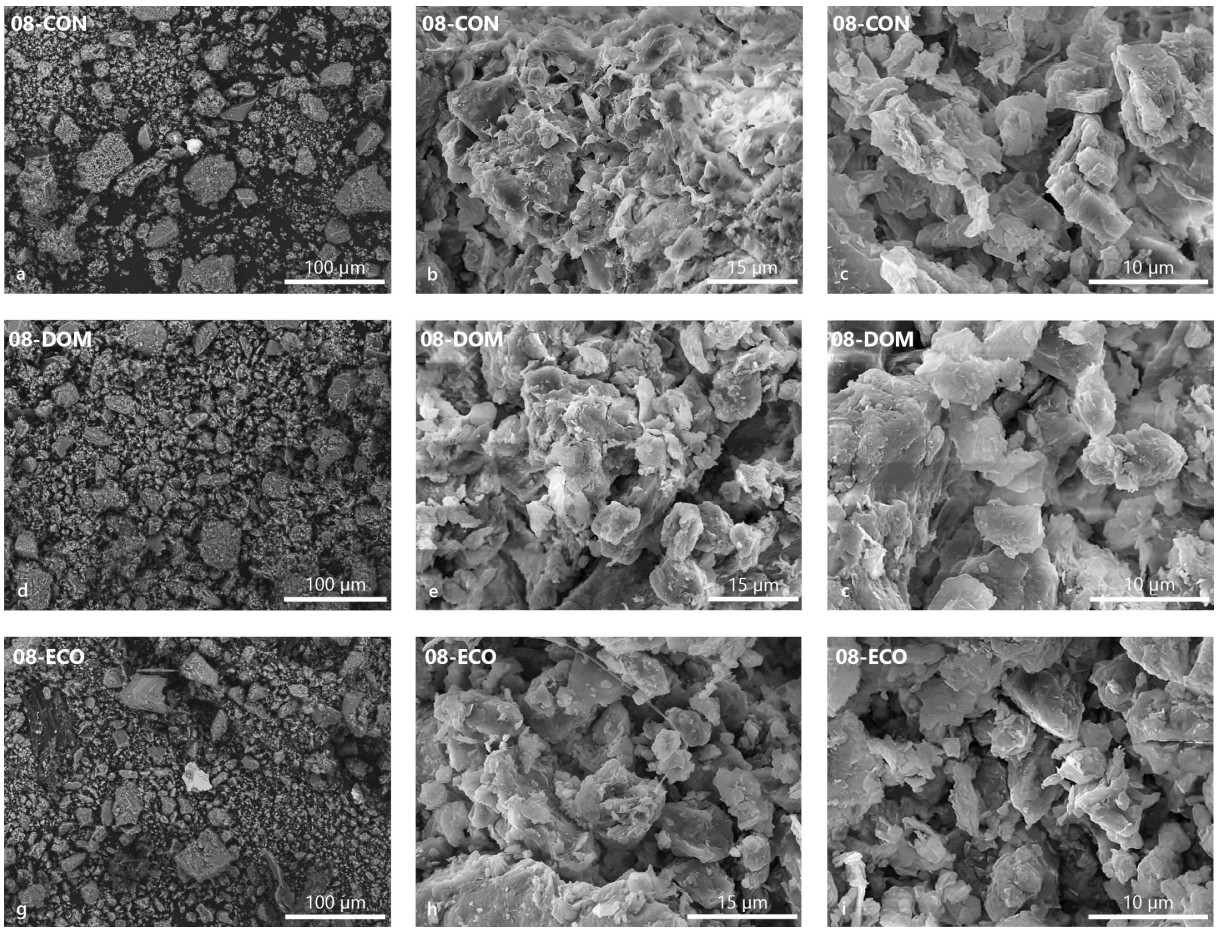


Figure 3-40 : Images tirées du MEB (x5000) des carreaux de terre des Ardennes

• Conclusion de l'analyse morphologique

L' observation au MEB permet de visualiser la différence morphologique entre les carreaux crayeux et les carreaux non crayeux. Notamment la forte présence de calcite cristalline inférieure à 2 microns (argiles granulaires) pour les carreaux crayeux, ce qui sera à prendre en compte lors de l'analyse granulométrique.

III.2.2.6. Cartographie élémentaire et analyse chimique (ITHEMM)

Afin de confirmer ces tendances, la composition élémentaire a été déterminée par un spectromètre à rayon X à dispersion d'énergie pour obtenir une cartographie élémentaire et une analyse chimique localisée, permettant d'analyser différents échantillons de sol. Cette manipulation a été réalisée par le laboratoire ITHEMM. Le Tableau 3-10 montre les mesures correspondantes obtenues en pourcentage atomique et limitées aux principaux éléments. Ceux pour lesquels seuls des traces infimes ont été mesurées dans certains sols ne sont pas inclus.

Le calcium est l'élément minéral prédominant dans les sols du plateau calcaire de Champagne-Ardenne (10 CHA, 51 ATH, 51 BRU, 51 BUS). Parallèlement, le silicium prédomine dans les sols des Ardennes (08 CON, 08 DOM, 08 ECO) associé à une présence marquée des éléments aluminium et fer. Le rapport Si/Ca permet de distinguer les deux familles de sols, selon que le rapport est inférieur à 1 (sol calcaire) ou supérieur à 1 (sol siliceux).

Tableau 3-10 : Principale composition élémentaire des échantillons (en % atomique).

	Ardennes			Champagne crayeuse			
	08 CON	**08 DOM**	**08 ECO**	**10 CHA**	**51 ATH**	**51 BRU**	**51 BUS**
O	66,2	66,7	70,9	75,6	71,9	76,3	77,9
Ca	6	0,5	7,3	21,3	21,5	19,3	16,7
Si	20,1	24,4	13,4	2	3,2	2,7	5,1
Al	2	3,8	3,9	1,1	0,7	1	1,1
Fe	1,75	2,42	1,62	0,18	0,3	0,24	0,5
K	0,77	1,15	1,15	0,16	0,26	0,16	0,3
Mg	0,42	0,62	0,62	0,24	0,32	0,2	0,24
Si/Ca	**3,3**	**48,8**	**1,8**	**0,09**	**0,1**	**0,1**	**0,3**
	Sols majoritairement siliceux			*Sols majoritairement calcaire*			

• Caractérisation chimique de la ressource (ITHEMM)

Le Tableau 3-11 fait la synthèse du pH et de la teneur en carbonate calculé par le laboratoire ITHEMM. Globalement les carreaux de terre sont proches de la neutralité avec une tendance basique, tandis que la teneur en carbonates est très variable, allant d'une absence totale (08 DOM) à une teneur très élevée de 84,9% (51 BRU). Les carreaux des Ardennes ne dépassent pas 35% de carbonate, tandis que ceux de la Champagne Crayeuse dépassent tous 65%. Ces derniers correspondent aux pourcentages de l'étude sur les carreaux de terre provenant de la montagne de Reims présentant une moyenne de 71% (cf. Chapitre 1).

Tableau 3-11 : Synthèse du pH et de la teneur en carbonate et en matière organique des carreaux de terre.

	Ardennes			Champagne crayeuse			
	08 CON	**08 DOM**	**08 ECO**	**10 CHA**	**51 ATH**	**51 BRU**	**51 BUS**
pH	7,1	6,7	7,6	7,8	7,7	8,5	7,7
Teneur en carbonate	33,2%	0,0%	34,7%	68,3%	77,0%	84,9%	66,5%

D'après ces éléments, la dénomination des deux familles : crayeux et non crayeux peut être ajustée. Les carreaux définis jusqu'alors par « non crayeux » peuvent présenter une teneur en carbonate non négligeable, tout en présentant un ratio Si/Ca supérieur à 1. La distinction sera alors faite entre une famille de carreaux de terre calcaire et une autre pour les carreaux de terre siliceux.

III.2.2.7. Caractérisation de la porosité par injection de mercure

Les essais de porosimétrie au mercure ont été réalisés sur 10 échantillons de chaque carreau de terre 08 DOM (siliceux), 10 CHA et 51 BRU (calcaire).

Le Tableau 3-12 récapitule les résultats obtenus. Les valeurs moyennes et les écarts-types de la porosité totale au mercure (NHg) et du coefficient de dispersion (Cd) sont représentés. Les valeurs Ra, Rmx et Pmx correspondent aux valeurs d'un échantillon représentatif.

Le seuil de pore Ra représente le plus grand rayon donnant accès à la plus grande partie du volume poreux. Il est déterminé sur la courbe du pourcentage cumulé de porosité par la méthode des asymptotes (Thomachot, 2002).
Le rayon moyen Rm représente le rayon d'accès aux pores permettant d'atteindre le plus grand volume de mercure injecté dans le réseau. Il est déterminé ici par les pics dominants de la courbe représentant le logarithme du volume différentiel de mercure (Remy, 1993).

Plus les rayons Ra et Rm sont proches, plus la distribution de la taille des pores sera resserrée.
Le coefficient de dispersion Cd permet de déterminer l'étalement du spectre porosimétrique (Turmel, 2014). Un Cd <1 correspond à une distribution unimodale, alors qu'un Cd > 1 peut correspondre à un réseau à dominante unimodale à distribution étalée ou aux réseaux multimodaux et bimodaux (Remy, 1993).

Les valeurs Pm5, Pm0,1 et Pm0,01 correspondent au pourcentage de la porosité inférieure respectivement à 5 µm, 0,1 µm et 0,01 µm et permettent de caractériser les classes de pore des échantillons.

Tableau 3-12 : Tableau de synthèse des données de porosimétrie au mercure.
NHg : porosité envahie, ET : écart-type, Cd : coefficient de dispersion, Ra : seuil de pore, Rm : rayon moyen, Pmx : porosité inférieure à x µm.

	08 DOM$_{moy}$	10 CHA$_{moy}$	51 BRU$_{moy}$
N_{Hg} (%)	**28,0**	**31,5**	**36,4**
σ	*1,67*	*0,61*	*1,37*
Max (%)	29,7	32,7	38,7
Min (%)	24,2	30,7	34,1
Cd	**1,54**	**3,9**	**0,8**
σ	*0,13*	*2,13*	*0,10*
	08 DOM 581D	10 CHA 881D	51 BRU 991D
R_{a1}	0,8	0,1	0,2
R_{a2}	/	3,4	/
R_{m1}	1,3	0,6	0,3
R_{m2}	/	4,2	/
P_{m5}	97,4%	89,5%	89,6%
$P_{m0,1}$	21,7%	9,9%	5,6%
$P_{m0,01}$	6,8%	0,5%	0,2%

- **Carreaux de Dommery (siliceux)**

L'échantillon 08 DOM 581 D à une porosité de 27,7 % et présente un coefficient de dispersion Cd de 1,53, supérieur à 1, correspondant à un réseau à dominante unimodale mais à distribution étalée (Remy, 1993). La courbe d'intrusion différentielle logarithmique montre en effet cette tendance unimodale au niveau des mésopores et une distribution étalée au niveau des micropores et des infrapores (Figure 3-42).

Le rayon d'accès Ra est de 0,8 µm (Figure 3-41) et le spectre porosimétrique est assez étalée, de 0,03 µm à 2 µm, avec un rayon moyen Rm de 1,3 µm (Figure 3-42).

La courbe de porosimétrie ne se termine pas par un plateau ou une pente nulle, ce qui induit que la totalité de la porosité n'a certainement pas été explorée par le mercure (Daïan, 2007). La partie la plus fine de la porosité étant d'autant plus sous-estimée.

Le réseau poreux inférieur à 5 µm est de 97,4 %, celle inférieur à 0,1 µm est de 21,7 %. L'infraporosité certainement sous-estimée est de 6,8 % (Tableau 3-12).

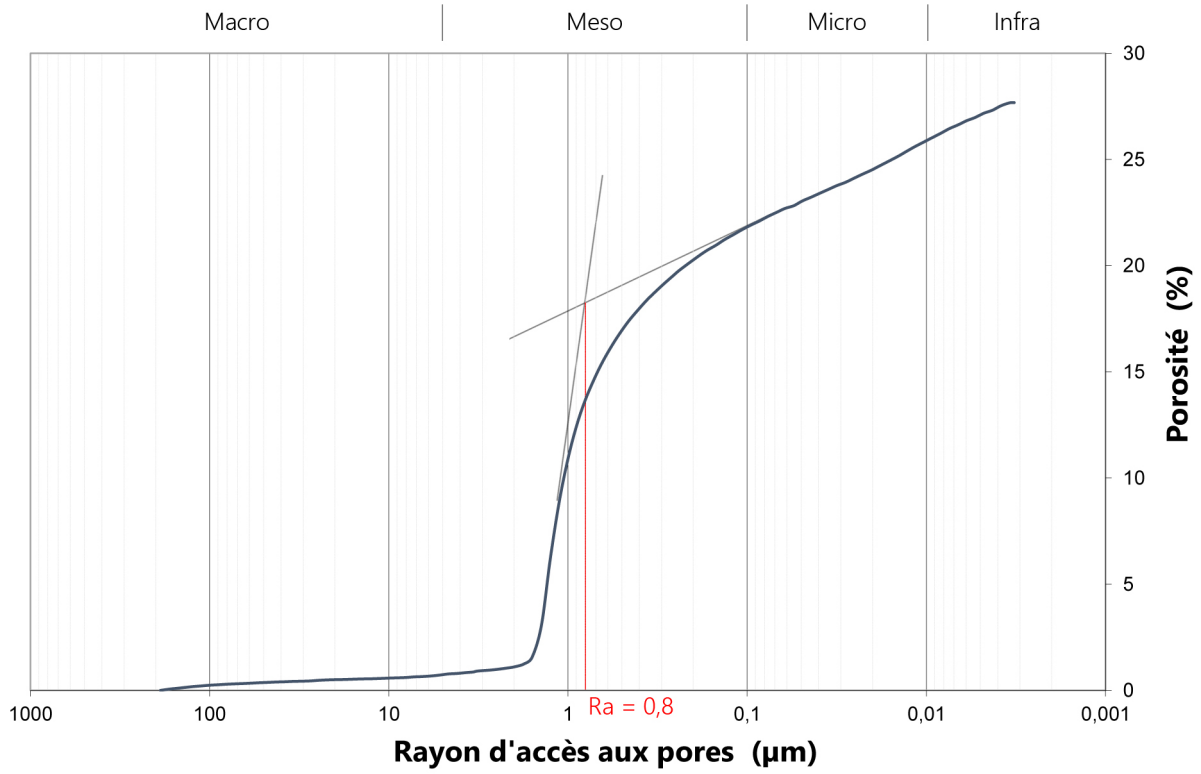


Figure 3-41 : Courbe de porosimétrie au mercure de l'échantillon 08 DOM 581 D et du seuil de pore (R_a)

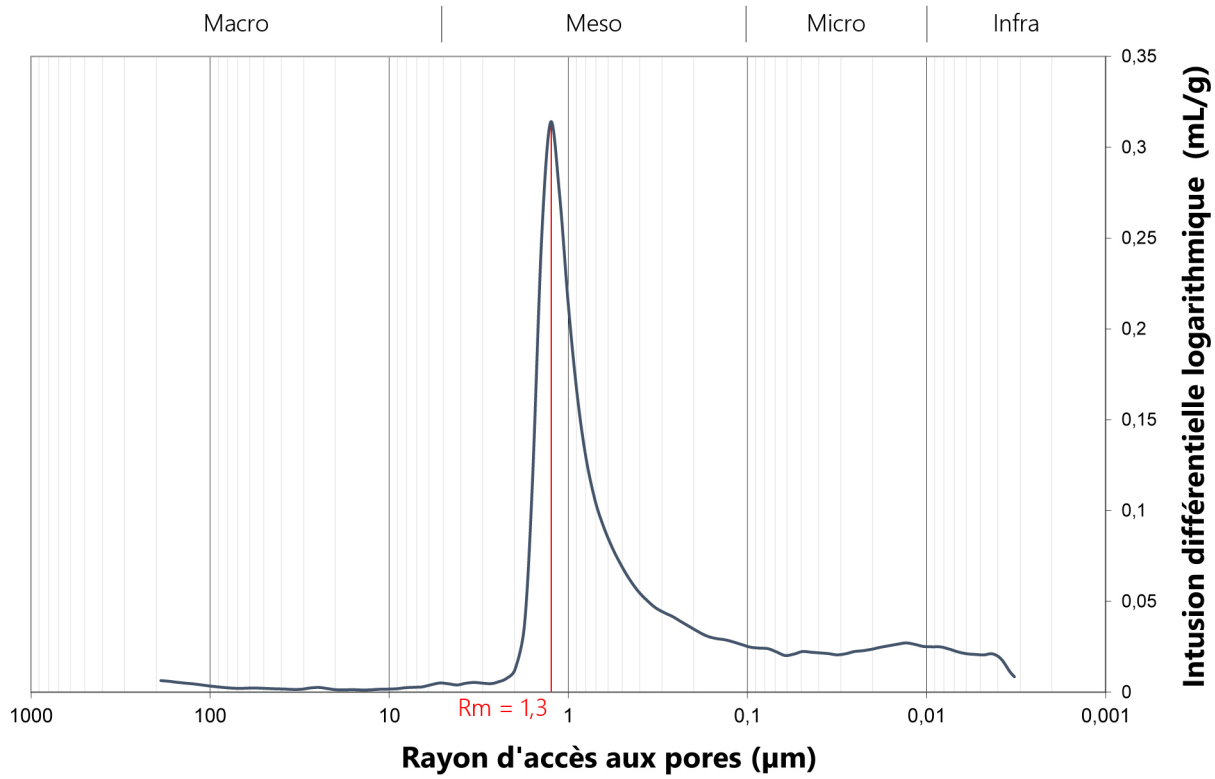


Figure 3-42 : Courbe de l'intrusion différentielle logarithmique de l'échantillon 08 DOM 581 D et du rayon moyen (R_m)

• **Carreaux de Chaudrey (calcaire)**

L' échantillon 10 CHA 881 D à une porosité de 31,5 % et présente un coefficient de dispersion Cd de 3,12, supérieur à 1, indiquant une distribution moyennement triée (Remy, 1993). La courbe d'intrusion différentielle logarithmique (Figure 3-44) montre un réseau multimodal à tendance bimodale, composé de trois pics principaux et d'une distribution étalée au niveau des macropores.

Cette tendance bimodale induit deux rayons d'accès Ra1 de 0,12 µm et Ra2 de 3,4 µm (Figure 3-43). Le spectre porosimétrique est assez étalée, principalement de 0,05 µm à 10 µm, avec deux rayons moyens principaux Rm1 de 0,6 µm et Rm2 de 4,2 (Figure 3-44).

Le réseau poreux est essentiellement mésoporeux avec 79,6 % de la porosité totale avec une moindre proportion équivalente de macroporosité (10,5 %) et microporosité (9,4 %), et d'une infraporosité très faible de 0,5 % (Tableau 3-12).

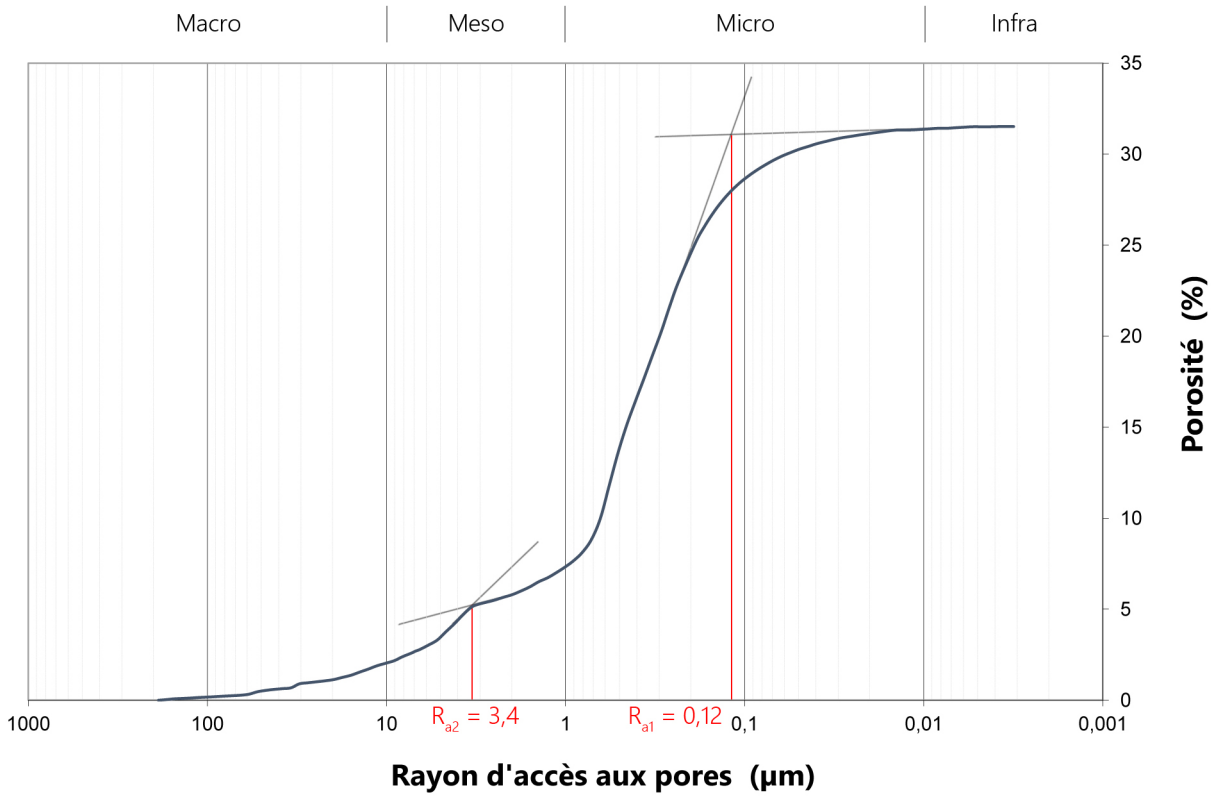


Figure 3-43 : Courbe de porosimétrie au mercure de l'échantillon 10 CHA 881 D et rayon moyen (Rm1)

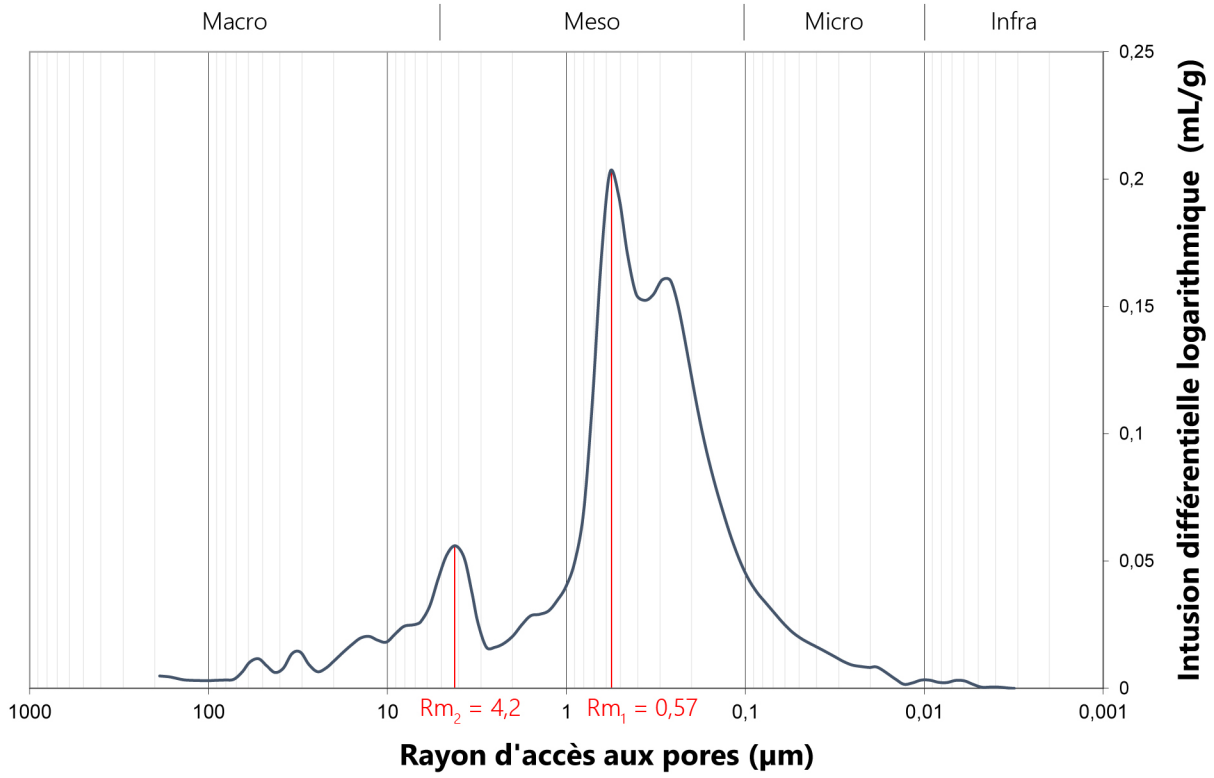


Figure 3-44 : Courbe de l'intrusion différentielle logarithmique de l'échantillon 10 CHA 881 D et du rayon moyen (Rm2)

• **Carreaux de Burgny-Vaudancourt (calcaire)**

L'échantillon 51 BRU 991 D à une porosité de 36,7 % et présente un coefficient de dispersion Cd de 0,88, inférieur à 1, indiquant une distribution porale unidmodale resserrée autour d'une valeur (Remy, 1993). Ceci est confirmé par la courbe d'intrusion différentielle logarithmique (Figure 3-46).

Le rayon d'accès Ra est de 0,2 µm (Figure 3-45). Le spectre porosimétrique s'étale principalement de 0,1 µm à 0,7 µm, avec quelque résurgence de 3,5 µm à 6 µm et de 25 µm à 50 µm et le rayon moyen Rm est de 0,3 µm (Figure 3-46).

Le réseau poreux est essentiellement mésoporeux avec 79,6 % de la porosité totale, une moindre proportion équivalente de macroporosité (10,5 %) et de microporosité (9,4 %), et d'une infraporosité très faible de 0,5 % (Tableau 3-12).

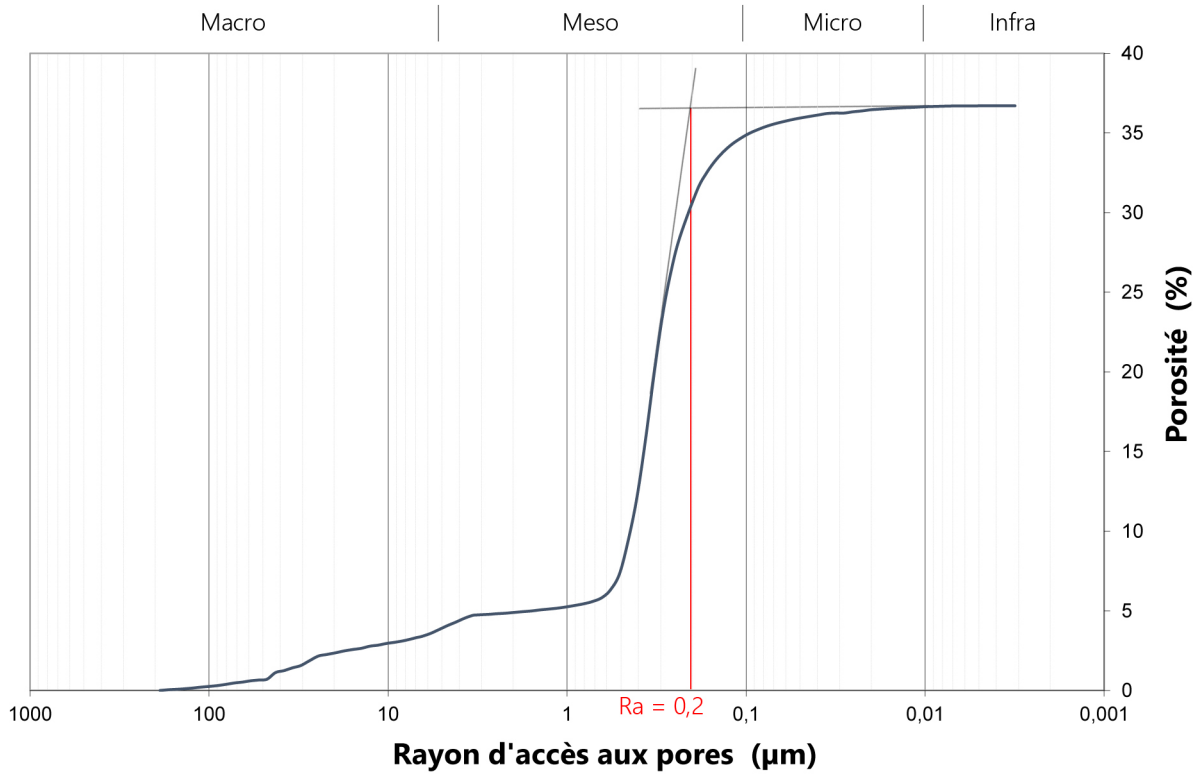


Figure 3-45 : Courbe de porosimétrie au mercure de l'échantillon 51 BRU 991 D et du seuil de pore (Ra)

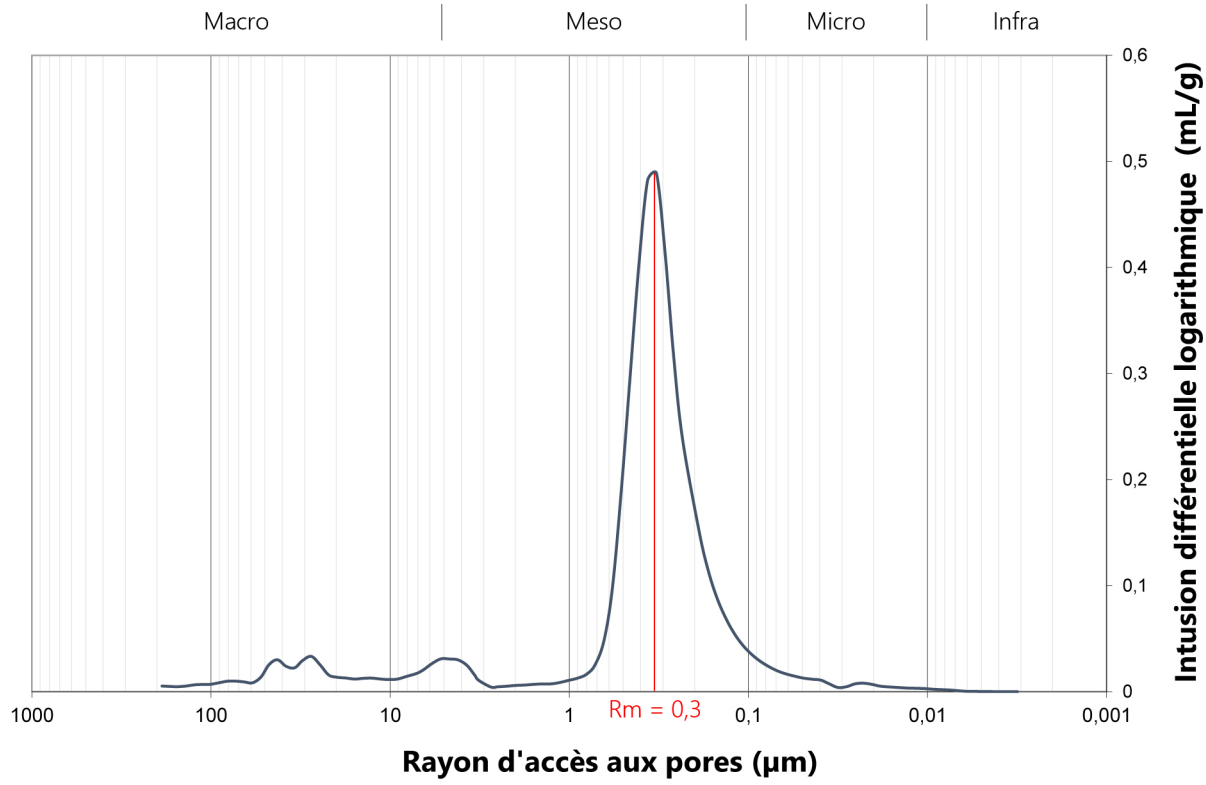


Figure 3-46 : Courbe de l'intrusion différentielle logarithmique de l'échantillon 51 BRU 991 D et du rayon moyen (Rm)

• Synthèse des porosités au mercure

Les carreaux de terre de Dommery (08 DOM) présentent la porosimétrie moyenne la moins élevée avec 28 % (σ : 1,67), tandis que ceux de Brugny-Vaudancourt (51 BRU) ont la plus élevée avec 36,4% (σ : 1,37). Les carreaux de Chaudrey (10 CHA) se trouvent entre les deux avec une porosité moyenne de 31,5 % (σ : 0,61). Les écarts-types montrent une certaine homogénéité dans les séries testées (Tableau 3-12).

À titre de comparaison[6], ces porosités sont équivalentes à certains types de pierres calcaires à porosité élevée (de 26 % à 35,1 % pour certain Calcaires à Ditrupa et 30,8 % pour un Calcaire à cérithes) présents dans le bâti du pays rémois (Turmel, 2014). Certaines pierres calcaires, comme le tuffeau blanc, peuvent même présenter des porosités plus grandes allant jusqu'à 48 % (Beck, 2006). Les grèzes et les sites d'accumulations carbonatées très présents en Champagne crayeuse, présentent une porosité supérieure aux échantillons observés, au-delà de 40 % (Linoir 2014).

La porosité mesurée par injection de mercure est mesurée sur des échantillons de faible dimension, qui pourrait ne pas être représentatif du matériau dans sa globalité (Thomachot, 2002), néanmoins les écarts-types peu élevés sur un échantillonnage élevé rendent ces valeurs robustes à cette échelle. Cela dit les carreaux de la Champagne crayeuse (10 CHA et 51 BRU) sont des matériaux hétérogènes du fait de la présence de fragments de craie grossiers non présents dans les échantillons testés. À l'échelle du carreau la porosité générale pourrait tendre à augmenter. En effet, la porosité de la craie est souvent comprise entre 40 et 45 % (Vachier et al., 1979, dans Linoir, 2014 ; Nadah, 2010 ; Descotes et al., 2012), pouvant même atteindre 50 % pour la craie remaniée par cryoturbation ou gélifractée (Durand, 1979). Les rayons de pore sont légèrement supérieurs aux rayons moyens mesurés sur les échantillons de la Champagne crayeuse, compris entre 0,4 et 0,7 µm (Vachier et al., 1979, dans Linoir, 2014 ; Descotes et al. 2012).

Le coefficient de dispersion Cd est différent en fonction des échantillons. 51 BRU présente une unimodale stricte, tandis que 08 DOM une tendance unimodale à distribution étalée dans les micro et mésopores et 10 CHA une distribution mal triée à tendance bimodale. Malgré ces différences, la structure mésoporeuse est majoritaire pour l'ensemble des carreaux étudiés (Figure 3-47). Elle représente environ 80 % de la porosité totale. Les carreaux de la Champagne crayeuse (10 CHA et 51 BRU) présentent un réseau macro poreux plus élevé (environ 10%), tandis que le réseau infraporeux semble presque nul (<1 %). Les carreaux de Dommery (08 DOM) ont un réseau macroporeux très faible et développent des réseaux infraporeux et microporeux de l'ordre de 22 %.

Les rayons d'accès des carreaux de la Champagne crayeuse sont très proches (0,1 µm pour 10 CHA et 0,2 µm pour 51 BRU), tandis que celui de Dommery est de 1,3 µm. La tendance bimodale de 10 CHA induit un second rayon d'accès de 3,4. La proximité observée pour les carreaux crayeux peut être due à la composition semblable de ces carreaux, à savoir une matière détritique fortement calcaire et des fragments de craie. Une étude sur d'autres carreaux est nécessaire pour vérifier la validité de cette tendance.

6 Les comparaisons sont réalisées ici avec d'autres mesures de porosimétrie par injection de mercure.

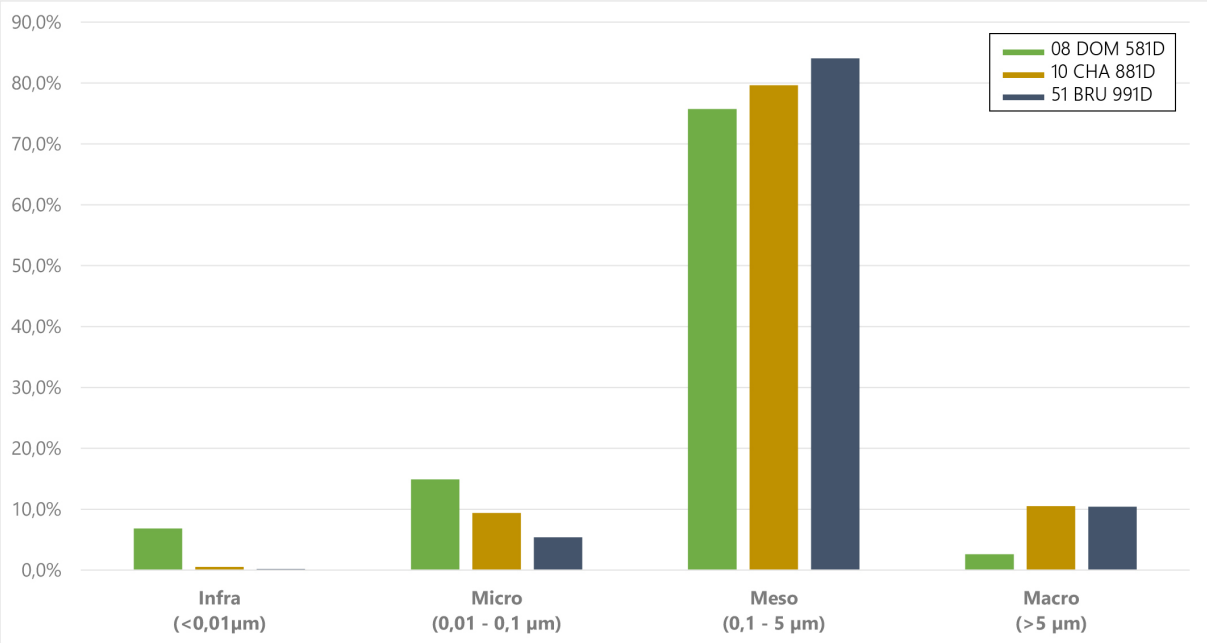


Figure 3-47 : Répartition des gammes de pores pour chaque échantillon

III.2.2.8. Caractérisation granulométrique : diversité de répartition des grains

La texture est citée dans un grand nombre de textes normatifs sur la construction en terre, malgré des indications imprécises (Jiménez Delgado et al., 2007). La technique de la brique de terre crue semble la moins restrictive concernant la granularité du sol (Jiménez Delgado et al., 2007), supposant qu'une large variété de sol peut être employée pour la fabrication des briques (Costi de Castrillo, 2017 ; CCTC, 2020). Quelques informations sur la taille des particules maximales se trouvent dans les documents normatifs australiens (Walker P. and Standards Australia, 2002, dans Abhilash et al., 2022) et péruviens avec respectivement 25 mm et 5mm. Le Guide des Bonnes Pratiques ne donne pas de taille de particule maximale, mais spécifie qu'en fonction de la dimension des briques produites il peut être nécessaire d'éliminer la fraction grossière (CCTC, 2020), le choix reposant sur le savoir-faire de la personne qui réalise la brique.

• Caractérisation des fraction grossières (>2 mm).

La Figure 3-48 montre le refus du tamis à 2 mm, non pris en compte pour la granulométrie laser. Les carreaux de Dommery (08 DOM) présentent très peu de graviers, tandis que ceux de Chaudrey (10 CHA) et Brugny-Vaudancourt (51 BRU) en présentent une grande quantité (Figure 3-48). Seuls ceux de Brugny-Vaudancourt sont constitués d'éléments de plus de 10 mm, dont certains supérieurs aux deux normes citées plus haut. Ceci confirme la tendance de la plus forte présence d'éléments grossiers dans les carreaux calcaires établie à partir de l'observation des tranches (cf. Figure 3-20, p.283)

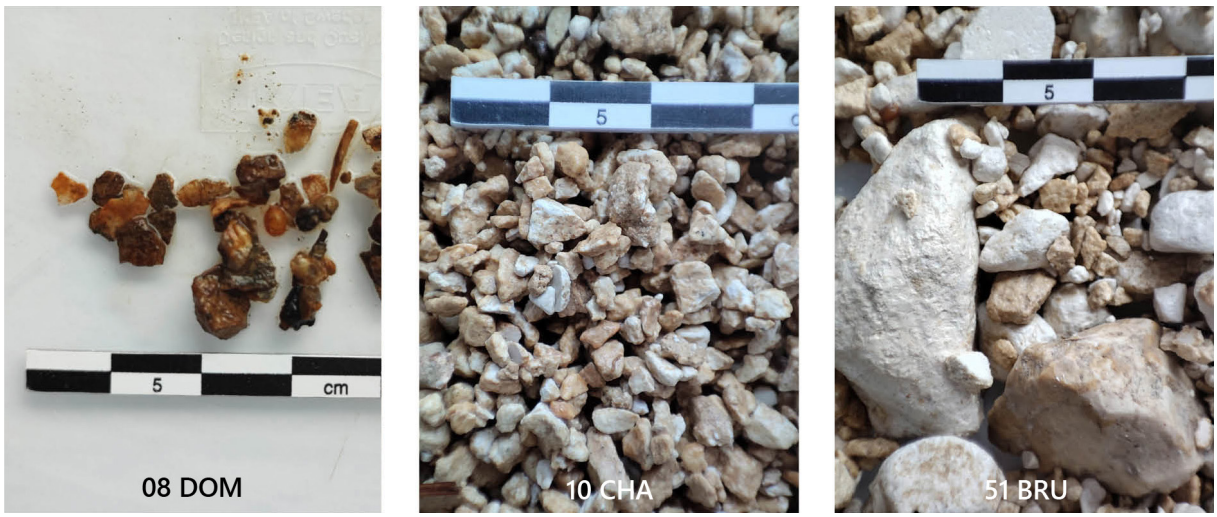


Figure 3-48 : Particules supérieures à 2 mm (graviers) présentes dans les tranches qui ont servies à la réalisation de la granulométrie laser. De gauche à droite : Dommery (08), Chaudrey (10) et Brugny-Vaudancourt (51). La taille et la quantité des grains diffèrent d'un échantillon à l'autre.

La Figure 3-49 illustre au travers des courbes granulométriques de ces trois sites de prélèvement cette différence. La présence de graviers est très faible dans les carreaux de Dommery et représente environ 2% de la composition totale (Figure 3-49, 1). Tandis que les carreaux de terre de Chaudrey sont composés de près d'un tiers de graviers très fins (entre 2 et 5 mm), sans qu'aucun ne dépassent 10 mm (Figure 3-49, 2). Enfin, 20% des éléments des carreaux de Brugny-Vaudancourt sont supérieurs à 5 mm, dont la moitié dépassent 10mm (Figure 3-49, 3). Ceci traduit la variété granulométrique des carreaux de terre au niveau des fractions grossières.

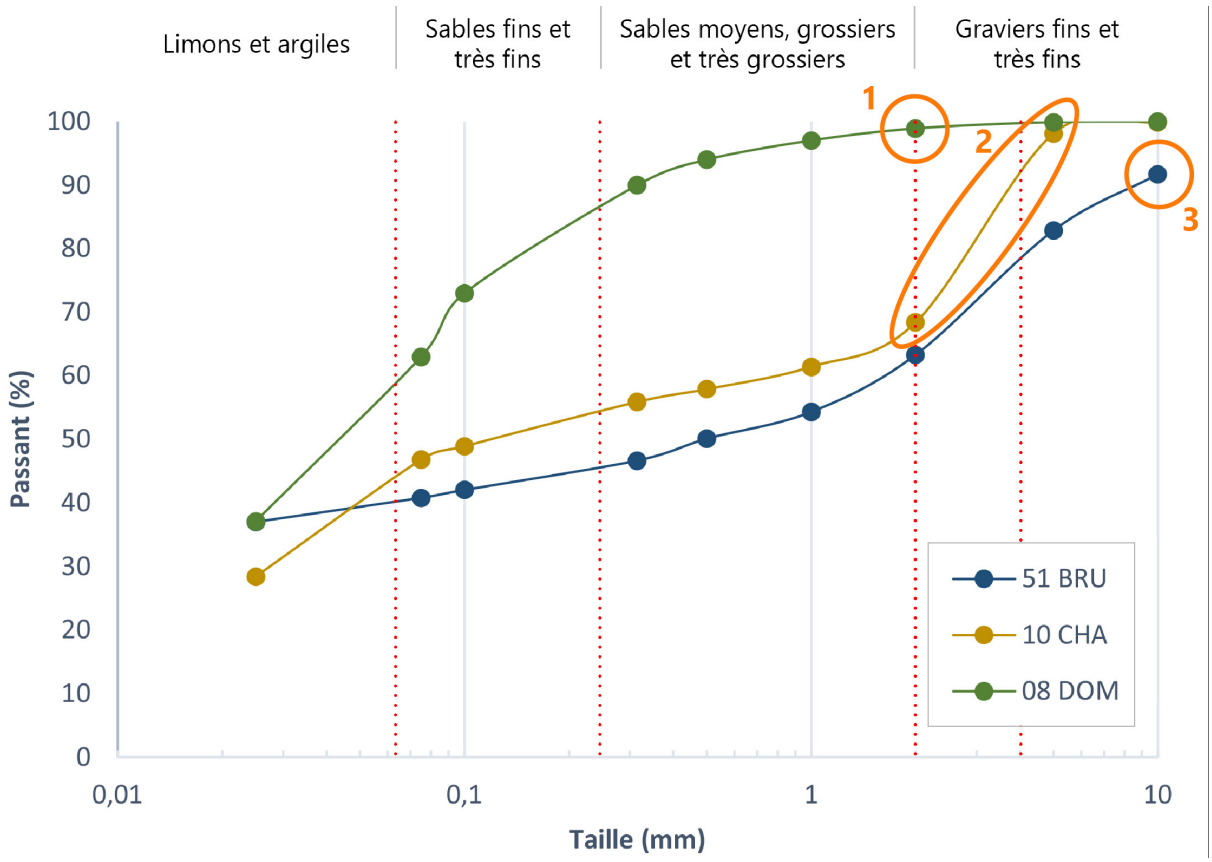


Figure 3-49 : Granulométrie au tamis de trois terres présentant des typologies visuelles différentes : matrice fine, dont 90% est inférieur à 0,315 mm (1) ; matrice moyenne, dont un tiers sont des graviers très fins, sans dépasser 10 mm (2) ; matrice grossière, avec présence d'éléments supréieurs à 10 mm (3). Les tamis s'échelonnent de 0,025 mm à 10 mm. Classification Gradistat (Blot et al., 2001).

• Étude granulométrique de 7 carreaux de terre

Concernant l'étude granulométrique des carreaux de terre issus de 7 sites différents : 3 proviennent des Ardennes en dehors de la Champagne crayeuse correspondant aux sols siliceux (08 DOM : Crêtes préardennaises, 08 CON : Porcien, 08 ECO : Champagne humide). 4 proviennent de la Champagne Crayeuse, correspondant aux sols crayeux (10 CHA, 51 BRU, 51 ATH, 51 BUS). A noter que 51 BUS se trouve sur la côte de Champagne, à la limite avec la Champagne humide. Il se dégage deux types de courbes qui suivent l'origine de leur prélèvement. Les courbes sigmoïdales (Figure 3-50, en bleu clair), issues des carreaux de la Champagne crayeuse et celles en forme de cloche (Figure 3-50, en vert), provenant des carreaux prélevés en dehors de la Champagne crayeuse.
Les graviers et sables très grossiers (> 1mm) se retrouvent en grande quantité, entre 24% et 45%, dans les échantillons de la Champagne crayeuse. Tandis que les échantillons des Ardennes en possèdent peu, en dessous de 10% (Figure 3-50). Pour les granulométries fines, correspondant aux limons et sables très fins, la distinction de ces types de carreaux de terre est moins nette et les courbes se croisent. Les carreaux de terre provenant de Bussy-le-Repos (51 BUS) comportent une granulométrie plus fine que les autres issus du de la Champagne crayeuse. Néanmoins, la distinction entre les deux types de composition granulométrique se situe au niveau des sables (fins ou moyen).

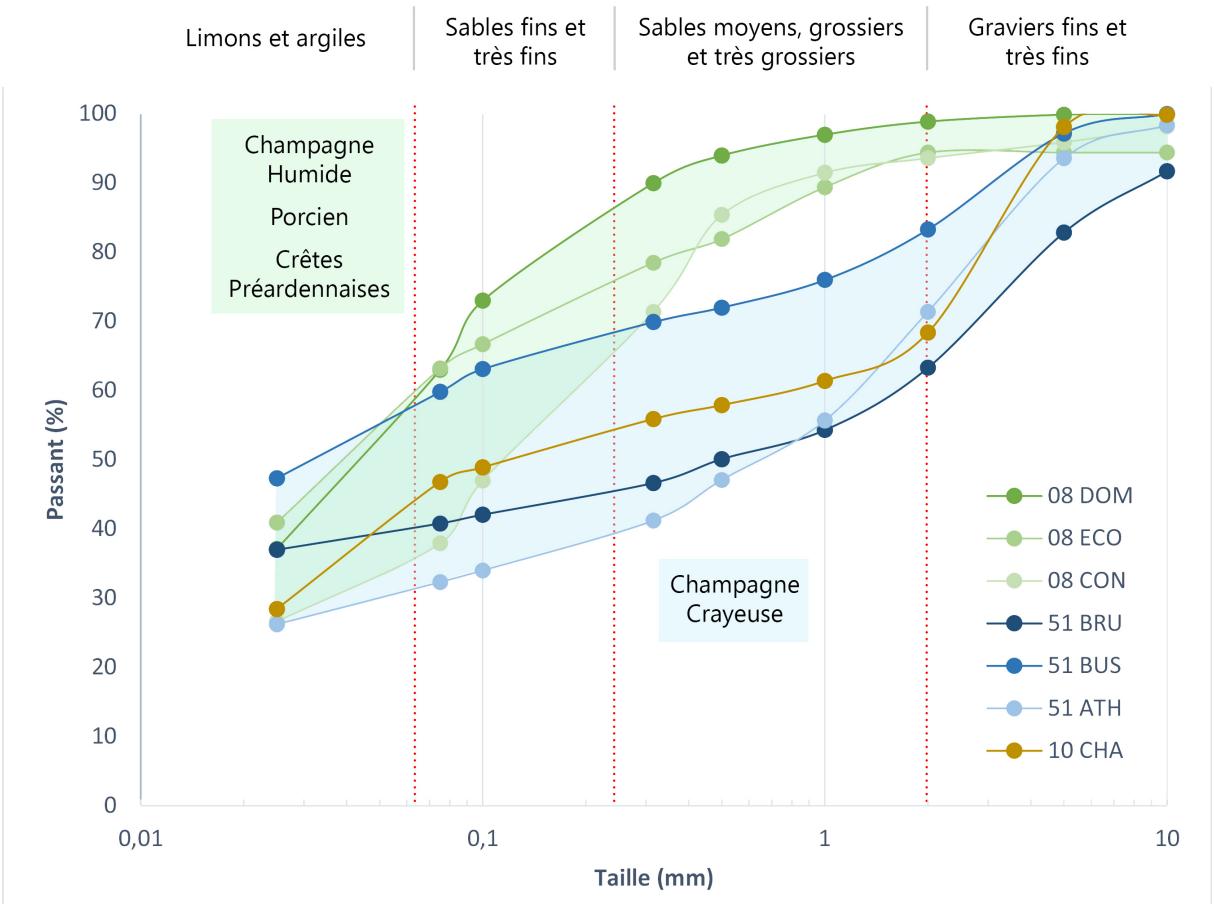


Figure 3-50 : Courbe granulométrique issus de carreaux de terres de sept provenances : Dommery (08), Ecordal (08), Condé- lès-Herpy (08), Brugny-Vaudancourt (51), Bussy-le-Repos (51), Athis (51) et Chaudrey (10). Classification Gradistat (Blot et al., 2001).

Selon le Guide de Terrassement Routier (IDRRIM, 2024), le ratio entre la fraction 0,063/2 mm et la fraction 2/63 mm, permet d'établir la distinction entre les sols à tendance sableuse et ceux à tendance graveleuse. Le Tableau 3-13 donne le ratio en fonction des carreaux de terre. D'après ce dernier, les échantillons de la Champagne Crayeuse sont à tendance graveleuse (10 CHA, 51 BRU) ou s'en approche avec un ratio supérieur à 0,6 (51, ATH, 51 BUS), tandis que les échantillons des Ardennes ont une tendance sableuse très marquée (08 DOM, 08 ECO, 08 CON) avec un ratio inférieur à 0,2.

Tableau 3-13 : Tendance du sol selon le Guide des Terrassements Routiers (GTR, 2024)

	Sols siliceux			Sols crayeux			
	08 DOM	08 ECO	08 CON	51 BRU	51 BUS	51 ATH	10 CHA
ratio entre la fraction 0,063/2 mm et la fraction > 2 mm	0,03	0,16	0,11	1,58	0,66	0,71	1,30
Tendance du sol	sableuse	sableuse	sableuse	graveleuse	sableuse	sableuse	graveleuse

La Figure 3-51 illustre la répartition granulométrique des éléments supérieurs à 0,125 mm de différentes terres et révèle la variété de répartition granulométrique des terres utilisées pour la réalisation des carreaux de terre.

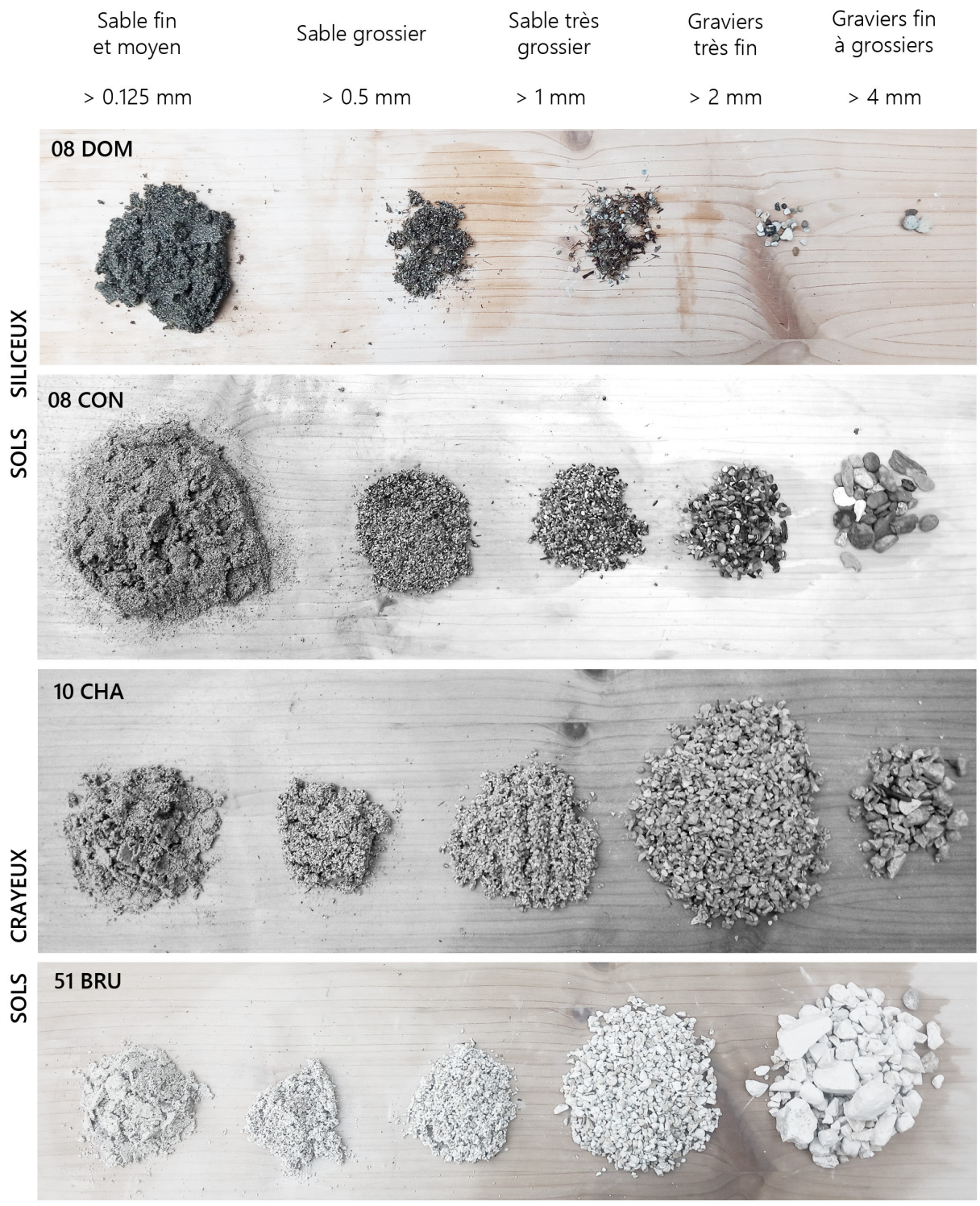


Figure 3-51 : Illustration de la répartition des grains supérieurs à 0.125 mm (correspondant aux sables fins), permettant d'imager l'inflexion des courbes et dévoilant la variété de la répartition granulométrique en fonction des terres employées.

III.2.2.9. Teneur en argile

La teneur en argile est un paramètre essentiel dans la construction en terre crue vis-à-vis de ses performances mécaniques. La littérature donne régulièrement des valeurs minimales afin d'assurer une certaine cohésion (Jiménez Delgado et al., 2007). Elle doit être en équilibre afin d'atteindre une résistance mécanique nécessaire ainsi que la prévention de la fissuration lors du retrait. Pour la confection de brique de terre crue, Houben et Guillaud (1994) suggèrent une teneur en argile comprise entre 10 et 30 %. Le minimum recommandé peut descendre jusqu'à 5 % (Jiménez Delgado et al., 2007). Cependant, une grande partie des terres employées dans le patrimoine se situent en dehors des recommandations, ce qui souligne leur imprécision (Pagliolico et al., 2010 ; Rojat et al., 2020, Aubert et al. 2022).

Pour des questions de temporalité (la préparation demandant un temps non négligeable), l'étude granulométrique de la teneur en argile a été réalisée sur 3 carreaux de terre présentant une fraction grossière distincte et issus des deux types de sols observés : crayeux (10 CHA et 51 BRU) et siliceux (08 DOM). Elle a été réalisée à partir de la méthodologie décrite en partie III.1.3.1, employant une solution défloculée.

La teneur en argile obtenue par granulométrie laser s'étale de 11,0 % (08 DOM) à 21,1 % (51 BRU), tandis que 10 CHA se situe entre les deux avec 14,8% (Tableau 3-14). Les carreaux de terre de Dommery (08 DOM), à dominante siliceuse, présentent la teneur en argile la plus faible en comparaison de ceux à dominante crayeuse (10 CHA et 51 BRU). Toutes ces valeurs sont conformes aux recommandations de la littérature.

À titre de comparaison, la sédimentométrie réalisée au laboratoire GPEM selon la norme européenne EN ISO 17892-4, donne pour les carreaux de Brugny-Vaudancourt (51 BRU), une teneur en argile de 20,0 % proche de la valeur obtenue par granulométrie laser avec défloculant (21,1%). Ceci permet de montrer que le protocole développé au Gegena par défloculation semble pertinent.

Les images au MEB montrent que les carreaux crayeux possèdent un certain nombre d'éléments calcaires qui rentrent dans la fraction inférieure à 2 μm. Nous ne connaissons pas la part de carbonate correspondant à cette fraction dans les sols champenois. Afin de nous approcher de la valeur réelle de teneur en argile minérale, nous proposons de substituer arbitrairement la part de carbonate (% de CaCO3) aux teneurs obtenues afin de les corriger. En procédant ainsi, ce sont les carreaux siliceux (08 DOM) qui présentent la plus grande teneur en argile, à savoir 11,0 %, tandis que les carreaux à tendance crayeuse présentent des valeurs respectives de 4,7 % (10 CHA) et 3,2 % (51 BRU) (Tableau 3-14).

Ces valeurs posent question car elles paraissent relativement faibles, notamment pour les sols crayeux. Les tests d'argilosité par essai au bleu de méthylène peuvent nous renseigner sur la pertinence de la prise en compte d'argile granulométrique calcaire.

Tableau 3-14 : Tableau de synthèse de la teneur en argile.

	Sol siliceux	Sols crayeux	
	08 DOM	**10 CHA**	**51 BRU**
Teneur en argile d'après la granulométrie (%)	11,0	14,8	21,1
Teneur en argile en prenant en compte la teneur en $CaCO_3$ (%)	11,0	4,7	3,2

III.2.2.10. Argilosité par l'essai au bleu de méthylène

Bien que la teneur en argile soit un facteur essentiel, elle n'est pas la seule caractéristique à prendre en compte. La nature des argiles peut faire varier grandement le comportement de la terre (Morel et al. 2021) et son impact sur le comportement mécanique est plus important que la quantité d'argile (Champiré et al., 2016). En effet les surfaces spécifiques peuvent varier grandement allant de 20m2g-1 pour la kaolinite à 850m2g-1 pour la montmorillonite (Meunier, 2005 ; dans Morel et al. 2021)). Les minéraux argileux de type smectite (montmorillonite) offrent une résistance plus élevée que les minéraux argileux de type kaolinite ou illite (Rückrich et al., 2024 ; Arris-Roucan, 2024).

L' essai au bleu de méthylène donne la valeur de bleu du sol (VBS) qui permet de renseigner sur l'argilosité des sols. Il a été mené sur 7 échantillons, dont 3 sont issus d'un sol siliceux et 4 d'un sol crayeux. Les VBS des échantillons siliceux s'étalent de 1,18 (08 CON) à 2,03 (08 ECO), tandis que celles crayeuses s'étendent de 0,47 (51 ATH) à 1,26 (51 BUS) (Tableau 3-15). Les briques des Ardennes (sol siliceux) présentent dans l'ensemble une argilosité plus importante que celles de la Champagne crayeuse. Ceci confirme la correction appliquée aux résultats obtenus par granulométrie laser par la prise en compte de $CaCO_3$.

Tableau 3-15 : Tableau de synthèse de la valeur de bleu des sols.

	Sols majoritairement siliceux			Sols majoritairement calcaires			
	08 CON	**08 DOM**	**08 ECO**	**10 CHA**	**51 ATH**	**51 BRU**	**51 BUS**
VBS (g/100g)	1.18	1.64	2.03	0.71	0.47	0.97	1.26

• Prise en compte du $CaCO_3$ pour corriger la teneur en argile

En reprenant les résultats de teneur en argile obtenus après correction du $CaCO_3$ et de la VBS, pour les carreaux 08 DOM, 10 CHA et 51 BRU, nous constatons une plus grande cohérence avec résultats corrigés de teneur en argile. 08 DOM présente une teneur en argile corrigée (11,0 %) et une VBS (1,64) bien supérieure aux carreaux crayeux. Toutefois, 10 CHA présente une teneur en argile corrigée (4,37 %) supérieure à 51 BRU (3,2 %) mais une VBS (10 CHA = 0,71) inférieure (51 BRU = 0,97). Ceci pourrait s'expliquer, soit par une correction par $CaCO_3$ trop approximative, soit par des types d'argile différents.

Nous retenons que la correction est pertinente globalement, mais au vu de la faible teneur en argile des échantillons crayeux (10 CHA et 51 BRU inférieur à 5 %), nous pensons que cette correction mérite d'être affinée.

III.2.2.11. Classification du Guide des Terrassements Routiers (GTR)

La Figure 3-52 représente les échantillons de carreaux de terre dans le tableau de classification du GTR. Ces derniers sont mis en perspective avec les résultats présentés dans l'article de Rojat et al. (2020) pour du pisé et de la bauge. Les terres utilisées pour la fabrication des carreaux de terre se trouvent sur les plages des deux autres techniques. Ceci confirmerait que la technique des adobes est la moins contraignante sur le choix des terres, non seulement sur sa granularité (Jiménez Delgado et al., 2007), mais également sur sa plasticité. De plus il semblerait alors que les terres de Champagne pourraient s'employer sur une diversité de techniques.

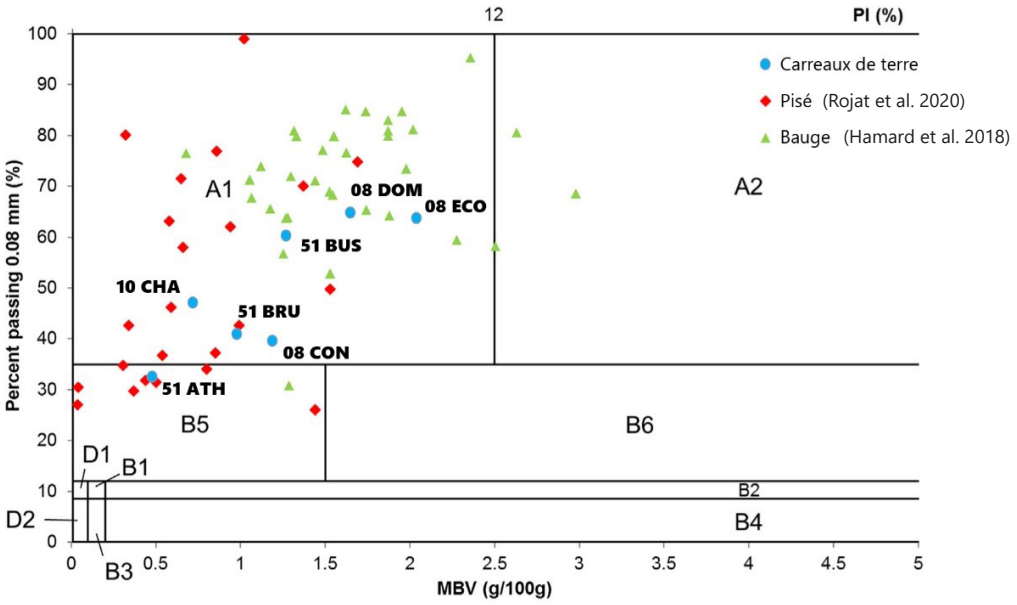


Figure 3-52 : Classification selon le GTR avec le résultats pour les carreaux de terre (en bleu), et les données de Rojat et al. 2020 concernant le pisé (en rouge) et la bauge (en vert) repris de Hamard et al. 2018.

III.2.2.12. Caractérisation minéralogique (DRX)

• Poudres

La Figure 3-54 représente les diagrammes de DRX de trois échantillons de terre, provenant de deux échantillons siliceux non crayeux (08 CON, 08 DOM) et d'un échantillon calcaire crayeux (51 BRU). Ils ont été sélectionnés pour illustrer la diversité des matériaux, tout en sachant qu'en réalité, la matière crayeuse représente une majorité de cas sur la totalité des carreaux observés. Logiquement, l'échantillon crayeux 51 BRU est très fortement marqué par les pics de la calcite (CaCO3) (Figure 3-54, 51 BRU). La proportion de quartz y est très faible, mais aussi curieusement la proportion d'argiles minéralogiques. Ce diffractogramme semble confirmer l'omniprésence de la calcite, à la fois dans les grains mais aussi dans les fractions fines de la matrice, qui n'est que très faiblement argileuse.

L'échantillon 08 CON contient de la calcite, mais les pics de quartz (SiO2) y sont dominants (Figure 3-54, 08 CON). La calcite correspond probablement à la partie carbonatée de la terre marneuse employée.

Enfin, 08 DOM est le seul qui ne contient pas de pic de calcite (Figure 3-54, 08 DOM). Ce géomatériau est donc dépourvu de craie et de calcaire, mais est uniquement composé de minéraux silicatés (quartz, feldspaths, etc.), liés dans une matrice faiblement argileuse.

À ce stade, concernant les argiles, les pics d'illite et de kaolinite sont présents sur les trois échantillons, tandis que les smectites n'apparaissent que pour 08 DOM.

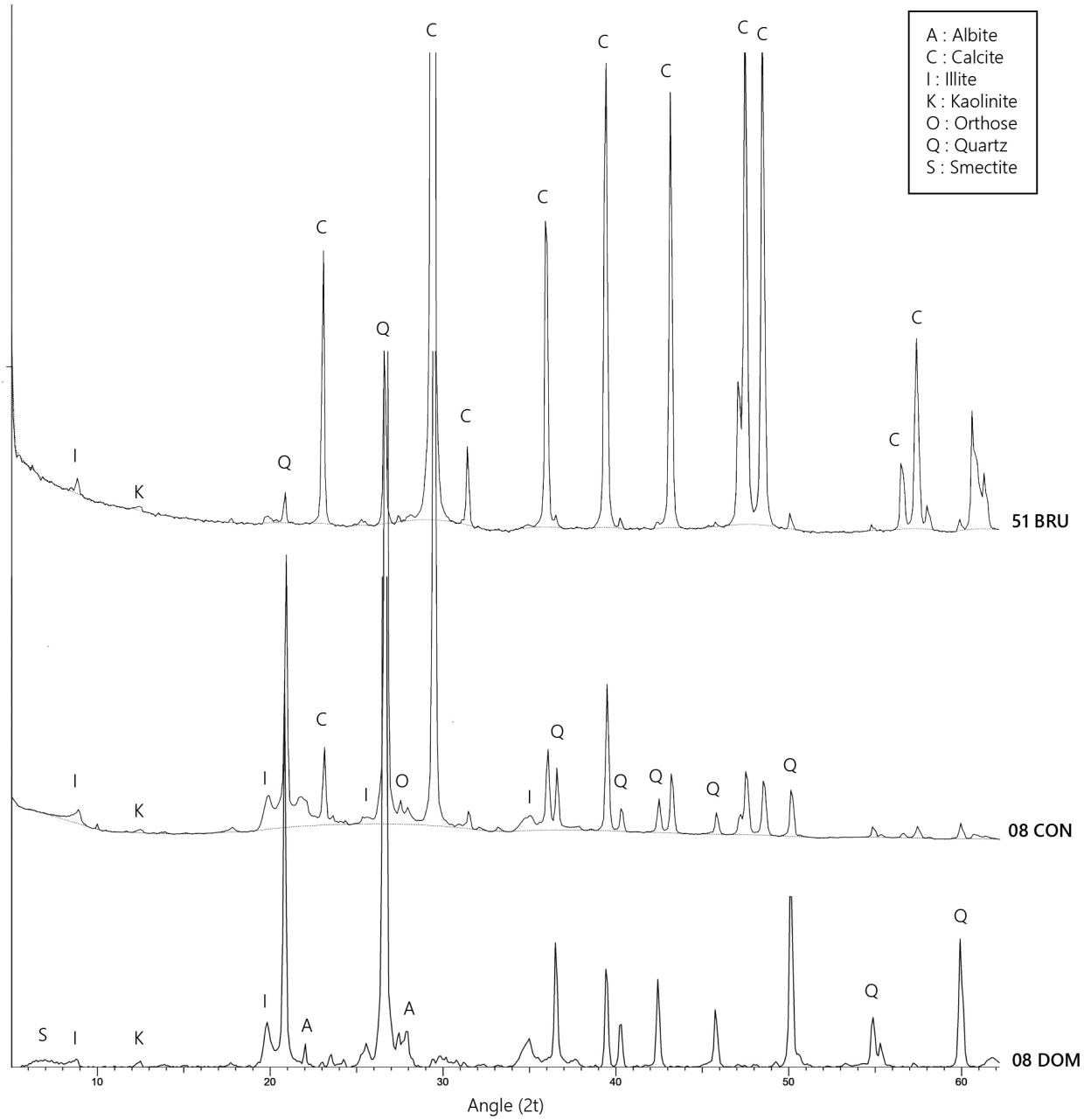


Figure 3-53 : Diffractogrammes de DRX pour les échantillons 08 DOM : Pas de présence de calcite ; 08 CON : Quartz majoritaire sur la calcite ; 51 BRU : Calcite majoritaire sur le Quartz.

• **Argiles (lames orientés)**

La Figure 3-55 présente les diffractogrammes de lames orientées des échantillons 08 DOM (siliceux) et 10 CHA (crayeux). Trois argiles sont identifiées sur les échantillons : des illites (pic à 10), des interstratifiés illite-smectite (pic neutre entre 12 et 14, à 17 avec l'éthylène glycol et redescend à 10 une fois chauffé) et de la kaolinite (pic à 7.15, qui disparaît une fois chauffé).

Pour 10 CHA provenant de la Champagne crayeuse, ces résultats sont en accord avec les études sur les encroûtements calcaires menées par Loisy (Loisy, 1997), qui notait la présence de smectites, d'illites et d'interstratifiés illite-smectite à hauteur de 5 à 15% de la roche totale, tandis que Durand (1979) note également la présence de kaolinite dans une étude sur la craie de Champagne.

Bien que les argiles identifiées semblent similaires dans les deux échantillons, la semi-quantification réalisée à partir du diffractogramme donne une répartition différente de ces dernières (Tableau 3-16). 08 DOM présente une plus grande proportion d'interstratifiés gonflantes (63%), devant les illites (24%) et une moindre proportion de kaolinite (13%), tandis que 10 CHA présente une répartition de ces argiles équilibrée autour des 33%.

Ces résultats sont en accord avec les teneurs en argile et les VBS obtenues. Pour rappel 08 DOM présente une teneur en argile corrigée de 11,0 % et une VBS de 1,64, tandis que 10 CHA présente une des valeurs moins élevées, respectivement de 4,7% et 0,71. Les surfaces spécifiques des illites et des interstratifiés illite-smectite étant bien supérieures à celles des kaolinites (Maison et al., 2014 ; Arris-Roucan, 2024) expliquent alors la différence d'argilosité.

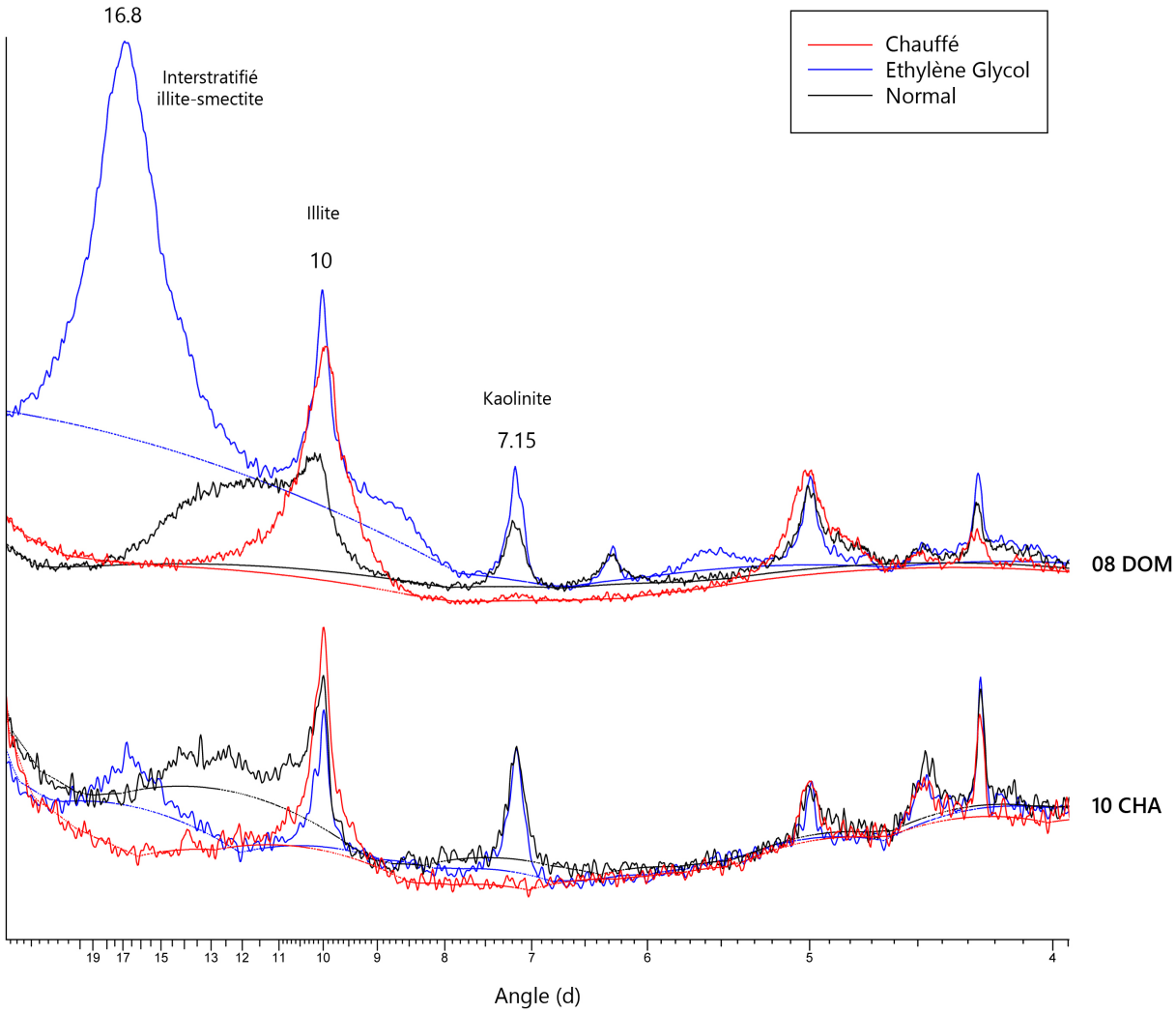


Figure 3-54 : Diffractogramme de lames orientées des échantillons 08 DOM et 10 CHA (N : Normal, EG : Ethylène Glycol, C : Chauffé à 550°C pendant 2h)

Tableau 3-16 : Semi-quantification des argiles présentes dans les échantillons 08 DOM et 10 CHA d'après les diffractogrammes

	08 DOM	10 CHA
Interstratifié Illite-Smectite (%)	63	37
Illite (%)	24	30
Kaolinite (%)	13	33

III.2.3. Conclusion sur les sols employés pour la réalisation des carreaux

Cette étude sur les terres employées pour la réalisation des carreaux de terre issus du patrimoine permet de distinguer deux grandes familles :

- Les terres à dominante calcaire : Elle constitue la majeure partie du patrimoine en carreaux de terre, se trouvant principalement sur le plateau calcaire de la Champagne Crayeuse. Elles sont de couleur claire, avec une valeur L* supérieur à 70. Cette clarté est due à un taux de calcimétrie supérieure à 65% et dont le rapport Si/Ca est très inférieur à 1 (environ 0,1). La terre est en général à tendance graveleuse. La présence d'éléments grossiers supérieur à 2 mm (graviers fins, correspondant à la graveluche ou grossiers correspondant aux crayons), est caractéristique et peut représenter près de la moitié du volume. Il apparait toutefois que sur les limites de la Champagne crayeuse cette présence soit moindre (exemple avec les carreaux de Bussy-le-Repos - 51 BUS, qui présentent une granulométrie plus fine). L' argilosité de la terre est assez faible, la valeur de VBS est souvent inférieur à 1.
- Les terres à dominante siliceuse : ces terres se trouvent en dehors de la Champagne Crayeuse, dans le département des Ardennes. La couleur tend vers le brun et la valeur L* se trouve entre 55 et 65. Ces terres peuvent présenter une teneur en calcite (jusqu'à 30% dans celles étudiées) dans des proportions bien moindre que la première famille, et peuvent parfois en être dépourvue (carreaux de Dommery - 08 DOM). Le rapport Si/Ca minimum est de 1,8. Elles sont à tendance sableuse et constituées en grande majorité d'éléments fins (inférieur à 0,25 mm, sable fin). Elles sont quasiment dépourvues en éléments supérieurs au millimètre (sable très grossier). L' argilosité de la terre est assez grande, la valeur MBV étant supérieur à 1.

Les deux familles de terre semblent composées des mêmes argiles, néanmoins les proportions semblent varier au regard de la valeur au bleu et de l'étude des lames orientées.

Des études sur des terres se trouvant sur d'autres limites (territoire de la Bassée en Seine-et-Marne et de la Champagne Humide dans l'Aube), pourraient apporter de nouvelles informations sur d'autres types de terre employés, ou apporter des nuances au sein des terres à dominante calcaire.

III.2.4. Caractérisation des carreaux de terre

Les tests effectués ont pour but de donner des informations sur les caractéristiques des carreaux de terre champenois, dont la particularité majeur est la présence, pour certains, d'un taux élevé de carbonate de calcium. Les caractéristiques étudiées sont le comportement mécanique (flexion et compression) et hygrothermique. Enfin une étude sur la réutilisation de la matière sur ces mêmes comportements sera présentée[7].

III.2.4.1. Comportements mécaniques

Dans un premier temps, l'étude de la résistance à la flexion a été menée sur trois carreaux de terre représentant les deux familles de matière (dominante calcaire : 10 CHA et 51 BRU ; dominante siliceuse : 08 DOM) et les deux types de mise en œuvre (mur porteur : 51 BRU ; remplissage : 08 DOM et 10 CHA). À partir de ces résultats, il est possible de donner une estimation de résistance à la compression à partir du modèle proposé par Morel et al. (2002).
Dans un second temps, la résistance à la compression a été menée sur 7 carreaux de terre à partir du test RILEM TC 164 EBM.

• Flexion 3 points

La résistance à la flexion est de 1,07 MPa (± 0,24) pour 08 DOM, ce qui est le double de 51 BRU (0,55 MPa ± 0,11) qui présente la résistance à la traction la plus faible. La résistance de 10 CHA se situe entre les deux avec 0,69 MPa (± 0,08) (Tableau 3-17).
Au niveau international, il existe certaines normes. La norme néozélandaise (NZS 4297) définit une résistance minimum de 0,35 MPa, tandis que la norme américaine (PCDS, 2012, dans Abhilash et al., 2022) définit une résistance moyenne minimum de 0,34 MPa, avec l'impératif qu'aucun échantillon ne présente une résistance inférieure à 0,24 MPa. Ainsi l'ensemble des échantillons testés présente une résistance supérieure à ces normes existantes. Sur l'ensemble des répétitions la valeur la plus faible concerne un carreau de Brugny-Vaudancourt (51 BRU) et se situe à 0,40 MPa (Tableau 3-17), au-dessus des moyennes attendues par les normes citées. Sur le plan de la résistance à la flexion les carreaux de terre testés issu du patrimoine, répondent donc aux normes existantes dans certains pays.
La résistance à la compression estimée à partir du modèle donné par Morel et al. (2002) s'étale de 0,99 MPa pour 51 BRU à 1,38 MPa pour 08 DOM, tandis que la résistance de 10 CHA est de 1,20 MPa (Tableau 3-17).

Tableau 3-17 : Synthèse des tests de flexion trois points08 DOM, 10 CHA et 51 BRU et calcul de la résistance à la compression d'après le modèle de Morel et al. (2002)

	08 DOM	10 CHA	51 BRU
Résistance à la flexion (MPa) *Flexion 3 points*	**1,07**	**0,69**	**0,55**
σ	*0,24*	*0,08*	*0,11*
Mini	0,71	0,60	0,40
Maxi	1,29	0,79	0,69
Résistance à la compresison *D'après Morel et al. 2002*	**1,38**	**1,20**	**0,99**

7 Les manipulations concernant le comportement hygrothermique et la réutilisation de la matière ont été réalisées intégralement par le laboratoire ITHEMM. Mon travail a consisté à l'élaboration de la méthodologie pour la partie sur la réutilisation de la matière ainsi qu'à la discussion des résultats dans leur ensemble.

À partir des trois échantillons (l'échantillonnage est ici restreint), la relation entre la teneur en carbonate et la résistance à la flexion donne une corrélation très forte : plus le taux de carbonate est élevé, plus la résistance à la flexion est faible (Figure 3-55).

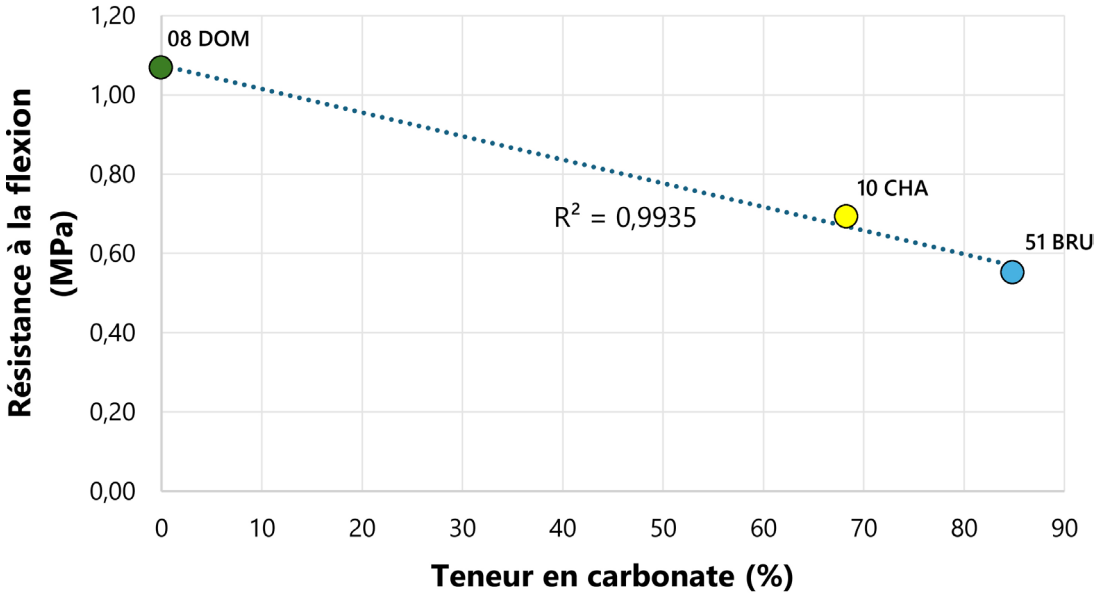


Figure 3-55 : Relation entre la présence de CaCO3 et la résistance à la flexion

• Résistance à la compression de 7 carreaux de terre

Les échantillons sélectionnés pour la résistance à la compression représentent les différentes caractéristiques d'emploi (porteur ou remplissage) et les types de terre (siliceuse ou calcaire) que l'on retrouve dans le patrimoine (Tableau 3-18).

La résistance à la compression s'étale de 1,00 MPa (51 BRU) à 1,91 MPa (08 DOM) (Tableau 3-18). Ceci est en accord avec les valeurs de la littérature reportées par Illampas (2014) s'étalant principalement de 0,8 MPa à 3,5 MPa ou bien celles reportées par Abhilash (2022 ; adapté de Silveira et al., 2012) s'étalant de 0,29 MPa à 4,5 MPa. Le Guide des Bonnes Pratiques (CCTC, 2020), donne une résistance qui varie entre 0,6 et 2 MPa.

Les résultats obtenus ne sont pas tous cohérents avec les estimations données par le modèle de Morel et al. (2002) (Tableau 3-17). En effet, 51 BRU présente un pourcentage d'erreur de 1%, tandis qu'il est de 9% pour 10 CHA et de 28% pour 08 DOM. Ceci confirme que le modèle mérite d'être affiné (Morel et al., 2002).

Tableau 3-18 : Synthèse des résistances à la compression (RILEM, 1997) selon les caractéristiques d'emploi et de dominante (silice / calcaire) des échantillons testés.

	08 CON	08 DOM	08 ECO	10 CHA	51 ATH	51 BRU	51 BUS
Emploi	Remplissage	Remplissage	Remplissage	Remplissage	Porteur	Porteur	Remplissage
Dominante	Siliceux	Siliceux	Siliceux	Calcaire	Calcaire	Calcaire	Calcaire
Élancement de l'échantillon	1,27	0,99	1,49	1,06	1,61	1,11	1,64
Résistance à la compression (Mpa)	**1,38**	**1,91**	**1,82**	**1,32**	**1,05**	**1,00**	**1,44**
Écart-type	0,16	0,40	0,07	0,12	0,30	0,13	0,35

L'ensemble des carreaux de remplissage présentent des résistances à la compression moyennes de 1,59 MPa (± 0,36), contre 1,02 MPa (± 0,21) pour les carreaux porteurs (Tableau 3-18) (Figure 3-56).

L'ensemble des carreaux de terre de remplissage présentent donc des résistances à la compression plus grandes que celles des carreaux utilisés en mur porteur, ce qui pourrait paraître surprenant. En effet, on s'attendrait à ce que les éléments porteurs soient plus résistants que les éléments de remplissage. Bien que cet écart soit vérifié, les résistances restent dans un même ordre de grandeur si on les compare à d'autres matériaux de construction.

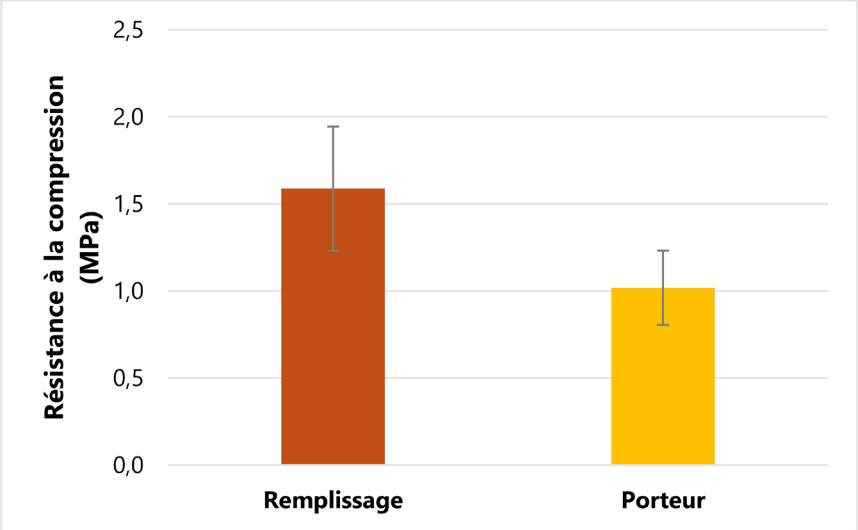


Figure 3-56 : Moyenne et écart-type des résistances à la compression selon le mode de mise en œuvre.

• Influence du carbonate de calcium sur la résistance à la compression

La Figure 3-57 met en relation la résistance à la compression des carreaux de terre et la teneur en carbonate.

51 ATH et 51 BRU sont les moins résistants et les plus fournis en CaC03, tandis que 08 DOM est dépourvu en CaCO3 et présente la résistance la plus élevée (Figure 3-57).

Les carreaux 08 CON, 10 CHA et 51 BUS présentent des résistances mécaniques similaires (entre 1,32 MPa et 1,44 MPa) malgré une amplitude de pourcentage de CaCO3 variant de 33,2% (08 CON) à 68,3% (10 CHA). Toutefois, le coefficient de détermination R^2 de 0,78 semble indiquer une influence négative de la présence de carbonate sur la résistance mécanique.

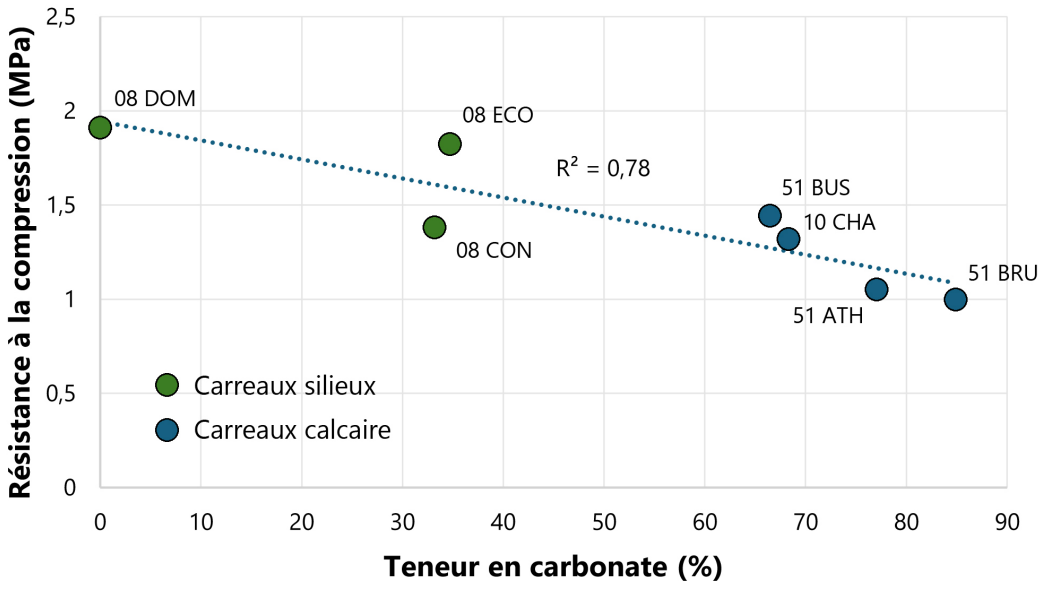


Figure 3-57 : Influence de la teneur en carbonate sur la résistance à la compression

• **Influence de l'argilosité (VBS) sur la résistance à la ompression**

La Figure 3-58 met en relation la résistance à la compression des carreaux de terre et l'argilosité à travers les résultats de valeur de bleu (VBS).

51 BRU présente la résistance à la compression la moins élevée, mais ne présente pas la valeur au bleu la plus faible, tandis que 08 ECO présente la valeur au bleu la plus élevé, mais pas la résistance mécanique la plus grande.

Toutefois, la corrélation linéaire ($R^2 = 0,75$) démontre l'influence de l'argilosité sur la résistance à la compression du matériau.

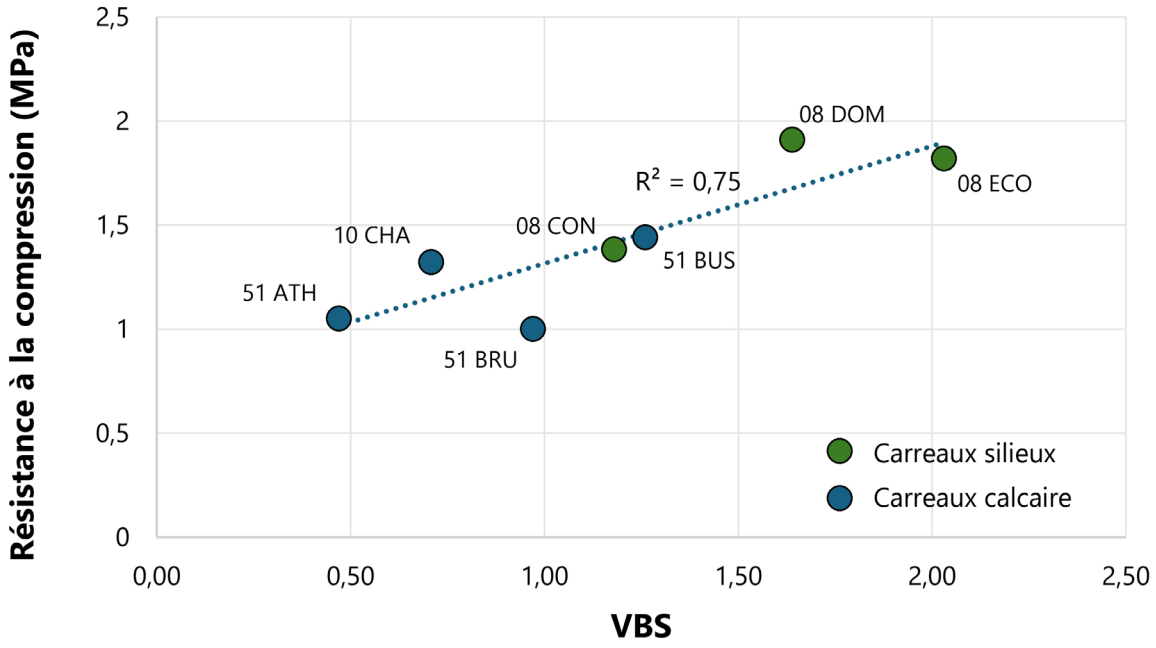


Figure 3-58 : Influence de la valeur au bleu du sol (VBS) sur la résistance à la compression

III.2.4.2. Conclusion sur les résistances mécaniques des carreaux de terre

L'ensemble des carreaux étudiés se trouvent dans les données fournies par la littérature, bien que les méthodes de tests soient toujours différentes :

- Entre 0,6 et 3,6 MPa, dont la plupart autour de 1 MPa (Illampas et al., 2016) ;
- Entre 0,29 et 4,5 MPa (Abhilash et al., 2022, ; adapté de Silveira et al., 2012)
- Entre 0,45 et 5,21 MPa (Sanchez et al., 2022) ;
- Entre 0,6 et 2 MPa (CCTC, 2020).

L'étude démontre l'influence de certains facteurs sur la résistance à la compression des carreaux. Une plus grande argilosité semblent favorable à une plus grande résistance, tandis que la présence de carbonates semble diminuer la résistance des carreaux. L' influence des aiguilles de calcite de type NFC, observées au microscope optique pour les carreaux de Chaudrey, n'a pas été étudié. Toutefois, ces amas d'aiguilles semblent très lâches pour pouvoir assurer une augmentation de résistance.

Au niveau international, quelques normes donnent des résistances mécaniques minimales de 1 MPa ou 2,07 MPa. (Abhilash et al., 2022). Ces niveaux de recommandation condamneraient 51 BRU pour la première et l'ensemble des carreaux pour la seconde. Or les carreaux porteurs étudiés proviennent de bâtiments issus du patrimoine qui ont duré dans le temps, remettant en question les valeurs fournies par ces normes.

Le fait que les carreaux les moins résistants à la compression proviennent de murs porteurs est révélateur. A l'époque de la fabrication et de l'utilisation de ces carreaux, les maçons n'avaient certainement pas conscience de ces différences de résistance d'une région à l'autre. Ils ont construit avec la terre locale à partir du moment où celle-ci semblait présenter un niveau de résistance satisfaisant. Ceci montre bien que la résistance mécanique n'a pas été un critère central dans le choix de la matière.

III.2.4.3. Comportement hygrothermique (ITHEMM)

• Conductivité thermique

La conductivité thermique (λ) des échantillons siliceux varie de 0,536 W/mK (08 ECO) à 0,761 W/mK (08 DOM) et celle des échantillons calcaires de 0,669 W/mK (51 BRU) à 0,799 W/mK (10 CHA) (Tableau 3-19). La moyenne des échantillons calcaires est légèrement supérieure (0,733 W/mK contre 0,659 W/mK), ce qui semble logique, la craie ayant une conductivité supérieure à 1 (Pitman, 1984). Néanmoins, les valeurs se croisent et ne permettent pas d'affirmer de tendance claire.

La relation de la conductivité thermique et de la densité sèche des carreaux de terre est comparée aux données de la littérature (valeurs reportées par Chabriac, 2014 ; et valeurs pour des adobes de Cuitiño-Rosales et al., 2020). Les valeurs obtenues dans cette étude sont en accord avec la littérature et indiquent qu'il n'est pas évident d'établir à l'avance une valeur de conductivité thermique pour la terre en fonction de sa densité (Chabriac, 2014), le coefficient de corrélation étant très faible, de l'ordre de 0,138 (Figure 3-59).

• Diffusivité

La diffusivité des échantillons siliceux varie de $0{,}368.10^{-6}m^2/s$ (08 ECO) à $0{,}475.10^{-6}m^2/s$ (08 DOM) pour une moyenne de $0{,}43.10^{-6}m^2/s$ et celle des échantillons calcaires de $0{,}414.10^{-6}m^2/s$ (51 BRU) à $0{,}503.\ 10^{-6}m^2/s$ (51 ATH) pour une moyenne de $0{,}46.\ 10^{-6}m^2/s$ (Tableau 3-19). Les moyennes des deux types de carreaux sont très proches.

• Capacité thermique massique

La capacité thermique massique des échantillons siliceux varie de 0,835 kJ/kgK (08 ECO) à 0,979 kJ/kgK (08 CON) pour une moyenne de 0,913 kJ/kgK et celle des échantillons calcaires varie de 0,787 kJ/kgK (51 ATH) à 1,109 kJ/kgK (51 BRU) pour une moyenne de 0,954 kJ/kgK (Tableau 3-19). Les moyennes des deux types de carreaux sont très proches.

La diffusivité et la capacité thermique massique interviennent dans la notion de confort thermique. Aucune tendance n'est visible entre les carreaux calcaires et les carreaux siliceux qui se retrouvent dans une même gamme de valeurs, correspondant à celle de la brique cuite, mais distinctes du bois, de la pierre et du béton (Passiv Act, 2012) (Figure 3-60).

• Valeur tampon hydrique

La valeur tampon hydrique (MBV) représente la capacité d'un matériau à échanger de l'humidité avec son environnement. Les valeurs des échantillons siliceux varient de 2,49 g/(m^2 %RH) (08 ECO) à 3,51 g/(m^2 %RH) (08 CON) pour une moyenne de 3,03 g/(m^2 %RH), tandis que celles des échantillons calcaires varient de 1,65 g/(m^2 %RH) (51 ATH) à 2,54 g/(m^2 %RH) (51 BRU) pour une moyenne de 2,21 g/(m^2 %RH) (Tableau 3-19). Les carreaux de terre calcaires présentent des valeurs MBV inférieures aux carreaux de terre siliceux.

Tableau 3-19 : Propriétés hygrothermique des carreaux de terre

	Siliceux				Calcaire				
	08-CO	**08-DO**	**08-EC**	**Moy**	**10-CH**	**51-AT**	**51-BR**	**51-BU**	**Moy**
Conductivité thermique **λ (W/mK)**	0,679	0,761	0,536	0,66	0,799	0,783	0,669	0,68	0,73
	0,08	*0,048*	*0,065*	*0,11*	*0,054*	*0,021*	*0,033*	*0,069*	*0,07*
Diffusivité **a (10^{-6} m^2/s)**	0,459	0,475	0,368	0,43	0,479	0,503	0,414	0,427	0,46
	0,052	*0,035*	*0,04*	*0,06*	*0,029*	*0,03*	*0,019*	*0,044*	*0,04*
Capacité thermique massique **C_p (kJ/kgK)**	0,979	0,927	0,835	0,91	0,969	0,787	1,109	0,949	0,95
	0,08	*0,011*	*0,014*	*0,07*	*0,008*	*0,028*	*0,009*	*0,011*	*0,13*
Valeur de la capacité tampon hydrique **MBV_2**	3,51	3,09	2,49	3,03	2,21	1,65	2,54	2,44	2,21
	0,32	*0,26*	*0,25*	*0,51*	*0,65*	*0,18*	*0,4*	*0,36*	*0,40*

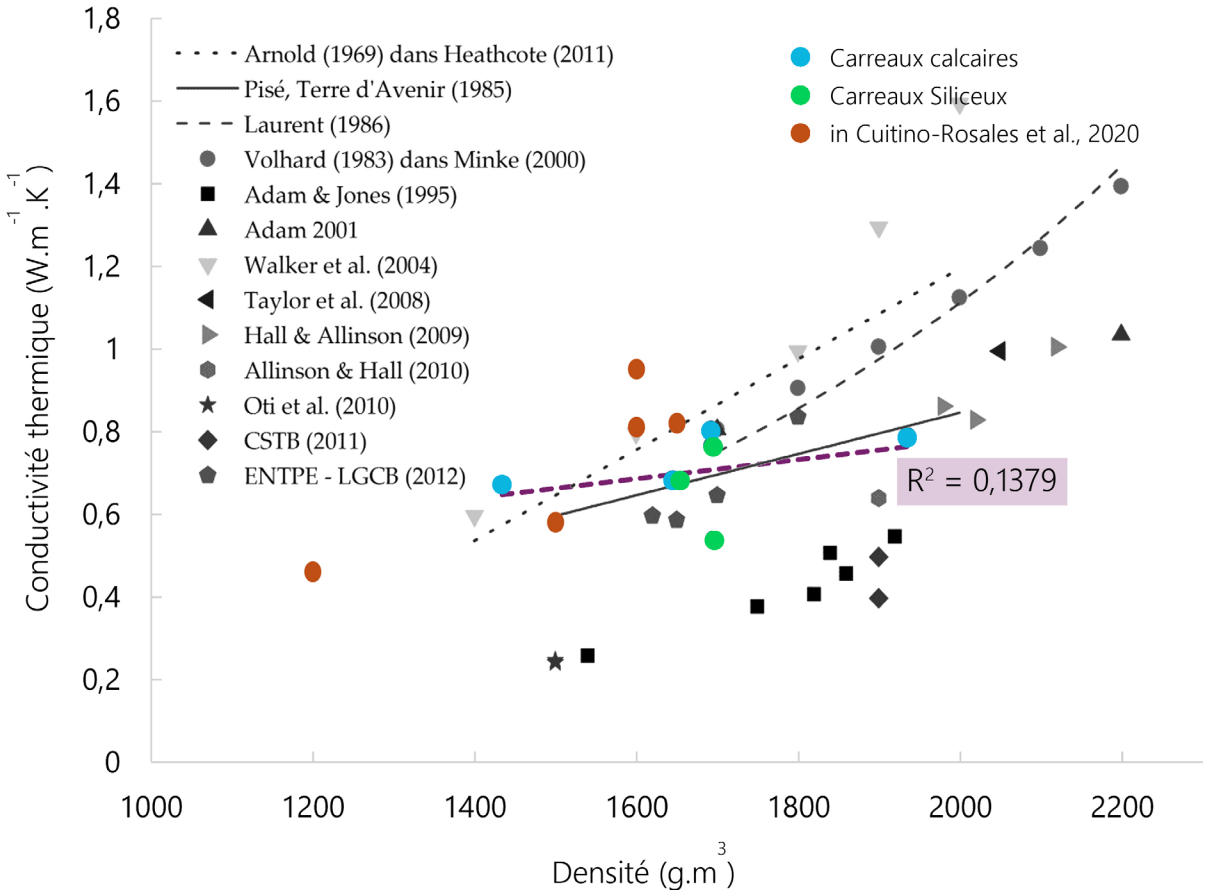


Figure 3-59 : Comparaison de conductivités thermiques en fonction de la densité du matériau. Échelle de gris : dans Chabriac (2014) ; Orange : valeurs des adobes dans Cuitino-Rosales et al., 2020 ; Bleu : carreaux calcaires ; Vert : carreaux siliceux

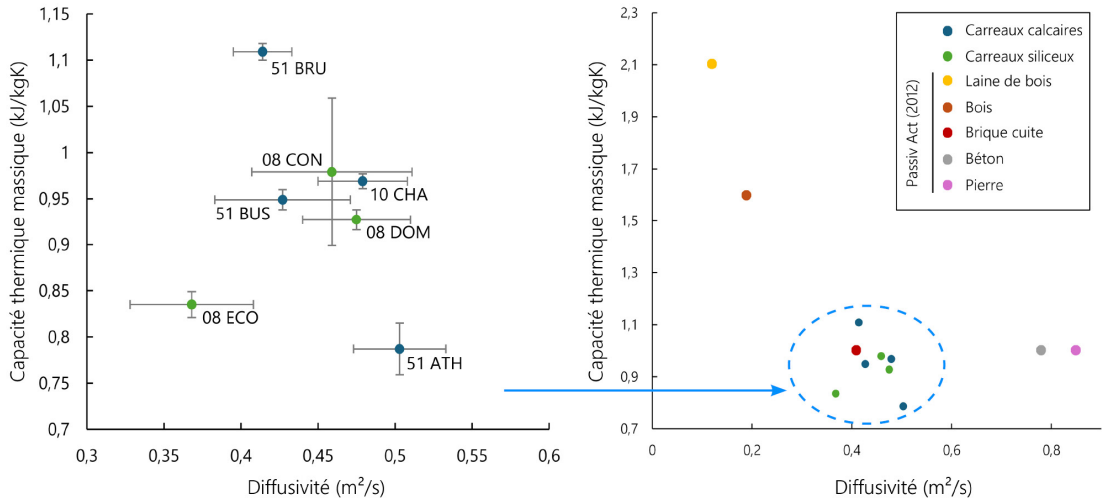


Figure 3-60 : Capacité thermique massique en fonction de la diffusivité. À droite : comparaison avec d'autres matériaux (Passiv Act, 2012)

• Capacité à réguler l'humidité de la terre

Selon la classification du projet Nordtest (Rode et al., 2005), les carreaux siliceux sont considérés comme excellents régulateurs thermiques et les carreaux calcaires entre bon et excellent[8] (Figure 3-61). Ces résultats sont en accord avec une étude menée sur des briques de terre compressées rapportant des valeurs situées entre 1,13 et 3,73 g/(m² %RH) (Mc Gregor et al., 2014) (Figure 3-61). Tandis que les valeurs MBV pour les enduits à base de terre varient de 0,7 à 1,6 g/(m² %RH) (Mc Gregor et al., 2016). À titre de comparaison avec d'autres matériaux structurels, les carreaux de terre présentent tous des résultats bien supérieurs à la brique cuite et au béton, dont les valeurs se situent respectivement autour de 0,48 et 0,38 g/(m² %RH) (Rode et al., 2007) (Figure 3-61).

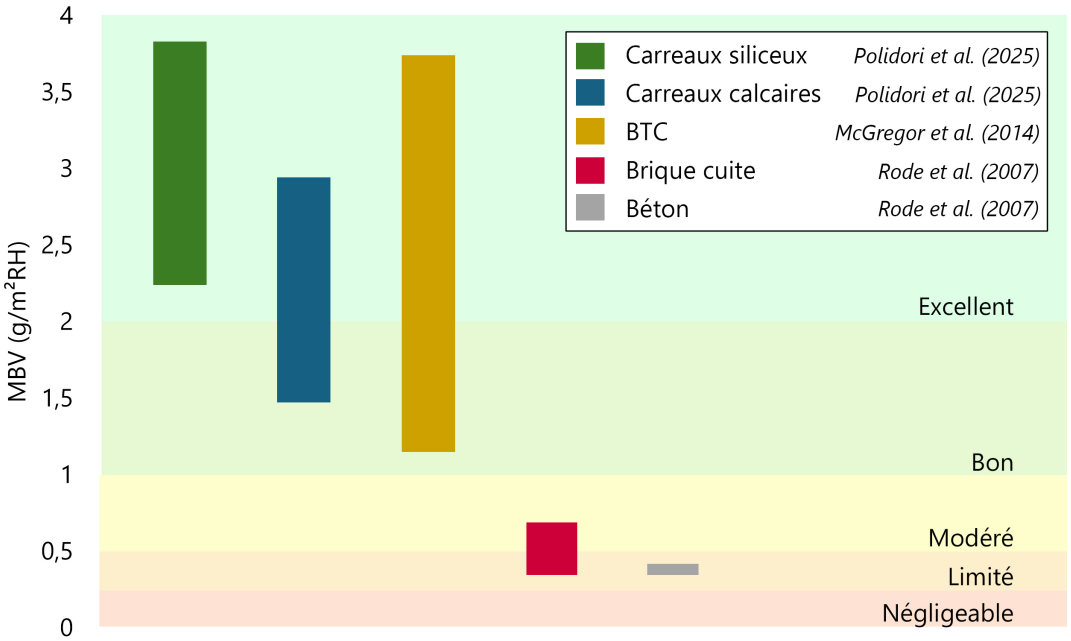


Figure 3-61 : Valeurs tampon d'humidité pour les carreaux de terre (tendance siliceuse en vert et tendance crayeuse en bleu), comparées à des Briques de terre comprimées (McGregor et al., 2015) et à de la brique cuite et du béton (Rode et al., 2007). Code couleur pour la classification Nordtest (Rode et al., 2005).

8 Parmi les carreaux calcaires, seul 51 ATH avec une valeur MBV de 1,65 g/(m² %RH) est considéré comme bon, les autres (10 CHA, 51 BRU, 51 BUS) présentent des valeurs supérieures à 2 g/(m² %RH) (Tableau 3-19), sont tous d'excellent régulateurs thermiques (Figure 3-61)

- **Influence de la craie sur le comportement hygrothermique des carreaux de terre**

Les propriétés thermiques étudiées (conductivité, diffusivité, capacité thermique massique) sont du même ordre pour les carreaux calcaires et siliceux, n'indiquant pas de tendance quant à la l'influence du calcaire sur le comportement thermique du matériau.

En revanche, les carreaux calcaires présentent des valeurs MBV plus faibles que les carreaux siliceux, indiquant une capacité de régulation d'humidité moindre. Cette tendance pourrait s'expliquer par la quantité et le type d'argiles présentes dans les différents carreaux, qui influent sur le comportement hydrique du matériau (Champiré et al., 2016). En effet, la capacité de sorption des argiles diffère grandement en fonction de leur surface accessible aux molécules d'eau (Arris-Roucan, 2024) et c'est probablement leur présence qui aura la plus grande influence sur la valeur MBV du matériau. La plus forte présence des smectites dans les carreaux 08 DOM (siliceux) par rapport aux carreaux 10 CHA (crayeux) pourrait expliquer cette tendance.

Malgré des valeurs MBV plus faibles, les carreaux de terre calcaire sont considérés à minima comme bon ou excellent régulateur thermique.

III.2.4.4. Réutilisation de la matière et réversibilité (ITHEMM)

La présente partie porte sur l'impact de la réutilisation de la matière dans le temps, à travers l'observation de l'évolution des caractéristiques physiques, mécaniques (résistance à la compression), et thermiques (conductivité thermique et de diffusivité). Trois cycles de concassage et reformage ont été réalisé à partir de carreaux de terre provenant de Brugny-Vaudancourt.

Le Tableau 3-20 résume les propriétés physiques du carreau initial et des échantillons réformés au cours des 3 cycles.

La densité sèche des différents cycles est équivalente, autour de 1 640 kg/m^3, tandis celle de l'ancien carreau est inférieure avec 1 435 kg/m^3. Cela se traduit également par une diminution de la porosité passant de 34,6 % à environ 25,5 %. La différence est certainement due à la mise en œuvre différente. Le compactage, bien que négligeable comparé à la fabrication de brique de terre comprimé, est surement plus important que celui de la méthode de fabrication du carreau initial. En revanche les valeurs similaires d'un cycle à l'autre, témoigne d'une mise en œuvre identique pour les échantillons reformés.

Tableau 3-20 : Moyennes des propriétés physiques des carreaux de terre

	Carreaux du patrimoine	**Carreaux recyclés**		
		Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3
Densité absolue (kg/m^3)		2240		
Densité sèche (kg/m^3)	1435	1640	1649	1639
Porosité (%)	34.6	25.8	25.1	25.4
teneur en eau (%)	2.0	1.3	1.7	1.6

• Évolution granulométrique

La Figure 3-62 montre l'évolution de la granulométrie des échantillons après les différents cycles. Ces granulométries ont été réalisée par tamisage humide à l'aide de 9 tamis dont les mailles vont de 10 mm à 25 μm.

Les courbes du carreau initial et des échantillons reformés présentent une forme sigmoïdale similaire. Le broyage du premier cycle a significativement modifié la granulométrie augmentant le pourcentage passant à travers chaque tamis d'environ 10-15 %. Les échantillons reformés ne présentent plus d'éléments de plus de 10 mm. Les cycles 2 et 3 traduisent une réduction successive de la granulométrie, mais de manière marginale.

Sur le terrain les maçon·nes ont le choix entre le concassage ou le trempage de la terre. Le concassage est la méthode la plus défavorable pour garder la granulométrie identique d'un cycle à l'autre. Cela dit, l'évolution présentée par la Figure 3-62, tend à montrer qu'après le premier cycle l'évolution est négligeable.

L' étude de la résistance mécanique permettra de vérifier l'impact de cette réduction granulométrique observée.

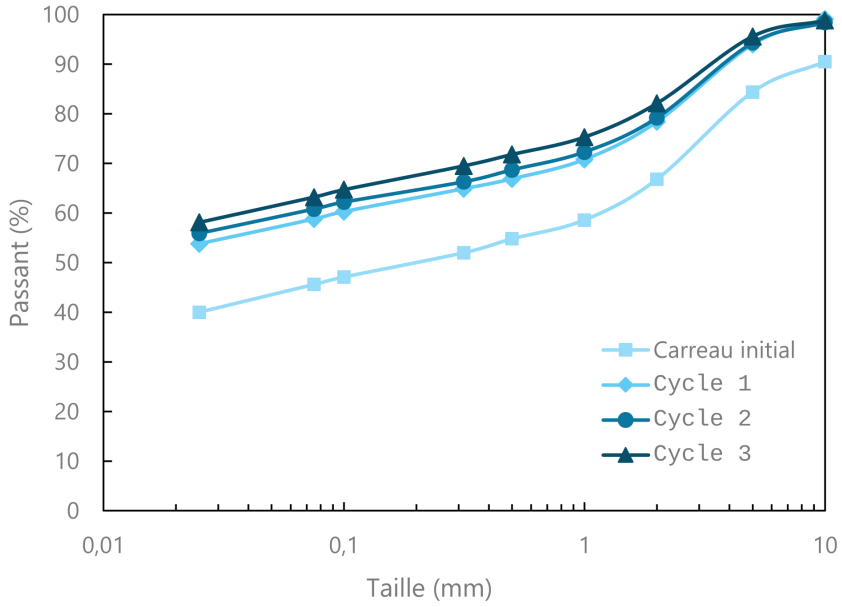


Figure 3-62 : Évolution de la granulométrie des différents cycles

• Évolution de la résistance à la compression

La Figure 3-63 présente les valeurs de contrainte-déformation de manière normalisée. Pour chaque échantillon, l'axe des y correspond à la contrainte normal (σ) divisée par la contrainte maximale (fc) et l'axe des x correspond à la déformation axiale (ε) divisée par la déformation à la contrainte maximale (εu).

Les courbes correspondant aux échantillons reformés présentent le même comportement. À partir de cette représentation normalisée, Imanzadeh et al., (2020) propose un indice de ductilité alternatif (i') dans la région post-pic, qui correspond à la valeur de déformation normalisée lorsque la contrainte normalisée tombe à 85 % (Imanzadeh et al., 2020).

Les valeurs i' des échantillons reformés sont similaires dans le temps (Cycle 1 : i' ≈ 1,28 ; Cycle 2 : i' ≈ 1,27 ; Cycle 3 : i' ≈ 1,26), indiquant que les cycles de réutilisation de la matière ne

modifient que très peu la ductilité du matériau. En revanche la valeur i' du carreau initial est égale à 1,55. Cette diminution de la ductilité provient certainement de l'augmentation de la densité sèche d'environ 14,5 % et des grains fins d'environ 15 % (Tableau 3-20), induisant une compaction variable de la matrice granulaire.

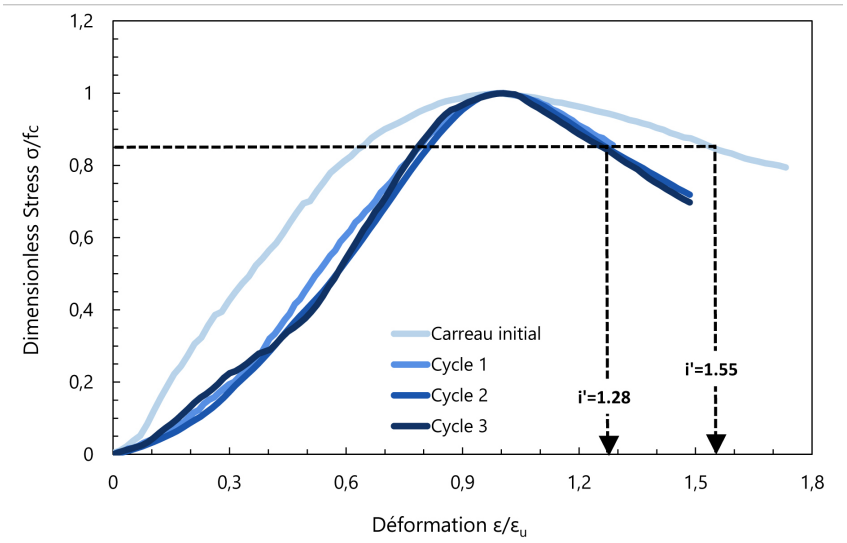


Figure 3-63 : Données expérimentales normalisées contrainte-déformation

Le Tableau 3-21 présente la résistance à la compression du carreau de terre initial et des trois cycles de réutilisation. Les carreaux de terre d'origine ont une résistance de 1,03 MPa (± 0,17), tandis que les cycles 1, 2 et 3 ont des résistances supérieures équivalentes (respectivement 1,37 MPa (± 0,06), 1,38 MPa (± 0,05) et 1,39 MPa (± 0,07).

La comparaison entre le carreau initial et les cycles est limitée car la géométrie n'est pas identique. De plus, le protocole de production des échantillons est différent de celui d'origine. Il a déjà été observé que les briques produites en conditions de laboratoire contrôlées présentent une résistance à la compression plus élevée que les briques du patrimoine (Illampas et al., 2016). En effet, pour un même sol, une densité sèche plus élevée aura pour conséquence une résistance à la compression plus grande (Abhilash et al., 2022).

L' absence de différence de résistance à la compression des échantillons des cycles 1, 2 et 3 démontre que la réutilisation n'a pas d'impact sur la résistance mécanique des carreaux de terre.

Tableau 3-21 : Résistance à la compression du carreau de terre initial et des trois cycle de réutilisation

	Carreaux du patrimoine	**Carreaux recyclées**		
		Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3
Résistance à la compression (Mpa)	1,03	1,37	1,38	1,39
Écart-type	0,17	0,06	0,05	0,07

• **Évolution de la conductivité et de la diffusivité**

La Figure 3-64 présente la diffusivité et la conductivité du carreau de terre initial et des trois cycles de réutilisation. Le carreau de terre d'origine à une diffusivité de 0,41x10-6.m²/s (± 0,01). Les échantillons des cycles 1, 2 et 3 présentent respectivement des valeurs moyennes de diffusivité de 0,42 x10-6.m²/s (± 0,01), 0,44 x10-6.m²/s (± 0,01) et 0,43 x10-6.m²/s (± 0,015) (Figure 3-64).

Le carreau de terre d'origine présente une conductivité de 0,67 W/m/k (± 0,015), tandis que les échantillons recyclés présentent respectivement des valeurs de 0,72 W/m/k (± 0,01), 0,72 W/m/k (± 0,015) et 0,71 W/m/k (± 0,02) (Figure 1.1 40).

Les valeurs de diffusivité et de conductivité sont toujours légèrement plus faibles pour le carreau initial, cette différence est due également au processus de fabrication en laboratoire qui a réduit la porosité et augmenté la densité sèche du matériau d'origine.

Concernant la diffusivité et la conductivité, l'ensemble des échantillons recyclés se situent dans la fourchette des écarts types. La réutilisation des carreaux de terre n'a pas d'impact sur ces paramètres thermiques.

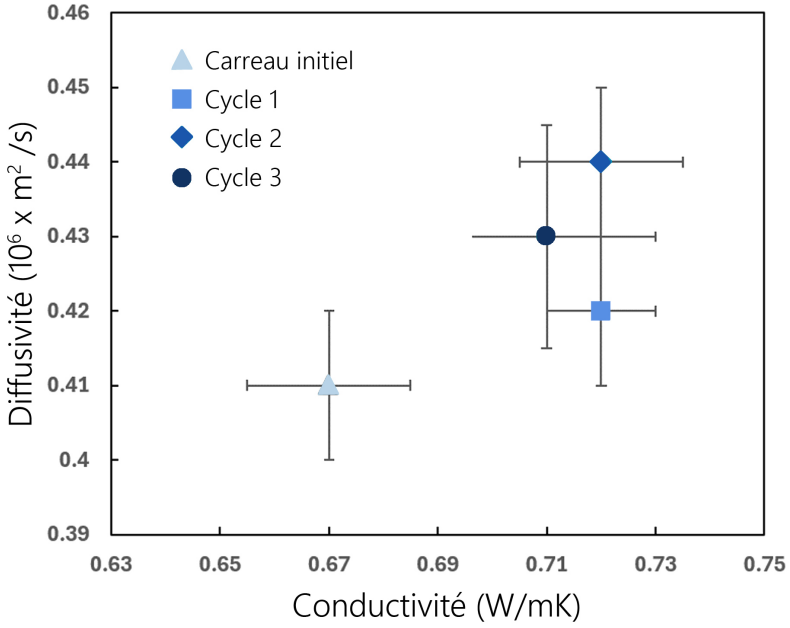


Figure 3-64 : Diffusivité et conductivité du carreau de terre initial et des trois cycles de réutilisation

III.2.4.5. Conclusion sur la réversibilité des carreaux de terre à travers leur réutilisation

La réutilisation des carreaux de terre a modifié légèrement l'ensemble des paramètres étudiés après le premier broyage : densité sèche, porosité, granulométrie, ductilité, résistance à la compression, diffusivité et conductivité. Parmi ces changements la réduction de la granulométrie peut être attribuée au broyage, tandis que l'évolution des autres valeurs est attribuée à cette réduction de granulométrie, mais également aux conditions de fabrication de laboratoire des échantillons réutilisés. Afin de minimiser les effets de la réduction de la granulométrie, il serait intéressant d'étudier la réutilisation d'un carreau de terre avec une méthode moins destructive. Par exemple, par simple immersion de la terre. Traditionnellement la terre était parfois amenée sur site l'année précédant le chantier, afin que les intempéries la décomposent pour faciliter son mélange (Hamard et al., 2016).

Ces résultats sont en accord avec des études précédentes sur la capacité de la terre crue à être réutilisée en gardant les mêmes caractéristiques mécaniques et hygrothermiques, contrairement aux matériaux stabilisés (Bruno et al., 2020 ; Audren et al., 2024).

De plus les matériaux à base de terre crue doivent leur cohésion à la pression capillaire due aux forces de succion (Jaquin et al., 2009). Une augmentation significative de la teneur en eau conduit à une réduction de la rigidité et de la résistance du matériau (Gerard et al., 2015, Bruno et al., 2018), conduisant à sa réversibilité. Ceci induit alors une énergie nécessaire pour sa réutilisation peu élevée comparé aux autres matériaux.

III.3. Conclusion du chapitre 3 : Carreaux de terre champenois. Diversité de la ressource et spécificité d'une terre riche en carbonate

Les études menées en laboratoire ont permis de confirmer la variété des terres utilisées. Deux familles ont été caractérisées. D'une part les terres à tendance siliceuse qui se trouvent dans les Ardennes et d'autre part les terres à dominante calcaire, qui constituent la majeure partie du patrimoine étudié. La première famille n'avait jamais été mise en évidence auparavant. Ces deux familles présentent des aspects visuels différents au niveau des couleurs et de la texture de la terre employée. La première a un aspect plus coloré qui tend vers le brun, tandis que la seconde est très claire, conséquence de sa forte teneur en craie. Les terres siliceuses dépourvues d'éléments grossiers présentent une texture sableuse fine, tandis que les terres calcaires sont plutôt graveleuses et présentent une proportion de graviers variable, allant de l'absence à la présence de morceaux de craie de plus de 25 mm appelé « crayon », en passant par des graviers de « graveluches » de l'ordre de quelques millimètres.

Cette première approche définissant deux familles de terre employée mériterait d'être encore affinée. En effet, une partie du territoire n'a pas bénéficié de prélèvement (notamment la Bassée). Ceci pourrait révéler d'autres types de terres, ou des variantes au sein même de ces familles. Nous pouvons penser par exemple aux carreaux de terre des bords de cours d'eau (Aube, Marne, Seine) qui contiennent des graviers alluviaux de calcaires jurassiques, voire de roches hors Bassin parisien.

Les carreaux de terre à tendance siliceuse présentent une argilosité (VBS) supérieure aux carreaux de terre calcaire, ce qui se caractérise par une résistance mécanique plus grande. Ceci sous-entendrait qu'une terre riche en carbonate serait moins résistante qu'une autre. La résistance mécanique des carreaux de terre riche en carbonate reste toutefois dans les moyennes observées dans le patrimoine, ce qui a permis son emploi pour une majeure partie du patrimoine de la Champagne crayeuse.

L'ensemble des carreaux de terre étudiés présente un comportement hygrothermique entrant dans la gamme de valeurs des études existantes sur la terre crue, à savoir une forte capacité à interagir avec l'humidité ambiante et à réguler les fortes chaleurs. Ici encore, la présence de calcite semble réduire très légèrement les performances du matériau, tout en restant dans le même ordre de grandeur.

Enfin l'étude sur la capacité d'un carreau de terre calcaire à être réutilisé, tout en gardant ses caractéristiques mécaniques et hygrothermiques, confirme les quelques études existantes (Bruno et al., 2020 ; Audren et al., 2024) et donc d'envisager un cycle vertueux dans le cadre de projets de démolition du patrimoine existant.

Cette étude en laboratoire démontre l'intérêt de l'emploi de la terre locale champenoise, majoritairement crayeuse, pour la construction. Aussi bien pour ses capacités mécaniques, permettant d'envisager de réaliser facilement des habitations en R+1, que pour ses capacités de régulation hygrothermique, permettant un confort intérieur et son potentiel de réutilisation, évitant ainsi d'une par la production de déchets et d'autre part la production de nouveau matériaux pour reconstruire.

Il semble donc possible d'envisager la mise en place d'une filière terre crue pour la construction sur le territoire champenois à partir des qualités intrinsèques de la terre. Toutefois, cette partie a donc abordé le matériau d'un point de vue physique. Or pour envisager une filière, il est nécessaire de dépasser cette seule approche, afin de prendre en compte l'ensemble des enjeux socio-environnementaux.

IV. RÉFLEXIONS AUTOUR D'UNE FILIÈRE TERRE EN CHAMPAGNE

« « Nourrir le monde » : c'est l'expression qui consacre aujourd'hui cette aspiration, dans les débats publics et de plus en plus souvent dans les milieux académiques. [...] En jouant là encore sur un réflexe moral, l'injonction naturalise un horizon universel qui n'a rien d'évident. Au passage elle exclut toutes celles et ceux qui ne se seraient pas donnés « le monde » pour objectif, et convertit leur modestie en inconséquence : si vous n'êtes pas à la hauteur, passez votre chemin »

Mariani (2024, p.35)

Les trois premiers chapitres ont mis à jour l'importance de la construction en carreaux de terre en Champagne à travers le temps et l'espace, révélant la richesse de la culture constructive en terre crue. Ce patrimoine a été construit avec une ressource locale, permettant d'atteindre des performances mécaniques suffisantes pour bâtir sur trois niveaux. Techniquement, le matériau possède les propriétés qui lui permettrait de participer au confort intérieur des constructions, et même d'envisager sa réutilisation, en fin de vie du bâtiment, avec un impact environnemental presque nul, pour des performances mécaniques et hygrothermiques similaires. Ces constats conduisent à reconsidérer sur ce même territoire, la place que pourrait prendre à nouveau la terre crue dans le domaine de la construction, à travers l'élaboration d'une filière, adapté aux crises environnementales et sociales actuelles et où un changement fondamental dans le secteur de la construction est attendu (UNEP, 2024).

La question du développement de filières terre locale existe sur d'autres territoires qui ne présentent pas les mêmes spécificités. Par exemples certains possèdent un patrimoine dense, où le savoir-faire n'a pas totalement disparu (Hamard, 2017 ; Genis, 2018 ; Miranda Santos, 2022 ; Mille, 2023 ; Rattier, 2024), tandis que d'autres explorent une nouvelle manière de bâtir en milieu très urbanisé comme la région parisienne (Gasnier, 2019 ; Bastin, 2022), ou dans les milieux plus ouverts où le patrimoine en terre est peu représenté (Prost, 2025).

Toutefois, pour répondre aux enjeux socio-environnementaux, il ne suffit pas de prendre de la terre et de construire avec. Selon le processus mis en oeuvre, les impacts environnementaux varient grandement (Ventura et al., 2022 ; Pelé-Peltier et Goizauskas, 2024), et les enjeux sociaux sont réels (Pruvost, 2021). Ils s'enracinent dans un tissu complexe d'actrices et d'acteurs en place, où les enjeux économiques et de pouvoir sont présents (Villain, 2020 ; Pelé-Peltier 2023), et où différentes positions coexistent quant aux perspectives de développement, qui varient d'une industrialisation poussée à une pratique artisanale (Villain, 2020).

L'objectif de cette discussion est d'amorcer une réflexion autour de pistes possibles pour la réintroduction de la terre crue sur le territoire de la Champagne (Région Grand-Est), en se basant sur les résultats de ce travail de thèse croisé à des travaux issus des sciences humaines et sociales. Ces réflexions sont ici exploratoires et n'ont pas pour vocation à l'exhaustivité. Néanmoins, la volonté est bien de montrer de quelles manières la redécouverte d'un patrimoine permet de repenser les modalités de mise en place du bâti à l'heure actuelle, faisant émerger de nouveaux possibles dans un plus grand respect des humains, des milieux et des territoires dans lesquels ils évoluent.

IV.1. Réhabiliter l'usage de la terre

Lorsque l'on travaille sur le sujet de la terre dans la construction, la confrontation à « l'image » qu'elle véhicule émerge rapidement. « L' image » dont il est question est une des formes de représentation qui se manifeste vis-à-vis d'un objet particulier.

Les disciplines issues des Sciences Humaines et Sociales (SHS) « partagent l'idée qu'une représentation est représentation de « quelque chose », ce « quelque chose » étant réifié, objectivé pour un certain ensemble social. L'objet de la représentation peut être d'ordre matériel ou immatériel, humain ou non humain » (Goizauskas, 2020, p.4). Les représentations peuvent être de différents ordres à travers l'iconographie (dessin, peinture, schéma, photographie, etc.), les discours, écrits ou oraux (récit de voyage, description technique, conférence, etc.) et véhiculer des positionnements théoriques, idéologiques, des intentions ou des croyances (Goizauskas, 2020). C'est ainsi que la représentation prend la forme d'un « savoir qui n'a pas vocation de vérité scientifique et qui n'est d'ailleurs pas nécessairement exprimé ou explicité » (ibid., p.4). C'est ainsi que « l'image » qui est véhiculée à travers un individu ou un groupe social, n'est pas tant visuelle que psychosociale et s'apparente alors à la notion de « représentation sociale », « que la psychologue Denise Jodelet définit comme « une forme de connaissance, socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourant à la construction d'une réalité commune à un ensemble social » » (ibid., p.4).

Or, l'image ou la représentation sociale de la terre en tant que matériau de construction n'a pas toujours été identique à travers le temps et les personnes concernées, mais elle constitue aujourd'hui, au sein d'une vision dominante de la construction, plus un frein qu'un levier (Pelé-Peltier, 2023).

Ce travail de recherche retranscrit également une forme de représentation de cette matière : la littérature parcourue permet de retracer quelques éléments participant à l'image de la terre et de montrer qu'au-delà des signaux négatifs existent des éléments pouvant contribuer à sa réhabilitation.

IV.1.1. Où l'on découvre que son image négative et son association à la pauvreté sont à modérer.

La terre crue est souvent associée à une image négative. Les raisons sont multiples et ont bénéficié d'un premier travail exploratoire dans le cadre d'un rapport bibliographique réalisé par la Confédération de la Construction en Terre Crue[1]. Parmi ces dernières, nous pouvons citer sa fragilité à travers sa faible résistance à l'eau, le fait qu'elle soit un matériau souvent associé à la pauvreté et à un matériau du passé :

> *« Le constat contemporain d'une image négative de la terre à bâtir se retrouve fréquemment dans des compte-rendu et des recherches portant sur le patrimoine bâti avec cette matière à travers le monde. « Archaïque », « fragile », associée à la pauvreté, la terre est presque systématiquement abandonnée au profit de produits industriels lorsqu'ils deviennent accessibles – parpaings notamment. »*
>
> (Goizauskas, 2020, p.6)

1 Le rapport est intitulé « Représentations de la construction en terre crue d'hier à aujourd'hui, en France (et ailleurs) », rédigé par Jean Goizauskas, que je remercie pour m'y avoir donné accès. Sur les valeurs associées autour du patrimoine en terre, voir les thèses de Léa Génis « Réhabiliter le bâti ancien et les cultures constructives : engagements, épreuves et attachements autour de la réhabilitation du bâti ancien en pisé en Isère » (2018) et Victor Villain « Sociologie du champ de la construction en terre crue en France (1970 – 2020) » (2020). Nous soulignons que l'image négative véhiculée par la terre crue, peut être assimilée à ce qui est défini comme une « barrière socioculturelle » à son développement aujourd'hui. Pour plus de détails sur ce sujet, voir la thèse d'Antoine Pelé-Peltier (2023).

La terre a pu être dévalorisée à travers des écrits sur la construction. A titre d'exemple nous pouvons citer Alphone Debauve[2] (1886, p.171) reprenant les propos de M. Reynaud[3], affirmant à propos des briques crues « qu'elles ont dû être employées postérieurement à la pierre » par difficulté de se procurer ces dernières (la terre est donc employée par défaut), mais également que « tous les édifices construits en Europe avec de tels matériaux » ont complètement disparu ou sont en état de ruine. Il précise toutefois, presque de manière contradictoire, qu'elles restent « assez répandues dans les régions du midi de l'Europe ». Bien que cet écrit ne soit pas totalement à charge contre ce matériau, il n'est en aucune manière valorisé et vu uniquement comme une pratique du passé. De plus, nous voyons à la suite du premier chapitre, qu'il n'y a pas que dans les régions du midi de l'Europe que la brique crue subsiste, même près d'un siècle et demi plus tard. Son importance et sa répartition géographique est minimisée.

Plus localement et plus récemment, Imbault (1986, p.89) traduit la mauvaise image véhiculée par le matériau et la volonté de le cacher : « les murs en carreaux sont toujours enduits, à la fois pour les protéger et pour les cacher, car ce matériau n'est pas « noble » et doit être dissimulé pour entretenir le doute ». On retrouve alors ce qui semble traduire les représentations à travers l'appartenance à une classe sociale évoqué par Villain (2020) et le fait d'associer le matériau à la pauvreté. Sa déconsidération vient parfois étonnemment, et de manière plus percutante encore, de personnes sensibilisées au patrimoine. Dans la revue Folklore de Champagne (1973, n.39, p.6) le retour à son emploi est inenvisageable : « Il est impensable qu'on puisse un jour en préconiser le réemploi, même pour la restauration des maisons anciennes ».

De manière contemporaine, c'est l'image plus générale du bâti ancien qui peut être associé à l'inconfort et à la pauvreté, par-delà le matériau terre lui-même, et dont les habitants souhaitent se défaire, à l'image ce témoignage de Michel André[4], rapporté par Paulin Chieus (2024) dans son mémoire d'architecture sur la pierre de Dom[5] :

> *« Dès qu'un bâtiment perd quatre ardoises, se met à pencher un petit peu, certains ont l'envie irrépressible de le raser, de le « fondre ». Du passé faisons table rase... Faisons disparaître tout ce qui peut nous rappeler que nous étions des paysans, des ploucs donc, et vraiment pas riches... »*[6] dans Chieus (2024, p.31)

Ici, les matériaux traditionnels (ou préindustriels) sont représentatifs d'une hiérarchie sociale des matériaux qui expriment un état du monde social (Villain, 2020). En analysant la construction en bauge et en pisé, Victor Villain précise que « c'est dans ce cadre que les modes de production des représentations sont fondamentaux à analyser pour rendre intelligible la manière dont les matériaux sont susceptibles d'être classés » (Villain, 2020, p.108). Ainsi, la bauge en Bretagne

---

2 Alphonse Debauve est ingénieur des ponts et chaussées, professeur du cours de routes de 1903 à 1907 (date de son décès). Auteur de nombreuses publications dont le « Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées » c'est ici de son ouvrage intitulé « Procédés et matériaux de construction » que nous empruntons l'exemple. Consultable sur Gallica : https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6568669m/f181.item.texteImage

3 Il s'agit vraisemblablement de Léonce Reynaud, architecte et ingénieur des ponts-et-chaussées, professeur suppléant en 1841, puis titulaire en 1847 à la chaire d'architecture dans cette école, avant d'en être le directeur entre 1869 et 1874.

4 Michel André est présenté par Chieus (2024, p.31) comme une personne engagée localement (Ardennes) dans la préservation du patrimoine bâti.

5 La pierre de Dom, a été employée sur une vaste partie du territoire du département des Ardennes. La zone d'exploitation intensive des carrières se trouve à Dom-le-Mesnil, donnant le nom usuel à cette roche. Elle est notamment emblématique pour avoir été massivement employée pour la construction de la Place ducale à Charleville-Mézières. Pour plus d'informations, voir la thèse de Fronteau (2000).

6 Michel André, « Je suis orphelin d'une grange », Terres Ardennaises, n°76, Bâti et rénovation, 2001, p.2-4. Ce propos résonne avec ceux émis par Pierre Possémé, maçon ayant participé au renouveau de la terre en Champagne dans les années 1980 qui a déclaré durant notre échange : « On rejette les matériaux des anciens. On ne respecte pas ce qui a été fait avant nous ».

était reliée à l'habitat rural de la paysannerie, représentatives « des agents dominés dans la structure sociale » (ibid., p.108), ceci à l'image qu'ont pu véhiculer les constructions rurales (et paysannes) ou de la classe ouvrière de la ville de Reims au 19e siècle.

Aujourd'hui, le peu de fois où le carreau de terre est évoqué localement, se fait par l'intermédiaire des journaux pour témoigner de l'effondrement d'un bâtiment. Ce constat n'est pas un cas isolé pour la ville de Reims et a été fait de la même manière pour la ville de Lyon :

> *« Cette appréciation potentiellement négative du pisé de terre est accentuée par l'image médiatique qui lui est donnée à Lyon : les façades des bâtiments étant systématiquement enduites, la visibilité de la terre se limite, pour la plupart des habitants, aux reportages de la presse locale faisant suite aux sinistres les plus spectaculaires. La présence du pisé est ainsi soit ignorée, soit perçue comme un danger potentiel ».* Mille, 2023, p.333

À travers ces retranscriptions dans la presse, c'est bien un double effondrement du bâtiment et de son image qui est véhiculé (Goizauskas, 2020, p.109). Plus généralement, c'est la méconnaissance du matériau qui est à l'origine de son rejet, y compris chez les professionnels (Scarato et Jeannet, 2015 ; Génis, 2018 ; Moriset et al., 2018 ; dans Mille, 2023, p.331)[7].

Mais l'état de l'art réalisé dans ce chapitre, permet de nuancer l'image négative de la terre à travers le temps et ainsi en révéler une autre facette.

Tout d'abord, dès l'origine de son emploi, le carreau de terre est employé pour tous types de bâtiments et de statuts sociaux, notamment pour les *Domus* de Reims, habitations aristocratiques. En ce sens, cela rejoint les propos de De Chazelles et Poupet (1984, p.72) nous informant que « la terre est utilisée avant tout pour ses qualités en tant que matériau et, par conséquent, qu'elle ne constitue pas un indice d'appartenance sociale, mais bien plutôt un signe culturel ». Plus encore, son utilisation au 19e siècle pour la construction des nouveaux quartiers de Reims, fait écho à la remarque d'Emmanuel Mille sur le pisé dans l'agglomération lyonnaise :

> *« Au regard de son utilisation dans l'histoire urbaine et constructive lyonnaise, le pisé de terre nous semble davantage pouvoir être qualifiée de « matériau de l'économie » et de la « primo-urbanisation » de nouveaux quartiers périphériques, plutôt que ceux, beaucoup trop restrictifs voire erronés, de matériau « du pauvre » ou « de la ruralité »».* Mille (2023, p.327)

Ainsi, la terre est bien plus qu'un matériau caractéristique d'une classe sociale[8], et son emploi pouvait même être réalisé par choix et apprécié des habitants. Comme le rapporte Chalette (1845, p.145) pour la commune de Granges-sur-Aube, située au sud-ouest de la Marne à la frontière avec le département de l'Aube, où « on préfère construire en carreaux de terre qui ne se salpêtrent pas », ou les propos déjà cité par Michel (1912, p.34) informant que des logements en carreaux de terres sont « au bon air et sans humidité » selon les locataires. Ces notions de confort étant également mise en avant par Eugène Devédeix (1869) dans sa proposition pour la réalisation de logements ouvriers pour la ville de Reims et par les instances de l'Etat (ministère des régions libérées et préfecture de la Marne) dans les notices pour la reconstruction d'urgence après la première Guerre Mondiale. Chapelon (1981, p.8) à propos des maisons reconstruites

7 Ces références sont issues de travaux sur le bâti en terre de la région lyonnaise, où l'on trouve aujourd'hui un certain nombre de professionnels compétents sur la construction en terre crue.

8 Nous pouvons ajouter la remarque suivante : « Lorsque tout le monde construit en terre, ce ne peut être un signe de pauvreté. D'économie, de commodité, peut-être. À l'époque romaine, dans la mesure où tout est dissimulé sous des enduits, de très belles maisons ont des murs en terre. » (De Chazelles, Guillaud et Chauveau ; 2016, p.120)

après-guerre dans Reims signifie à leurs propos que « certains habitants expriment pourtant une appréciation admirative pour le confort et les économies de chauffage apportés par les murs épais en terre ».

L'intérêt pour la terre à la reconstruction est également vrai au sortir de la seconde guerre mondiale :

> *« La fin de la seconde guerre mondiale accélère l'industrialisation et la mise en place de nouvelles techniques de construction à base de ciment. La recherche autour de la construction en terre se poursuit cependant face à la pénurie de matériaux industrialisés. (…] En France, le ministère de la reconstruction et de l'urbanisme et le CSTB soutiennent des recherches sur le béton de terre stabilisé, qui conduisent en 1945-1946 à la construction des fermes du Bosquel, par les architectes Paul Dufournet et Jean Bossu. »*[9] (Genis, 2016, dans Goizauskas, 2020, p. 88)

En revanche, nous pouvons noter ici que les recherches sur la terre s'effectuent à travers sa stabilisation, il n'est donc plus question de terre crue. Ces travaux seront vite abandonnés en Europe avec la revitalisation de l'appareil industriel du bâtiment (Génis, 2016).

Concernant sa durabilité, Prosper Tarbé[10] (1844, p.39) écrit que « ces matériaux, qui semblent si peu durables, recouverts de plâtre et de peinture, ont traversé les siècles, et se tiendraient encore longtemps debout, s'ils ne tombaient pour faire place aux constructions modernes »[11], soulignant bien la contradiction entre l'image que l'on se fait : « semblent si peu durables », et la réalité observable : « se tiendraient encore longtemps debout ».

Ces quelques exemples permettent donc de dépasser les seules images négatives associées au matériau terre, en rappelant la place centrale qu'il a occupé durant 2 000 ans d'histoire dans la région, autant en milieu rural et urbain, tout en ayant été perçu comme un matériau choisi et pouvant apporter du confort dans le logement. Bien que son emploi ait été massif au 19e siècle pour la construction de logements ouvriers dans des conditions de salubrité médiocre[12], le recours à ce matériau pour l'édification des logements aristocratiques romains, ou certaines constructions du centre-ville de Reims dont les façades étaient en pierre de taille, démontre que sa caractérisation comme « matériau de la pauvreté » est également injustifié[13].

Ces rectifications vis-à-vis de son emploi sont nécessaires dans l'optique d'un changement de perception du matériau, que l'on pourrait également qualifier de réhabilitation. Ceci permettant d'une part de prendre en compte la possibilité de mise en valeur du bâti ordinaire existant, de projets de rénovation (même de bâtiments plus récent[14]) et également d'envisager sa

---

9 Pour une présentation de cette expérimentation, voir Xavier Dousson, « La reconstruction du village témoin du Bosquel dans la Somme après 1940. Récit, ambitions et paradoxes d'une opération singulière », In Situ [En ligne], 21 | 2013, URL : http://journals.openedition.org/insitu/10470 ; DOI : https:// doi.org/10.4000/insitu.10470

10 Prosper Tarbé (1809 – 1871) est historien, archéologue, et homme de lettre français, spécialiste de l'histoire de Reims et du pays champenois.

11 Consultable sur Gallica : https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bd6t54178926s/f45.item

12 Encore une fois, l'état sanitaire n'est pas dû au matériau en soit, ceci étant reconnu par Michel Félix (1912, p.79): « La construction en carreaux de terre est généralement plus saine, à condition de n'employer que des matériaux absolument secs ; ce n'est absolument pas le cas dans la plupart des bâtisses faites par les ouvriers eux-mêmes sur les terrains d'où ils extraient la terre pour l'édification de leur demeure ».

13 Ceci ayant été démontré sur d'autres territoires (De Chazelles et Poupet, 1984) et pour la ville de Lyon à des époques plus récentes (Mille, 2023).

14 Sur le sujet voir la thèse de Marie Flécheux : « Vers une régénération écoresponsable de l'habitat social collectif du XXe siècle fondée sur la participation des habitants et l'utilisation de matériaux bio et géosourcés » (2024)

réappropriation pour la construction neuve. Cette réhabilitation avait par ailleurs commencé au moment où la terre crue a fait sa réapparition en Champagne dans les années 1980.

IV.1.2. Une revalorisation à travers la remise en question des matériaux conventionnels et de ses propriétés physiques

Le début de changement des représentations de la terre a émergé à partir des années 1970, à travers un mouvement de contre-culture architecturale qui permet à la terre d'être réinvestie « d'un certain pouvoir symbolique et participe à la critique du principe de vision dominant de la construction » (Villain, 2020, p.376). En effet, les arguments avancés à l'époque en faveur de la terre sont similaires en bien des points à ce que nous pouvons retrouver aujourd'hui. À titre d'exemple, nous reprenons les arguments mis en avant par Paul-Henri Boutin, sur les raisons de réhabiliter la terre en tant que matériau de construction, dans la revue Horizons Champenois de 1983 :

- Conserver un patrimoine ;
- Économiser l'énergie ;
- Diversifier les sites d'extraction des matériaux ;
- Créer une nouvelle architecture ;
- Valoriser un matériau frustre, facilement accessible et non gaspilleur.

Ceci se déroulant de manière concomitante avec le début de l'institutionnalisation et l'incorporation de la construction écologique (Villain, 2020).

Ces valorisations de la terre évoquées par Boutin (1983) se retrouvent à travers ce travail de recherche dans les différents chapitres : les questions patrimoniales (chapitre 1 et 2), d'économie d'énergie (chapitre 3), ou de sites d'extraction (chapitre 2 et discussion).

Réhabiliter l'image de la terre, ne constitue cependant pas la seule approche possible dans le but de réinvestir cette culture constructive, comme cela est relayé par Génis (2016 ; dans Goizauskas, 2020, p.120) : « Pour ces professionnels, il ne s'agit pas tant de connaître et de faire connaître le bâti en pisé, mais plutôt de faire, sous-entendu de relancer les savoir-faire pour réhabiliter concrètement le bâti, plutôt que de réhabiliter son image ». Nous proposons de prolonger la discussion autour des modalités de mise en place d'une dynamique de la terre crue en Champagne, à partir d'éléments révélés par ce travail de recherche.

IV.2. Où révéler l'invu et le disparu permet d'envisager le renouveau d'une dynamique territoriale

Le premier chapitre révèle la longue histoire de la culture constructive en carreaux de terre sur le territoire de la Champagne depuis l'époque romaine, tandis que le second met en avant un patrimoine en terre[15] considérable toujours présent sur ce même territoire (principalement Champagne crayeuse, mais dont les franges présentent également une richesse nouvelle). La présence de ce patrimoine que nous pouvons qualifier d'insoupçonnée, révèle en creux son absence dans la vie quotidienne locale et l'impensé qui l'entoure. Le miroir apporté par cette étude nous amène à soulever des questions d'ordre sensible, philosophique et sociale. Caché, dévalorisé, « invu », ignoré, dénigré, disparu…[16], et pourtant omniprésent et essentiel. Comment expliquer cette dichotomie ?

Dans un premier temps il s'agit de mettre en avant ce qu'il s'est joué à travers l'abandon de cette pratique constructive, prise dans un changement généralisé de société induit par l'industrialisation. Dans un second temps, la persistance d'un fort patrimoine en terre et son état nous amène à discuter des notions de fragilité, de maintenance et plus largement de l'éthique du *care*, comme point de départ d'un changement de mode de production du bâti. Ensuite, à partir du suivi des carreaux de terre du chantier de la ZAC du Port Colbert de Reims, nous abordons les questions du métabolisme urbain et territorial, ainsi que les conditions d'accès à la ressource en lien avec des notions de subsistance. À partir de ces réflexions, il est alors possible d'envisager la réappropriation d'une culture constructive ignorée/révélée, comme point de départ d'une nouvelle dynamique territoriale autour de la matière terre, cherchant de nouvelles voies en période de trouble (Haraway, 2020).

IV.2.1. Abandon du carreau de terre et disqualification des savoirs vernaculaires : où la fabrique à découvert disparaît et voit l'apparition du savoir expert.

L'abandon du carreau de terre qui commence suite à la première Guerre Mondiale, d'abord majoritairement en milieu rural, sera définitif après la seconde. Les raisons sont multiples. Parmi ces dernières, nous en retiendrons deux pour notre réflexion : « le manque de main d'œuvre qualifiée » (Scharffhaussen, 2019, p.200) et « l'évolution technologique et industrielle du monde du bâtiment » (ibid.) démarré au 19e siècle, qui a eu pour conséquence l'arrivée de nouveaux matériaux de construction et des nouvelles modalités de mises en œuvre associées. Un lien peut être établi autour de ces deux états de fait. Tout d'abord nous pouvons considérer qu'il existe bien un savoir-faire particulier pour la construction en carreaux de terre, mais que celui-ci s'est en partie perdu dès la première Guerre Mondiale[17]. Le recours à de nouveaux matériaux implique alors que ce savoir-faire déjà affaibli sera rapidement oublié. Ce constat de substitution de savoir-faire traditionnel par des nouveaux procédés techniques peut s'expliquer par divers facteurs, correspondant aux processus de développement de l'industrie capitaliste, parmi lesquels nous pouvons citer la triple accélération du temps – technique, social et du

15 Nous rappelons ici que la notion de « patrimoine en terre » comprend le bâti dont une partie, majoritaire ou non, a été réalisé en terre crue. En effet, le bâti est toujours constitué d'autres matériaux que la terre pour des parties spécifiques (soubassement, toiture, etc.), mais cela peut être le cas également pour l'élévation des murs, avec un emploi mixte (bois, craie, terre cuite…). Il s'agit en réalité d'un « patrimoine mixte », un « patrimoine en matériaux locaux ». Nommer un patrimoine sur la base d'un matériau unique, engendre de fait un raccourci et une simplification de la réalité.

16 Ce constat fait écho à celui fait par Paul-Henry Boutin en février 1983, dans la revue Horizons Champenois : « Actuellement, le carreau de terre est mal connu, mal connu il est mal traité, mal traité il s'effondre, s'effondrant il est méprisé ».

17 Nous émettons l'hypothèse que le savoir-faire existe encore, des bâtiments en carreaux de terre étant encore construit à la période d'entre-deux-guerres dans la ville de Reims.

rythme de vie (Rosa, 2014) – qui impose des solutions « rapides » en tous domaines ; le recours à la technologie qui condamne les modes de faire existants par l'obsolescence programmée et la publicité qui pousse à l'acquisition de nouveaux produits (Latouche, 2012) ; et la rentabilité des activités dans une économie-monde caractérisée par des régimes d'accumulation par appropriation (de la nature, des hommes et de toute forme de ressources) (Bonneuil et Fressoz, 2013 ; Moore, 2016). Ces changements auraient pu s'insérer dans une logique évolutive « naturelle », synonyme de progrès généralisés autant pour les ouvriers que pour les habitants. Mais l'impact de telles évolutions techniques n'est pas neutre et a largement été critiqué. Afin de comprendre ce qui se joue avec ces évolutions, nous mobilisons ici l'analyse faite par Geneviève Pruvost (2021) sur les modifications opérées lors du passage des sociétés paysannes aux sociétés dites « modernes ».

• Disparition de la fabrique à découvert et de l'appréhension sensible du monde

> *« La proximité sensorielle contribuait à créer une familiarité. Quand le fourmillement de gestes élémentaires (bêcher, traire, faire des briques, cuire du pain, tondre des moutons, abattre un arbre, forger une grille, vanner un panier, tailler une pierre) était en vue et à porter de main, c'était un monde de présence qui pouvait à tout moment s'inviter au premier plan. »* Pruvost, 2021, p.9

Dans la partie introductive de son livre, Pruvost décrit la production d'un matelas réalisé par une femme à même la rue à Santiniketan, au Bengale. Cette scène inaugurale lui permet d'établir le constat qu'en Europe, il est devenu difficile de connaître la chaîne de production des objets qui nous entourent : « On n'a pas davantage idée de la forêt d'où sont issus les arbres qui ont servi à faire la charpente de sa maison ». Ainsi, « la norme occidentale contemporaine d'existence, c'est la méconnaissance des mains qui agencent, fabriquent et nettoient les objets de la vie quotidienne. [...] S'inventent la généralisation de l'activité à couvert et l'oubli de la matérialité de ce qui nous fait vivre » (Pruvost, 2021, p.1-2). Cette fabrique à découvert correspond bien à celle des carreaux de terre, aussi bien en milieu rural et urbain par les habitants eux-mêmes, parfois avec l'aide des voisins et de la famille[18]. Un des exemples marquant étant la retranscription de cette fabrique dans les journaux. La terre qui servait à la construction, sa réalité physique, sa saisonnalité, sa transformation étaient connues et intégrées dans les usages et coutumes locales. Avec la fin de la société paysanne, la fabrique est remise petit à petit entre les mains de l'ingénierie, presque exclusivement via des modes de production industriels. La production matérielle du quotidien disparait alors de l'espace public, de la pratique et de la vue. L'appréhension sensible du monde devient obsolète. Les connaissances et les savoir-faire (vernaculaires) qui y sont associés se perdent (Pruvost, 2021).

• Du savoir vernaculaire au savoir expert, et abstraction du savoir.

Dans les sociétés industrialisées, « la production de la vie quotidienne est confiée à des spécialistes ». Ce savoir expert répond « à la complexification de la division du travail induite par l'industrialisation » il est alors très partiellement démocratisé. L'essor de l'industrialisation est également « accompagné d'une disqualification corrélative des savoirs vernaculaires », car ces derniers sont transmis oralement. Au-delà de la perte d'un certain type de savoir, c'est donc également « la fin d'un type de transmission ». C'est alors que la transmission du savoir connaît un mouvement d'abstraction, signifiant que « les compétences incarnées dans des personnes, sont remplacées par un savoir académique ».

> *« Il va désormais de soi que la légitimité professionnelle d'une activité tient à la dé-*

18 Ce constat étant avéré sur d'autres territoires. A titre d'exemple voir Ruefly et Stadnicki (2017) en région Occitanie pour les briques de terre crue.

monstration qu'il est possible de s'extraire d'une conception localisée et vernaculaire des savoirs. Le professionnalisme repose sur une expertise scientifique transposable en tous lieux, à toute personne » (Pruvost, 2021, p .56).

Pour le dire autrement, le savoir nécessaire pour la production et la mise en œuvre d'un parpaing de ciment n'est pas ancré dans un lieu précis, contrairement aux savoirs liés aux matériaux traditionnels dépendant du contexte géographique. Ainsi, les constructions représentent plus « une époque qu'un territoire » (Cuquel et al., 2018, p. 5[19]).

Ce mouvement d'abstraction du savoir, est définit par Mariani (2022) comme un détachement qui coupe par la même occasion les sens liés à la connaissance : « Ne pas avoir besoin de toucher, sentir et goûter pour communiquer, c'est néanmoins communiquer différemment, ne pas avoir les mêmes informations, la même densité d'informations. Le détachement n'a donc pas que des avantages, pour ce (ceux) qu'il détache notamment, et pour ce (ceux) qu'il exclut. En ouvrant des possibles, il en referme d'autres, abandonnant des liens dans un geste qui n'est pas qu'émancipateur mais aussi réducteur ». (Mariani, 2022, p.27). Ce qui est réduit ici, c'est bien l'appréhension sensible du monde.

La disqualification du savoir vernaculaire condamne par la même occasion la pluriactivité paysanne (Pruvost, 2021, p. 54). C'est en ce sens qu'Illich emploie alors le terme de « professions incapacitantes », en ce qu'elles dépossèdent les personnes de faire elles-mêmes. La production des carreaux de terre, d'une pratique locale et partagée, disparaît au profit de matériaux industrialisés et normalisés. En quelques décennies, « cette dépossession concourt à l'amnésie sur les manières de faire antérieures et à la paralysie des capacités imaginatives de faire autrement » (Ibid., p.75).

Aujourd'hui, la mise à distance des habitants avec la matérialité des bâtiments issu du patrimoine local est telle que même lorsque les carreaux sont visibles, la plupart des personnes ignorent de quoi il s'agit et pensent éventuellement à de la pierre (par exemple de la craie). Ce phénomène a été nommé « invision » par Gérard Bavay (2008) : « Non que les témoins soient invisibles, bien évidemment. Mais parce qu'ils échappent curieusement au regard « ordinaire ». Ils sont ainsi plutôt « invus » qu' « invisibles » ».

Nous constatons alors ce qui a été perdu à travers le passage de la société paysanne à la société industrielle : la matière terre, la possibilité pour les personnes de faire par elles-mêmes, l'intelligibilité de la fabrique de la matérialité du monde et par la même, une forme d'abstraction vis-à-vis du lieu où l'on vit, etc. rentre en résonnance avec ce qui peut être considéré comme une crise du sensible (Coutellec et al., 2021). Réinvestir ces considérations, ces modalités de faire et d'existence, semble alors nécessaire si l'on souhaite remettre de l'affect en période de crise. Toutefois, la disparition quasi complète de cette société paysanne sur le territoire, subsiste à travers la matérialité de ce qui a été construit. La disparition n'est pas totale et offre des prises à partir desquels il est toujours possible de tisser des liens avec le passé pour définir d'autres modalités de rapport à nos espaces de vie.

IV.2.2. Dialectique de la présence et de l'absence : où la fabrique du quotidien préindustriel subsiste à travers la diversité du bâti

La fabrique du quotidien depuis sa matérialité visible a disparu de l'espace public et la production des carreaux de terre, leurs mises en œuvre, les savoir-faire associés ont suivi ce

19 Consultable sur : https://www.rehabilitation-bati-ancien.fr/sites/creba/files/fichiers/2021/09/140_Bati_XXeme_URCAUE_Occitanie.pdf

mouvement. Néanmoins, si le patrimoine immatériel n'est plus, le patrimoine matériel qui en est issu, le bâti, pour peu que l'on y prête attention, est aujourd'hui toujours omniprésent, en grande quantité, sur un vaste territoire et est caractérisé par une richesse à toutes les échelles :

- Matière : par la diversité de la ressource en terre qui est observable à l'œil nu ;
- Matériaux et mises en œuvre : par la diversité des techniques constructives en terre observées (dont certaines n'étaient pas présentes sur les cartes nationales établies par la profession), leurs combinaisons entre elles et avec les autres matériaux ;
- Typologie du bâti : Par l'ensemble des typologies qui sont représentés par cette matière, aussi bien en milieu rural (habitations, granges, etc.) et urbain (habitations, annexes, bâtiments industriels...).

Toutefois, nous avons vu que ce patrimoine manifeste un état de dégradation avéré à travers une multitude de pathologies. Nous considérons que celles-ci résultent en partie de la disparition des savoirs vernaculaires nécessaires à son maintien. Malgré les changements de pratiques constatés chez les professionnels rencontrés (notamment vis-à-vis de la prise de conscience d'arrêter les enduits au ciment), celles-ci pourraient être encore largement ajustées[20]. Ces constats nous amènent à questionner les notions d'entretien, de soin et plus largement de la possibilité d'envisager une « politique de la maintenance » comme point de départ d'une dynamique de renouveau de filière locale.

La journée d'étude « L'architecture durable s'use-t-elle ? » organisée par la Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme au sein de l'Institut de recherche de Louvain le 1er février 2024, pose la question des rapports entre architecture, durabilité et usure. Lors des interventions, la référence aux travaux de Denis et Pontille (2022) est revenue plusieurs fois notamment par Pauline Lefebvre : « Entre durabilité intrinsèque et extrinsèque des matériaux: Quels mondes au bout de nos choix ? », et Sarah Ador : « De la fragilité naît le soin, de l'usure naît la durabilité », dont les réflexions sont mobilisées dans cette discussion.

IV.2.3. Où l'on perçoit les conséquences de la disparition du savoir vernaculaire : vers une éthique du *care*[21] et une politique de la maintenance ?

Cette partie de la discussion s'appuie sur le livre écrit par les sociologues Jérôme Denis et David Pontille (2022) : « Le soin des choses. Politique de la maintenance »[22]. Celui-ci s'inscrit dans le domaine des *repair and maintenance studies*, en s'intéressant comme son titre l'indique à la maintenance à travers sa portée politique. En cela que l'entretien des objets qui nous

20 Ce constat mérite d'être largement approfondi et affiné. Les quelques interactions étant bien trop peu nombreuses pour en tirer des conclusions robustes. Néanmoins les observations réalisées durant les sorties de terrain, le relevé de pathologies existantes, et les effondrements avérés (voir chapitre 1), nous permettent d'écarter l'existence d'une pratique adaptée généralisée sur le patrimoine en terre. Pour une étude sociologique sur les interventions sur le patrimoine en terre (pisé en Isère), voir la thèse de Léa Genis (2018).

21 Selon Joan Tronto le care représente :« une activité générique qui comprend tout ce que nous faisons pour maintenir, perpétuer et réparer notre "monde", de sorte que nous puissions y vivre aussi bien que possible. ». Pour Ariane Wilson (Rager et al., 2020) « le mot care en anglais rend très bien compte de cette notion. Il ne veut pas seulement dire « je veux prendre soin » mais « je ne m'en fous pas, je fais attention, ça m'importe »».

22 La portée du livre a atteint rapidement les préoccupations dans le domaine de l'architecture. Il a notamment reçu le prix du livre d'architecture 2023, décerné par l'Académie d'architecture, dont nous retranscrivons une citation sur le site de l'Ordre des architectes : « Pour l'Académie d'Architecture, Jérôme Denis et David Pontille «nous obligent à déconstruire le récit du progrès technique considérant que la maintenance, sous toutes ses formes, est un acte politique tout aussi fondateur ou déterminant que la création. Au-delà de la notion de réparation ou sauvegarde du Patrimoine pris au sens large, c'est une réflexion sur le temps, qui pose la question de la transformation permanente et remet en cause l'acception commune d'entretien» ». Source : https://www.architectes.org/actualites/le-soin-des-choses-prix-du-livre-darchitecture-2o23-91602

entourent va à l'encontre de la recherche perpétuelle de l'innovation, du tout jetable et de l'obsolescence programmée, en replaçant au centre la notion de « fragilité », inhérente à toute chose. L'attention portée à la maintenance par Denis et Pontille (2022), permet de révéler que ce que l'on croit robuste et résistant est en réalité en perpétuelle transformation et vulnérable. A travers les relations qui se tissent dans l'acte de la maintenance, les auteurs nous mènent vers une réflexion plus large autour de « l'éthique du *care* et la nécessité de prendre en compte l'altérité et les innombrables ajustements quotidiens grâce auxquels tient le monde » (Jarrige, 2023, p.446), et d'une « « éthique environnementale » à inventer pour nous permettre de coexister dans le monde » (Ibid.).

• Fragilité, maintenance et savoir-faire

C'est bien de fragilité dont il est question à travers le relevé des pathologies, révélant la vulnérabilité de la matière terre. Vulnérabilité face aux agressions climatiques, mais également aux mauvaises pratiques et au manque de soin : autrement dit, aux actions ou inactions humaines (autant des particuliers que des professionnels, voire des institutions publiques). Et si l'usure est inhérente aux objets/choses, alors la maintenance exige des moyens, des opérations concrètes, à mettre en oeuvre pour permettre à ces objets/choses de durer. Ces dernières sont présentées par les auteurs sous forme de chapitre : l'attention, la rencontre, la temporalité, le tact et les conflits. A travers ces opérations émergent des savoir-faire :

> *« [L'] attention implique des gestes et des opérations, parfois subtiles, qui nécessitent un sens aigu de l'observation et de multiples compétences : la vue, le toucher, l'odorat et l'ouïe sont ainsi nécessaires pour « se rendre disponible à la manifestation de signes inattendus » (Denis et Pontille, 2022, p.125) ».* (Jarrige, 2023, p.445)

Les compétences ici énumérées constituent donc un savoir-faire nécessaire à la mise en pratique du soin et nous renvoie aux savoirs disparus, qui ont permis à ces architectures constituées de terre, de durer pour certaines plus de trois siècles. Pour reprendre la réflexion sur les conséquences de la « modernisation », cette transformation, faisant disparaître le savoir vernaculaire, a fait disparaître en même temps le savoir et les conditions sociales nécessaires au maintien de ces architectures de terre à moyen et long termes.

• Alternatives : résoudre la maintenance en amont et le mythe de la durabilité intrinsèque

Deux pistes sont discutées ici pour nous faire réexaminer la nécessité de maintenance. La résoudre dans les étapes en amont de la vie du bâtiment, ou par un matériau qui n'en nécessite pas.

Pourrait-on se passer de la maintenance par des stratégies qui se situeraient en amont ? Une bonne conception et mise en oeuvre suffiraient-elles ? Ainsi pour le patrimoine pluriséculaire, le soin apporté lors de son élaboration et sa mise en oeuvre (il est toujours question de soin), a-t-il pu contribuer à lui seul à la pérennité de ces architectures ? Rendant la maintenance non nécessaire. Une fois les précautions prises, il n'y a plus de souci à se faire, la pérennité séculaire est assurée. Cette possibilité envisageable dans un monde théorique, ou sur une certaine période de temps, a quoiqu'il arrive atteint ses limites dans la réalité. Sur la durée, même avec l'hypothèse d'une maintenance inutile, la disparition des connaissances du fonctionnement de la matière par l'arrivée de nouveaux matériaux, a fait apparaître des pathologies et la nécessité d'interventions. Dans l'absolu, si la maintenance pouvait être rendue superflue, le maintien des conditions de pérennité de la matière reste peu probable, rendant la sauvegarde des connaissances de la matière nécessaire.

Une stratégie plus moderne consiste à essayer de se passer de la maintenance par une durabilité intrinsèque des matériaux, en cherchant à être indépendante de tous les agencements spécifiques au sein desquels les matériaux vont évoluer (Lefebvre, 2024). La durabilité intrinsèque, ou l'idéal de matériaux qui durent « tout seuls ». Or le travail de Denis et Pontille (2022, p.93) montre bien que tous les matériaux se dégradent : « le *care* et la maintenance affirment chacun à sa manière que rien ne tient ni ne dure « tout seul » ». Ainsi, en invisibilisant la maintenance on perpétue un mythe du matériau qui se perpétue tout seul. Cette idée constitue non seulement un mythe, mais également un horizon, dans le système de production des matériaux en le transformant en argument de vente[23] (Lefebvre, 2024).

Si l'on prend acte que la maintenance est inéluctable, alors on s'aperçoit que son occultation invisibilise également les personnes qui en ont la charge. Tout un peuple, essentiel à la tenue de notre monde, surgit autour de la question de la maintenance (Denis et Pontille, 2022). Concernant le bâti en terre, ce sont les habitants eux-mêmes qui ont entretenu les bâtiments toujours visibles. L'état actuel du patrimoine nous laisse penser que cet entretien tend à disparaître.

• La maintenance, le concernement habitant et la connaissance redistribuée

Pour aborder la question du « dé-concernement habitant » vis-à-vis de leur habitation, nous reprenons ici succinctement l'analyse proposée par Sarah Ador[24] (2024), lors de La journée d'étude « L'architecture durable s'use-t-elle ? » à l'Université catholique de Louvain. À partir du constat de la perte de lien entre « une partie de la société et l'architecture », elle développe dans un premier temps les raisons qui ont conduit à cette situation. Ainsi, l'architecture traditionnelle, relève d'une culture commune, à travers notamment la lisibilité des systèmes constructifs et la participation habitante à certaines étapes (voir chapitre 1). Or, cette intelligibilité semble s'effacer au cours du 20e siècle, à travers ce qu'elle nomme « la désincarnation de l'architecture », notamment du fait de l'arrivée de nouveaux matériaux, d'une abstraction de la pensée dans la conception architecturale, d'une complexification des éléments qui composent un bâtiment, ainsi qu'une sous-estimation des besoins de maintenance (Ador, 2024)[25]. C'est alors que s'effectue une délégation de la compréhension du bâtiment, vers un système de normes qui offre « le confort de nous libérer de tous les fardeaux physiques et mentaux qui encombrent notre relation avec ce que nous possédons » (Crawford, 2010). Denis et Pontille (2022) parlent également de « mécanismes sociaux, techniques, économiques, qui l'immobilisent dans la position d'utilisateur docile et passif ». Selon le philosophe des techniques Gilbert Simondon, l'habituation à la méconnaissance du mode d'existence des objets techniques et de leur fonctionnement interne serait une véritable aliénation humaine (Ador, 2024), à travers une double mécanique d'asservissement, de la nature et des humains (Denis et Pontille, 2022, p.336).

Si cette analyse peut paraître unilatérale vis-à-vis du lien entre les individus et les objets (ici le bâti) qui les entourent, l'état du patrimoine en terre observé (notamment par les interventions ponctuelles mais récurrentes, Figure 4-1), nous conduit à nous inscrire en grande partie dans ce constat et ainsi à nous positionner dans une recherche de pérennisation de ce patrimoine par sa visibilisation, son intelligibilité, et la maintenance à travers le concernement habitant.

À travers le concernement habitant, c'est également la redistribution du savoir qui est en jeu,

23 Pour plus d'informations sur le sujet, voir la publication de Rotor « Usus/Usures. Etat des lieux -How things stand », Boniver et al. (2010).

24 Sarah Ador est architecte conseil au sein du PNR des Caps et des marais d'Opale, dont l'une des missions est d'accompagner des ménages dans leur projet de rénovation sur le bâti vernaculaire.

25 Pour plus de détails nous conduisons vers la présentation : https://www.uclouvain.be/fr/instituts - recherche/lab/architecture-durable-2

car cultiver les rapports aux choses, c'est favoriser « l'apprentissage, plutôt que la consommation passive » et ainsi au-dela des questions d'autonomie, c'est « simultanément revendiquer le droit à la connaissance » (Ibid., p.338 - 339) et permettre à plus de personnes de participer au soin des choses.



Figure 4-1 : «Réparation» / intervention récente à base de ciment sur un mur en carreaux de terre.

• La maintenance comme positionnement subversif

Mais « s'occuper des choses pour qu'elles continuent simplement d'exister », c'est également se trouver au centre d'intérêts contradictoires autours de débats sur l'obsolescence programmée et le consumérisme contemporain. C'est bien là que l'on comprend la dimension politique de la maintenance permettant de « résister à l'obsession aveuglante de l'innovation » (Denis et Pontille, 2022, p.36) :

> *« Jérôme Denis et David Pontille rappellent que le droit à la prolongation des choses et à leur entretien courant par nos propres moyens est devenu un positionnement subversif, facteur à la fois de connaissance profonde du fonctionnement des choses, mais aussi d'autonomie et de redistribution des pouvoirs. Voilà de quoi nourrir les réflexions des architectes qui, selon le baron de Geymüller (1897), devraient se former à la conservation afin de « se défaire de leurs pulsions de construction » et « ne pas accepter trop facilement de démolir et de reconstruire », citent les deux sociologues. »*[26] (Sarah Ador, 2022).

C'est ici que la nécessité de se positionner émerge et que nous pouvons envisager à la suite de ces auteurs, des réflexions autour de la question du soin et du changement de paradigme nécessaire au sein du secteur de la construction (et de la non-construction).

> *« Alors que « la "fabrique de la ville" obéit encore massivement aux méthodes et à*

26 Issu de l'article écrit par Sarah Ador publié dans la revue Topophile.. Lien de la citation : https://topophile.net/savoir/le-soin-des-choses-de-jerome-denis-david-pontille

> *l'idéologie de la seconde partie du vingtième siècle » (Frédéric Bonnet), il est indispensable d' « adapter le territoire à des combinaisons de crises, climatique, biodiversitaire, environnementale, énergétique, économique, sociale » (Philippe Villien) »*[27] (Solioz, 2025)

Bien sûr il n'est pas question ici de dire qu'il ne faut plus construire du tout (cela n'arrivera pas), mais qu'il s'agirait de mettre en avant la nécessité de s'occuper du déjà là, et de positionner le soin et ces questionnements au centre des préoccupations et des pratiques du bâtiment.

• Politique de la maintenance et éthique du *care* comme point de départ

Que se passe-t-il si nous acceptons que la nécessité de maintenance est inéluctable ? Si nous décidons de mettre la question du soin au premier plan ? L'usure fait figure de grain de sable dans les rouages de l'abstraction et de l'inintelligibilité, car elle dévoile ce qu'il y a sous la vêture et de fait elle interroge, sur le mode constructif et interroge ce qui était caché potentiellement (Denis et Pontille, 2022) (c'est alors que la matérialité des objets refait surface). Développer une « éthique environnementale » du bâtiment, à partir de la fragilité du matériau terre, permet d'ouvrir une alternative au processus conventionnel et industriel actuel. Ces réflexions nous conduisent à nouveau à évoquer la diffusion du savoir, à travers la prise en compte de la formation des professionnels du bâtiment qui interviennent sur le patrimoine en terre (et donc en Champagne crayeuse à l'ensemble des entreprises), mais montre également que le concernement habitant est une condition souhaitable, voire nécessaire, dans une perspective du soin à apporter au bâti. Ainsi la responsabilité qui se dégage vis-à-vis du patrimoine renvoie à notre capacité collective à répondre, définit par Donna Haraway jouant sur la composition du mot « response-ability » (Haraway, 2021, dans Denis et Pontille, 2022, p.346).

L'état du bâti en carreaux de terre nous a conduit à évoquer la question du soin comme point de départ pour envisager une autre manière de penser l'architecture. Mais l'étude de terrain a également révélé que la terre d'excavation et les carreaux de terre issus de démolition sont aujourd'hui non seulement déconsidérés, mais perçus comme des déchets, ceci nous conduit alors à une seconde réflexion.

27 Issu de l'article écrit par Christophe Solioz (Philosophe et essayiste littéraire) publié dans la revue Topophile, au sujet du livre « Prendre soin. Architecture et philosophie », dir. C. Younès, C. Bodart et D. Marcillon. Infolio, collection Archigraphy, 2024. Lien de la citation : https://topophile.net/savoir/prendre-soin-architecture-et- philosophie-sous-la-direction-de-chris-younes-celine-bodart-david-marcillon

IV.3. Métabolisme urbain et écologie territoriale : où lorsque Homo detritus[28] considère comme déchet ce qui était richesse ?

> *« Ce qu'il y a de plus important à étudier dans la société, ce sont les tas d'ordures »*
> Mauss, 1950, p.147, dans Simay 2024, p.93

Le suivi des carreaux de terre sur le chantier de la ZAC du Port Colbert à Reims, interroge sur la problématique des déchets de chantier, leur gestion et leur devenir. Ceci s'insère dans le champ d'étude de l'écologie territoriale[29] et du métabolisme urbain. La réflexion menée ici se base sur les travaux de Sabine Barles, professeure d'urbanisme, spécialisée dans les champs mentionnés ci-avant.

• Naissance de l'intérêt du métabolisme urbain : la ville et le gaspillage

Les analyses des rapports entre la ville et l'environnement sont initiés aux Etats-Unis dans les années 1970 et 1980, dans un contexte particulier, dont Marina Fisher-Kowalski retient six enjeux fondamentaux : « l'épuisement des ressources, la pollution, l'entropie des activités humaines, l'inefficacité des services, l'ouverture des cycles biogéochimiques, la croissance des débits métaboliques » (Fisher-Kowalski, 1998, dans Barles, 2002). À ce propos Barles (2002) signale que dans le contexte urbain, il est surtout question de gaspillage et souligne trois périodes distinctes liées à l'industrialisation sur les deux derniers siècles : la première correspond au début du 19e siècle et à la première industrialisation, caractérisée par une imbrication très forte ville-industrie-campagne et une production de déchets limitée, alors que la seconde apparaissant à partir du tournant du 19e et 20e siècle et présente des caractéristiques inverses avec le divorce ville-industrie-campagne. Enfin, la troisième phase correspondrait à une remise en cause de la précédente visant une nouvelle forme de complémentarité. Cette dernière phase restant à confirmer dans les faits. En effet, d'un point de vue scientifique, la dématérialisation[30], représentant un des principaux enjeux métaboliques de la transition socio-écologique, reste peu explorée (Barles, 2017).

• Spécificité du métabolisme urbain : le flux des matériaux de construction au centre

Le métabolisme urbain peut être vu au travers de quatre caractéristiques : la densité des flux énergétiques et matériels entrants et sortants ; la présence d'un important stock de matières (bâtiments, infrastructures, biens, etc.) ; la part significative des consommations finales ; l'externalisation d'une partie au moins du métabolisme urbain : la subsistance des villes est rendue possible grâce à d'autres lieux (Barles, 2017). L'industrialisation a exacerbé les caractéristiques citées, en ajoutant à l'externalisation la linéarisation : « les sociétés puisant sans cesse des ressources neuves, souvent non renouvelables, au sein de la biosphère, avant

---

28 Le terme est emprunté à Baptiste Monsaingeon (2017) et son analyse sur ce qu'il nomme Homo detritus, figure de nos sociétés industrielles, qui en dépit de sa production effrénée de déchets, cherche son salut par la maîtrise technicienne de ces derniers, créant un aveuglement sur la crise du monde contemporain. Ce livre, fait suite à son travail de thèse intitulé : « Le déchet durable. Elément pour une socio-anthropologie du déchet ménager » (2014).

29 Selon Barles (2017) « l'écologie territoriale vise notamment à caractériser les régimes socioécologiques locaux, dont l'expression est le métabolisme territorial, qui désigne l'ensemble des flux d'énergie et de matières mis en jeu par le fonctionnement d'un territoire donné. Le métabolisme est ici conçu comme le produit de l'entrelacement de processus naturels (ou physiques), incluant en particulier les cycles naturels tels ceux de l'eau du carbone, de l'azote, etc., et de techniques (entendues au sens anthropologique) issues des société humaines » ».

30 La dématérialisation renvoie ici à « une consommation moindre de matières, associée à une substitution autant que faire se peut du non renouvelable par le renouvelable » (Barles, 2017, p. 823).

de les lui restituer sous forme dégradée » (idem). C'est ainsi que Barles (2017) questionne la possibilité « d'une transition socio-écologique dont l'objectif serait de rendre compatible le fonctionnement des sociétés avec celui de la biosphère », en définissant la dématérialisation comme l'un des enjeux majeurs. Cette piste est avancée à partir des neuf limites planétaires établies par Rockström et al. (2009) qui renvoient essentiellement à des questions matérielles. Dans le métabolisme urbain les principaux flux matériels directs sont : l'eau, les matériaux de construction, les combustibles fossiles et les produits agricoles et alimentaires (Barles, 2009 ; Erkman, 2005 ; Rosado et al., 2014 et Kennedy et al., 2007 ; dans Barles, 2017). Nous pouvons formuler alors que la question soulevée partant de la destruction et l'évacuation des carreaux de terre lors du chantier de la ZAC du Port Colbert (et au vu des volumes de terre d'excavation en jeu), rentre dans les préoccupations de cette transition socio-écologique définie par Barles, et concerne trois des quatre caractéristiques du métabolisme urbain, à travers le flux des matières (moins de matière à déplacer), le stock de matière (contenu dans le bâti en terre) et l'externalisation du métabolisme (internalisation par la terre disponible en secteur urbain) .

• Par-delà le déchet-ressource : vers une réappropriation des terrières ?

Pour rappel, la notion de déchet n'apparait qu'à la fin du 19e siècle et n'a pas vraiment de sens sous l'Ancien Régime (Barles, 1999, 2005). Elle apparaît donc principalement avec la seconde phase du développement industriel, plus encore à partir de l'après Seconde Guerre mondiale. En ce sens, le déchet est un fait relativement nouveau, mais qui a pris une place considérable et problématique aujourd'hui (Monsaingeon, 2014) et relatif à un mode de développement de société industrielle. À la terre qui serait issue de chantier urbain est associée la notion de gisement urbain, de mine urbaine ou d'extraction urbaine (Jacobs, 1969, dans Barles, 2017). Considérer la terre issue des chantiers, comme une matière à bâtir, permet d'envisager de se passer de volumes considérables de matériaux neufs et importés, pouvant réduire une part significative des volumes en jeu dans le métabolisme urbain et par conséquent son impact sur son environnement : impact de l'extraction-transformation-transport de ces matériaux importés et production d'un déchet futur.

Il convient tout de même de rappeler que la perspective d'employer ce qui est à l'origine gaspillé par un système sociotechnique / socioculturel, et qui pourrait s'apparenter à une sublimation du gaspillage (Monsaingeon, 2014), ne doit pas faire oublier l'élément premier soulevé : l'extraction de terre et la démolition de structures qui pourraient encore durer sont des gaspillages et ne vont pas dans le sens des pistes que nous cherchons ici à explorer, visant un changement de paradigme au sein du secteur du bâtiment. En cela, la perspective d'employer la terre qui serait issue de ce système, sans le remettre en question et sans actionner par la même occasion des mécanismes engageant une perspective qui serait à même d'arrêter le processus de gaspillage à son origine, se révèlerait non seulement contradictoire avec le but recherché, mais participerait à une argumentation nouvelle pour la consolidation du système en place (Monsaingeon, 2023 ; Verron-Guillemot, 2024). Pour rappel, la terre qui a servi pour la construction pendant près de 2 000 ans était issue de carrières, de « terrières » prévues à cet effet, ce qui nous obligerait aujourd'hui à prendre en compte les externalités « négatives » : localisation, impacts sur le paysage, etc. Alors que l'emploi dans le système actuel tendrait à faire oublier ces externalités qui sont traitées en amont, rendant d'autant plus désirable l'emploi de ce nouveau « déchet-ressource ». Nous soutenons que dans le souci de développer une « éthique environnementale » au sein d'un changement socio-écologique du métabolisme urbain, il serait nécessaire de prendre en compte intégralement les problématiques soulevées par la relocalisation de la ressource. Dans ce sens, la gestion de la terre issue des chantiers actuels ne peut être considérée que comme une étape dans ce processus de changement socio-écologique.

Ainsi, pour reprendre la discussion à partir de la disparition de la fabrique du quotidien à découvert, nous pouvons considérer qu'une conséquence supplémentaire se trouve dans la mise

à distance des questions environnementales : « Dans les sociétés industrielles où une partie du socle de la quotidienneté est hors champ. [...] Comment se soucier de ce qui est soustrait du périmètre ordinaire de nos trajets quotidiens ? Dans les sociétés industrielles, le concernement pour l'environnement et les injustices environnementales ne peut être qu'abstrait » (Pruvost, 2021, p.9). Ces mêmes propos que l'on retrouve chez le philosophe Philippe Simay : « Si l'industrialisation de la construction est portée par une telle débauche de matière et d'énergie, c'est d'abord parce qu'elle s'est employée à discréditer ce qui relevait du vernaculaire, c'est-à-dire de la compréhension d'une architecture située, dépendante de conditions matérielles à maîtriser avec prudence et frugalité » (Simay, 20204, p.17).

Se réapproprier les lieux d'extraction sur des maillages de territoire plus resserrés et assumer les externalités négatives, que Jane Hutton, enseignante-chercheuse à l'école d'architecture de l'université de Waterloo au Canada, nomme le « paysage réciproque »[31] c'est donc une occasion supplémentaire d'un concernement habitant :

« Alors que, dans l'inquiétant contexte géopolitique mondial, se pose aujourd'hui la question d'une relocalisation industrielle européenne, voire française, le concernement habitant et politique quant aux implications sanitaires, sonores et paysagères des activités extractives semble redevenir plus prégnant que lorsque que celles-ci étaient reléguées à l'autre extrémité planétaire, hors de notre champ de vision. Si la société occidentale contemporaine a inextricablement besoin de ces activités, comment peut-elle les accepter, avec leurs conséquences, sur son sol, dans son paysage ? »[32]

En envisageant une réappropriation des terrières à l'image de leur maillage existant au 19e siècle, nous soutenons que le concernement habitant souhaité pour son logement serait ici prolongé jusqu'à la question de la matière qui compose son cadre de vie, en intégrant l'impact de l'extraction. Mais par- delà ces questions de relocalisation il convient également de questionner cette matière autour de la notion de ressource au sein d'une logique industrielle.

• Dépasser les logiques industrielles et la notion moderne de ressource

> *« Mais tant que nous ne serons pas capables de penser les ressources au-delà de leur exploitabilité, de reconnecter les matériaux au monde de la vie dont ils proviennent, il est peu probable que nous parvenions véritablement à défendre une approche écosystémique de l'architecture »* Simay, 2024, p.68

Pour appréhender la question de notre relation au monde par le prisme unique de la ressource, nous reprenons une partie de l'analyse porté par Philippe Simay dans le livre *Bâtir avec ce qui reste*, dans lequel il procède à une critique vis-à-vis du modèle extractiviste des ressources des sociétés occidentales.

Dans cet essai Simay (2024) revient sur l'étymologie du mot ressource qui est issu du latin resurgere, qui signifie « remonter » ou « rejaillir » au sens propre et « se rétablir » ou « se relever » au sens figuré. Jusqu'au 15e siècle, ressource désigne une aide extérieure dont on peut bénéficier (sans toutefois en être sûr), mais que l'on ne possède pas. Ensuite le mot prend une forme plus instrumentale, c'est un « moyen » tel que le définit la quatrième édition Dictionnaire

33 Jane Hutton, *Reciprocal Landscapes: Stories of Material Movements*, Londres/New York, Routledge, 2019, 250 p. Dans ce livre : « Hutton nous invite à voir en New York un paysage d'accumulation vers lequel convergent d'innombrables flux de matières provenant de sites d'extraction et de transformation qui subissent en retour les désordres écologiques liés aux processus de production » (Souviron, 2021) et nous sommes donc bien au centre des problématiques de métabolisme urbain, à travers le flux de matière et la dépendance des villes vis-à-vis des territoires extérieurs.

34 https://topophile.net/faire/dans-le-boulonnais-anticiper-le-paysage-reciproque-du-bassin-carrier

de l'Académie française de 1762 : « ce qu'on emploie et à quoi on a recours pour se tirer de quelques affaires, pour vaincre des difficultés » (Simay, 2024, p.50). Mais là encore, il ne s'agit pas d'un bien matériel qui nous appartient. C'est dans les pays industrialisés à la fin du 18e siècle que le mot va prendre le sens qu'on lui connait mieux aujourd'hui : « « moyens matériels dont dispose un pays, une région, une collectivité ». [...] L'acception moderne de la ressource naturelle découle ainsi d'une double appropriation, à la fois de matière et de sens » (ibid., p.50-51).

Si la terre doit être perçue comme une ressource, alors il serait préférable qu'elle le soit sous le sens latin, afin de nous aider à nous relever de la situation dans laquelle la société industrielle et capitaliste nous a mené. Une aide, d'une matière devenue extérieure à notre conscience quotidienne, qui ne nous appartient pas, avec laquelle il nous faudrait composer vers d'autres manières de faire relation avec notre milieu. C'est ainsi qu'il est possible d'envisager une éthique de la relation, comme nous y invite l'auteur :

> *« il convient également de s'interroger sur la relation que nous sommes capables d'établir avec des êtres vivants au moment même où nous les appréhendons comme des ressources. Comment construire avec eux en les considérant à la fois comme des matériaux et comme des êtres envers lesquels nous avons des obligations ? Cette question, inhabituelle pour les constructeurs, est sœur des relations complexes et ambigües, à mi-chemin entre l'instrumentation et le soin, que nous entretenons avec les animaux domestiques. [...] Ce type de considération s'applique également aux végétaux qui servent de matériaux de construction... »* Simay, 2024, p.65

IV.4. Maillage territorial des carrières de terre à bâtir : Vers une possibilité de subsistance et de gestion commune ?

La relocalisation des carrières de terre à bâtir, des «terrières », prolongerait ce qui existait tout au long de l'histoire de la construction en carreaux de terre, depuis l'époque romaine (Laratte, 2022 ; Bündgen et Garmont, 2025) jusqu'au 19e siècle. Toutefois ce maillage territorial des terrières est non seulement dense, mais nous savons désormais que ces dernières appartiennent majoritairement aux communes[33]. Ainsi, le passage des sociétés paysannes aux sociétés dites « modernes », à l'origine de l'abandon des carrières de terre à bâtir communale, entraine la disparition des conditions d'accès à la ressource. Les conséquences de ces changements nous amènent à discuter ici des notions de liberté et subsistance, pour envisager des alternatives environnementales et sociales à la production de matériaux de construction.

• Liberté, subsistance et accès à la matière première.

Dans le monde de la construction industrielle, la matière première est extraite, transportée et transformée par des entreprises privées. Les matériaux de construction s'achètent. Ce faisant, les industriels avec l'aide des normes qui se sont développées de manière concomitante, obtiennent le quasi-monopole pour la fourniture des matériaux de construction. Or ce que montre le relevé des carrières de terre au 19e siècle, c'est que la matière terre était majoritairement extraite, transportée[34] et travaillée[35] par les individus eux-mêmes, mobilisant l'entraide humaine et animale. La matière était non seulement locale mais accessible[36]. Cette possibilité entre alors en résonnance avec la question de subsistance et la possibilité pour le plus grand nombre de subvenir à ses besoins s'il le souhaite. C'est ce qu'Illich défendait à travers « « l'outil convivial » que chacun peut « utiliser, sans difficulté, aussi souvent et aussi rarement qu'il le désire » (Illich, 1973, dans Pruvost, 2021, p.77). De manière plus globale, la subsistance peut également être mise en lien avec la conception de la liberté.

Dans *Terre et liberté*, Aurélien Berlan (2021) oppose deux conceptions de la liberté. Celle qui s'appuie sur la quête de délivrance vis-à-vis du travail à fournir pour subvenir à ses besoins. C'est dans ce concept que l'industrialisation et le travail des machines se développent. L'un des exemples est tiré d'un texte de Paul Lafargue : « la machine est le rédempteur de l'humanité [...], le Dieu qui lui donnera des loisirs et la liberté » (Lafargue, 1880, dans Berlan, 2021). En contrepoint de ce désir de délivrance, nous retrouvons le concept de liberté qui s'appuie sur la fin des rapports de domination, à travers le libre accès aux moyens de subsistance permettant à chaque individu et groupes d'individus d'assurer leurs propres besoins (Berlan, 2021, p.144).

En effet, le texte soutient que la quête de la délivrance ne peut s'appuyer que sur des rapports de domination, car au bout de la chaîne il faudra toujours des humains pour assurer les tâches dont

33 Entre ces deux périodes, ce chapitre ne permet pas de confirmer cette hypothèse. Toutefois, celle-ci semble peu risquée et il est difficile d'imaginer que le transport sur longue distance (au moins 10 km) de cette matière lourde et nécessiteuse en quantité ait été pratiqué, alors que les systèmes de transports terrestres se limitaient à de la traction animale. De plus la répartition des carrières met en évidence que sur ce territoire la terre bonne à bâtir est présente partout.

34 Sur une distance quasi nulle. Mais ce transport est signalé, car il fait apparaître une étape importante dans le processus de fabrication et notamment l'implication des animaux.

35 Le terme « travaillée » est préféré ici à celui de « transformée » employé pour le processus industriel. En effet, le processus de préparation de la terre ne demande que de l'eau, parfois l'adjonction de fibres végétales ou animales et de l'énergie humaine ou animale pour le mélange. En fin de vie, la matière retourne à la terre, sans changement de l'état initial. Ce qui n'est pas le cas des matériaux industriels, qui dans le processus de fabrication changent de nature.

36 Il reste encore à comprendre sous quelles modalités cette dernière était accessible. Et comment ces conditions ont évolué dans le temps.

les classes dominantes veulent s'extraire. Maria Mies et Vandana Shiva l'ont exprimé autrement :

> *« Sur une planète finie, il n'est pas possible d'échapper à la nécessité. Conquérir la liberté n'exige pas de triompher du « domaine de la nécessité » ou de le transcender, il s'agit plutôt de s'efforcer d'élaborer une vision de la liberté, du bonheur, de la « vie bonne » dans les limites de la nécessité, de la nature. C'est cette vision que nous appelons perspective de subsistance [...] La liberté à l'intérieur du domaine de la nécessité peut être universalisée pour tout le monde ; la liberté en échappant à la nécessité n'est accessible qu'à une minorité »* (Mies et Shiva, 1993, dans Berlan, 2021).

Cette quête de subsistance a été porté dans différentes luttes partout sur la planète, aussi bien en France à travers les classes populaires et la défense des communaux, qu'ailleurs comme au Bangladesh où Veronika Bennholdt-Thomsen et Maria Mies rapportent les propos des villageoises de Maishahati réclamant « « la possibilité matérielle de produire et reproduire leur vie, leur nourriture, leur subsitance par leurs propres forces, indépendamment du salariat et du marché capitaliste »[37]. Contre l'idéal de délivrance par l' « abondance », elles exigent l'autonomie par l'autosuffisance et l'accès aux ressources locales qui en est la condition première » (Berlan, 2021, p.145). Cette dernière phrase résonne particulièrement avec l'existance des carrières de terre réparties au sein des communes. La possibilité d'accès à la ressource locale, comme condition première de subsitance et donc d'une forme de liberté qui pourrait constituer une base de réflexion pour envisager une nouvelle modalité pour les habitants de se réapproprier l'entretien de leur logement.

• Communaliser la ressource terre et autres alternatives ?

Les terrières du 19e siècle appartenaient aux communes, posant ainsi la question de leur modalité de gestion : qui y a accès ? Faut-il en faire la demande ? Est-ce que l'extraction est limitée ? Y a-t-il un coût ? Les réponses à ces questions pourraient apporter des pistes de réflexions importantes. Le travail reste à mener sur le sujet et nous évoquons seulement ici les propos de l'historien Fernand Braudel, repris dans le travail de thèse de Villain :

> *« Qu'il s'agisse du bois ou de la pierre, il importe de souligner que leur disponibilité n'est pas une condition suffisante à leur utilisation. Si ces matériaux sont disponibles, leur accessibilité peut être limitée par la communauté villageoise ou le seigneur. « Dans un village, écrit Fernand Braudel, une maison ne se construit, ne se répare qu'avec l'autorisation de la communauté ou de l'autorité seigneuriale qui commande l'accès aux carrières d'où est extraite la pierre ou l'argile et aux forêts d'où provient le bois « à maisonner »[38] »* (Villain, p.43).

L'accessibilité semble donc plus compliquée pour le bois et la pierre, tandis que « la terre crue peut être plus facilement accessible du fait de l'extraction de la terre à proximité de l'ouvrage, limitant ainsi le transport du matériau et formant une excavation devenant une mare pouvant permettre aux animaux de s'abreuver » (ibid.).

Les pistes de réflexion autour de la notion de communaliser les carrières de terre[39], rentre en

37 Benhlold-Thomsen et Mies, Eine Kuh für Hillary. Die Subsistenzperspektive, Munich, Frauenoffensive, 1997, p.7-9

38 BRAUDEL Fernand, Civilisation matérielle, économie et capitalisme, XVe-XVIIIe siècle, Tome 1 : Les Structures du Quotidien, Paris, Armand Colin, 1986, p. 238. Texte consultable sur internet : https://shs.cairn.info/civilisation-materielle-economie-et-capitalisme--9782200633400-page-196?lang=fr&tab=feuilleteur

39 Voir les travaux de d'Elinor Ostrom. En 2009, elle est lauréate du prix Nobel d'économie pour son analyse de la gouvernance économique et plus particulièrement sur son travail sur les communs.

lien avec le renouveau actuel de la notion des biens communs qui prennent différentes formes selon les domaines envisagés (Cornu et al., 2021). Nous renvoyons également à ce qu'Illich a nommé le « recouvrement des communaux » (Illich, 2004 (1970), dans Grünig Iribarren 2019), qui consiste « en la réinvention moderne d'espaces (ou de biens, ou d'usages) de propriétés collectives, non accaparables par des tiers, assimilables à un ferment démocratique qui fait commun. » (Hallauer, 2017, p.345), ouvrant ainsi d'autres pistes de réflexions politiques autour de la notion de communs et de leur gestion.

En dehors de la question des communs, il existe aujoud'hui d'autres alternatives qui permettent de penser différement du système de monopole de production des produits industriels. En relocalisant la production, en implicant les professionnels, cherchant parfois à diversifier les activités pour faire réseau et investir pour certaines les questions sociales en premier lieu. L'état des lieux méritant un travail à part entière, nous pouvons tout d'abord citer le travail effectué par Alice Gaillard et Samuel Bressoux (2025) présenté lors de la fermeture de Cycle Terre, ou bien les réflexions apportées par Quentin Prost (2025) sur la question des filières. Enfin pour les projets existants nous pouvons évoquer l'association Le Village dans le Vaucluse, « La Fabrique » à Guérande (Moureau, 2025) et l'association TERRE, communauté Emmaüs et briqueterie solidaire en Ille-et-Vilaine (Aras, 2025). Nous pouvons retenir donc qu'il existe déjà aujourd'hui une richesse d'expériences ancrées sur différents territoires sur lesquels s'appuyer pour les adapter à d'autres dynamiques territoriales.

IV.5. Où la perspective d'une dynamique territoriale à partir du patrimoine et de la terre : vers des perspectives désirables

La redécouverte du patrimoine en carreaux de terre nous a conduit à mener une réflexion autour de points notables pour envisager le retour d'une dynamique territoriale de la terre crue en prenant en compte les différentes crises actuelles (sociales, environnementales, sensibles, etc.).

Les principaux constats sont les suivants :

- Une représentation sociale de la terre qui n'est pas seulement négative ;
- Une longue histoire culturelle autour de ce mode de construction ;
- Un maillage des sites d'extraction communale ;
- La disparition du savoir-faire vernaculaire ;
- Un patrimoine méconnu caractérisé par une richesse à travers la ressource employée, la diversité des techniques et leur mise en œuvre et les typologies du bâti en milieu urbain et rural ;
- Un état de dégradation avéré suite à un manque d'entretien ou des mauvaises interventions, lié à la perte de savoir-faire et un dé-concernement habitant ;
- La trajectoire linéaire du carreau de terre dans les chantiers de démolition.

Les pistes de réflexions pour le renouveau d'une filière terre locale seraient les suivantes :

- Réhabiliter l'image de la terre à travers la diffusion des connaissances actuelles ;
- Développer une « éthique environnementale » du bâtiment, à partir de la fragilité du matériau terre, en considérant la maintenance comme inéluctable ;
- Questionner les possibilités de réintroduction du savoir sur la terre aux entreprises locales et l'implication des habitants sur le concernement nécessaire à la pérennité de leur logement ;
- Envisager les chantiers de démolition actuels comme des gisements urbains, dont la terre et les carreaux de terre seraient des ressources permettant de diminuer dans un premier temps l'impact du métabolisme urbain en économisant l'importation de matériaux neufs transformés ;
- Envisager le retour de carrières de terre à bâtir communales comme cela était le cas au 19e siècle, pour assumer localement les externalités négatives liées à ce type de structure, tout en donnant l'accès à la matière première et en diminuant l'externalisation du métabolisme urbain.

Nous tenons à souligner que le développement de dynamiques autour de la notion de *care* existe depuis toujours, en divers endroits et à travers des domaines variés (Denis et Pontille, 2022). Au sein desquels on trouve bien des paradoxes à travers la notion de fragilité, qui semble au premier abord un repoussoir dans une société qui met en avant la performance. Derrière ce que l'on pourrait considérer alors comme une représentation sociale de la fragilité, se trouve non seulement le lieu commun de tout artefact existant dans notre monde (Denis et Pontille, 2022), mais aussi la possibilité de mettre en place des processus désirables, à l'image du retournement évoqué par Harper et Mordak (2019) dans un article d'Architecture review :

> *"To actively embrace maintenance, rather than avoid it, would mean a radical change in the material culture of construction. We should embrace thatch, adobe, hemp lime and other plant-based and natural materials with vigour, not in spite of their need for frequent maintenance, but because of it."* [40]

40 https://www.architectural-review.com/essays/on-the-money-the-merits-of-degrowth. Source reprise de la présentation de Pauline Lefebvre (2023).

Par le soin et la maintenance qu'elle requiert, nous pouvons formuler que la fragilité permet de garder vivant le savoir-faire, et affirmer qu'avec le soin, « ce qui dure le plus est ce qui se recommence le mieux » (Bachelard, 1950, dans Goizauskas, 2020), tout en permettant d'être en prise avec le milieu dans lequel nous vivons.

Nous souhaitons rappeler que les chantiers collectifs et d'entraide, tout en fédérant le groupe social, pouvaient être également des moments de fêtes, comme cela est retranscrit par Margueritte Klein-Lecat (1983, p.56-57) :

> *« Ensuite, les parents et amis du fiancé creusaient la cave en formant à proximité un grand tas d'argile qui allait devenir le centre de la fête. Le curé annonçait alors au prône, que le dimanche suivant, après la messe, tous les paroissiens, petits et grands, étaient conviés à prêter leur aide aux futurs mariés dont les bans venaient d'être publiés. Tous pouvaient donc, au cours de la semaine, s'entendre pour organiser le chantier et rassembler le matériel nécessaire : tonnes à eau, tombereaux, paille hachée, seaux et pelles.*
>
> *Le jour dit, le sommet du tas d'argile était aplati pour former une plate-forme d'où trois garçons debout dos à dos jetaient des pelletées de terre sur les jambes des filles nus pieds et cotillons relevés qui se tenaient au fond d'une large gorge creusée au bas du tas en formant deux rondes concentriques tournant en sens inverse pour mieux malaxer la terre avec leurs pieds, tandis que d'autres jeunes gens tiraient d'une tonne ou d'un réservoir sur roues, des seaux d'eau dont elles étaient aspergées bien souvent au-dessus des genoux !*
>
> *Les plus jeunes jetaient des brassées de paille hachée mélangée à des glumelles de lin pour donner, parait-il, plus d'élasticité au matériau. Pendant ce temps, le «violoneux » jouait allègrement sur son instrument, si bien que le malaxage d'argile s'effectuait en cadence, au rythme de chansons souvent émaillées de plaisanteries ».*

Ce sont ces formes de réappropriation collective que nous retrouvons aujourd'hui à l'occasion par exemple des journées dédiées à la construction en torchis, organisées à Motoco (Mulhouse) en octobre 2020 (Figure 4-2). Au-delà du moment festif, c'est bien également une occasion d'éviter la dépossession de la terre par l'économie de marché :

> *« Ce travail collectif participait probablement au renforcement de la communauté villageoise par l'entraide mutuelle. Comme le remarque Fernand Braudel, « [aux] siècles d'Ancien Régime, [...] une énorme part de la production se [perd] dans l'autoconsommation, de la famille ou du village, n'entrant pas dans le circuit du marché. »*[41]*. Dans ce cadre, l'édification matérielle relevait d'une économie symbolique où le travail fournit pour un habitant pouvait l'être pour les autres dans un intervalle de temps indéfini. »* (Villain, 2020, p.41)

Enfin, de manière plus pragmatique, le patrimoine porteur de la diversité culturelle locale, peut être considéré comme point de départ du développement d'une activité économique sur un territoire donné, remettant en avant la richesse d'un patrimoine jusqu'alors ignoré. Ceci reprenant la vision de l'UNESCO mettant en avant la diversité culturelle comme vecteur d'émancipation :

41 BRAUDEL Fernand, La dynamique du capitalisme, Paris, Flammarion, 2014, p. 22.

« La diversité culturelle, patrimoine commun de l'humanité La culture prend des formes diverses à travers le temps et l'espace. Cette diversité s'incarne dans l'originalité et la pluralité des identités qui caractérisent les groupes et les sociétés composant l'humanité. Source d'échanges, d'innovation et de créativité, la diversité culturelle est, pour le genre humain, aussi nécessaire qu'est la biodiversité dans l'ordre du vivant. En ce sens, elle constitue le patrimoine commun de l'humanité et elle doit être reconnue et affirmée au bénéfice des générations présentes et des générations futures. » (UNESCO, 2003)

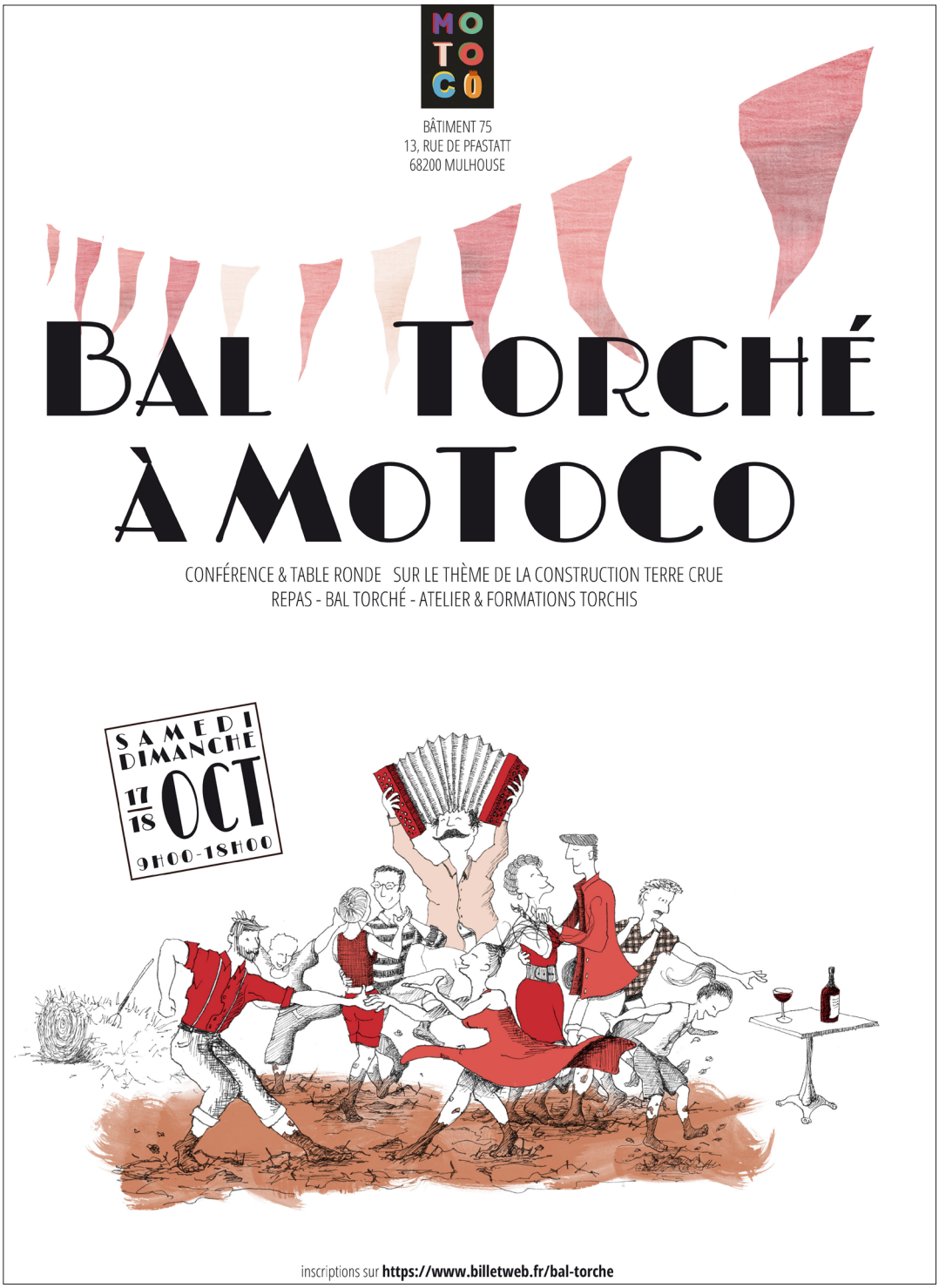


Figure 4-2 : Affiche des journées organisées autour de la construction en torchis à Motoco (Mulhouse) en octobre 2020

CONCLUSION & PERSPECTIVE

« L'Homme installe un monde par les relations qu'il entretient avec l'environnement. Aujourd'hui, ce monde, façonné pour les besoins de l'Homme et bouleversant irrémédiablement les grands équilibres écosystémiques, est à dépasser. Il s'agirait alors de retisser le lien avec tous les substrats physiques, culturels, symboliques, et réengager des valeurs humaines dans ces relations. Ainsi, « une autre écologie de l'action tendant à questionner, à comprendre, à ménager, à revivifier et à ressourcer »[1] serait à fonder. Avoir soin et entretenir pour faire milieu est ce que à quoi l'on doit alors s'employer et est en passe, au-delà d'un mot d'ordre ou d'une bonne pratique, de devenir un nouveau paradigme renvoyant au care. Car le soin, l'entretien, le ménagement, questionnent tous les trois les établissements humains, les conditions et l'acte de s'établir, les individus qui participent à l'acte de bâtir et d'installer un monde. Ils donnent donc un cap à l'architecture: « maintenir l'habitabilité du monde dans toutes ses dimensions »[2] ».

Laffont (2024, p.249-250)

1 Chris Younès, Benoit Goetz, « Mille milieux. Éléments pour une introduction à l'architecture des milieux », Le Portique, revue de philosophie et de sciences humaines, n°25, août 2010.

2 Emmanuel Bonnet, Diégo Landivar, Alexandre Monin (& al.), « Le design, une cosmologie sans monde face à l'Anthropocène », in Sciences du Design, n°10, 2019/2, p.97-104.

L' objectif de ce travail de recherche était de redécouvrir le patrimoine en carreaux de terre de Champagne. Une riche histoire constructive s'est alors révélée, parfois à contre-courant des récits dominants du champ de la construction actuelle ou des idées préconçues. Ce patrimoine, disparu ou toujours en œuvre actuellement, permet d'offrir des pistes de réflexions fortes à la fois sur les plans pragmatiques, théoriques et éthiques. Pistes de réflexion qui trouvent leurs échos renforcés dans notre période actuelle, de crises et de transitions (écologiques, climatiques, sociales) où il faut apprendre à vivre avec le trouble (Haraway, 2020) et repenser la société.

Pour ce faire, il était nécessaire de mettre en place une approche pluridisciplinaire, afin de permettre une compréhension plus globale des réalités attachées à ce matériau à travers le temps, l'espace, sa nature et les relations avec le monde social dans lequel il existe. L' objectif était alors de mener une réflexion pour une réappropriation contemporaine de cette matière, dans des réalités socio- environnementales alternatives.

Le travail est développé en trois temps principaux mobilisant chacun des méthodologies spécifiques : études bibliographiques et archivistiques, études de terrain, études en laboratoire. Ensuite, une réflexion transversale plus générale est présentée. Cette dernière s'appuie sur la littérature et les travaux issus de Sciences Humaines et Sociales, afin d'entrevoir des modalités potentielles de renouveau d'une filière terre locale, plus soutenable vis-à-vis de la préservation de l'habitabilité de nos milieux de vie.

La limite évidente de cette approche est l'impossibilité de maîtriser l'ensemble des sujets abordés et la capacité à les pousser profondément dans chaque discipline. En revanche, cette démarche permet à la fois de tresser un récit plus dense et plus complet des diverses réalités de l'objet étudié, tout en permettant d'envisager de futures recherches plurielles à travers ces différents champs disciplinaires. C'est cette approche pluridisciplinaire qui permet également d'entrevoir les liens entre les disciplines pour tracer des voies concrètes pour penser une filière terre locale adaptée aux défis actuels.

Dans cette conclusion, les principaux résultats de la thèse sont présentés sous la forme d'un nouveau récit de la culture constructive du carreau de terre champenois.

Près de 2 000 ans d'histoire,

L'emploi du carreau de terre sur le territoire de la Champagne est attesté sur près de 2 000 ans. Les plus anciennes traces coïncident avec l'arrivée des romains à l'époque du Haut-Empire et les témoignages archéologiques antiques s'étalent sur 4 siècles. La période du Haut Moyen Âge (5e – 11e siècle) reste incertaine quant à un emploi continu de ce mode constructif, tandis que le second Moyen Âge (12e – 15e siècles) présente un plus grand nombre de traces d'établissements humains en carreaux de terre. Sur le secteur considéré, le Moyen Âge semble une période plus complexe à approcher archéologiquement et pour laquelle les informations sur la terre crue sont moins accessibles ou plus lacunaires. L'époque moderne (16e – 18e siècles) présente à nouveau des preuves d'une présence intense des carreaux de terre crue, qui durera jusqu'à la période d'entre-deux-guerres. Le carreau de terre disparaît avec le développement industriel des matériaux de construction, marquant le passage des sociétés paysannes aux sociétés dites « modernes », provoquant l'occultation des savoirs vernaculaires. D'autre part, certains villages de la zone rouge[1], complètement détruits, ne présentent aujourd'hui plus de trace de ce patrimoine. Il reste à souligner l'existence d'initiatives locales pour un renouveau de la construction en briques de terre crue dans les années 80 (Chapelon, 1981 ; Possémé et Batalla, 1984), en parallèle d'une dynamique nationale, correspondant à un mouvement de contre-culture architecturale remettant en question le principe de vision dominant de la construction. Cette dynamique champenoise s'était principalement déroulée sur le secteur du Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims et s'étend sur moins de dix ans. Elle conduira à la réalisation de deux opérations de création de logements en carreaux de terre compressés, assemblés à frais, sans mortier, démontrant des tentatives d'adaptation de la technique traditionnelle, pour répondre aux impératifs du champ de la construction industrielle (notamment la diminution du coût de construction).

d'une culture constructive majoritairement répartie sur la Champagne crayeuse,

La littérature témoigne d'un patrimoine qui s'étend principalement sur les trois départements des Ardennes, de l'Aube et de la Marne (Imbault, 1986 ; Royer, 2001). La réalisation d'une cartographie actuelle confirme cette tendance. Des bâtiments composés de carreaux ont été aperçus dans 486 communes réparties sur 6 départements, dont les principaux sont ceux cités plus haut. La Marne est le département le plus représenté avec au moins 264 communes concernées, correspondant à 43% de la totalité des communes du département. Il existe également un lien fort entre la géologie (crétacé supérieur), la région naturelle (Champagne crayeuse) et le patrimoine, malgré l'existence de quelques exceptions au niveau des crêtes préardennaises, sur la plaine de Brienne et l'échancrure de la Seine au sud de la plaine de Troyes. Il est à noter deux zones de transition menant vers un patrimoine en bauge non répertorié sur les cartographies de construction en terre : l'une au nord à proximité des marais de la Souche, dans le département de l'Aisne ; la seconde au sud sur le territoire de La Bassée, entre les départements de la Seine-et-Marne et l'Yonne au niveau de la vallée de la Seine. Cette découverte révèle de nouveaux secteurs à explorer.

présente aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain.

Dès son apparition à l'époque romaine, l'emploi des carreaux de terre crue est intense et se retrouve autant sur des sites ruraux et urbains, jusque dans les *Domus*, ces habitats aristocratiques, de Durocortorum (Reims). Au 20e siècle, les territoires urbains et ruraux sont toujours autant concernés les uns que les autres. On retrouve les carreaux dans les principales villes :

1 La zone rouge correspond à la zone la plus touchée par les destructions de la Première Guerre mondiale.

Châlons-sur-Marne, Épernay, Reims et Troyes ; et certains villages de la plaine de Champagne et de l'est de la Montagne de Reims, en sont presque entièrement composés. Sur certaines communes, en dehors des constructions modernes, près de 90% du bâti est en carreaux de terre !

Le carreau de terre : matériau d'expansion de la ville de Reims au 19e siècle.

À l'instar de la ville de Lyon, où le pisé est corrélé à l'urbanisation de nouveaux quartiers au 19e siècle, le carreau de terre est le matériau privilégié des constructions nouvelles de Reims (et non pas de la reconstruction post première guerre mondiale). En un siècle la ville passe de 30 000 à près de 110 000 habitants. Au moment de l'industrialisation, la terre permet de bâtir une grande partie des logements ouvriers, dont beaucoup seront autoproduits. La recherche aux archives départementales de la Marne à partir des dossiers des dommages de guerre (série 10R), nous informe qu'au moment de la Première Guerre mondiale, plus de la moitié des parcelles des cantons correspondant aux quartiers établis au 19e siècle, présente des constructions en carreaux de terre.

Une matière variable majoritairement calcaire,

Deux familles de terre composent le patrimoine. Les terres à tendance siliceuse et sableuse se situent dans le département des Ardennes, tandis que les terres à tendance calcaire et graveleuse occupent le reste du territoire. Ces dernières sont donc largement majoritaires car elles concernent une vaste superficie alors que les carreaux en terres siliceuses sont bien plus localisés spatialement. La calcimétrie des carreaux champenois typiques dépassent parfois les 80 %, donnant un aspect très clair aux briques crues. La proportion de graviers y varie grandement, pouvant aller d'une absence d'élément grossier à une abondance des morceaux de plus de 3 cm, appelés localement le « crayon », en passant par les carreaux à petits graviers arrondis, les « graveluches », qui mesurent environ 5 millimètres.

prélevée dans des carrières locales (terrières), appartenant aux communes,

La matière a toujours été prélevée dans une grande proximité des sites de construction. Dès l'époque romaine, on retrouve des fosses polylobées dans des sols représentatifs de la composition des carreaux. Tandis qu'au 19e siècle, le maillage des carrières de terre est dense et il était courant que les communes en possèdent une au niveau de la ceinture maraîchère, à proximité direct du tissu bâti.

pour une fabrique à découvert,

La fabrication était le fait des particuliers eux-mêmes avec l'aide de la famille ou des voisins, mais il existait également des « carreautiers » qui en faisaient une activité spécifique pour la vente. En ville, les maçons pouvaient également prendre la fabrication en charge. En somme, la transformation de la matière, à travers l'appréhension sensible du monde, relève de la fabrique à découvert, connue et visible de tous et toutes, intégrée à la vie locale.

et deux types de mise en œuvre pour tous types de bâtiments.

Les carreaux de terre sont principalement employés pour la réalisation de murs porteurs. Toutefois, sur la partie orientale du territoire étudié, son usage sert de remplissage des structures à pan de bois, faisant le lien avec le patrimoine en torchis de la Champagne humide, traduisant des échanges, des dynamiques de savoir-faire et une adaptation au milieu. Il est également assez courant de trouver des carreaux de terre en parement intérieur des murs, dont le matériau extérieur, en pierre (dont la craie) ou terre cuite est plus résistant aux intempéries.

Malgré sa sensibilité à l'eau, le carreau de terre n'a pas donné lieu à des typologies architecturales particulières, constituant seulement une variante, comme les autres matériaux. Ainsi, son utilisation se retrouve aussi bien pour des annexes de logements, des habitations urbaines, des corps de ferme et mêmes des bâtiments industriels dans les villes de Reims et Troyes...

Un matériau réutilisable, compostable, permettant des habitats sains et confortables.

La forte présence de carbonates dans la terre tend à diminuer légèrement la résistance mécanique du matériau. Celle-ci reste toutefois dans les moyennes observées sur d'autres territoires et suffisante pour édifier des bâtiments pluriséculaires sur trois niveaux. Les caractéristiques hygrothermiques des terres employées donnent des résultats similaires aux autres études existantes, permettant théoriquement d'assurer un grand confort dans les lieux de vie.

Le soin et le patrimoine comme éléments centraux d'une dynamique locale de la terre

La redécouverte de ce patrimoine, combinée à son état de préservation et au changement de paradigme impératif dans le secteur de la construction, nous a amené à envisager une dynamique locale de la terre basée sur la notion du *care*, impliquant l'ensemble des personnes du territoire. En effet, révéler ce patrimoine tout en plaçant la fragilité comme dénominateur commun de tout artefact, permet de développer un récit à contrecourant des logiques industrielles focalisées sur la maximation des profits et coupant les êtres humains d'un rapport sensible à leur milieu. Ces dernières ayant notamment entrainé la disparition des savoirs vernaculaires nécessaires au maintien des habitations traditionnelles, garants d'une plus grande horizontalité du savoir, d'une déterritorialisation des êtres vis-à-vis de leur milieu de vie, mais également imposé un modèle extractiviste, énergivore, créant des déchets et reléguant les externalités négatives sur des territoires lointains et dominés. Pour défaire ce schéma enraciné dans le champ dominant de la construction, nous proposons une éthique environnementale de la construction, en faveur d'un savoir-faire local, d'une relocalisation des matières employées et du partage des savoirs.

Une approche pluridisciplinaire pour des perspectives variées

L'approche pluridisciplinaire a permis de mettre en avant des aspects qui mériteraient d'être prolongées dans d'autres travaux de recherche, mais également d'entrevoir des actions concrètes sur le terrain.

Tout d'abord, révéler l'ampleur de ce patrimoine en terre spécifique pose des questions d'ordre patrimoniale. Ainsi, il serait possible d'entrevoir une analyse plus fine des bâtiments afin d'identifier lesquels seraient susceptibles de faire figure de témoignage d'une culture constructive champenoise.

D'un point de vue historique, les recherches en archéologie pourraient permettre d'en savoir plus sur la période du Moyen Âge qui reste encore floue quant à l'utilisation des carreaux de terre. Tandis que des recherches en archives permettraient pour la période du 19e siècle de prolonger les recherches pour les milieux urbains et ruraux sur les caractéristiques des constructions. Un état des lieux complet pourrait être mené sur la ville de Reims, à la fois pour faire le bilan des parcelles et du type de bâti concerné par ce matériau, mettant en avant leurs spécificités. En milieu rural, les documents relatifs aux dommages de guerre ont permis de révéler un patrimoine disparu. Il serait intéressant de réaliser cette étude à grande échelle sur la zone de front pour un plus large territoire.

La découverte de l'existence de carrières communales, mérite également une plus grande attention, afin de dégager les modalités d'accès, de gestion de ces lieux, et mieux comprendre les aspects politiques et économiques liés à cette culture.

L' étude des pathologies nécessite également une formalisation coordonnée avec les professionnels du bâtiment. En lien avec le travail amorcé sur le territoire national et international, avec l'ICOMOS, sur les pathologies de la terre. Ceci dans la perspective d'établir un glossaire qui pourrait être relayé aux particuliers et professionnels qui interviennent sur le patrimoine, pour une première étape d'information qui permettrait une meilleure préservation de ce patrimoine et des interventions respectant le fonctionnement de ce bâti. En parallèle la sensibilisation et la formation des entreprises sont nécessaires !

L' étude en laboratoire sur la variété des terres employées est également à développer, afin de rendre compte de la richesse de ces dernières et de mieux comprendre notamment l'impact des éléments carbonatés sur le comportement du matériau.

Enfin, envisager des actions de diffusion du savoir autour de cette culture constructive reste essentiel. Dans la double fonction de permettre aux habitants de se relier à cette culture constructive, dépassant l'image négative qui lui est attachée, mais également d'entrevoir des constructions plus à même de répondre aux désastres sociaux et environnementaux en cours. Ces actions doivent être de toutes sortes, qu'elles soient scientifiques ou artistiques. En effet, l'approche sensible participe au changement de paradigme nécessaire pour recréer un attachement et nous sentir concerné par le milieu dans lequel nous vivons, afin de prendre soin des relations que nous établissons avec le vivant et le non vivant.



À ma Champagne

On a beau te railler, ô ma belle Champagne !
En disant que tu n'as qu'un aspect désolé,
Qu'au milieu de tes champs, toujours l'ennui vous gagne,
Et, comme en un désert, qu'on s'y trouve isolé.

On a beau me vanter ces pays de Cocagne,
Riches de mille biens dont on est accablé ;
Où l'homme ne rêvant que de château en Espagne,
Loin d'être plus heureux n'en est que plus troublé,

On ne fera jamais, ô province chérie !
Que je puisse, un instant, au sol de ma patrie,
Préférer les splendeurs d'un sol plus fortuné.

Donc je dirai toujours dans une foi profonde,
Pour mon cœur et mes yeux aucun pays du monde
N'a le charme puissant des lieux où je suis né.

Arsène Thévenot (1828 – 1915)
Hymne poétique à la Champagne natale

Bibliographie

Abhilash, H. N., Hamard, E., Beckett, C. T. S., Morel, J.-C., Varum, H., Silveira, D., Ioannou, I., and Illampas, R., 2022, Mechanical Behaviour of Earth Building Materials, In *Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 274-TCE* (eds. A. Fabbri, J.-C. Morel, J.-E. Aubert, Q.-B. Bui, D. Gallipoli, and B. V. V. Reddy), 127–80, Springer International Publishing, Cham.

Achard-Corompt, N., and Ahü-Delor, A., 2012, La fouille d'un petit établissement gallo-romain de la seconde moitié du Ier s. ap. J.-C. à Bezannes, en périphérie de Reims (Marne), *Revue archéologique de l'Est*, **61**, 337.

Aching Vasquez, J., and Marcus, B., 2022, Glossary of Earthen Materials Deterioration Patterns. ICOMOS-ISCEAH., In *Congreso Mundial de Arquitectura en Tierra – 2022*, Terra 2022, New México – USA.

ADEME, and IN NUMERI, 2023, Déchets Chiffres-clés - Edition juin 2023. Étude/Recherche, Faits et chiffres, ADEME.

Ador, S., 2022, « Le Soin des choses » de Jérôme Denis & David Pontille, *Revue Topophile*, édition numérique.

Ador, S., 2024, De la fragilité naît le soin, de l'usure naît la durabilité. Journée d'étude, Presented at L'architecture durable s'use-t-elle ?, February 1, UCLouvain - Faculté LOCI.

Alvès, G., Havard, I., and Decrock, B., 1992, Filature et tissage de laine Wagner et Marsan, puis Collet-Varenne, puis L. et H. Collet, puis S.A. des filatures et tissages de Reims, actuellement immeubles d'habitation, Région Grand-Est - Inventaire général.

Ancelin, P. Y., Devos, A., Laporte, P., Berthe, J., and Krauffel, T., Article soumis, Approches géohistorique et biogéographique des fortifications « Séré de Rivières » : exemple du fort de Brimont (ceinture de Reims, Marne, France), *Géographie de l'Est*.

Aras, A., 2025, La Briqueterie communauté Emmaüs Terre à Chevaigné, In *Bâtir avec les terres franciliennes : perspectives pour la filière terre crue après Cycle Terre actes de la Rencontre interprofessionnelle du 28 Juin 2024 à Sevran, 93*, Lanceurs d'avenir, ICEB, Montreuil.

Arris-Roucan, S., 2024, Interactions du CO2 de l'air intérieur avec les matériaux en terre : des mécanismes de sorption au potentiel de régulation, Thèse de doctorat n°2024PAUU3078, Université de Pau.

Aubert, J. E., Fabbri, A., Morel, J. C., and Maillard, P., 2013, An earth block with a compressive strength higher than 45 MPa!, *Construction and Building Materials*, **47**, 366–9.

Aubert, J.-E., 2013, Rapport final du projet TERCRUSO : avril 2013. Caractérisation des briques de terre crue de Midi-Pyrénées, Laboratoire Matériaux Durabilité des Constructions.

Aubert, J.-E., Marcom, A., Oliva, P., and Segui, P., 2015, Chequered earth construction in south-western France, *Journal of Cultural Heritage*, **16**(3), 293–8.

Aubert, J.-E., Faria, P., Maillard, P., Ouedraogo, K. A. J., Ouellet-Plamondon, C., and Prud'homme, E., 2022, Characterization of Earth Used in Earth Construction Materials, In *Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 274-TCE* (eds. A. Fabbri, J.-C. Morel, J.-E. Aubert, Q.-B. Bui, D. Gallipoli, and B. V. V. Reddy), 17–81, Springer International Publishing, Cham.

Audren, M., Guihéneuf, S., Le Borgne, T., Rangeard, D., and Perrot, A., 2024, Assessing the Recyclability of Raw Stabilised Compressed Earth Blocks, In *Second RILEM International Conference on Earthen Construction* (eds. C. Beckett, A. Bras, A. Fabbri, E. Keita, C. Perlot, and A. Perrot), 226–35, ICEC 2024, Springer Nature Switzerland, Cham.

Auduc, A., 2013, De la photographie du patrimoine culturel : l'expérience de l'Inventaire général : De la photographie des monuments et richesses artistiques de la France à la photographie du patrimoine culturel : l'expérience de l'Inventaire général, In *Patrimoine photographié, patrimoine photographique* (eds. R. Bertho, J.-P. Garric, and F. Queyrel), Voies de la recherche, Publications de l'Institut national d'histoire de l'art, Paris.

Aurenche, O., Klein, A., Chazelles, C.-A. de, and Hubert, G., 2008, *Essai de classification des modalités de mise en œuvre de la terre crue en parois verticales et de leur nomenclature*, 13, Les cultures constructives de la brique crue, Éditions Espérou, ENSAM.

Bachelard, G., 1948, *La terre et les rêveries de la volonté : essai sur l'imagination de la matière* 5e impression ed., José Corti, Paris.

Ballester, J. M., Bold, J., and Europarat (eds.), 2001, *Orientations pour l'inventaire et la documentation du patrimoine culturel : programme de coopération et d'assistance techniques*, Patrimoine culturel, Éd. du Conseil de l'Europe, Strasbourg.

Balmelle, A., Berthelot, F., Rollet, P., Brochard, J.-C., Podgorny, A., and Trocmé, M., 1990, *Reims (Marne), la fouille urbaine de l'îlot Capucins-Hincmar-Clovis : la dimension d'un quartier : structures protohistoriques (la Tène ancienne 1A*, Société archéologique champenoise, Reims, France.

Bardel, P., and Maillard, J.-L., 2009, *Architecture de terre en Ille-et-Vilaine* 2e éd ed., Écomusée du Pays de Rennes Éd. Apogée, Rennes.

Barles, S., 1999, *La ville délétère : médecins et ingénieurs dans l'espace urbain, XVIIIe-XIXe siècle*, Collection Milieux, Champ Vallon, Seyssel.

Barles, S., 2002, Le métabolisme urbain et la question écologique, *Les Annales de la Recherche Urbaine* (92, Ce qui demeure), 143–50.

Barles, S., 2005, *L'invention des déchets urbains, France, 1790-1970*, Champ vallon.

Barles, S., 2017, Écologie territoriale et métabolisme urbain : quelques enjeux de la transition socioécologique, *Revue d'Économie Régionale & Urbaine* (5), 819–36.

Bastin, A., 2022, Des métabolismes territoriaux en transformation ? Gouvernance des matériaux de chantier et expérimentations de nouvelles valorisations en Ile-de-France et dans la région de Bruxelles, Thèse de doctorat n°2022IEPP0020, Institut d'études politiques de Paris - Science Po.

Batalla, G., 1983, Sans titre - Document scanné dans le fond documentaire du PNR de la Montagne de Reims.

Bavay, G., 2008, Éloge de la boue, pérennité de la bauge, *Les Cahiers de l'Urbanisme* (67), 45–8.

Bavay, G., 2011, Brique crue et Champagne à la lumière d'un dialogue transfrontalier, In *Les cultures constructives de la brique crue,* Éditions Espérou, ENSAM ed. (C.-A. de Chazelles, A. Klein, and N. Pousthomis), 335–48.

Beck, K., 2006, Étude des propriétés hydriques et des mécanismes d'altération de pierres calcaires à forte porosité., Thèse de doctorat, Université d'Orléans.

Bellizzi, S., Popescu, C., Panu Napodano, C. M., Fiamma, M., and Cegolon, L., 2023, Global health, climate change and migration: The need for recognition of "climate refugees," *Journal of Global Health*, **13**, 03011.

Ben-Alon, L., Loftness, V., Harries, K. A., and Cochran Hameen, E., 2019, Integrating Earthen Building Materials and Methods into Mainstream Construction Using Environmental Performance Assessment and Building Policy, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **323**(1), 012139.

Benavente, D., Martínez-Verdú, F., Bernabeu, A., Viqueira, V., Fort, R., García del Cura, M. a., Illueca, C., and Ordóñez, S., 2003, Influence of surface roughness on color changes in building stones, *Color Research & Application*, **28**(5), 343–51.

Berlan, A., 2022, *Terre et liberté : la quête d'autonomie contre le fantasme de délivrance*, Éditions la Lenteur, Saint-Michel-de-Vax.

Berthelot, F., 2009, Angle des rues Lagrive et des Coutures - Reims, *Inrap*, URL : https://multimedia.inrap.fr/atlas/reims/sites/966/Angle-des-rues-Lagrive-et-des-Coutures.

Bertho, R., 2013, Photographie, patrimoine : mise en perspective, In *Patrimoine photographié, patrimoine photographique* (eds. R. Bertho, J.-P. Garric, and F. Queyrel), Voies de la recherche, Publications de l'Institut national d'histoire de l'art, Paris.

Bertho, R., 2019, L'Atlas des Régions Naturelles, un manifeste photoconceptuel de la périphérie ordinaire, *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère* (5).

Blott, S. J., and Pye, K., 2001, GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments, *Earth Surface Processes and Landforms*, **26**(11), 1237–48.

Bonneuil, C., and Fressoz, J.-B., 2013, *L'événement anthropocène : la Terre, l'histoire et nous*, Anthropocène, Éditions du Seuil, Paris.

Bontrond, R., and Péchart, S., 2014, Reims « Abords des Halles du Boulingrin » Marne, Champagne-Ardenne. Rapport intermédiaire de fouille., Reims métropole.

Bornarel, A., Gauzin-Müller, D., and Madec, P., 2022, Manifeste pour une Frugalité heureuse et créative dans l'architecture et le ménagement des territoires urbains et ruraux, *Frugalité heureuse & créative*.

Botero, N., 2025, Est-ce vraiment pertinent de parler de " crise climatique " ou de " crise écologique " ?, *The Conversation France*.

Boutin, P.-H., 1983a, Terre de Champagne : études et réalisation, In *Actualité de la construction de terre en France : Actes du séminaire, 14-15 octobre 1982*.

Boutin, P.-H., 1983b, Terre de Champagne : études et réalisation, *Horizons champenois* (3), 12–4.

Bruno, A. W., Perlot-Bascoules, C., Mendes, J., and Gallipoli, D., 2018, A Microstructural Insight into the Hygro-Mechanical Behaviour of a Stabilised Hypercompacted Earth, *Materials and structures*, **51**(1).

Bruno, A. W., Scott, B., D'Offay-Mancienne, Y., and Perlot, C., 2020, Recyclability, durability and water vapour adsorption of unstabilised and stabilised compressed earth bricks, *Materials and Structures*, **53**(149), 15.

Bündgen, S., and Garmont, N., 2025, Le site multiphasé de Cernay-les-Reims (51), « Les Didris ». Résultats préliminaires des occupations de La Tène ancienne, de l'Antiquité et de la période contemporaine., Présenté à Journée de l'archéologie en Champagne-Ardenne, March 7, Châlons-en-Champagne.

Burgos-Cara, A., Ruiz-Agudo, E., and Rodriguez-Navarro, C., 2017, Effectiveness of oxalic acid treatments for the protection of marble surfaces, *Materials & Design*, **115**, 82–92.

Buvignier, A., 1852, *Statistique géologique, minéralogique, minéralurgique et paléontologique du département de la Meuse*, J.-B. Baillière, Paris.

Cannat, M., 2022, En terre de Limagne - Inventaire d'une architecture en terre crue, Bouguenais : Université Gustave Eiffel.

Casaux, F., Marcom, A., Meunier, N., and Morel, J.-C., 2013, *Règles professionnelles - Enduits sur supports composés de terre crue,* Le Moniteur ed., Paris (France).

Casel, T., Colzani, J., Gardère, J.-F., and Marfaing, J.-L., 2000, *Maisons d'argile en Midi-Pyrénées*, Architecture, paysage et territoire, Privat Union régionale CAUE Midi-Pyrénées, Toulouse.

Cavé, M., Sindonino, S., and Groetembril, S., 2022, Exemples d'habitats aristocratiques sur les sites des rues Eugène-Desteuque et Ponsardin à Reims/*Durocortorum*, *Gallia - Archéologie des Gaules*, Reims antique, capitale de province, **79**(1), 169–94.

CCTC, 2020, Guide de Bonnes Pratiques de la construction en Brique de terre crue, Confédération de la Construction en Terre Crue.

Chabriac, P.-A., 2014, Mesure du comportement hygrothermique du pisé, Thèse de doctorat n°2014ENTP0007, École Nationale des Travaux Publics de l'État [ENTPE].

Chalette, J., 1845, *Précis de la statistique générale du département de la Marne. Dictionnaire des communes*, Boniez-Lambert. Châlons.

Champiré, F., Fabbri, A., Morel, J.-C., Wong, H., and McGregor, F., 2016, Impact of relative humidity on the mechanical behavior of compacted earth as a building material, *Construction and Building Materials*, **110**, 70–8.

Chapelon, P., 1981, *Terre de Champagne*, Unité Pédagogique d'Architecture de Nancy, Nancy.

de Chazelles, C.-A., and Poupet, P., 1984, L'emploi de la terre crue dans l'habitat gallo-romain en milieu urbain : Nîmes, *Revue archéologique Narbonnaise* (17), 71–101.

de Chazelles, C.-A., 2008, La construction en brique crue moulée dans les pays de la Méditerranée du Néolithique à l'époque romaine. Réflexions sur la question du moulage de la terre., 153, 3e Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue : "les cultures constructives de la terre crue," Éditions Espérou, ENSAM.

de Chazelles, C.-A., Klein, A., and Pousthomis, N., 2011, *Les cultures constructives de la brique crue*, Éditions Espérou, ENSAM.

de Chazelles, C.-A., and Hubert, G., 2016, La terre crue, matériau universel. (Interview), *Archéopages : archéologie & société* (avril-juillet 2015), 116–21.

Chevalier, Y., 1972, Métamorphoses de la Champagne crayeuse : déboisement et équilibre biologique, *Revue forestière française*, **24**(4), 303–10.

Chiappone, A., Marello, S., Scavia, C., and Setti, M., 2004, Clay mineral characterization through the methylene blue test: Comparison with other experimental techniques and applications of the method, *Canadian Geotechnical Journal*, **41**, 1168–78.

Chieus, P., 2024, Matérialité et dynamiques territoriales. Étude de la pierre de Dom, figure locale d'une architecture passée, et de son avenir, Mémoire, École Nationale Supérieure d'Architecture Paris-Malaquais.

Cochet, F., 1989, La reconstruction de Reims après 1918, *Vingtième Siècle. Revue d'histoire* (22, Les générations), 145–7.

Collet, A.-L., 2000, La reconstruction du village de Sommepy après la première guerre mondiale : objectifs, financement et architecture (1919-1931), Reims Université de lettres.

Cornu, M., Orsi, F., and Rochfeld, J., 2021, *Dictionnaire des biens communs,* 2e éd. mise à jour ed., Dictionnaires Quadrige, PUF, Paris.

Cornuaille, B., 2016, *Femmes d'exception en Champagne*, Femmes d'exception, le Papillon rouge éditeur, Villeveyrac.

Correia, M., Carlos, G., and Rocha, S. (eds.), 2014, *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: contributions for sustainable development; proceedings of CIAV 2013, 7th ATP, Versus, Vila Nova de Cerveira, Portugal, 16 - 20 October 2013*, CRC Press, Leiden.

Costa, C., Arduin, D., Rocha, F., and Velosa, A., 2021, Adobe Blocks in the Center of Portugal: Main Characteristics, *International Journal of Architectural Heritage*, **15**(3), 467–78.

Costi de Castrillo, M., Philokyprou, M., and Ioannou, I., 2017, Comparison of adobes from pre-history to-date, *Journal of Archaeological Science: Reports*, **12**, 437–48.

Coutellec, L., Moser, S. J., and Rosa, H., 2021, Introduction, *Revue française d'éthique appliquée*, **1**(11), 27–32.

Crawford, M. B., and Saint-Upéry, M., 2010, *Éloge du carburateur : essai sur le sens et la valeur du travail*, Cahiers libres, la Découverte, Paris.

Cuitiño-Rosales, M. G., Rotondaro, R., and Esteves, A., 2020, Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra., *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, **22**(1), 138–51.

Cuquel, L., Labazuy, J., de Lavaissière, M.-H., Martinet, X., Pinol, C., Raillé, V., Ségalen, É., and Triay, C., 2018, Bâti du XXème siècle. Stratégies pour une rénovation adaptée en Occitanie. En faveur d'une qualité architecturale, d'usage et d'une performance énergétique. Rapport final, programme de recherche-action, CAUE d'Occitanie.

Daïan, J.-F., 2007, Porométrie au mercure - Le modèle XDQ.

Daunay, J., 1973, Maisons rurales, Folklore de Champagne.

Debauve, A., 1886, *Procédés et matériaux de construction, Tome troisième, Quatrième partie - Matériaux de Construction : Pierres, Chaux et Mortiers, Maçonnerie, Bois, Métaux*, Vve C. Dunod, Paris.

Delencre, F., 2017, Terres et pierres pour matières de cultures : l'apparition et la diffusion de nouveaux matériaux et modes de construction dans le Nord-Est de la Gaule romaine (IIème siècle avant J.-C. – IIème siècle après J.-C.), Thèse de doctorat, Université de Bourgogne - Franche Comté.

Demaison, L., 1900, Inventaire-Sommaire des Archives départementales antérieurs à 1790. Marne, Archives ecclésiastiques série G, Tome 1., Matot-Braine.

Demaison, L., 1931, Inventaire-Sommaire des Archives départementales antérieurs à 1790, Marne, Archives ecclésiastiques série G, Tome 2.

Denis, J., and Pontille, D., 2022, *Le soin des choses. Politiques de la maintenance*, La Découverte.

Descostes, M., Pili, E., Felix, O., Frasca, B., Radwan, J., and Juery, A., 2012, Diffusive parameters of tritiated water and uranium in chalk, *Journal of Hydrology*, **452–453**, 40–50.

Dethier, J. and Centre Pompidou (eds.), 1986, *Architectures de terre : atouts et enjeux d'un matériau de construction méconnu ; Europe, Tiers Monde, États-Unis,* Nouv. éd. remaniée, élargie et actualisée ed., Ed. du Centre Pompidou, Paris.

Devedeix, E., 1869, *Mémoire sur la construction des cités ouvrières pour la ville de Reims*, Gérard, imprimeur et lithographe. Reims.

Duhau, I., 2008, De la photographie descriptive à la photographie interprétative, regards croisés pour un inventaire professionnel du patrimoine culturel, In *Photographier le territoire. Actes de la journée d'étude du 2 décembre 2008.*, 57–89, Photographier le territoire. Actes de la journée d'étude du 2 décembre 2008., Région Ile-de-France, Paris, France.

Dumoulin, C., 1981, Étude sédimentologique des carreaux de terre récoltés sur le territoire du parc régional de la montage de Reims, Reims.

Durand, R., 1979, La pédogenèse en pays calcaire dans le Nord-Est de la France, *Sciences Géologiques, bulletins et mémoires* (55), 198.

Ecrement, V., 2024, Sans transition : Une nouvelle histoire de l'énergie, Jean-Baptiste Fressoz, Paris, Éditions du Seuil, 2024, 416p, *e-Phaïstos. Revue d'histoire des techniques / Journal of the history of technology*, **XII**(1).

Fabbri, A., Morel, J. C., Aubert, J.-E., Bui, Q.-B., Gallipoli, D., Ventura, A., Reddy, V. B. V., Hamard, E., Pele-Peltier, A., and Abhilash, H. N., 2021, An overview of the remaining challenges of the RILEM TC 274-TCE, testing and characterisation of earth-based building materials and elements, *RILEM Technical Letters*, **6**, 150–7.

Fabbri, A., Aubert, J.-E., Bras, A. A., Faria, P., Gallipoli, D., Goffart, J., McGregor, F., Perlot-Bascoules, C., and Soudani, L., 2022a, Hygrothermal and Acoustic Assessment of Earthen Materials, In *Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 274-TCE* (eds. A. Fabbri, J.-C. Morel, J.-E. Aubert, Q.-B. Bui, D. Gallipoli, and B. V. V. Reddy), Vol. 35, 83–126, RILEM State-of-the-Art Reports, Springer International Publishing, Cham.

Fabbri, A., Morel, J.-C., Aubert, J.-E., Bui, Q.-B., Gallipoli, D., and Reddy, B. V. V. (eds.), 2022b, *Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 274-TCE*, Vol. 35, RILEM State-of-the-Art Reports, Springer International Publishing, Cham.

Faury, M., 2021, Vers une réalité élargie. Se situer entre savoirs et expériences : trouver sa voix propre et l'inter-relier, In *Lucidités subversives - Dialogues entre savoirs et disciplines sur les injustices épistémiques*.

Félix, M., 1912, *Les logements ouvriers à Reims et dans les environs en 1911*, Lucien Monge. Reims.

Fiévé, N., and Guillot, X., 2021, *Penser l'architecture par la ressource*, Les Cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère 11.

Flécheux, M., 2024, Vers une régénération écoresponsable de l'habitat social collectif du XXe siècle fondée sur la participation des habitants et l'utilisation de matériaux bio et géosourcés, Thèse de doctorat n°2024GRALH022, Université Grenoble Alpes.

Floissac, L., Marcom, A., Colas, A.-S., Bui, Q.-B., and Morel, J.-C., 2009, How to assess the sustainability of building construction processes, In *Fifth Urban Research Symposium 2009*, 17, Marseille.

Frangière, A., 2022, L'engagement public des universitaires : entre liberté académique et déontologie professionnelle. Rapport du Groupe de travail sur la recherche et l'engagement, Université de Lausanne.

Fressoz, J.-B., 2023, Bois et charbon : une histoire symbiotique de l'industrialisation, *Histoire & mesure*, **XXXVIII**(1), 157–86.

Fressoz, J.-B., 2024, *Sans transition : une nouvelle histoire de l'énergie*, Écocène, Éditions du Seuil, Paris.

Fronteau, G., 2000, Comportements télogénétiques des principaux calcaires de Champagne-Ardenne : en relation avec leur facies de dépôt et leur séquençage diagénétique, *theses.fr*, Thèse de doctorat n°2000REIMS011, Reims.

Fronteau, G., Turmel, A., Thomachot-Schneider, C., and Deroin, J.-P., 2011, Building material supply strategy in "Chalky Champagne" area (France): combined use of local raw materials and importations from surrounding regions., In *Geophysical Research Abstracts*, EGU General Assembly 2011, Vienna.

Fronteau, G., and Lelarge, N., 2022, Pierres et carrières des abords de la Meuse ardennaise et lorraine, variétés des matériaux et principaux gisements de pierres de taille, In *Pierre à Pierre. II : Économie de la pierre dans la vallée de la Meuse et dans les régions limitrophes (Ier siècle avant J.-C.-XVIIIe siècle) : actes du colloque international, Namur (UNamur)--Dinant (Centre culturel), 6-8 décembre 2018* (eds. M. Piavaux, D. Blanjean, V. Deleau, Université de Namur, and Maison de la culture (Dinant, Belgium)), 47–61, Études et documents. Archéologie 45, Service public de Wallonie, Territoire, logement, patrimoine, énergie, Agence wallone du patrimoine-Wallonie patrimoine AWaP, Namur.

Gaillard, A., and Bressoux, S., 2025, Le tour de France de Stock des Terres, In *Bâtir avec les terres franciliennes : perspectives pour la filière terre crue après Cycle Terre actes de la Rencontre interprofessionnelle du 28 Juin 2024 à Sevran, 93*, Lanceurs d'avenir, ICEB, Montreuil.

Galmiche, V., 2019, *Construction et réhabilitation en terre crue : points de vigilance*, Agence qualité construction, Paris.

Garrigou Grandchamp, P., 2019, Les demeures urbaines médiévales en France : les fruits d'un renouvellement du regard (1995-2020), *Bulletin Monumental*, **177**(4), 307–58.

Gasnier, H., 2019, Construire en terres d'excavation, un enjeu pour la ville durable, Thèse de doctorat n°2019GREAH001, Université Grenoble Alpes (ComUE).

Genis, L., 2018, Réhabiliter le bâti ancien et les cultures constructives : engagements, épreuves et attachements autour de la réhabilitation du bâti ancien en pisé en Isère, Thèse de doctorat n°2018GREAH018, Université Grenoble Alpes (ComUE).

Gerard, P., Mahdad, M., Robert McCormack, A., and François, B., 2015, A unified failure criterion for unstabilized rammed earth materials upon varying relative humidity conditions, *Construction and Building Materials*, **95**, 437–47.

Gerdeaux, A., 1982, La carrière de craie de Chepy à exploitation artisanale en Champagne Châlonnais, Mémoires de la Société d'agriculture, commerce, sciences et arts du département de la Marne.

Ghyoot, M., and Topalov, H., 2022, Quelle place pour les matériaux de réemploi dans un monde industrialisé ?

GIEC, 2021, Changement climatique 2021 Les bases scientifiques physiques Résumé à l'intention des décideurs, Résumé technique, Questions fréquentes et Glossaire.

GIEC, 2023, Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, First ed., Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Genève, Suisse.

Goizauskas, J., Ergün, O., Geib-Munier, M.-C., Hamard, E., Gentilleau, J. M., Paccoud, G., Nicolas, A., and (Confédération de la Construction en Terre Crue), 2020, Rapport bibliographique « Représentations de la construction en terre crue d'hier à aujourd'hui, en France (et ailleurs) », Projet National Terre.

Guillaud, H., 1980, Histoire et actualité de la construction en terre crue, École d'Architecture de Marseille-Luminy, Marseille.

Guillaud, H., 2011, De traces en repères choisis : éloge terrestre de la brique crue, In *Les cultures constructives de la brique crue : troisièmes échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue, placés sous la présidence du professeur Olivier Aurenche : actes du colloque international de Toulouse, 16 et 17 mai 2008* (eds. O. Aurenche, A. Klein, C.-A. de Chazelles, and N. Pousthomis-Dalle), 35–64, Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue, Éd. de l'Espérou.

Habert, G., Miller, S. A., John, V. M., Provis, J. L., Favier, A., Horvath, A., and Scrivener, K. L., 2020, Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries, *Nature Reviews Earth & Environment*, **1**(11), 559–73.

Hallauer, E., 2017, Du vernaculaire à la déprise d'œuvre : Urbanisme, architecture, design, Thèse de doctorat n°2017PESC1233, Université Paris-Est.

Hamard, E., Cammas, C., Fabbri, A., Razakamanantsoa, A., Cazacliu, B., and Morel, J.-C., 2017, Historical Rammed Earth Process Description Thanks to Micromorphological Analysis, *International Journal of Architectural Heritage*, **11**(3), 314–23.

Hamard, E., 2017, Rediscovering of vernacular adaptative construction strategies for sustainable modern building: application to cob and rammed earth, Thèse de doctorat n°2017LYSET011, Université de Lyon.

Hamard, E., Fabbri, A., and Morel, J.-C., 2022, General Introduction, In *Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 274-TCE* (eds. A. Fabbri, J.-C. Morel, J.-E. Aubert, Q.-B. Bui, D. Gallipoli, and B. V. V. Reddy), 1–15, RILEM State-of-the-Art Reports, Springer Cham.

Hammecker, C., 1993, Importance des transferts d'eau dans la dégradation des pierres en œuvre. Thèse de doctorat n°1993STR13130, Université Louis Pasteur, Strasbourg.

Haraway, D., 1988, Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective, *Feminist Studies*, **14**(3), 575–99.

Haraway, D. J., 2020, *Vivre avec le trouble* Les éditions des mondes à faire ed., Éditions des Mondes à faire. Vaulx-en-Velin (Rhône), Vaulx-en-Velin.

Harper, P., and Mordak, S., 2019, On the money: the merits of degrowth, *The Architectural Review*.

Hejazi, B., Luz, C., Grüner, F., Frick, J., and Garrecht, H., 2024, Characterisation of Adobe and Mud–Straw for the Restoration and Rehabilitation of Persian Historical Adobe Buildings, *Materials*, **17**(8), 1764.

Herbert-Barrat, S., 1977, L'habitation rurale en Champagne, Comité du folklore champenois, In *L'habitation rurale en Champagne* (Comité du folklore champenois).

Holtzapffel, T., 1985, *Les minéraux argileux. Préparation, analyse diffractométrique et détermination,* Société géologique du Nord ed.

Houben, H., and Guillard, H., 1994, *Earth Construction*, Practical Action Publishing.

Huitorel, G., 2018, Pratiques constructives en milieu rural au tournant du XIXe et du XXe siècle : expérimentations et diffusion. Le domaine agricole des frères Métayer dans le Pays de Rennes (1850-1915), Thèse de doctorat n°2018PESC1032, Paris Est.

IDRRIM, 2024, Guide des terrassements des remblais et des couches de forme : Les principes généraux et les annexes techniques, Cerema.

Illampas, R., Ioannou, I., and Charmpis, D. C., 2014, Adobe bricks under compression: Experimental investigation and derivation of stress–strain equation, *Construction and Building Materials*, **53**, 83–90.

Illampas, R., Ioannou, I., and Charmpis, D. C., 2016, Experimental assessment of adobe masonry assemblages under monotonic and loading–unloading compression, *Materials and Structures*, **50**(1), 79.

Imanzadeh, S., Jarno, A., Hibouche, A., Bouarar, A., and Taibi, S., 2020, Ductility analysis of vegetal-fiber reinforced raw earth concrete by mixture design, *Construction and Building Materials*, **239**, 117829.

Imbault, D., 1986, *La Champagne : architecture regionale*, Jaher. Paris.

Iribarren, S. G., 2019, Ivan Illich et la ville conviviale, *Revue du MAUSS*, **54**(2), 44–59.

Jacquemot, S., 2015, Regard archéologique sur les villages martyrs de la Grande Guerre en Lorraine, *Archéopages. Archéologie et société* (40), 140–7.

Jaquin, P. A., Augarde, C. E., Gallipoli, D., and Toll, D. G., 2009, The strength of unstabilised rammed earth materials, *Géotechnique*, **59**(5), 487–90.

Jarrige, F., 2023, Jérôme Denis, David Pontille, Le soin des choses. Politiques de la maintenance, *Artefact. Techniques, histoire et sciences humaines* (18), 443–8.

Jiménez Delgado, M. C., and Guerrero, I. C., 2007, The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review, *Construction and Building Materials*, **21**(2), 237–51.

Joffroy, T., Guillaud, H., and Sadozaï, C., 2017, *Terra Lyon 2016 : actes*, CRAterre.

Jovy, E., 1936, *Les carnets de l'historien Alexis Monteil voyageant dans la Champagne en 1829*.

Laffont, G.-H., 2024, Comment avoir soin, entretenir et ménager les territoires ?, In *Prendre soin. Architecture et philosophie* (eds. Y. Chris, B. Céline, and M. David), 249–61, Arc higraphy, Infolio.

Lambert, G., 2010, Les premières réalisations expérimentales du Plan Construction, entre laboratoire et démonstration, *Lieux Communs - Les Cahiers du LAUA* (13), 55.

Laratte, S., 2022, Les ressources en pierre de construction dans le bâti antique de Reims et leur utilisation, application à l'étude de la Porte de Mars, Thèse de doctorat, Université de Reims Champagne Ardenne.

Larrère, C., 2021, Pourquoi parle-t-on de « transition » écologique ?, *The Conversation France*.

Latouche, S., 2012, *Bon pour la casse : les déraisons de l'obsolescence programmée*, Éd. les Liens qui libèrent, Paris.

Lecat, M., 1995, *Quand les laboureurs courtisaient la terre* France Empire ed.

Lefebvre, P., 2024, Entre durabilité intrinsèque et extrinsèque des matériaux : Quels mondes au bout de nos choix ? Journée d'étude, Présenté à L'architecture durable s'use-t-elle ?, February 1, UCLouvain - Faculté LOCI.

Leroux, R., 1961, Reboisement et défrichement de la Champagne crayeuse, *Revue forestière française* (10), 605–19.

Leylavergne, E., 2016, La filière terre crue en France - enjeux, freins et perspectives, In *Terra Lyon 2016 : Articles sélectionnés pour publication en ligne* (T. Joffroy, H. Guillaud, and C. Sadozaï), 12.

Leymerie, M. A., 1846, *Statistique géologique et minéralogique du département de l'Aube*, Laloy, Troyes.

Li, Y., Du, Q., Liu, T., Peng, X., Wang, J., Sun, J., Wang, Y., Wu, S., Wang, Z., Xia, Y., and Xia, L., 2013, Comparative study of methylene blue dye adsorption onto activated carbon, graphene oxide, and carbon nanotubes, *Chemical Engineering Research and Design*, **91**(2), 361–8.

Linoir, D., 2014, Les horizons d'accumulations carbonatées (HAC) en Champagne-Ardenne ; répartition régionale, caractérisation et conséquences sur les transferts hydriques, Thèse de doctorat, Université de Reims Champagne-Ardenne.

Loisy, C., 1997, Les encroutements carbonatés quaternaires en substrat crayeux (est du bassin de Paris) : rôles de la diagenèse et des actions biologiques, Thèse de doctorat n°1997REIMS026, Reims.

Lusse, J., 1997, Les fouilles de l'église du village déserté de Saint-Hilaire-sur-Moivre (commune de Le Fresne, Marne), *Mémoires de la Société d'agriculture, commerce, sciences et arts de la Marne*, **112**, 25–102.

Maillet, G., 1977, *L'habitation rurale en Champagne*, 1 vols., Travaux du Comité du folklore champenois 6, Comité du folklore champenois, Châlons-sur-Marne.

Malm, A., and Hornborg, A., 2014, The geology of mankind? A critique of the Anthropocene narrative, *The Anthropocene Review*, **1**(1), 62–9.

Malm, A., 2017, *L'anthropocène contre l'histoire : le réchauffement climatique à l'ère du capital*, la Fabrique éditions, Paris.

Marc, A., 1981, LA TERRE, Matière et Matériau, *Hommes et métiers du bâtiment de la Marne*.

Marchaisseau, V., and Pertuisot, G., 2015, Un exemple d'habitat groupé au début du haut Moyen Âge. Le site de Warmeriville « La Bassière » (Marne), *Archéopages : archéologie & société* (40), 124–31.

Marchaisseau, V., 2021, Une maison à pan de bois du XVIe siècle. Grand Est, Marne, Châlons-en-Champagne, 66 rue de la Marne. Rapport de diagnostic archéologique, Inrap Grand Est.

Marchaisseau, V., and Roms, C., 2022, Essor d'une archéologie sur le bâti en Champagne-Ardenne, *Archéopages. Archéologie et société* (Hors-série 6), 198–203.

Marcom, A., 2011, *Construire en terre-paille*, Conseils d'experts, Terre vivante, Mens.

Marcom, A., and Pruvost, G., 2021, S'approprier la comptabilité du temps, de l'argent, des distances, des quantités : une expérience d'autogestion dans l'écoconstruction, *Monde commun*, **6**(1), 140–55.

Marcq, M., 1975, *Villes et villages de Champagne,* Éditions Mars et Mercure ed., Strasbourg.

Mariani, L., 2022, *Le goût des possibles. Enquêtes sur les ressorts symbolistes d'une crise écologique* Presses universitaires de Paris Nanterre ed., Nanterre.

Mariani, L., 2024, *Devenir hétéronomes : sur la pluralité des mondes*, Anthropologie 7, Éditions Mimésis, Paris.

Mariolle, B., Pagnier, M., and Fessard, M., 2023, Une école d'architecture ancrée dans son territoire, *L'école du terrain*.

Maskell, D., Heath, A., and Walker, P., 2013, Laboratory scale testing of extruded earth masonry units, *Materials & Design*, **45**, 359–64.

de Massary, X., Coste, G., and Verdier, H., 2007, *Principes, méthode et conduite de l'Inventaire général du patrimoine culturel*, Documents & Méthodes 9, Ministère de la Culture et de la Communication.

McDonough, W., Braungart, M., and Maillard, A., 2011, *Cradle to cradle: créer et recycler à l'infini,* 3e éd ed., Manifestô, Éd. Alternatives, Paris.

McGregor, F., Heath, A., Shea, A., and Lawrence, M., 2014, The moisture buffering capacity of unfired clay masonry, *Building and Environment*, **82**, 599–607.

Mcgregor, F., Heath, A., Maskell, D., Fabbri, A., and Morel, J.-C., 2016, A review on the buffering capacity of earth building materials, *Proceedings of the ICE - Construction Materials*, **169**(5), 241–51.

Menu, A., 1924, *Construction d'une maison paysanne dans l'ancien temps*, Almanach Matot-Braine.

Meunier, C., 1988, *Construire en terre crue hier et aujourd'hui en Dauphiné en France dans le Monde*, CRDP de Grenoble, Grenoble.

Meyer, J.-P., 2008, Le Service de l'Inventaire du Patrimoine culturel et sa documentation, *Revue d'Alsace* (134), 389–417.

Michel, S., and Michaud-Trévinal, A., 2022, XXII. Donna Haraway. Les savoirs situés : pour une pratique scientifique partielle et relationnelle, In *Les grands auteurs aux frontières du management* (Y. Livian, and M. Bidan), 281–94, EMS Éditions.

Mileto, C., Vegas, F., Cristini, V., and García-Soriano, L. (eds.), 2022, *Proceedings HERITAGE 2022 - International Conference on Vernacular Heritage: Culture, People and Sustainability*, Universitat Politècnica de València, València, Spain.

Mille, E., 2023, CONSTRUIRE LA VILLE EN TERRE : le pisé, matériau essentiel de l'extension urbaine de Lyon (XVe-XIXe siècles), Thèse de doctorat n°2023GRALH009, Université Grenoble Alpes.

Ministère des régions libérés, 1919, Notice sur les constructions en terre. Pisé, carreaux de terre torchis.

Miranda Santos, M., Hilton, A., Poullain, P., Hamard, E., and Mouraud, C., 2022, Rediscovered earth heritage becomes motor for local change - The Guérande Peninsula (France), In *Proceedings HERITAGE 2022 - International Conference on Vernacular Heritage: Culture, People and Sustainability*, 149–56, HERITAGE2022 International Conference on Vernacular Heritage: Culture, People and Sustainability, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain.

Miranda Santos, M., 2022, La terre crue à l'épreuve des ambiances sonores. : Un dialogue entre la mesure physique et les expériences sensibles, Thèse de doctorat n°2022ECDN0064, École centrale de Nantes, Universitat politècnica de Catalunya - BarcelonaTech, Nantes.

Monghassem, M., Ajdari, M., Binesh, S. M., and Vahedifard, F., 2021, Effects of Suction and Drying–Wetting Cycles on Shearing Response of Adobe, *Journal of Materials in Civil Engineering*, **33**(7), 04021173.

Monsaingeon, B., 2014, Le déchet durable : éléments pour une socio-anthropologie du déchet ménager, Thèse de doctorat n°2014PAO10654, Université Panthéon-Sorbonne - Paris I.

Monsaingeon, B., 2017, *Homo detritus : critique de la société du déchet*, Anthropocène, Éditions du Seuil, Paris.

Monsaingeon, B., 2022, Économie circulaire : recycler la promesse d'infini ou prendre au sérieux les limites écologiques, In *Greenwashing : manuel pour dépolluer le débat public* (eds. A. Berlan, G. Carbou, and L. Teulières), 108–15, Anthropocène, ISSN 2270-2431, Le Seuil.

Montaigne, M. de, 1774, *Journal du voyage de Michel de Montaigne en Italie, par la Suisse et l'Allemagne en 1580 et 1581 avec des notes par M. de Querlon.* Tome 1, Le Jay, Rome.

Moore, D. M., and Reynolds, R. C., 1997, *X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals* 2nd ed ed., Oxford University Press, Oxford.

Morel, J. C., Mesbah, A., Oggero, M., and Walker, P., 2001, Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction, *Building and Environment*, **36**(10), 1119–26.

Morel, J. C., and Pkla, A., 2002, A model to measure compressive strength of compressed earth blocks with the '3 points bending test,' *Construction and Building Materials*, **16**(5), 303–10.

Morel, J.-C., Pkla, A., and Walker, P., 2007, Compressive strength testing of compressed earth blocks, *Construction and Building Materials*, **21**(2), 303–9.

Morel, J.-C., and Charef, R., 2019, What are the barriers affecting the use of earth as a modern construction material in the context of circular economy?, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **225**, 012053.

Morel, J.-C., Charef, R., Hamard, E., Fabbri, A., Beckett, C., and Bui, Q.-B., 2021, Earth as construction material in the circular economy context: practitioner perspectives on barriers to overcome, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **376**(1834), 20200182.

Moriset, S., and Misse, A., 2011, *Rénover & construire en pisé dans le Parc naturel régional Livradois-Forez*, Parc naturel régional Livradois-Forez.

Moriset, S., Joffroy, T., Mathilde, B., Hubert, G., Martin, P., and Misse, A., 2018, *Réhabiliter le pisé*, actes sud.

Moulis, I., Jamin, M., and Marcom, A., 2016, Quand les travailleurs de la terre apprennent à la bâtir…, In *Terra Lyon 2016 : Articles sélectionnés pour publication en ligne*, 11, CRAterre, Villefontaine.

Moureaud, C., 2025, L'Aronde, fabrique à Guérande, In *Bâtir avec les terres franciliennes : perspectives pour la filière terre crue après Cycle Terre actes de la Rencontre interprofessionnelle du 28 Juin 2024 à Sevran, 93*, Lanceurs d'avenir, ICEB, Montreuil.

Nadah, J., 2010, Valorisation d'une craie du Nord de la France en assise de chaussée routière, Thèse de doctorat n°2010ECLI0002, École centrale de Lille.

Olivier, M., Mesbah, A., El Gharbi, Z., and Morel, J. C., 1997, Mode opératoire pour la réalisation d'essais de résistance sur blocs de terre comprimée, *Materials and Structures*, **30**(9), 515–7.

Opperman, and Marini, 1859, Les maçonneries en carreaux de terre cimentée (fermes impériales du camp de Châlons, In *Nouvelles annales de la construction, tome 5*, 217.

Ordioni, N., 2011, Le concept de crise : un paradigme explicatif obsolète ? Une approche sexospécifique, *Mondes en développement*, **154**(2), 137–50.

Pacheka, I., 2014, Les dossiers de dommages de guerre, In *Archives de la Grande Guerre : Des sources pour l'histoire* (eds. P. Nivet, C. Coutant-Daydé, and M. Stoll), 416–7, Histoire, Presses universitaires de Rennes, Rennes.

Pagliolico, S., Ronchetti, S., Turcato, E., Bottino, G., Gallo, L. M., and DePaoli, R., 2010, Physicochemical and mineralogical characterization of earth for building in North West Italy, *Applied Clay Science*, **50**, 439–54.

Parracha, J. L., Lima, J., Freire, M. T., Ferreira, M., and Faria, P., 2021, Vernacular earthen buildings from Leiria, Portugal – Architectural survey towards their conservation and retrofitting, *Journal of Building Engineering*, **35**, 102115.

Pelé-Peltier, A., 2023, Toward situated civil engineering: the case of earth construction. Vers du génie-civil situé : le cas de la construction en terre crue, Thèse de doctorat n° 2023ENTP0007, École Nationale des Travaux Publics de l'État [ENTPE], Lyon.

Pelé-Peltier, A., and Goizauskas, J., 2024, Towards a situated understanding of challenges in the design and construction of circular earth buildings: The case study of an office building in France, In *Circular Economy for the Built Environment* (ed. R. Charef), 179–98, Routledge.

Pérouse de Montclos, J.-M., 2003, *La monographie d'architecture*, Documents & Méthodes 10, Ministère de la Culture.

Pesenti, C., 2016, Le site des Terres Soudées à Thillois (Marne) : habitats et structures souterraines du village du Mont-Saint-PIerre entre le XIIe et le XVIIe siècle, *Revue archéologique de l'Est*, tome 65.

Peuchet, J., and Chanlaire, P.-G., 1811, *Description topographique de la France, département de la Haute-Marne*.

Peytremann, É., 2003, Archéologie de l'habitat rural dans le nord de la France du IVe au XIIe siècle, Mémoires de l'Association française d'archéologie mérovingienne 13, AFAM, Saint-Germain-en-Laye.

Pidance, D., and Le Balh, A., 1983, La terre matière / matériau : habitat et équipements bioclimatiques en terre à Reims.

Piérard, C., 1897, Journal de Voyage 1840. Nord de la France et Belgique. LIVRE DU CENTENAIRE, Ecole Polytechnique, Tome III, Gauthier-Villars et fils.

Pierron, J.-P., 2021, L'art d'être touché : Éloge critique de la main et des métiers à l'heure de la modernité tardive, *Revue française d'éthique appliquée*, **11**(1), 93–105.

Pitman, J. I., 1984, Thermal diffusivity of upper chalk from Hampshire, England, *Engineering Geology*, **20**(3), 207–18.

Plumwood, V., 2024, *La crise écologique de la raison* Presses Universitaires de France ed., L'écologie en questions, Presses Universitaires de France.

PNR des Marais du Cotentin et du Bessin, 2010, Restaurer son bâti en terre.

Polidori, G., Aras-Gaudry, A., Beaumont, F., Bogard, F., Murer, S., Lachi, M., Maalouf, C., Moussa, T., Bliard, C., Fronteau, G., and Hamard, E., 2024, Adobe Bricks of the Champagne Region (France): Characterization of a Chalky Raw Earth Construction Material, *Materials*, **17**(10), 2307.

Polidori, G., Aras-Gaudry, A., Rousse, C., Beaumont, F., Bogard, F., Murer, S., Moussa, T., Bliard, C., Fronteau, G., and Hamard, E., 2025a, Analysis of adobes from vernacular raw earth buildings in the Champagne region (France), *Construction and Building Materials*, **470**, 140582.

Polidori, G., Aras-Gaudry, A., Beaumont, F., Bogard, F., Murer, S., Nait-Rabah, O., Bliard, C., Fronteau, G., and Hamard, E., 2025b, Recyclability of vernacular adobes with high chalk content in the context of sustainable construction, *Case Studies in Construction Materials*, **22**, e04145.

Polidori, G., Hamard, E., Aras-Gaudry, A., Rousse, C., Beaumont, F., Murer, S., Lachi, M., Bliard, C., and Bogard, F., 2025c, Analysis of a chalky earthen masonry unit from the Champagne region (France): Is it relevant to stabilize mortar with hydraulic lime?, *Developments in the Built Environment*(24), 100756.

Potier, D., 2015, *Reims 1919-1930, reconstruire la cité*, Ed. Carnets de sentier, Reims.

Povillon-Piérard, É.-F.-X. A. du texte, 1826, *Tableau historique et statistique de la montagne et du village de Brimont, près de Reims*, Imprimerie Boniez-Lambert, Châlons.

Prost, Q., 2025, Chroniques sédimentaires : Fabrique d'une filière élargie pour la construction en terres alluviales dans le bassin d'Arcachon et ses bassins-versants, Thèse de doctorat n°2025BORD0108, Université de Bordeaux.

Pruvost, G., 2021, *Quotidien politique : féminisme, écologie et subsistance*, L'horizon des possibles, La Découverte, Paris.

Rager, M., Stern, E., and Walter, R., 2020, *Le tour de France des maisons écologiques*, Éditions Alternatives, Paris.

Rattier, R., 2024, Concevoir en bauge aujourd'hui : Contribution au renouvellement de l'architecture contemporaine, Thèse de doctorat, Université de Rouen.

Ravaux, J.-P., 1979, Les matériaux de construction utilisés à Châlons-sur-Marne du XIIe au XVIIIe siècle, Comité du Folklore Champenois.

Raynaud, C., 2023, Émilie Léal, Claire-Anne de Chazelles, Philippe Devillers (dir.), Architecture et construction en terre crue. Approches historiques, sociologiques et économiques, *Archéologie médiévale* (53), 343–4.

Remy, J.-M., 1993, Influence de la structure du milieu poreux carbonate sur les transferts d'eau et les changements de phase eau-glace : application à la durabilité au gel de roches calcaires de Lorraine, Thèse de doctorat n°1993INPL132N, Institut National Polytechnique de Lorraine.

Renaudin, C., and Mergnac, M.-O., 2016, *Les archives des dommages de guerre*, Guides de généalogies, Archives et Culture, Paris.

Ribeiro, T., 2021, Conservation of Earth heritage: an approach for a new methodology, Thèse de doctorat, Universidade Nova de Lisboa, Lisbonne, Portugal.

Rochel, X., 2022, Que reste-t-il de la ceinture maraîchère de Nancy ?, *Revue de géographie historique*(21–22).

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., and Foley, J. A., 2009, A safe operating space for humanity, *Nature*, **461**(7263), 472–5.

Rode, C., Peuhkuri, R. H., Hansen, K. K., Time, B., Svennberg, K., Arfvidsson, J., and Ojanen, T., 2005, NORDTEST Project on Moisture Buffer Value of Material, In *AIVC 26th conference*, 47–52, INIVE eeig.

Rojat, F., Hamard, E., Fabbri, A., Carnus, B., and McGregor, F., 2020, Towards an easy decision tool to assess soil suitability for earth building, *Construction and Building Materials*, **257**, 119544.

Rollot, M., Schaffner, M., and Constant, E., 2021, *Qu'est-ce qu'une biorégion ?*, Petite bibliothèque d'écologie populaire, Wildproject, Marseille.

Roms, C., 2024, Archéologie sur le bâti de l'église Saint-Réol : nouvelles données architecturales et chronologiques. Rapport d'étude de bâti, Inrap Grand Est.

Rosa, H., and Chaumont, T., 2014, *Aliénation et accélération : vers une théorie critique de la modernité tardive*, La Découverte-poche, la Découverte, Paris.

Royer, C., 2001, *Champagne Ardenne : l'architecture rurale française*, L'Architecture rurale française, éditions A Die.

Royer, C., 2011, Les carreaux de terre crue en Champagne-Ardenne, In *Les cultures constructives de la brique crue* (C.-A. de Chazelles, A. Klein, and N. Pousthomis), Editions Espérou, ENSAM.

Ruchon, M., 2015, Chapitre 17. La part contributive de l'intensité sociale dans la transition écologique. Quelle place donner à l'énergie métabolique dans la recomposition énergétique, In *Réussir la transition énergétique* (eds. H.-J. Scarwell, D. Leducq, and A. Groux), 225–34, Presses universitaires du Septentrion.

Rückrich, S., Agranati, G., and Grobman, Y. J., 2024, Evaluating Clay Characteristics for Printable Geo-Materials: A Case Study of Clay–Sand Mixes, *Buildings*, **14**(6), 1576.

Ruefly, S., and Stadnicki, C., 2017, *L'architecture de terre crue en Bas-Quercy*, Focus, Inventaire de la Région Occitanie, Toulouse.

Ruefly, S., and Stadnicki, C., 2022, L'adobe dans la société paysanne du Bas-Quercy (Tarn-et-Garonne, France) à travers les sources textuelles et iconographiques de la seconde moitié du XIXe siècle., In *Architecture et construction en terre crue: approches historiques, sociologiques et économiques actes de la table ronde internationale de Montpellier, 23 et 24 octobre 2019*, volume 5 vols., 472 pages, Échanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue, Éditions de l'Espérou, Montpellier.

Sainsaulieu, M., 1924, Reims, sa région, ses matériaux, In *Bulletin mensuel de l'Association provinciale des architectes français*, Congrès tenu à Reims du 10 au 15 juin 1924 de l'Association provinciale des Architectes français : compte-rendu.

Saint-Félix, A.-J.-M. de (1794-1866) A. du texte, 1858, *Architecture rurale, théorique et pratique, à l'usage des propriétaires et des ouvriers de la campagne*, impr. de J.-M. Douladoure, Toulouse.

Sánchez, A., Varum, H., Martins, T., and Fernández, J., 2022, Mechanical properties of adobe masonry for the rehabilitation of buildings, *Construction and Building Materials*, **333**, 127330.

Sauvage, C., and Buvignier, A., 1842, *Statistique minéralogique et géologique du département des Ardennes*, Trécourt, Mézuère.

Sauvage, M., 1998, *La brique et sa mise en œuvre en Mésopotamie : des origines à l'époque achéménide*, Centre de recherche d'archéologie orientale, Université de Paris I 13, Éd. Recherche sur les civilisations, Paris.

Savard-Laroche, S., 2024, Rationalité et crise écologique, *La Vie des idées*.

Scarato, P., and Jeannet, J., 2015, Cahier d'expert bâti en pisé : connaissance, analyse, traitement des pathologies du bâti en pisé en Rhône Alpes et Auvergne, Saint-Laurent-de-Chamousset, France.

Scharffhausen, J.-B., 2019, *Thillois dans la Grande guerre, 1914-1918 : des ruines au renouveau, Thillois et ses alentours*, 1 vols., Commission du Centenaire 14-18, Commune de Thillois, Thillois.

Schöngart, S., Nicholls, Z., Hoffmann, R., Pelz, S., and Schleussner, C.-F., 2025, High-income groups disproportionately contribute to climate extremes worldwide, *Nature Climate Change*, **15**(6), 627–33.

Simay, P., 2024, *Bâtir avec ce qui reste : quelles ressources pour sortir de l'extractivisme ?*, L'esprit des Villes 9, Éditions Terre urbaine, Saint-Mandé.

Société des architectes de la Marne, 1897, Série des prix, Impr. de l'Indépendant rémois. Reims.

Société des architectes de la Marne, 1913, Série des prix, Impr. de l'Indépendant rémois. Reims.

Solioz, C., 2025, « Prendre soin. Architecture et philosophie » sous la direction de Chris Younès, Céline Bodart, David Marcillon, *Revue Topophile*, **édition numérique**.

Soudani, L., 2016, Modelling and experimental validation of the hygrothermal performances of earth as a building material, Thèse de doctorat n°2016LYSET011, École Nationale des Travaux Publics de l'État, Lyon.

Souviron, J., 2021, Jane Hutton, Reciprocal Landscapes: Stories of Material Movements, *Les Cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère*.

Tarbé, P., 1844, *Reims : ses rues et ses monuments*, Libraire de Quentin-Dailly.

Tarbé, P., 1851, *Recherches sur l'histoire du langage et des patois de Champagne*, Vol. Tome 1, Impr. de P. Regnier, Reims.

Thibon, L., 1919, Notice à l'usage des sinistrés, concernant la construction de maisons-provisoires en carreaux de terre, Marne. Préfecture, Reims.

Thiry, M., Carrillo, N., Franke, C., and Martineau, N., 2013, Technique de préparation des minéraux argileux en vue de l'analyse par diffraction des Rayons X et introduction à l'interprétation des diagrammes. Rapport technique, Centre de Géosciences, École des Mines de Paris, Fontainebleau, France.

Thomachot, C., 2002, Modifications de propriétés pétrophysiques de grès soumis au gel ou recouverts "d'encroûtements noirs vernissés." Thèse de doctorat n° 2002STR13214, Université Louis Pasteur, Strasbourg.

Tiez Breiz, A., 1993, Chaux aérienne et techniques de mise en œuvre, Rennes : Association Tiez Breiz, Maisons et paysages de Bretagne.

Truc, M.-C., 2019, Grand Est, Marne, Saint-Memmie, 24-28 rue du Grand Mau : Occupations médiévales sur les berges du Mau. Research Report, Inrap : SRA Champagne-Ardenne.

Truc, M.-C., and Rémy, A., 2024, *Archéologie de l'habitat rural du premier Moyen Age en Champagne-Ardenne (fin Ve-XIIe siècles). Un bilan régional de trente ans d'archéologie préventive Volume 1, Synthèses*, Mémoires, AFAM.

Turmel, A., 2014, Répartition et utilisation des pierres et géomatériaux de construction dans le bâti du Pays rémois - analyse spatiale et propriétés pétrophysiques -, Thèse de doctorat n°2014REIMS022, Reims.

UNEP, 2024, Global Status Report for Buildings and Construction. Beyond foundations: Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector, UN environment programme, Nairobi.

UNESCO, 2003, Déclaration universelle sur la diversité culturelle : une vision, une plateforme conceptuelle, une boîte à idées, un nouveau paradigme.

United Nations Environment, and Yale Center for Ecosystems + Architecture, 2023, *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future* Lisa Matany, Sharon Benzoni ed., Technical Reports, United Nations Environment Programme.

Vacher, A., 1908, L. Gallois. Régions naturelles et noms de pays, *Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest*, **24**(3), 417–9.

Valtorta, R., 2013, L'Archivio dello spazio [L'Archive de l'espace] : point d'arrivée, point de départ, In *Patrimoine photographié, patrimoine photographique* (eds. R. Bertho, J.-P. Garric, and F. Queyrel), Voies de la recherche, Publications de l'Institut national d'histoire de l'art, Paris.

Van Damme, H., and Houben, H., 2018, Earth concrete. Stabilization revisited, *Cement and Concrete Research*, Report of UNEP SBCI WORKING GROUP ON LOW-CO2 ECO-EFFICIENT CEMENT-BASED MATERIALS, **114**, 90–102.

Varda, A., 2000, Les Glaneurs et la Glaneuse. Documentaire, Ciné-Tamaris.

Ventura, A., Ouellet-Plamondon, C., Röck, M., Hecht, T., Roy, V., Higuera, P., Lecompte, T., Faria, P., Hamard, E., Morel, J.-C., and Habert, G., 2022, Environmental Potential of Earth-Based Building Materials: Key Facts and Issues from a Life Cycle Assessment Perspective, In *Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements: State-of-the-Art Report of the RILEM TC 274-TCE* (eds. A. Fabbri, J.-C. Morel, J.-E. Aubert, Q.-B. Bui, D. Gallipoli, and B. V. V. Reddy), Vol. 35, 261–96, RILEM State-of-the-Art Reports, Springer International Publishing, Cham.

Vergès-Belmin, V., 2008, *ICOMOS-ISCS: illustrated glossary on stone deterioration patterns* English-French version ed., Monuments and sites 15 15, ICOMOS, Paris.

Verrecchia, E. P., and Verrecchia, K. E., 1994, Needle-fiber calcite; a critical review and a proposed classification, *Journal of Sedimentary Research*, **64**(3a), 650–64.

Verron-Guillemot, L., 2024, Construire en terre crue : influence des propriétés de la terre à disposition sur le choix des techniques constructives, Thèse de doctorat n°2023NANU4089, Nantes Université.

Viart, A. J., 1794, *Maisons à pans de bois*, 42, Travaux du Comité du folklore champenois.

Villain, V., 2020, Sociologie du champ de la construction en terre crue en France (1970-2020), Thèse de doctorat n°2020LYSE2067, Université de Lyon.

Williams, C., Goodhew, S., Griffiths, R., and Watson, L., 2010, The feasibility of earth block masonry for building sustainable walling in the United Kingdom, *Journal of Building Appraisal*, **6**(2), 99–108.

Liste des figures

Figure 0-1 : Changement de la température à la surface du globe observé et simulé en considérant les facteurs humains et naturels et les facteurs naturels uniquement 23
Figure 0-2 : L'évolution du cadre des limites planétaires. 23
Figure 0-3 : Déchargement de bois de mine à West Hartlepool, au sud de Newcastle. 25
Figure 0-4 : Évolution de la consommation d'énergie par personne, en moyenne mondiale, depuis 1860 25
Figure 0-5 : Consommation de matière en France en 2021 et évolution depuis 1990 27
Figure 0-6 : Production de déchets en France en 2020 et évolution depuis 2004. 27
Figure 0-7 : Différents horizons de la terre et représentation des grains contenus dans la terre. 29
Figure 0-8 : Présence de la construction en terre dans le monde, avec la localisation des sites au patrimoine mondial de l'UNESCO. 30
Figure 0-9 : Roue des techniques de la construction en terre, élaborée par le CRAterre et diffusée en 1989 dans l'ouvrage « Traité de construction en terre crue » 30
Figure 0-10 : Cartographie du patrimoine en terre par technique et réseau professionnel en 2012 31
Figure 0-11 : Membres de la Confédération terre crue. 33
Figure 0-12 : Organisation des axes de recherches et 3 groupes de travail du Projet National Terre 34
Figure 0-13 : Localisation de la Champagne crayeuse. 37
Figure 0-14 : En haut : *carte et coupe géologiques simplifiées du Bassin de Paris.* En bas : *Géologie simplifié de la Champagne* 39
Figure 0-15 : Formation des poches de cryoturbation 40
Figure 0-16 : Poches de cryoturbation caractéristiques délimités par des cheminées de poche 40
Figure 0-17 : Formation des graveluches par fluage des poches de cryoturbation 40
Figure 0-18 : Carreaux de terre relevés par Turmel (2014) sur le pays rémois. 44
Figure 0-19 : Cartographies de dynamiques régionales autour de l'architecture. 47
Figure 1-1 : Emploi de la brique crue dans les maçonneries pour le sites du Nord-Est de la France sur la période gallo- romaine. 56
Figure 1-2 : E. Mur bahut en place surmonté de 3 assises préservées de briques crues. 57
Figure 1-3 : Mur en carreaux de terre sur la fouille de Saint-Memmie (Truc, 2019). 59
Figure 1-4 : Fouilles archéologiques 61
Figure 1-5 : Fouilles archéologiques 61
Figure 1-6 : Notices pour la reconstruction 64
Figure 1-7 : Photographies de destruction 67
Figure 1-8 : Plan et photographies de Tillois 67
Figure 1-9 : Maisons Terre Bois Soleil au Salon du Logement à la Foire de Paris. 71
Figure 1-10 : Chantier terre. 72
Figure 1-11 : Plan de maison réalisée à Saint-Brice-Courcelles. 73
Figure 1-12 : Opération en terre crue. 73
Figure 1-13 : Frise chronologique des périodes d'emploi du carreau de terre attesté par l'étude bibliographique. La liste des références bibliographique est non exhaustive. 75
Figure 1-14 : Cartes représentant l'emploi du carreau de terre champenois à l'échelle nationale 77
Figure 1-15 : Cartographie Aube. 78
Figure 1-16 : Cartographie locale du patrimoine en carreaux de terre sous forme de maçonnerie de remplissage des pan de bois. 79
Figure 1-17 : Constructions en terre et types de sols. 80
Figure 1-18 : Répartition du patrimoine relevé dans la littérature 81
Figure 1-19 : Exemple de plans d'habitat ouvrier proposé par Eugène Devédeix (1869) 83

Figure 1-20 : Photos d'habitations en carreaux de terre effondrées. 87
Figure 1-21 : Cartographies 91
Figure 1-22 : Relevé des carrières de terre à carreaux, des terres bonnes pour la confection de carreaux et de torchis. 95
Figure 1-23 : Localisation des terrières d'après les cadastres napoléoniens et les états de section. 96
Figure 1-24 : Occupation du sol de la butte de Brimont en 1834 97
Figure 1-25 : Photographie d'un échantillon d'horizon d'accumulations carbonatées champenois 99
Figure 1-26 : Moules à carreaux de terre 101
Figure 1-27 : Étape de préparation de la terre. Planche réalisée par Chapelon (1981) 102
Figure 1-28 : Démoulage des carreaux de terre. Dessin Chapelon (1981) 103
Figure 1-29 : Lithographie en couleur. Dessiné d'après nature et lithographié par A. Maugendre vers le milieu du 19e siècle 106
Figure 1-30 : Production de briques destinées à la cuisson, près de Montauban à la fin du 19e siècle 108
Figure 1-31 : Cadastre napoléonien (début 19e siècle) 109
Figure 1-32 : Extrait du plan issu de la série 10 R 1703 des archives départementales de la Marne 111
Figure 1-33 : Extrait de journaux locaux. Le Courrier de la Champagne 112
Figure 1-34 : Photographies. Gauche : Carreaux de terre en remplissage 114
Figure 1-35 : Vue des carreaux de terre en pan de bois repéré lors du diagnostic archéologique sur le bâtiment au 66 rue de la Marne à Châlons-en-Champagne. 114
Figure 1-36 : Appareillage des carreaux de terre reporté par Guillaud (1980) 115
Figure 1-37 : Gauche : Appareillages traditionnels des carreaux de terre 116
Figure 1-38 : Appareillage peu soigné ayant entrainé des fissuration 116
Figure 1-39 : Ouvertures traditionnelles dessinés par Chapelon (1981) 117
Figure 1-40 : Variante au sein d'un même mur. 119
Figure 1-41 : Lieux de prélèvements des carreaux de terre pour l'étude de la Faculté des Sciences de Reims par Dumoulin (1981). 121
Figure 1-42 : Ensemble des communes concernées par les carreaux de terre. D'après la littérature vue dans le chapitre 1. 127
Figure 2-1 : Exemple de matériau à base de ciment se dégradant avec les intempéries 132
Figure 2-2 : Photographies des sorties de terrains en Champagne 133
Figure 2-3 : Photographie de la tablette Crosscall Core-T4. 135
Figure 2-4 : Différents fonds de plan utilisés sur la tablette 135
Figure 2-5 : a : Bâtiment en pierre et torchis 137
Figure 2-6 : Cartographie des sorties de terrain pour l'étude des limites du patrimoine en carreaux de terre en Champagne. 139
Figure 2-7 : Exemple de carreaux de terre repérés sur un bâtiment à Bagneux (Marne) 139
Figure 2-8 : Transect réalisé en zone de front 138
Figure 2-9 : Transects réalisés dans la ville de Reims 140
Figure 2-10 : a : Boîte d'archives de la série 10 R 1117 145
Figure 2-11 : Exemple de photos d'un bâtiment à Saint-Brice-Courcelles 146
Figure 2-12 : Cartographie des communes possédant du bâti en carreaux de terre 149
Figure 2-13 : Photographies en limites 150
Figure 2-14 : Carreaux de terre dans un mur intérieur à Sissonne (Aisne) 151
Figure 2-15 : Patrimoine en carreaux de terre en technique porteuse et en remplissage, en lien avec les régions naturelles 154
Figure 2-16 : Patrimoine en carreaux de terre en technique porteuse et en remplissage, en lien avec

la géologie. 155
Figure 2-17 : Limite ouest de la cuesta d'Ile-de-France 156
Figure 2-18 : Limite sud de la vallée de la Seine 156
Figure 2-19 : Limites au sud de Troyes et plaine de Brienne, et plaine du Perthois 157
Figure 2-20 : Limite avec le Crétacé inférieur 157
Figure 2-21 : Carreaux de terre en pans de bois à Villers-en-Argonne et Bettancourt-la-Longue dans la Marne 158
Figure 2-22 : Limite au niveau de crêtres oréardennaises 158
Figure 2-23 : Découverte d'un patrimoine en terre crue : Damier avec carreaux de terre, bauge et pisé. 160
Figure 2-24 : Localisation des photos pour les techniques du carreau de terre porteur 161
Figure 2-25 : *Bâtiments en carreaux de terre porteurs (1)* 162
Figure 2-26 : Bâtiments en carreaux de terre porteurs (2) 163
Figure 2-27 : Bâtiments en carreaux de terre porteurs (3) 164
Figure 2-28 : Ancienne briqueterie à Montreuil-sur-Barse (Aube) 165
Figure 2-29 : Localisation des photos pour les techniques du carreau de terre de remplissage 166
Figure 2-30 : Bâtiments en carreaux de terre en remplissage de pans de bois (1) 167
Figure 2-31 : Bâtiments en carreaux de terre en remplissage de pans de bois (2) 168
Figure 2-32 : LIaisons en remplissage de pans de bois 169
Figure 2-33 : Bâtiments en pans de bois et torchis 170
Figure 2-34 : Bâtiment en pisé 171
Figure 2-35 : Bâtiment en pisé 172
Figure 2-36 : Localisation des photos pour les techniques de la bauge, du damier et indéterminée, dans la Bassée 172
Figure 2-37 : Bâtiments en bauge 173
Figure 2-38 : Bâtiments en damier 174
Figure 2-39 : Bâtiment présentant du damier 175
Figure 2-40 : Techniques indéterminée laissant penser à de la bauge 176
Figure 2-41 : Techniques indéterminées 176
Figure 2-42 : Répartition des techniques constructives en terre crue relevées (Hors torchis) 177
Figure 2-43 : Répartition des techniques mixtes en terre crue relevées 178
Figure 2-44 : Localisation des photos des techniques mixtes de terre crue 178
Figure 2-45 : Pans de bois torchis et carreaux de terre 179
Figure 2-46 : Maçonnerie de carreaux de terre au premier niveau et torchis à l'étage 179
Figure 2-47 : Bâtiments présentant deux techniques de construction particulière, dont au moins une en terre en terre. 180
Figure 2-48 : Bâtiment en bauge et carreaux de terre à Entraigues 180
Figure 2-49 : Localisation des photos des combinaisons de matières locales 181
Figure 2-50 : Les différentes compositions et assemblages de matériaux. 182
Figure 2-51 : Photographie d'arc de décharge en carreaux de terre 184
Figure 2-52 : Localisation des photos des conduits de cheminée en carreaux de terre 185
Figure 2-53 : Carreaux de terre en cheminée 185
Figure 2-54 : Localisation des photographies des murs à double parement (carreaux de terre en intérieur) 186
Figure 2-55 : Murs à double-parement dont l'intérieur est en carreaux de terre 187
Figure 2-56 : Églises présentant des carreaux de terre 188
Figure 2-57 : Présences de rangées de carreaux de terre sur les rangées supérieures 189
Figure 2-58 : Rangées supérieures en carreaux de terre en plaine de la Limagne 190

Figure 2-59 : Rebouchage de baies en carreaux de terre 190
Figure 2-60 : Carreaux de terre sous rampant au niveau du pignon dans les Ardennes 191
Figure 2-61 : Briques de terre crue sous rampant en Limagne 192
Figure 2-62 : Pignon en carreaux de terre. 192
Figure 2-63 : Murs de clôtures avec carreaux de terre. 193
Figure 2-64 : Rue avec carreaux de terre apparents à Ambonnay (Marne) 194
Figure 2-65 : Rue avec carreaux de terre apparents à Vraux (Marne) 195
Figure 2-66 : Carreaux de terre dans la ville d'Épernay 196
Figure 2-67 : Photographie de destruction à Châlons-en-Champagne durant la seconde guerre mondiale 197
Figure 2-68 : Carreaux de terre dans la ville de Châlons-en-Champagne 197
Figure 2-69 : Carreaux de terre dans la ville de Troyes. 198
Figure 2-70 : Localisation des bâtiments présentant des carreaux de terre dans la ville de Reims 199
Figure 2-71 : Carreaux de terre suite à la chute de l'enduit dans la ville de Reims 200
Figure 2-72 : Carreaux de terre visibles lors de réfection de façade (a, b), bâtiments démolis (c, e) ou en ruine (d). Reims 201
Figure 2-73 : Carreaux de terre visible en pignon dans la ville de Reims 202
Figure 2-74 : Murs de clôture en carreaux de terre dans la ville de Reims 202
Figure 2-75 : Carreaux de terre découverts lors de visite de chantier. Reims 203
Figure 2-76 : Localisation des photographies des carreaux de terre avec fragments de craie, dit « crayon ». 205
Figure 2-77 : Carreaux de terre à fragments de craie 206
Figure 2-78 : Carreaux de terre avec graveluche 207
Figure 2-79 : Localisation des photographies des carreaux de terre avec alluvions 209
Figure 2-80 : Carreaux de terre avec alluvions 210
Figure 2-81 : Carreaux de terre argileux (faïençage en surface) 211
Figure 2-82 : Carreaux de terre avec présence de fibres 211
Figure 2-83 : Fissurations verticales 213
Figure 2-84 : Décollement et détachement des enduits. 214
Figure 2-85 : Erosion de surface 215
Figure 2-86 : Érosion différentielle avec le mortier 215
Figure 2-87 : Érosion différentielle de changement de matériau 217
Figure 2-88 : Érosion en pied de mur 217
Figure 2-89 : Érosion gravitaire par absence de protection en haut du mur 218
Figure 2-91 : Effondrement du mur pignon d'un bâtiment à Reims 219
Figure 2-92 : Perforations dans le mur dues à des insectes 219
Figure 2-93 : Formation d'une couche en surface des carreaux de terre 220
Figure 2-94 : Développement de lichens 220
Figure 2-95 : Développement de mousses 220
Figure 2-96 : Développement végétal en façade 221
Figure 2-97 : Enduits ciments sur carreaux de terre 222
Figure 2-98 : Étape de la pose d'enduit à la chaux sur un mur en carreaux de terre 222
Figure 2-99 : Enduit réalisé par O. Berthaut à Troyes en 2018 223
Figure 2-100 : Mise en lien de la discontinuité du patrimoine 224
Figure 2-101 : Localisation de la zone rouge 225
Figure 2-102 : Transect en zone de front 226
Figure 2-103 : Bâti en carreaux de terre relevé lors du transect 227
Figure 2-104 : Hangar en carreaux de terre non enduit 229

Figure 2-105 : Photographies à plus de 5 km de la zone rouge 230
Figure 2-107 : Photographie dans la zone de front 231
Figure 2-108 : Bâtiment de la reconstruction 232
Figure 2-109 : Bâtiments de la reconstruction 233
Figure 2-110 : Typologie des bâtiments relevés dans les archives 234
Figure 2-111 : Répartition des matériaux en fonction des façades des bâtiments d'habitation 235
Figure 2-112 : 236
Figure 2-113 : Cartographie des bombardements sur Reims de 1914 à 1917 237
Figure 2-114 : Localisation des bâtiments composés de carreaux de terre sur le plan *de la ville de Reims de 1914* 238
Figure 2-115 : Typologie des bâtiments relevés dans les archives pour la ville de Reims 239
Figure 2-116 : Images d'archives de bâtiments en carreaux de terre détruits durant la Première Guerre mondiale 240
Figure 2-117 **:** 242
Figure 2-118 : Localisation de l'Îlot des Magasins Généraux appartenant à la ZAC du Port Colbert, dans la ville de Reims 243
Figure 2-119 : Tajetctoire de la matière 244
Figure 2-120 : Plan de zonage du stockage des matériaux sur le site d'Eurovia. 244
Figure 2-121 : Représentation de ceuillettes 245
Figure 2-122 : Trajectoires opposées 245
Figure 2-123 : 16 maisons individuelles, Atlas des Régions Naturelles, 2018 247
Figure 2-124 : Mise en série de photos du patrimoine en carreaux de terre 248
Figure 2-125 : Les différentes typologies et mises en œuvre du carreau de terre en Champagne et ses marges 249
Figure 2-126 : «Travaux en cours». Bretagne, France, 2023 250
Figure 2-127 : Ambonnay, rue de la musique 251
Figure 2-128 : Villers-aux-Nœuds, impasse Brochet 252
Figure 2-129 : Détail d'une façade. Montant et jambage en bois 253
Figure 2-130 : Détail de composition d'un carreau de terre 254
Figure 2-131 : 255
Figure 3-1 : Bâtiments en ruine ou en état de dégradation avancée. 261
Figure 3-2 : Localisation des sites de prélèvement des échantillons 262
Figure 3-3 : Une partie des carreaux prélevés 263
Figure 3-4 : Échantillons de carreaux de terres prélevés 264
Figure 3-5 : a : le site des fouilles de la SERNAM à Reims 265
Figure 3-6 : Préparation des échantillons 267
Figure 3-7 : Protocole de prélèvement des échantillons pour analyse. 267
Figure 3-8 : Étapes de préparation pour la granulométrie laser 269
Figure 3-9 : a : *Le diffractmètre à rayon X* 271
Figure 3-11 : Réalisation des lames minces 274
Figure 3-12 : MEB 274
Figure 3-13 : Stockage des carreaux de terre avant préparations pour les tests de résistance mécanique 275
Figure 3-14 : Surfaçage des carreaux de terre 276
Figure 3-16 : a : essai à la flexion 3 points en cours 277
Figure 3-17 : Étape de réalisation du Test RILEM pour la résistance à la compression. 279
Figure 3-18 **:** *Porosimétrie mercure* 280
Figure 3-19 : Étape de fabrication des échantillon en terre crue : 282

Figure 3-20 : Évaluation expérimentale du seuil de pression manuelle exercé pour réaliser les échantillons. 283
Figure 3-20 : Tranches réalisées dans des carreaux de terre provenant des Ardennes (08) 287
Figure 3-21 : Espace colorimétrique CIELAB (1976) 287
Figure 3-22 : Valeurs de clarté (L) et de chromaticité (a* et b*) des carreaux de terre crayeux (bleu) et non crayeux (vert).* 289
Figure 3-24 : Comparaison de la présence d'éléments grossiers en lame mince sous lumière polarisée non analysée et analysée, pour chaque échantillon 291
Figure 3-25 : Observation au microscope optique en LPA 292
Figure 3-26 : Observation au microscope optique en LPA de différents types de porosité d'après Choquette et Pray (1970) 293
Figure 3-27 : Observation au microscope optique 293
Figure 3-28 : Microscope optique en LPA. Observation du développement des phases calcitiques dans les pores 294
Figure 3-29 : Porosité et « aire ouverte » à micro-aiguilles observée dans 10 CHA 294
Figure 3-30 : a : *Gravier de craie arrondi sans trace d'altération périphérique. Présence d'un ciment de calcite cristallisé sur le pourtour.* b : *Graviers de craie partiellement altérés* 295
Figure 3-31 : a : *Trace de la présence ancienne d'une fibre végétale (Pf).* b : *Présence de deux Biosphéroïdes calcitiques de vers de terre (Bcv)* 295
Figure 3-32 : Macroporosité vacuolaire (bulles) observée dans F 673. 295
Figure 3-33 : Observation au MEB. a : *un élément de graveluche (Gr) au sein d'une matrice avec beaucoup de quartz (Qz).* b : *Matrice très concentrée en quartz.* 296
Figure 3-34 : Observation au MEB. Présence de grains de quartz, de glauconie et de graviers de craie cassés, remaniés. 296
Figure 3-35 : Observation au MEB. Porosité sous forme de vacuoles 297
Figure 3-36 : Observation au MEB. Sédiment carbonaté de type craie marneuse avec présence de fibres animales. 297
Figure 3-37 : Observation au MEB. Grossissement sur la fibre animale. 298
Figure 3-38 : Observation au MEB d'une matrice très chargée en quartz (Qz) avec présence d'oxydes de fer. 298
Figure 3-39 : Images tirées du MEB des carreaux de terre de la Champagne Crayeuse 300
Figure 3-40 : Images tirées du MEB (x5000) des carreaux de terre des Ardennes 301
Tableau 3-11 : Synthèse du pH et de la teneur en carbonate et en matière organique des carreaux de terre. 302
Figure 3-41 : Courbe de porosimétrie au mercure de l'échantillon 08 DOM 581 D et du seuil de pore (R_a) 305
Figure 3-42 : Courbe de l'intrusion différentielle logarithmique de l'échantillon 08 DOM 581 D et du rayon moyen (R_m) 305
Figure 3-43 : Courbe de porosimétrie au mercure de l'échantillon 10 CHA 881 D et rayon moyen (Rm1) 307
Figure 3-44 : Courbe de l'intrusion différentielle logarithmique de l'échantillon 10 CHA 881 D et du rayon moyen (Rm2) 307
Figure 3-45 : Courbe de porosimétrie au mercure de l'échantillon 51 BRU 991 D et du seuil de pore (Ra) 309
Figure 3-46 : Courbe de l'intrusion différentielle logarithmique de l'échantillon 51 BRU 991 D et du rayon moyen (Rm) 309
Figure 3-47 : Répartition des gammes de pores pour chaque échantillon 311
Figure 3-48 : Particules supérieures à 2 mm (graviers) présentes dans les tranches qui ont servies à la réalisation de la granulométrie laser 312

Figure 3-49 : Granulométrie au tamis de trois terres présentant des typologies visuelles différentes 313
Figure 3-50 : Courbe granulométrique issus de carreaux de terres de sept provenances 314
Figure 3-51 : Illustration de la répartition des grains supérieurs à 0.125 mm 315
Tableau 3-15 : Tableau de synthèse de la valeur de bleu des sols 317
Figure 3-52 : Classification selon le GTR avec le résultats pour les carreaux de terre 318
Figure 3-53 : Diffractogrammes de DRX pour les échantillons 319
Figure 3-54 : Diffractogramme de lames orientées des échantillons 08 DOM et 10 CHA 321
Figure 3-55 : Relation entre la présence de CaCO3 et la résistance à la flexion 324
Figure 3-56 : Moyenne et écart-type des résistances à la compression selon le mode de mise en œuvre. 325
Figure 3-57 : Influence de la teneur en carbonate sur la résistance à la compression 325
Figure 3-58 : Influence de la valeur au bleu du sol (VBS) sur la résistance à la compression 326
Figure 3-59 : Comparaison de conductivités thermiques en fonction de la densité du matériau 329
Figure 3-60 : Capacité thermique massique en fonction de la diffusivité 330
Figure 3-61 : Valeurs tampon d'humidité pour les carreaux de terre 330
Figure 3-62 : Évolution de la granulométrie des différents cycles 332
Figure 3-63 : Données expérimentales normalisées contrainte-déformation 333
Figure 3-64 : Diffusivité et conductivité du carreau de terre initial et des trois cycles de réutilisation 334
Figure 4-1 : «Réparation» / intervention récente à base de ciment sur un mur en carreaux de terre. 352
Figure 4-2 : Affiche des journées organisées autour de la construction en torchis à Motoco (Mulhouse) en octobre 2020 363

Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Liste des effondrements ou risques d'effondrement de bâtiments en carreaux de terre relatés dans la presse pour la ville de Reims depuis 2010 87
Tableau 1-2 : Exemples de dimensions des carreaux champenois relevés dans la littérature 98
Tableau 1-3 : Comparaison des coûts entre des murs de différentes composition pour des valeurs en octobre 120
Tableau 1-4 : Granulométrie donnée pour les carreaux issue de Boutin (1983) 122
Tableau 2-1 : Liste des champs d'entrée et de la liste de valeurs disponibles sur le formulaire de la tablette lors de l'enregistrement d'une entité. 136
Tableau 2-2 : Extrait des informations inventoriées sur Excel 145
Tableau 2-3 : Synthèse du nombre de dossiers ouverts pour chaque commune et du nombre de bâtiments décrits dans les dossiers. 147
Tableau 2-4 : Synthèse des dossiers de la série 10 R consultés pour la ville de Reims. 147
Tableau 2-5 : Récapitulatifs par département du nombre de communes repérées présentant du bâti avec carreaux de terre. 151
Tableau 2-6 : Synthèse du bâti en carreaux de terre relevés en fonction des communes et de leur distance de la zone rouge 228
Tableau 2-7 : Synthèse de la présence des carreaux de terre présent dans les constructions et de mur double parement avec carreaux de terre en intérieur 234
Tableau 2-8 : Présence du carreau de terre sur les parcelles étudiées en fonction des cantons 238
Tableau 3-1 : Synthèse des caractéristiques de sélection des carreaux de terre analysés en laboratoire 265
Tableau 3-2 : Répartition des manipulations menées sur les carreaux de terre 266
Tableau 3-3 : Catégories de sol en fonction de la valeur VBS selon le Guide des terrassements 270
Tableau 3-4 : Synthèse des dimensions et propriétés physiques de l'ensemble des échantillons récupérés en fonction de leur mise en œuvre 284
Tableau 3-5 : Exemple de la sélection effectuée pour 08 CON parmi les entrées possibles 285
Tableau 3-6 : Synthèse des sols présents au niveau de sites de prélèvement 286
Tableau 3-7 : Valeurs des échantillons dans l'espace CIELAB 288
Tableau 3-8 : Moyenne des ΔE entre les couples d'échantillons 289
Tableau 3-9 : Échantillons avec ΔE < 3, admis comme seuil de perceptibilité 290
Tableau 3-10 : Principale composition élémentaire des échantillons (en % atomique) 302
Tableau 3-12 : Tableau de synthèse des données de porosimétrie au mercure 303
Tableau 3-13 : Tendance du sol selon le Guide des Terrassements Routiers (GTR, 2024) 314
Tableau 3-14 : Tableau de synthèse de la teneur en argile 316
Tableau 3-16 : Semi-quantification des argiles présentes 321
Tableau 3-17 : Synthèse des tests de flexion trois points 323
Tableau 3-18 : Synthèse des résistances à la compression 324
Tableau 3-19 : Propriétés hygrothermique des carreaux de terre 329
Tableau 3-20 : Moyennes des propriétés physiques des carreaux de terre 331
Tableau 3-21 : Résistance à la compression du carreau de terre initial et des trois cycle de réutilisation 333

Le patrimoine en carreaux de terre crue en Champagne. Redécouverte d'une architecture vernaculaire oubliée pour penser une éthique environnementale de la construction

Cette thèse porte sur le patrimoine en terre crue de la Champagne. Elle révèle une culture constructive locale, riche mais oubliée : le carreau de terre ; et offre des pistes de réflexions sur les plans pragmatiques, théoriques et éthiques, pour imaginer de nouvelles manières de construire localement.

Ce travail s'inscrit dans le mouvement de la redécouverte des architectures de terre en France, longtemps ignorées, témoignant de nouvelles histoires constructives à contre-courant des récits dominants du champ de la construction actuelle. L'approche développée tisse un récit plus dense et plus complet des diverses réalités par une recherche sensible et pluridisciplinaire (recherches archivistiques ; études de terrain ; essais en laboratoire ; approche Humaine et Sociale).

Nous découvrons ainsi près de 2 000 ans d'histoire d'une culture constructive répartie majoritairement sur la Champagne crayeuse, aussi bien en milieu rural qu'urbain : le carreau de terre est un matériau essentiel de l'extension urbaine de Reims au 19e siècle ; mais également présent dans les villes de Troyes, Châlons-en-Champagne et Épernay. La terre employée, majoritairement calcaire, est prélevée dans des carrières communales. Le carreau de terre, par ses caractéristiques mécaniques, hygrothermiques et de réemploi, permet d'imaginer la réalisation de bâtiments confortables et sains.

Toutefois, l'état de préservation de ce patrimoine et le changement de paradigme nécessaire du secteur du bâtiment, nous amènent à envisager une dynamique locale basée sur une éthique environnementale de la construction, autour de la notion du *care* et en faveur d'un savoir-faire local partagé.

Réhabilitation du bâti / Patrimoine / Brique de terre crue / Champagne / Savoir-faire

The heritage of Champagne's raw earth bricks. Rediscovering a forgotten vernacular architecture to explore environmental ethic in construction

This thesis focuses on the raw earth heritage of the Champagne region. It reveals a rich but forgotten local building culture: earth bricks locally called "carreaux de terre"; and offers line of thought on pragmatic, theoretical and ethical levels, to imagine new ways of building locally.

This work is part of a movement to rediscover earthen architecture in France, which has long been ignored, revealing new construction histories that run counter to the dominant narratives in the field of contemporary construction. The approach developed allow a denser and more complete narrative of the various realities through sensitive and multidisciplinary research (archival research; field studies; laboratory tests; human and social approach).

We thus discover nearly 2,000 years of history of a constructive culture spread mainly across the chalky Champagne region, in both rural and urban areas: earth bricks were an essential material in the urban expansion of Reims in the 19th century, but they were also used in other cities: Troyes, Châlons-en-Champagne and Epernay. The earth used, mainly limestone, is taken from communal quarries. The mechanical, hygrothermal and reusable characteristics of earth bricks make it possible to imagine the construction of comfortable and healthy buildings.

However, the state of preservation of this heritage and the necessary paradigm shift in the building sector lead us to envisage a local dynamic based on an environmental ethic in construction, centered on the notion of care and promoting shared local know-how.

Building rehabilitation / Heritage / Earth brick / Champagne region / Know-how

Discipline : SCIENCES DE L'UNIVERS

Spécialité : Science des matériaux

Université de Reims Champagne-Ardenne

GEGENA - UR 3795

2 esplanade Roland Garros
51100 REIMS - FRANCE