Expérimentation d'une méthode à base de Systèmes Multi-Agents appliquée à la gouvernance des ressources naturelles à Madagascar et à La Réunion.



Aurélie GAUDIEUX

LIM Laboratoire d'Informatique et de Mathématiques

CEMOI Centre d'Economie et de Management de l'Océan Indien

C3EDM Centre d'Economie et d'Ethique pour l'Environnement et le Développement Madagascar

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE LA RÉUNION ET

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE MADAGASCAR

(Discipline / Spécialité : Sciences Economiques)

par Aurélie GAUDIEUX

Expérimentation d'une méthode à base de Systèmes Multi-Agents appliquée à la gouvernance des ressources naturelles à Madagascar et à La Réunion.

Thèse présentée et soutenue publiquement le 24 Mars 2017

Président du jury : Pr. Stéphane BLANCARD, Professeur, laboratoire, INRA de Dijon.

Rapporteurs

Pr. Olivier BRANDOUY, Professeur, GREThA - UMR CNRS 5113, Université de Bordeaux 4.

Pr. Stéphane BLANCARD, Professeur, laboratoire, INRA de Dijon.

Examinateurs

Dr. Daniel DAVID, Docteur en Informatique, AGORAH.

Directeurs

Pr. Rémy COURDIER, Professeur, LIM, Université de La Réunion.

Pr. Philippe JEAN-PIERRE, Professeur, CEMOI, Université de La Réunion.

Pr. Jeannot RAMIARAMANANA, Professeur, DSH, Université Catholique de Madagascar.

L’Université n’entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur.

Résumé

Dans cette thèse nous proposons à la communauté scientifique une méthode alternative d'analyse des interactions et de la cognition découlant de la gestion des ressources naturelles.

Le système créé se nomme SIEGMAS (Stakeholders Interactions in Environmental Governance by a Multi-Agent System). Il s'agit d'un outil d'aide à la décision reposant sur la simulation des interactions entre les agents agissant sur un territoire dans la gouvernance des ressources naturelles via une interface socio-économique et environnementale.

L'objectif de SIEGMAS est double. D'une part, il s'agit d'offrir un modèle agent générique réutilisable dédié à la communauté scientifique pour la gestion des ressources naturelles. D'autre part, l'objectif consiste à offrir un cadre de solution informatique adaptée aux décideurs du milieu économique et politique pour la prise de décisions.

Pour ce faire, nous avons créé un modèle de représentation de la gestion des ressources naturelles dans la zone Océan Indien en considérant tout spécialement les déviances. Ce modèle se base sur des règles différenciées en fonction des interactions et stratégies entre agents à différents endroits afin d'apporter des informations et l'identification des impacts spatialisés.

En créant ce système computationnel simulable, nous développons un cadre méthodologique pour initialiser et exploiter les résultats du modèle simulé adapté à la prise de décisions pour trois territoires de l'Océan Indien: La Région de La Réunion et deux régions de Madagascar (Analamanga et Itasy).

Mots-clefs : simulation multi-agents, interactions, ressources naturelles.

Summary

In this thesis, we propose to the scientific community an alternative method of analysis from the interactions and cognition coming from the management of natural resources.

The created system is called SIEGMAS (Stakeholders Interactions in Environmental Governance by a Multi-Agent System). It's a Help tool to the decision on the simulation of interactions between stakeholders acting on a territory in the Common-pool resources via an environmental, social and economic interface.

The aim of the SIEGMAS is double. on the one hand, I t is a matter of giving a generic, model agent re-usable dedicated to the scientific community for the management of natural resources. On the other hand, the aim consists on giving a framework of computer solution adapted to the decision-makers of politic and economic area for the decision making.

For this, we created a model of representation from the management of natural resources in the Indian Ocean area considering everything specially the deviances. This model is based on the different regulations depending on the interactions and strategies between agents to different places in order to bring out information and the identification of impacts.

By creating this simulating computational system, we develop a methodological framework in order to initialize and exploit the results of the simulated model adapted to the decision makers for three territories of Indian Ocean: Reunion Island, and the region of Analamanga and Itasy from Madagascar.

Key words: *multi-agent systems, interactions, natural resources.*

Remerciements

« Seuls nous pouvons faire si peu, ensemble nous pouvons accomplir tant de choses ». ***Helen Keller.***

J’adresse mes infinis remerciements à mes parents, Annick et à Julia. Je remercie également toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette thèse.

Je remercie Vanessa Pothin, Anita Razafindrasoa, Laurent Paris, Véronique Sébastien et Olivier Sébastien pour leurs précieux conseils.

Je remercie également l’Observatoire des Usages du Numérique (OBSUN de l’Université de La Réunion) et la société Datarocks.

J’adresse également mes remerciements à mes directeurs de thèse, à mes laboratoires d’accueil.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS **6**

SOMMAIRE **7**

Introduction **9**

CHAPITRE 1 MADAGASCAR ET LA REUNION DEUX HOT SPOTS AUX SITUATIONS ENVIRONNEMENTALES DIFFERENTES **21**

Section 1. Emergence d'une réelle juridiction pour l'environnement à Madagascar. 23
Contexte à Madagascar 24
Contexte territorial : cas d'Analamanga. 27
Contexte territorial : cas d'Itasy. 32
A. Historique de la situation environnementale des ressources à Madagascar du IXème siècle à nos jours. 39
B. Gestion communautaire des ressources de l'indépendance à nos jours. 44
Section 2. Gestion des ressources naturelles à La Réunion. 61
A. La Réunion un hot spot environnemental dans l'Océan Indien 61
B. La Réunion, un territoire marqué par son histoire 69

Conclusion du premier chapitre **80**

CHAPITRE 2 POSITIONNEMENT PAR RAPPORT AUX TERMES DE NOTRE PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE **85**

Section 1. Acteurs déviants, interactifs et stratégiques 86
A. Acteurs et déviance 86
B. Interaction et stratégie 99
Section 2. La gouvernance des ressources un outil pour l'allocation des ressources 113
A. La bonne gouvernance et pays en développement. 115
B. Ressources communes et en libre accès. 119

Conclusion du deuxième chapitre **156**

CHAPITRE 3 L'ALLOCATION DES RESSOURCES RARES : CARREFOUR DE PLUSIEURS METHODES **159**

Section 1. Des méthodes traditionnelles aux méthodes environnementales 161
A. L'allocation des ressources rares : coeur des méthodes d'évaluation 162
B. Les méthodes environnementales 178
Section 2. Les systèmes multi-agents 195
A. De l'intelligence artificielle aux Systèmes multi-agents 204
B. Les plateformes de simulation 218

Conclusion du troisième chapitre **231**

CHAPITRE 4 CONCEPTUALISATION D'UNE CHAINE D'OUTILS A BASE DE SYSTEMES MULTI-AGENTS ET APPLICATIONS AUX TERRITOIRES DE LA REUNION ET DE MADAGASCAR **236**

Section 1. Le protocole de recherche 240
A. De la modélisation au terrain d'application 242
B. Hypothèses, échantillon et Questionnaires. 250

Section 2. La modélisation Multi-agents SIEGMAS, un système en trois étapes. 260
A. Modèle agent SIEGMAS 262
B. Les autres outils de SIEGMAS. 286

Conclusion du quatrième chapitre 307

CHAPITRE 5 ANALYSE DES RESULTATS DU TRAITEMENT DES DONNEES AVEC SIEGMAS.. 308
Section 1. Le principe du traitement des données à travers l'étape 1 et 2 de la méthode SIEGMAS. 309
A. Point de départ du traitement des données avec MASC 310
B. Réalisation des simulations avec le langage et la modélisation NetLogo. 313
Section 2. Le principe du traitement des données à travers l'étape 3 de la méthode SIEGMAS. 342
A. Fonctionnalités de Prompto 343
B. Analyse des données avec Prompto et perspectives 354

Conclusion du cinquième chapitre 387

CONCLUSION DE LA THÈSE 390

TABLE DES MATIERES 397

BIBLIOGRAPHIE 401

Annexes 434
Instauration des plans et schémas directeurs à Madagascar (Analamanga et Itasy) 435
Perspective environnementale via les schémas directeurs à La Réunion. 461

Introduction

« Les plus grandes épreuves auxquelles le Monde aura à faire face dans les années à venir seront la surpopulation, le manque de ressources (eau, matières premières, pétrole...), des pandémies de toutes sortes de maladies connues et nouvelles, des pollutions de toutes sortes (chimiques, air, eau, alimentation...) »

Albert Einstein

Adam Smith, dans son ouvrage « Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations » (1776) évoque déjà la rareté et l'idée que les ressources puissent être limitées. Ainsi, depuis ces dernières décennies, les ressources naturelles sont considérées comme limitées. Puis, avec un accroissement de la population et de la consommation depuis le siècle dernier, la notion de limitation des ressources est apparue dans les discours institutionnels. La finitude des ressources incite donc les sociétés à assurer une gestion plus soucieuse de l'environnement des nuisances et des risques générés. De ce fait, les parties prenantes peuvent par ce biais tirer des effets positifs du développement durable.

Le développement durable et la notion de bien commun sont des préoccupations majeures de nos sociétés. La prise en compte de ce concept s'est accentuée depuis quelques décennies et il fût particulièrement mis en avant dans une pluralité de documents, insistant sur l'urgence de la situation, dont :

- le rapport Brundtland[1] de 1987 de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, dont l'appellation française est «Our common futur »;
- le rapport Meadows de 1972 du Club de Rome, « Halte à la Croissance » [2];

[1] http://reseauculture21.fr/wp-content/uploads/2012/05/RapportBrundtland.pdf

[2] http://www.universalis.fr/encyclopedie/halte-a-la-croissance/

- le sommet de la terre de Rio de 1992[3], de Johannesburg en 2002[4] et Rio+20 en 2012[5].
- Les sommets pour le climat, dont la 21ème édition a eu lieu à Paris du 30 novembre au 11 décembre 2015.

L'article 6 de la Convention d'Aarhus[6] en France et la charte de l'environnement[7] à Madagascar prévoient un dispositif de concertation et la participation du public aux décisions et à la démocratie participative. Toutefois, la prise en compte des avis des populations s'avère être un processus ardu à cause des limites des procédures participatives.

En outre, la gouvernance, considérée comme le quatrième pilier du développement durable, préoccupe notre société actuelle. En effet, celle-ci par le biais d'accords multilatéraux[8], de lois et règlements, ainsi que de stratégies élaborées permet de gérer les risques, d'apporter des solutions aux problématiques de la firme ou encore plus d'équité dans nos sociétés hétérogènes (résolutions des problèmes économiques, sociaux, environnementaux, politiques, culturels, …), afin de pérenniser l'économie et d'assurer le développement durable. La notion de gouvernance s'emploie souvent en économie ou en politique comme étant un objectif ultime de gestion de la société. Si le volet économique, environnemental et social ont été accentués dès l'apparition des premiers développements politiques et scientifiques, face à l'inexorable destruction de la diversité des ressources naturelles, le volet juridique ne saurait être occulté de cette thématique.

---

http://www.manicore.com/fichiers/Turner_Meadows_vs_historical_data.pdf

http://cms.unige.ch/isdd/IMG/pdf/Limitstogrowth30yearsUpdate.pdf

[3] http://www.un.org/french/events/rio92/rio-fp.htm

[4] http://www.un.org/french/events/wssd/

[5] http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/IMG/pdf/declaration_finale_Rio_20_cle0c85b4.pdf

[6] La convention d'Aarhus, signée le 25 juin 1998 par 39 États européens dont la France concerne l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice environnementale pour les citoyens. Paragraphe 4, article 6 de la convention d'Aarhus : *« Chaque Partie prend des dispositions pour que la participation du public commence au début de la procédure, c'est-à dire lorsque toutes les options et solutions sont encore possibles et que le public peut exercer une réelle influence ».*

[7] Charte de l'environnement de Madagascar et ses modificatifs, loi n° 90-033 du 21 décembre 1990 modifiée par les lois n° 97-012 du 06 juin 1997 et n° 2004-015 du 19 août 2004. Cf. son article 8 notamment.

[8] Les accords multilatéraux sont des conventions qui permettent de sauvegarder les ressources en danger tout en conservant durablement tout l'écosystème. Il s'agit de conventions telles que la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de la flore sauvages menacées d'extinction (Washington, 1973), convention sur le changement climatique (1992).

http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/IMG/pdf/ratifications.pdf

Contexte de l'Etude

Dans le cadre de cette recherche nous nous intéressons à trois Territoires de l'océan Indien :

- Analamanga et Itasy deux régions Malgaches.

Madagascar[9] est un pays insulaire touché par l'exploitation intensive de ses ressources naturelles (World Bank, 1992, 2003, 2007, 2012). Outre son caractère de sous-développement, le manque de connaissance environnemental relève tant de l'illettrisme que de la problématique de suivi de la majeure partie de la population.

Le début de la décennie 1990 marque l'émergence d'une législation et de systèmes de coordinations notoires mais dont l'impact sera limité. En matière de gestion locale des ressources naturelles, une nouvelle politique issue de la Charte de l'Environnement (1990, en cours de renouvellement) va amorcer un réel changement pour Madagascar en 1996. Depuis 1996, cette politique se traduit par l'instauration de contrat de transferts gestion (Méral, 2006), la participation des parties prenantes qui sont chargées de la mise en application de ce système et de son suivi avec l'Etat dans les six ex-provinces de Madagascar redécoupé en 22 régions en 2004. A cela vient s'ajouter la décentralisation des pouvoirs. Par cet intermédiaire, des pouvoirs ont été attribués aux communes, plus amènes de procéder la gestion directe des ressources.

---

[9] Banque Mondiale (juin 2007), « project performance assessment report, Madagascar Evironment II », report n° 39 860, p. 54.

Banque Mondiale, (décembre 2010), « Analyse d'économie politique de la gouvernance à Madagascar », Revue de la gouvernance et de l'efficacité du développement, p. 20.

Beuret Jean Eudes (2003), « Madagascar : vers une gestion locale des ressources forestières », fiche générale de Madagascar, p. 6.

C3EDM (2003), « INTRAG », p.90. .

C3EDM (juin 2005), « Indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion, maquette d'ouvrage technique (rapport de synthèse final », p.90.

C3EDM, (mai 2005), « indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion, maquette d'ouvrage technique », p.60.

C3EDM (2010), « les différents types de contrat de transfert de gestion des ressources forestières », p.2. *315*

Le transfert de gestion des ressources naturelles renouvelables de l'Etat vers les populations locales se base sur deux types de contrat : le contrat GELOSE et le contrat Gestion Contractuelle des Forêts qui sont spécifiques aux forêts. La mise en œuvre de ses mesures reste controversée ou mal agencées. Les mauvaises pratiques et la méconnaissance environnementale son déterminant (C3EDM, 2011).

Analamanga région en centre du pays, bénéficie d'un contexte particulier avec la présence de tous les organes étatiques du pays en son sein et d'une déclinaison fleurissante de mesures en faveur de l'environnement malgré une présence assez limité de ressources naturelles (A. Gaudieux, 2011).

Itasy situé au sud-ouest d'Analamanga dispose d'une richesse naturelle exceptionnelle. Bien que proche de Analamanga, sa proximité avec ce territoire nous avions voulu savoir quel était l'état de sa connaissance environnementale. La connaissance environnementale de Itasy et de Analamanga converge ou diverge.

- La Réunion

La Réunion dispose de tous les caractéristiques d'une économie développée tandis que Madagascar économie en développement. Pourtant pour des raisons différence la connaissance environnementale reste un biais limitant le bon fonctionnement des mesures en faveur des ressources naturelles. Dans ce travail de recherche nous nous focalisons sur les caractéristiques et les conséquences de cette connaissance environnementale.

Dans ces trois régions, les populations et les instances rencontrent des problèmes environnementaux et des difficultés[10].

[10] Bertile W. (2006), « La Réunion, Département français d'outre-mer, Région européenne ultrapériphérique », Océan ed. GREGUR.

Combeau Y. Eve P., Fuma S. Maestri E. (2002), « Histoire de La Réunion de la colonie à la Région », Nathan.

Combeau Y. et Jauze J-M, (2004), « Eléments pour la connaissance de l'histoire et la géographie » Travaux et documents vol 1.

Combeau Yvan (2009), « L'île de La Réunion dans le XXème siècle, un itinéraire français dans l'Océan Indien », CRESOI, p.350.

Vaxelaire D. (2004), « Le grand livre de L'histoire de La Réunion », Orphie.

Vaxelaire D. (2009), « L'histoire de La Réunion. Des origines à 1948 », Orphie, p. 199.

Ce travail de recherche a été réalisé dans trois Laboratoires de l'océan Indien et en cotutelle avec l'Université Catholique de Madagascar.

- le Centre d'Economie et de Management de l'Océan Indien (CEMOI) de l'Université de La Réunion qui travaille entre autres sur les problématiques environnementales.
- le Centre d'Economie et d'Ethique pour l'Environnement et le Développement de Madagascar (C3EDM), affilié à l'Université d'Ankatso d'Antananarivo qui développe une expertise en gouvernance des ressources naturelles.
- Le Laboratoire d'informatique et de Mathématique (LIM) de l'Université de La Réunion afin de bénéficier d'un apprentissage approfondi dans les systèmes complexes (systèmes multi-agents) et spatialisés, la conceptualisation d'ontologie pour la création du code informatique. Les outils qui y sont développés sont la base de notre proposition de modèle.

La problématique consiste à offrir une méthode issues des systèmes complexes pour la réalisation de simulations orientés agents à destination de l'économie et plus particulièrement à destination de l'environnement.

Les démarches pluridisciplinaires[11] et les projets communs peuvent être porteurs bien que les initiatives soient peu développées à ce jour dans l'enseignement supérieur.

Objectifs des travaux

Nos travaux se fixe pour objectif de proposer une modélisation des systèmes complexes et spatialisé émergeants dans le cadre d'interactions entre agent dans un contexte de gestion des ressources naturelles.

[11] Chapitre 3 de l'ouvrage coordonné par Laval C. et Tassi R. (2004), « L'économie est l'affaire de tous. Quelle formation des citoyens ? », ed. Syllepse.

Les travaux actuels sur les systèmes complexes proposent une modélisation à travers une plateforme de simulation multi-agents. Notre recherche va plus loin en offrant une suite d'outils à la communauté scientifique permettant à la fois d'avoir une représentation spatiale et interactive qui ne se cantonne pas à la seule étape de simulation.

Notre ambition consiste également à identifier les phénomènes émergents via une formalisation adaptée à l'état cognitif et interactif.

Nous facilitons la conception de systèmes complexes et émergeants pour les utilisateurs en facilitant l'étape de conception grâce la généricité du modèle.

Problématique de la recherche

Nous sommes partis de la problématique suivante que nous avons réajusté au fil de nos recherches et de notre terrain : pour créer une méthode à destination des systèmes complexes pour la connaissance environnementale.

Comment les comportements (interactions / cognitions) des individus au sein d'une société (système complexe) influence la situation (gouvernance) environnementale d'un territoire ?

Nous sommes partis de quelques questions pour développer cette réflexion.

- Pourquoi et pour qui développer une réflexion sur cette problématique ?
- Comment proposer une méthode générique pour l'étude de la gouvernance environnementale dans l'Océan Indien ?
- Quels sont les paramètres influençant l'évolution de la connaissance environnementale et la déviance ?
- Quels sont les effets d'une variation de ces paramètres sur les facteurs socio-économiques et environnementaux ?
- Quels sont les acteurs concernés ?
- Quelles sont les conséquences des choix de ces acteurs sur les paramètres identifiés ?

Nous tenterons de proposer une méthode alternative pour réaliser un modèle de simulation avec un caractère épistémologique expérimental nous permet de modéliser des systèmes dynamiques et complexes de l'intelligence artificielle au sein des sociétés étudiées. Ainsi, nous pouvons rechercher des méthodes alternatives pour ce terrain d'étude dans l'Océan Indien et pour la cognition.

Les systèmes adaptatifs complexes désignent « *les collaborations multidisciplinaires dans la poursuite de la compréhension de thèmes communs, caractéristiques de systèmes naturels, artificiels et sociaux* », dont le but est de découvrir la « *profonde simplicité présente dans notre monde complexe* » (Santa Fe Institute, 2005; Holland, 1992; Kaufmann, 1993).

Dans cette thèse, nous nous sommes limités à l'étude de trois régions également à cause du budget imparti et le temps de réalisation alloué à ce projet. Nous souhaiterions en post doctorat étendre cette étude à d'autres régions de l'Océan Indien, notamment aux territoires insulaires de l'Océan Indien (La Réunion, Maurice, Les Seychelles, Mayotte et Les Comores). Ainsi, nous pourrions mutualiser les synergies positives et faire de la prospective pour être proactif dans la gestion environnementale dans les décennies à venir. En outre, bien que les îles vanilles[12] / de la Commission de l'Océan Indien[13] aient des disparités, nous pourrons trouver des solutions plus concrètes pour améliorer l'intégration économique régionale de ces îles de l'Océan Indien.

---

[12] Les îles vanille désignent le groupement d'îles de l'Océan Indien qui ont des valeurs communes : La Réunion, Maurice, Madagascar, les Seychelles, Mayotte et les Comores. Les représentants des offices de tourisme de chacune de ces îles ont créé le label « Les îles Vanille ». http://www.vanilla-islands.org

[13] La Commission de l'Océan Indien (COI) a été Institutionnalisée par la signature du protocole d'adhésion l'Accord de Coopération Régionale de Victoria (10 janvier 1984) entre Madagascar Maurice et les Seychelles. 10 janvier 1986 adhésion de l'Union des Comores et de La France pour La Réunion.

Ses missions sont les suivantes :

- Rapprochement entre les hommes de la zone de la coopération régionale;
- Insertion de la région dans l'économie mondiale, coopération régionale :
    - Diplomatie ;
    - Économie : agriculture, pêche, commerce;
    - Culture : identité, recherche, formation;
- « construction d'un espace indianocéanique intégré de développement durable, sur la base d'une stratégie de croissance intelligente et inclusive ».

http://www.commissionoceanindien.org/accueil/

Expérimentation d'une nouvelle méthode d'analyse.

Dans cette thèse ayant pour titre « Expérimentation d'une modélisation à base d'Agents appliquée à la gouvernance des ressources naturelles à Madagascar et à La Réunion », nous proposons à la communauté scientifique une nouvelle méthode d'analyse des interactions découlant de la gestion des ressources naturelles. Pour ce faire, nous proposons un outil d'analyse de la décision à base de systèmes multi-agents qui se compose de trois étapes, à savoir :

- un extracteur de carte;
- une modèle de simulations multi-agents implémentés sur plateforme ;
- et une représentation interactive des données.

À ce jour, les simulations étudiant les systèmes multi-agents se composent dans la plus grande majorité de l'étape 2 de notre outil, ce qui constitue une innovation, mais également une originalité dans cette proposition de méthode. Rappelons que l'étape 2 consiste à faire une modélisation d'un environnement. De cette modélisation, il est possible de faire de la prospective et d'étudier les interactions d'individus dans un espace déterminé.

- Nous pouvons nous demander qu'est-ce qu'un économiste peut apprendre de ce procédé. Bien sûr, il ne s'agit pas de concurrencer les méthodes habituelles de l'économie, mais de modifier la façon pour un expert d'étudier les interactions, et d'être un acteur de cette étude en s'appropriant cette suite d'outils.
- Pour démontrer que ce nouveau panel fonctionne, nous choisissons de l'appliquer au « Common pool resources » dans trois régions : La Réunion, Analamanga et Itasy (Madagascar). Il s'agit de construire un système complet d'étude pour les ressources naturelles, tout en démontrant que cet outil est générique. En d'autres termes, qu'il est applicable à d'autres territoires et à d'autres objets d'étude.

La démarche méthodologique utilisée en amont de la création d'outils dans ce travail consiste à confronter les réalités constatées sur les terrains et les connaissances empiriques des parties prenantes aux idées théoriques recueillies dans les différentes études (démarche bottom-up). Cette dernière phase de l'étude s'étale sur trois étapes successives :

- la première étape consiste à rassembler toutes les différentes informations collectées sur les terrains et à travers nos recherches bibliographiques;
- la deuxième étape sera consacrée à l'analyse des données et à la confrontation des connaissances empiriques aux idées théoriques pour une analyse plus approfondie;
- la troisième étape, consiste à analyser les données et de proposer des améliorations du système et des orientations stratégiques.

Méthodologie

L'outil SIEGMAS (Stakeholders Interactions in Environnemental Governance by a Multi-Agents System) utilise une approche SMA pour modéliser les interactions des parties prenantes dans la gouvernance des ressources naturelles. L'objectif de SIEGMAS est double. D'une part, il s'agit d'offrir un modèle agent générique réutilisable dédié à la communauté scientifique pour la gestion des ressources naturelles. D'autre part, l'objectif consiste à offrir un cadre de solution informatique adaptée aux décideurs du milieu économique et politique.

Étape 1

Pour réaliser ce modèle, nous nous basons sur une collecte cartographique et des données de terrain issues d'enquêtes auprès des différentes parties prenantes.

Lors de ces enquêtes, le questionnaire permet de créer des données sur les interactions et la connaissance environnementale des différents agents. En combinant ces données à une modélisation de la cognition des agents via un système adaptatif collectif (système multi-agents), nous avons créé un modèle pour l'étude des ressources dans l'Océan Indien.

Puis, nous avons voulu différencier ce modèle des modélisations classiques faites par divers chercheurs à l'instar de certains docteurs du LIM qui avaient déjà abordé ces thématiques, en destinant notre étude plus spécifiquement aux sciences sociales via la création d'un outil complet.

L'extracteur de carte accessible en open source, MASC, constitue une innovation notoire pour ces territoires de l'Océan Indien, notamment ceux en développement où il faut trouver des méthodes de travail lorsqu'on ne dispose pas de Systèmes d'Informations Géographiques ou de compétences cartographiques comme les géographes. A cette étape d'extraction de cartes, nous associons des données issues d'un an de terrain sur les trois régions de notre cas d'étude. Ces données ont été transformées en base de données sql et mysql Work bench afin d'être utilisées dans l'étape deux pour implémenter notre modèle tout comme les trois cartes pixélisées des régions d'études par MASC. MASC est un générateur d'environnement de simulations qui permet d'utiliser des cartes numérisées pour avoir une représentation de la zone considérée, directement utilisable dans une simulation multi-agents. Le modèle multi-agents de SIEGMAS a été implanté sur la plateforme NetLogo qui offre plusieurs fonctionnalités d'observations de résultats de simulation.

Étape 2

Puis, dans la seconde étape, nous nous basons sur des ontologies et des « Unified Modeling Language » (ULM) pour décrire le comportement des agents avant de créer notre implémentation avec une méthode multi-agents.

Rappelons que les Systèmes multi-agents désignent « *un ensemble d'entités en interactions dynamiques, organisées en fonction d'un but* ». Les diverses entités existantes et leurs interactions désignent la complexité d'un système. Un système complexe se compose de plusieurs « *variétés d'entités ayant des fonctions spécialisées* ». (Ferber[14], 1996)

Les ontologies sont des spécifications de concepts selon Grüber[15] (1993). Une UML (Unified Modeling Language) désigne une méthode de représentation d'un langage de

[14] Ferber J. (1995), « Les systèmes multi-agents - vers une intelligence collective», ed. interEditions, isbn: 272960572X.
[15] Gruber T.R. (1993), A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*, 5(2) : 199-220.

modélisation utilisée dans la conceptualisation informatique pour le développement d'un processus, logiciel, objet orienté (...).

De ce fait nous étudions cinq facteurs qui découlent des axes identifiés lors du traitement de nos questionnaires et enquêtes de terrain sur la connaissance environnementale :

- la « deviance » des acteurs dans un environnement.
- Le « kownledge », la connaissance environnementale des acteurs.
- « L'influence » des acteurs avec leurs catégories ou des agents d'autres natures dans un environnement.
- La « rentability » des acteurs grâce à ses activités.
- La « money », les gains d'un acteur dans un environnement.

Nous nous intéressons aux variations de ces cinq facteurs en fonction de scénarios économiques, sociaux et environnementaux que nous réalisons.

Étape 3

Dans la troisième étape, l'externalisation de données issues de séries de simulations sont exploitables par des outils de gestion de tableaux de bord interactifs, avec plusieurs axes de vue pour les données calculées qui sont des outils très prisés par les décideurs.

L'utilisation de nouvelles technologies du Web tel que l'HTML5 (format de données web) et le SVG (Scalable Vector Graphics) aide à la création d'un nouveau genre d'interface dynamisé avec JavaScript (langage de programmation) et CSS3 (langage de mise en forme des fichiers HTLM et XML), le rendant interactif. Tout en gardant l'optique d'optimiser le temps de travail sur les simulations, nous en sommes venus à proposer l'utilisation d'un autre outil dédié à la visualisation des simulations. Ainsi, il est possible de séparer la génération des données/résultats de simulation de leurs visualisations. L'outil est appliqué à deux régions de Madagascar[16] (Analamanga et Itasy) et à la région de La Réunion[17].

L'approche mise en œuvre fournit la possibilité de visualiser la simulation dans plusieurs axes et d'extraire les observations sans relancer les calculs plusieurs fois. De plus, il

[16] Madagascar est un pays de l'Océan Indien d'une superficie de 592 000 km^2.

[17] La Réunion est île de l'Océan Indien de 2 512 km^2, un département, un région Française d'Outre-mer et une Région Ultrapériphérique.

fournit également une chronologie pour avancer ou rembobiner la visualisation de résultats. À ce niveau, une application est réalisée avec l'environnement « Prompto»[18] pour la gestion et présentation interactive de données complexes. D'autres expérimentations sont menées avec des outils de type « data-driven », utilisés pour la présentation de grandes quantités de données et dans le contexte Big Data[19].

Organisation du manuscrit

Ce manuscrit se compose de quatre chapitres :

- le premier chapitre présente les caractéristiques de la gouvernance des ressources dans les régions étudiées à travers notre modélisation multi-agents.
- Le second chapitre décrit quelques définitions essentielles retenues pour notre étude. Il évoque quelques méthodes économiques et la méthode retenue pour la réalisation de notre outil : les systèmes multi-agents.
- Le chapitre trois décrit le modèle SIEGMAS. Il repose sur une approche ontologique et UML de présentation des caractéristiques du modèle. Y sont également présentés les trois éléments composant l'outil SIEGMAS.
- Le chapitre quatre propose une analyse des données issues de notre modélisation pour les trois régions d'étude.

[18] http://datarocks.io/index.html

[19] Bibliothèque Data-Driven Document http://d3js.org / Tableau de bord interactif http://www.tableau.com/public/

Chapitre 1 Madagascar et La Réunion deux hot spots aux situations environnementales différentes[20]

« Je reprends les choses là où le dernier homme les a laissées ».

Thomas Edison.

Ce chapitre aborde la situation environnementale des territoires insulaires étudiés dans le cadre de cette étude. Il s'agit de décrypter leurs problématiques dans le processus de gestion environnementale de manière spatio-temporelle.

À Madagascar, la *gouvernance environnementale apparaît dès 19ème siècle avec des arrêtés insistant sur la nécessité de respecter la salubrité des lieux et sur la destruction de la forêt. En 1864, l'apparition de l'ère coloniale française accentue la détérioration des ressources naturelles puisque l'agriculture nécessite le défrichement et l'exploitation des terres. Après l'indépendance, en 1960, la centralisation est adoptée comme mode de gouvernance. L'apparition de la politique environnementale décentralisée dans les années 1970 ne répond pas réellement aux besoins de cette thématique. La gouvernance environnementale sera enrichie par des mesures adéquates dans les années 1990. Trois mesures d'envergure apparaissent à Madagascar à cet effet : la Charte de l'environnement (loi 90-033, 1990), la loi Gélose (1996) et le décret sur la gestion contractuelle des forêts (2001). Le contexte*

[20] A. Gaudieux (2012), La gouvernance communautaire des ressources naturelles à Madagascar : Règles, exceptions et transgressions (cas d'Itasy), « Actes de colloque du forum Règles, exceptions et transgression », p. 20. Paru dans « travaux et recherche » N° 41 de la Faculté des lettres et sciences humaines de l'Université de La Réunion, ISSN 1247-1194.

A. Gaudieux et J. Ramiaramanana (2014), Gouvernance et ressources naturelles à travers les fokontany et les fokonolona : les textes et les pratiques traditionnelles malgaches. Travaux et Documents n°47 de la Faculté des lettres et sciences humaines de l'Université de La Réunion, septembre 2014. ISSN 1247-1194

Rakotobe D'Alberto N., Gaudieux A. et Bonardin-Cadet A., Sous Dir., (2016), « Perception, représentation, compréhension », « travaux et documents n°50 », p. 158.

économique et social a également influencé la conservation environnementale.

À La Réunion, les mesures nationales sont déclinées au niveau local. La gouvernance environnementale prend un tournant décisif avec les lois de décentralisation des années 1980 qui attribuent des pouvoirs aux communes et aux groupements intercommunaux. Durant cette époque, la politique environnementale relève davantage de la transposition des directives nationales et internationales au territoire réunionnais. L'apparition de la Charte de l'environnement française (2004) et du grenelle de l'environnement (2007) accentuent l'intensification des plans et des schémas directeurs réunionnais. Ces plans et schémas directeurs[21] *seront plus accès sur le développement des énergies propres et durables tout en restant dans la lignée des dispositifs de protection prévue par la législation du Parc National et du premier Schéma d'Aménagement Régional*[22] *(SAR 1995, révisé en 2009). En termes d'aménagement, le manque de sécurisation foncière et de titres de propriété rendent l'application des mesures environnementales difficiles. Bien que des mesures très visionnaires et bien* planifiées soient *orchestrées au niveau territorial, l'adhésion de l'ensemble de la population aux thématiques environnementales reste un point sensible dans certaines communes où les transgressions à la réglementation restent relativement courantes.*

Dans ce chapitre 1, nous nous intéresserons aux caractéristiques environnementales des deux hots-spots environnementaux que sont Madagascar et La Réunion pour identifier l'influence du contexte socio-économique et de la gestion environnementale sur la situation du pays et les individus qui la composent pour l'étudier plus loin dans les chapitres suivants dans notre proposition de modèle.

[21] Cf. Annexe 1.

[22] La première révision du SAR interviendra en 2009.

Section 1. Emergence d'une réelle juridiction pour l'environnement à Madagascar.

Dès le début des années 1990, face à l'augmentation de la pression environnementale[23], l'idée de créer une nouvelle législation basée sur les règles de la gestion durable[24] des ressources apparaît. De ce fait, le gouvernement adopte une réelle politique en faveur du développement durable en 1990 sous l'impulsion de la Charte de l'environnement[25] en matière de Gouvernance et la Gestion Communautaire Durable des Ressources naturelles. Cependant, l'apparition de la Charte de l'environnement en 1990 (loi 90-033) n'a pas eu les effets escomptés sur la préservation des ressources. Dès lors et jusqu'à la création de la loi Gélose, Madagascar élabore divers dispositifs intégrant les COmmunautés de BAse (COBA) et leur attribue un rôle dans la préservation des ressources. Le Colloque International sur la Gestion Locale Sécurisée (juin 1996) marque un réel tournant avec quelques mois plus tard l'apparition de la loi Gélose sur les transferts de gestion de l'État vers les populations locales. Il existe actuellement deux types de contrat de transferts de gestion spécifiques aux forêts : le contrat GELOSE (I) et le contrat GCF[26] (II).

---

[23] Les autorités malgaches ont entrepris la décentralisation de la gestion des ressources naturelles et forestières afin de limiter, voir d'éradiquer les impacts de la pollution, de la destruction et de la surexploitation des ressources naturelles forestières Cette stratégie nationale de conservation concerne notamment 515 000 hectares de forêts (dont 390 000 hectares en forêts humides et 125 000 hectares de forêts sèches). Les lois et les mesures en faveur de la préservation des ressources naturelles et forestières ont été développées par les ministères connexes (ministère de l'environnement et de forêts, ministère des eaux, ministère des mines, …).

[24] Méral Philippe et Requier-Desjardins Denis (C3ED de Paris, Juillet - Octobre 2006,), « la gestion durable de l'environnement à Madagascar : enjeux, opportunités et contraintes », p.6.

[25] Charte de l'environnement : Loi n° 90-033 du 21 décembre 1990 modifiée par les lois n° 97-012 du 06 juin 1997 et n° 2004- 015 du 19 août 2004.

[26] La gestion contractualisée des forêts (GCF) est un type de contrat de transfert de gestion apparu en 2000 qui est appliqué essentiellement aux forêts et aux aires protégées. Le décret n° 2001/122 du 14 février 2001 institue la gestion contractualisée des forêts.

Dalleau Laurent (février 2010), « Analyse des différents types de contrat de transfert de gestion des ressources forestières à Madagascar », p.10.

D'ailleurs, la réglementation et les paradigmes de cette législation permettent tant de poser un cadre ambitieux pour la réalisation de cet objectif. L'efficacité de l'application[27] de ces règles conduit à des déviances.

Contexte à Madagascar

Madagascar est un pays insulaire de 587 540 Km^2, doté de plus 515 000 hectares de forêts (dont 390 000 hectares en forêts humides et 125 000 hectares de forêts sèches). En 2014, Madagascar a un Produit Intérieur Brut de 10,5 milliards de dollars et une population de 23,5 millions d'habitants. Le taux d'inflation est de 6,1% en 2014.

La faiblesse de ces indicateurs sociaux est le reflet de la conjoncture actuelle. Par exemple, l'Indicateur de développement Humain est de 0,498 en 2014[28].

Cependant, depuis les années 1970, l'exploitation extensive et intensive des ressources naturelles à Madagascar a fortement diminué les ressources forestières[29] et les ressources naturelles[30]. Les mauvaises pratiques de gestion des ressources perdurent (selon les études réalisées par le WWF en 2008, taux de déforestation progresse de 0,55%[31] annuellement).

---

[27] Consortium SAGE/DELC/C3EDM (octobre 2010), « Rapport de missions sur la capitalisation à la base de la gestion communautaire des ressources naturelles », p.39.

[28] UNDP – Human Developement reports 2015.
http://hdr.undp.org/en

[29] Aubert S. (2002), « La gestion patrimoniale des ressources forestières à Madagascar : limites et perspectives d'une révolution par le haut », p. 24.

30 Andrianarivo C., Rabevohitra R., Rakotaniaina N., Rakotovao B. Rakouth Z., Ramamonjisoa B. S., Ramamonjisoa L., Rapanarivo S. et Ratsimiala Ramonta I. (2003), « Situation des ressources génétiques forestières de Madagascar », Service de la mise en valeur des ressources forestières, Division des ressources forestières Document de travail FGR/54F, Département des forêts FAO, Rome, Italie.

31 Selon le Plan Nationale d'Action Environnemental (PNAE) de 2013, le taux de déforestation est des 0,4% pour la période 2005-2010.

Madagascar est divisé en 22 régions, 1 557 communes dont 45 urbaines, et 17 000 *fokontany*[32] (quartiers). La population est essentiellement rurale et agricole (plus de 78 %).

Paragraphe 1. Caractéristiques intrinsèques du pays

Le changement climatique se traduit par l'accroissement des catastrophes naturelles comme la désertification, la sécheresse et les cyclones qui sont effectivement en forte progression depuis les années 2006 à Madagascar comme le démontrent les enquêtes de Programme des Nations Unies pour l'environnement et le Développement menées tout au long de la dernière décennie.

À cette situation déjà inquiétante au niveau environnemental viennent s'ajouter d'autres facteurs alarmants à l'instar des points suivants.

Premièrement, Madagascar est un pays en développement[33] et fait partie des Pays les Moins Avancés (PMA). La majeure partie de la population est pauvre avec 70% de sa population qui vit en dessous du seuil de pauvreté (soit avec moins d'un dollar par jours) en 2009 selon la Banque Mondiale. De 2008 à 2013, l'indice de pauvreté augmente de plus de 10

[32] Le concept de Fokontany (vient de « foko » et de « tany » la terre ») désigne une entité administrative régissant un ensemble de communes. Cependant, cette définition reste imprécise et le fokontany prend le pas sur le concept de Fokonolona dans les faits. Les intérêts des parties prenantes entravent l'efficacité de la gouvernance communautaire dans un contexte d'urgence écologique. En 1936, Deschamps assimile ce terme au « gens du clan». (Dictionnaire Encyclopédique de Malgache (http://mondemalgache.org/bins/teny2?w=fokontany). Le fokontany se réfère plutôt à la communauté villageoise (Deverchin-Rakotozafy, « dictonnaire d'éducation bilungue usuel Malgache Français, Edicef, p.268.), à « un territoire et aux membres d'une collectivité formée par un groupe de villages ou de quartiers» (Rajaonarimanana N. « Dictionnaire du Malgache contemporain ».). Cette communauté perçoit un pourcentage sur le prix des produits quittant le fokontany sous Ratsimandra sous la surveillance du fokonolona.

[33] Razafindrakoto R. (Aout 2006), « Développement rapide et durable de Madagascar "est-ce une utopie?" », IPA imprimerie.

points. Ainsi, selon la Banque mondiale plus de 92 % de la population malgache dispose de moins de 2 dollars par jour pour vivre[34].

Deuxièmement, le déficit d'infrastructures et le manque de réhabilitation des équipements accentuent les mauvaises conditions sociales de la population. Ainsi, son taux de réalisation en matière d'infrastructures était de 30 % en 2009. Actuellement, on évoque une forte dégradation des infrastructures dues aux catastrophes naturelles et au manque d'entretien sur la période 2008-2013.

Troisièmement, la population a bien souvent une connaissance insuffisante de la législation environnementale et des aspects juridiques de la gouvernance ainsi que la gestion communautaire des ressources naturelles à Madagascar[35]. Cela relève d'autant plus dans certaines régions de l'illettrisme (bien que le taux de scolarisation soit de 76% en 2010, l'illettrisme est notoire dans les régions rurales) ou du manque de maîtrise des termes juridiques

Quatrièmement, au niveau économique, l'agriculture demeure l'activité principale des régions rurales tout comme les activités liées à l'exploitation des ressources naturelles et forestières. On note notamment l'absence de mécanisation, qui se fait volontairement dans certains villages, puisque qu'on dispose d'une main d'œuvre abondante. Les revenus générés par ces activités agricoles et forestières restent fortement soumis à divers facteurs, d'où leur caractère incertain. À Madagascar, la population dispose, en 2010, d'un Revenu National Brut[36] de 430 dollars par habitant.

[34] http://www.banquemondiale.org/fr/country/madagascar/overview#1

[35] Beuret Jean Eudes (2003), « Madagascar : vers une gestion locale des ressources forestières », fiche générale de Madagascar, p. 6.

[36] Il s'agit du RNB par habitant calculé selon la méthode Atlas, en $ US courants.

Paragraphe 2. Caractéristiques intrinsèques de la région d’Analamanga et d’Itasy.

Contexte territorial : cas d'Analamanga.

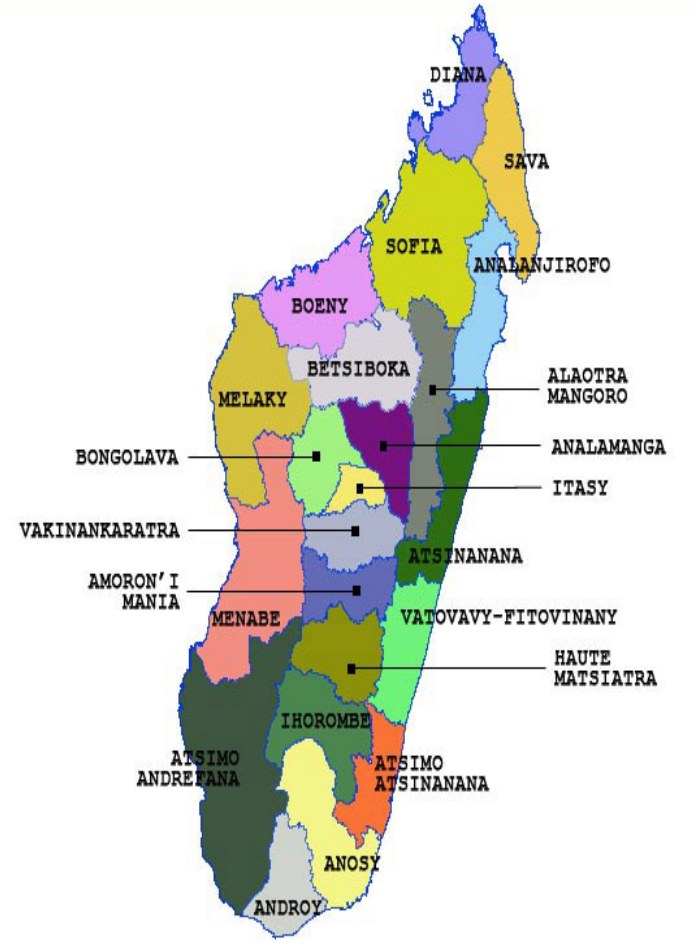


Figure 1 - Carte des 22 Régions de Madagascar. Source : MIRA.

Analamanga est l'une des vingt-deux régions de Madagascar. Sa superficie est de 17 445 Km^2. Elle compte plus de 2,8 millions d'habitants[37] (soit 1/6 de la population nationale). Analamanga comprend 8 districts (134 communes) :

1. le district d'Ambohidratrimo (avec une superficie de 1 402 km2 et 25 communes);
2. le district d'Andramasina (avec une superficie de 1 370 Km2 et 11 communes)
3. le district d'Anjozorobe (avec une superficie de 3 714 km2 et 12 communes);
4. le district d'Ankazobe (avec une superficie de 7 458 km2 et 12 communes);
5. le district de Tananarive (aussi nommée Antananarivo, avec une superficie de 88 km2 et une commune);
6. le district d'Antananarivo-Atsimondrano (avec une superficie de 369 km2 et 17 communes);
7. le district d'Antananarivo- Avaradrano (avec une superficie de 617 km2 et 12 communes);
8. le district de Manjakandriana (avec une superficie de 1 660 km2 et 23 communes).

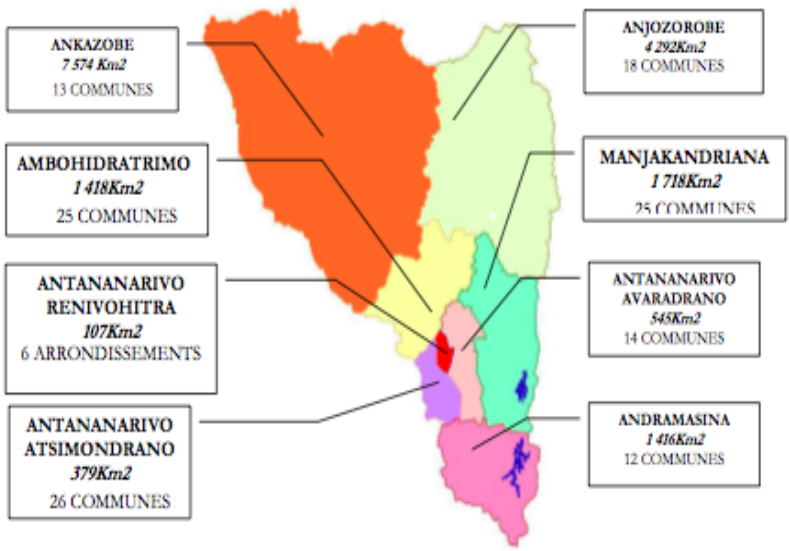


Figure 2 - Cartes des districts d'Analamanga. Source : Plan Régional de Développement (2005).

[37] La population a connu une croissance de 61 % de 1975 à 2010 en passant de 1, 1 millions à 2,8 millions d'habitant. En outre, 50 % de sa population a moins de 16 ans. La moyenne d'âge y est de 21 ans.

Analamanga a un climat tropical et des températures moyennes de 19°C et des précipitations annuelles d'environ 1100 m[38].

Analamanga est située sur la partie des hauts plateaux centraux dont la majeure partie se trouve à Antananarivo[39].

Au niveau hydrologique, les principales sources d'approvisionnement en eau proviennent des réservoirs de Mantasoa (1 375 ha) et de tsiazampaniry (2 333 ha). Le fleuve de l'Ikopa passe de façon transversale pour desservir une vaste partie de la région à l'exception des hauts plateaux. D'autres cours d'eau mineurs traversent Analamanga et s'étendent sur une surface de 4 927 hectares.

Au niveau pédologique, les sols se composent d'une part, des altérites (argiles, …) en zone base et d'aluminium en zone haute (plaines, plateaux). Ils sont assez fertiles tout en étant fragiles (notamment les sols à proximité des points d'eau), et difficiles de par leur relief.

Au niveau géologique et minier[40], le sol regorge de matières et pierres précieuses à l'instar du granite. Par exemple, les principaux gisements de pierres précieuses sont repérés dans le district d'Ankazobe.

---

[38] Confer Plan Régional de développement Analamanga p. 13 et 14.

[39] *« La géomorphologie générale de la région est marquée par deux aspects contrastés :*

- au nord, en particulier à l'ouest, elle est dominée par le plateau du Tampoketsa d'Ankazobe qui correspond à des surfaces d'aplanissement tabulaires jurassiques d'altitude autour de 1600m résultant de l'altération polycyclique d'un mélange de migmatites, gneiss, granite et/ou charnockite archéens. Vers le sud, à ces plateaux succèdent des reliefs rocheux alignés est-ouest en gradin devenus caractéristiques de cette partie. Sur le plateau, les vallées sont moins importantes en dimension pour devenir de vastes prairies; ces dernières sont rares; les vallées deviennent de plus en plus encaissées du plateau jusqu'au fleuve de l'Ikopa; les vallées se limitent très souvent à des vallons occupés par de forêts galeries;

- au sud et à l'est, l'altitude diminue mais les reliefs deviennent plus accidentés. Mise à part la région de Manjakandriana où le relief est mou, marqué par les reliefs du granite porphyroïde de Carion, on assiste à une morphologie à reliefs plus accidentés alignés de direction nord-sud, qui sont soulignés par le mélange de gneiss, migmatites, granites et charnockite. De vastes étendues de plaines plus ou moins importantes, d'altitude autour de 1200 m, se distribuent un peu par tout autour des zones habitées ou des cours d'eau : les plaines de Betsimitatatra, Manjakandriana, Mahitsy, entre Anjozorobe et Manjakandriana, environ d'Ambatomanga-Anjeva, Ambohimiadana, Ambohimanambola, en bordure de l'Ikopa, de Varahina, de Sisaony,… Ces plaines correspondent à d'anciennes zones lacustres d'âge quaternaire.

Partout sur les flancs de la plupart des collines apparaissent les lavaka en général en pleine activité plus ou moins importante en dimension entraînant la destruction d'importantes surfaces cultivables sur ces milieux ou produisant d'important ensablement ou envasement sur les vallées ou sur les vallons », extrait du descriptif topographique de la Région, Plan régional de développement, p. 18.

[40] La Loi n°99-022 du 19 août 1999 portant Code Minier a été révisée partiellement par la loi n° 2005 – 021.

La « *couverture végétale* » (les savanes, les forêts) est diversifiée. Bien que le reboisement soit opérationnel dans le District de Manjakandriana (eucalyptus, Tapia), celle-ci est menée tant pour un objectif de consommation liée à la demande énergétique que l'amélioration de l'écosystème. Les forêts primaires se localisent à l'Ouest et au Sud. Les grandes cultures sont parsemées sur la région.

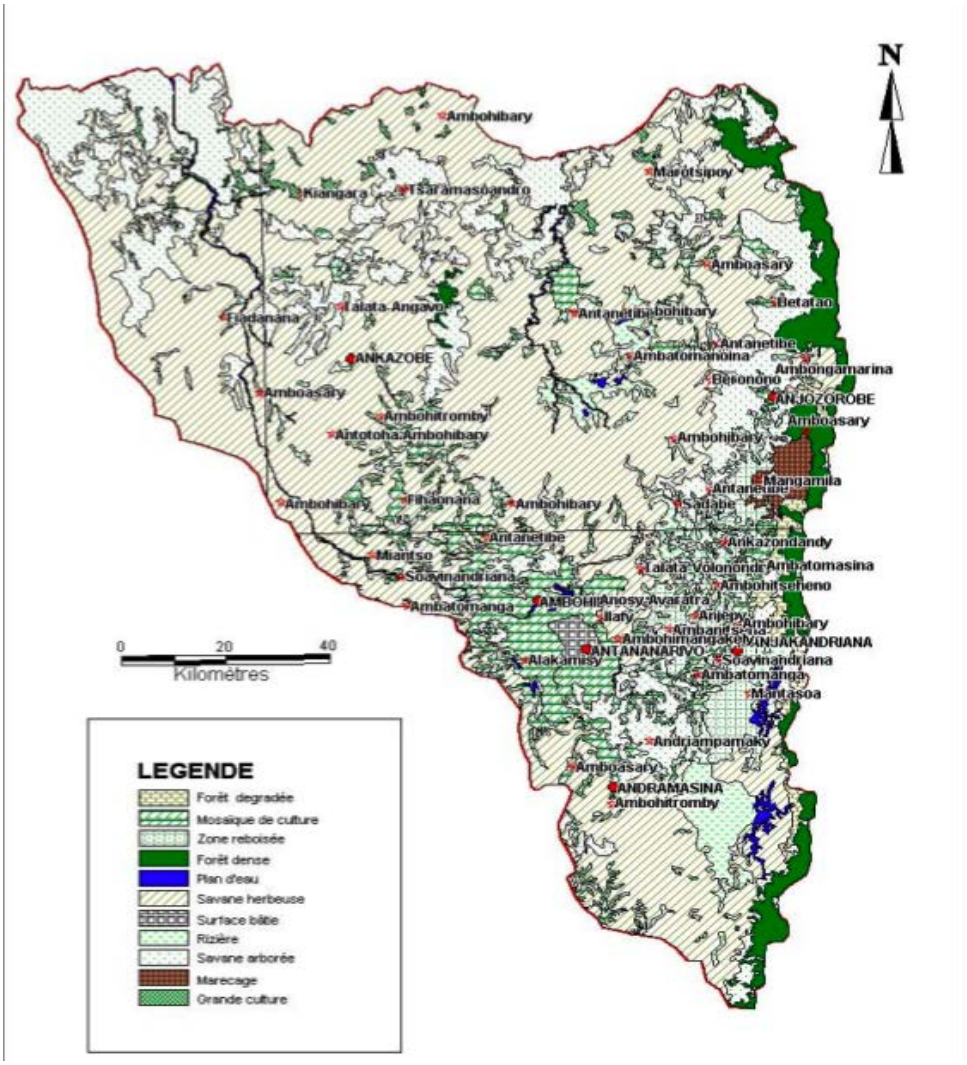


Figure 3 – Carte de la formation végétale et de l'occupation des sols à Analamanga. Source : Plan Régional de Développement, 2005.

Analamanga doit faire face aux difficultés liées[41] :

- au manque d'infrastructures (de santé publique, social, éducative) dans les communes rurales avec 45 % d'infrastructures publiques (selon les chiffres de 2005) et un déficit de l'ordre de 70 % alors que cette région reste la mieux équipée du territoire malgache.
- au niveau des entreprises, la structure dominante reste l'entrepreneuriat individuel et les Petites et Moyennes Entreprises (à 71 %).
- à la structuration de son secteur primaire qui, avec une main d'œuvre avec 15 % de la population du territoire concentrée essentiellement dans l'agriculture, la pression environnementale envers la couverture végétale entraîne sa disparition progressive (feux de brousse, de forêts, défrichements, …). Les plans d'eau possèdent peu de ressources halieutiques et la productivité de cette filière reste restreinte par rapport à l'ensemble des régions malgaches.
- À la structuration de son secteur secondaire limitée par les taxes, impôts, le coût des activités mais également l'instabilité conjoncturelle politique, économique et sociale.
- À l'insécurité et à la corruption.
- À L'insuffisance de la production agricole notamment le riz (ressource principale d'alimentation) qui avec un rendement de 2 tonnes par hectare requiert le recours aux importations infra et supra nationales.
- Les conflits liés au zonage et à la propriété foncière sont omniprésents.
- La pollution (de l'air et des sols), le traitement des déchets (quasi inexistant dans certains quartiers) et la surexploitation des ressources restent des problématiques ardues à résoudre.
- Le microcrédit peine à se diffuser.
- Les investissements et la réinjection des profits dans le circuit financier sont rares.
- Les activités (artisanats, tourisme, …) génèrent peu de profits.

[41] Plan Régional de Développement.

Contexte territorial : cas d'Itasy.

Itasy est l'une des vingt-deux régions de Madagascar. Sa superficie est de 6 727 Km^2 avec une frontière commune avec Analamanga. La région se situe au Nord-Est de la région d'Analamanga. Miarinarivo est la capitale de la région Itasy.

Elle comptait 721 628 habitants lors du dernier recensement de 2004. En 2010, la région avait un taux de pauvreté de 79,9 %. Le budget investit par l'Etat dans la région a diminué de 4,5% la première année de la crise géopolitique en 2009, pour attendre les 410 millions d'ariary en 2010.

Itasy comprend 3 districts soit 51 communes au total pour une superficie de 7 651 km^2:

1. le district d'Arivonimamo (avec une superficie de 2 723 km^2 et 22 communes). Le district d'Arivonimamo contient 40,9 % de la population du district et 1,4 % de la population du pays en 2010.

2. le district de Miarinarivo (avec une superficie de 2 958 Km^2 et 14 communes). Le district de Miarinarivo contient 34,6 % de la population du district et 1,2 % de la population du pays en 2010.

3. le district de Soavinandriana (avec une superficie de 1 970 km^2 et 15 communes). Le district de Soavinandriana contient 40,9 % de la population du district et 1,4 % de la population du pays en 2010.

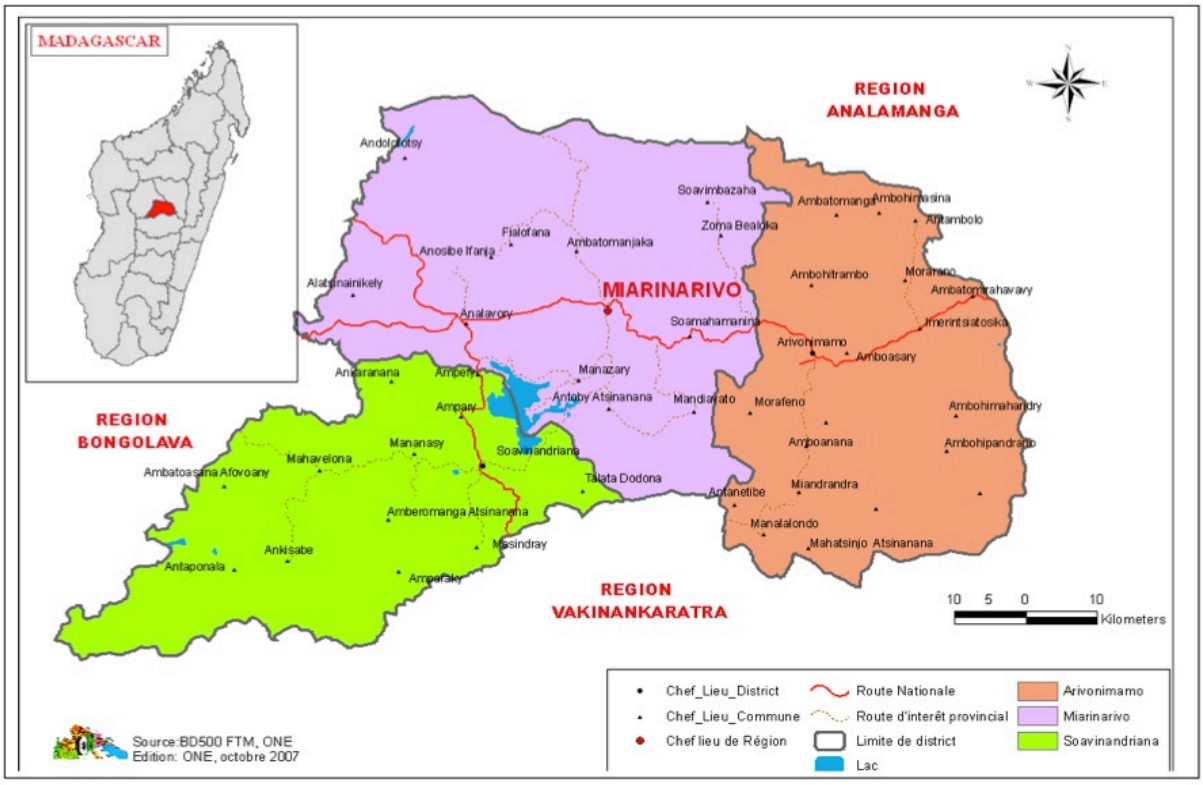


Figure 4 – Carte des districts de la Région Itasy. Source : Tableau de Bord Environnemental (TBE) de la Région Itasy, 2007.

La région compte 51 lacs et 58 rivières. A Itasy, 19,72% du territoire est cultivé, ce qui représente 59% du territoire cultivable. Le lac Itasy et les forêts de Tapia (forêts sclérophylles) représentent les principales ressources environnementales. La région compte 17 509 hectares de forêts en 2005 (soit 2,67 % du territoire).

Les cultures vivrières se composent de Riz, de manioc, de maïs, de patate douce, de pomme de terre. Les cultures de rentes sont les cultures à vocation quasi-exclusivement commerciale comme la tomate, l'ananas, le cornichon, les haricots verts.

- **Pédologie :** Trois types de sols caractérisent la Région Itasy :

  - les sols d'alluvions, ou baiboho, aux aptitudes culturales élevées sur les berges du lac

Itasy et le long des larges vallées d'Analavory et d'Ifanja ;

- les sols volcaniques fertiles des secteurs de Soavinandriana et du Sud d'Analavory;

- les sols ferralitiques, aux fertilités médiocres, des massifs dégradés.

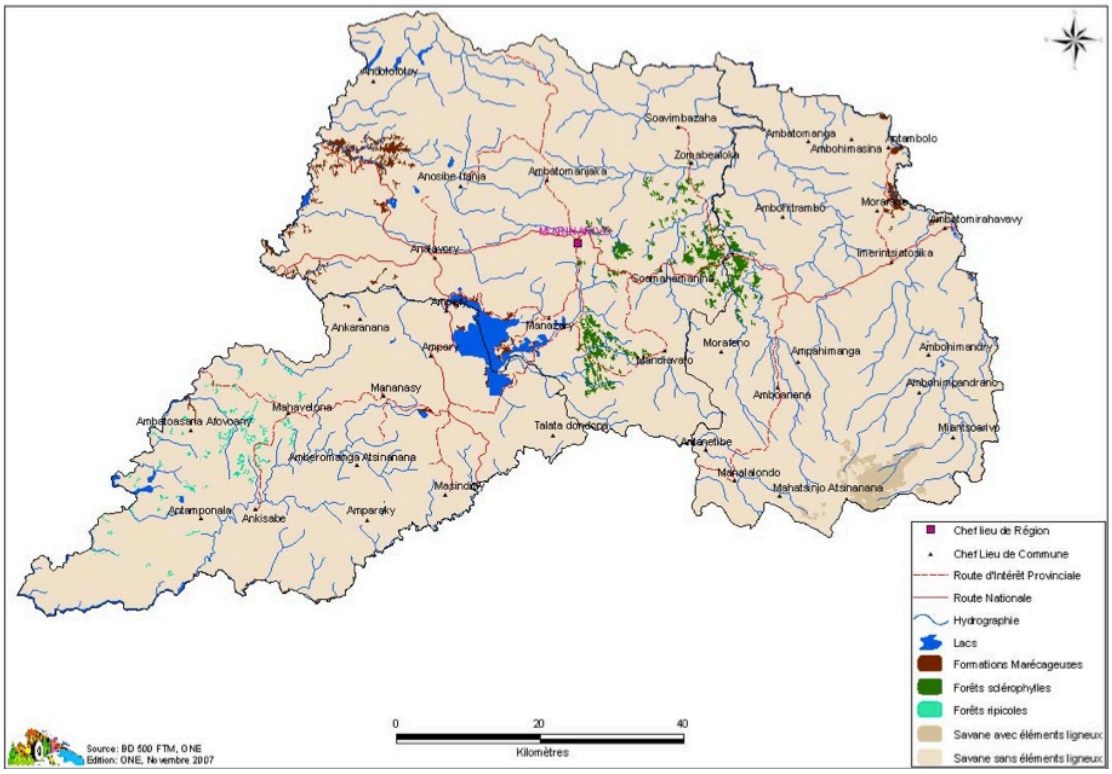


Figure 5 - Carte des écosystèmes naturels d'Itasy en 2005. Source : TBE d'Itasy- 2007.

À Itasy, les instances ont une bonne connaissance des droits formels mais le (1) manque de moyens à cet effet dans le budget participatif de l'État et (2) manque de pouvoirs pour les communes rendent l'application de ces mesures plus difficiles pour les populations (Direction de l'Environnement et de la Forêt, 2011, 2014). De plus, l'absence ou la faiblesse d'apport fiscal de la part des communautés de base provient du manque de recettes perçues par les communes. Les cotisations annuelles sont fixées à 500 Ariary par ménage. La délimitation des forêts le zonage des ressources par les autorités.

Depuis 2010, les migrations des populations voisines vers Itasy créent de nombreux problèmes et de nombreuses dégradations. Malgré les déviances, la direction de l'environnement tente de maîtriser les dérives via la connaissance environnementale.

Toutefois, pour les autorités, les migrants connaissent les règles car il y a toujours des réunions de manière récurrente pour expliquer aux membres du fokonolona (notamment les migrants) le contenu du Dina[42] (réglementation locale) à Itasy. Donc, l'arrivée des migrants ne pose pas vraiment de problèmes par rapport au respect du dina selon les instances.

La forte croissance démographique à Itasy et la migration engendrent une pression massive sur la forêt et une augmentation des terres cultivées.

Selon la DRIEF[43], le reboisement annuel respecte le cycle naturel de la repousse naturelle et l'espacement des arbres de 0,2 à 3 $m^{2.}$ En général, les Communautés de Base (COBA) réalisent le reboisement. A Itasy, 2000 hectares de forêts sont surveillés (dont 350 hectares de forêts très surveillés). Le reboisement de la forêt artificielle, notamment de la forêt de Tapia est essentiel pour l'équilibre environnemental. Le reboisement a lieu à ces périodes suivantes pour ces espèces :

- octobre-décembre : « *voan-tapia* » (semences de Tapia);
- décembre-mars : « *olatra* » (champignons) ;
- avril-août : *landy* (champs) ;
- août-septembre : *landy* d'hiver et l'Eucalyptus.

Les COBA respectent leurs engagements et devoirs sociaux car il y a une volonté du fokonolona de protéger les ressources naturelles. Ce respect des Ressources Naturelles a été vérifié par la Direction Régionale Environnement et de Forêts à Itasy. La conservation des sols y est assez bonne, bien que le changement climatique entraine des retards des pluies et la diminution des productions agricoles.

La sensibilisation, la maîtrise des items et les progrès ne sont pas toujours ceux escomptés. Et divers actions et ressources manquent (financières, matérielles, infrastructures, …) tout comme la connaissance juridique et des items de la gouvernance des ressources qui ne sont pas assez approfondies et généralisées.

[42] Rakotoninindrina N. (1999), « Dina et Communauté de Base », Atelier vers la mise en place du droit effectif de l'environnement a Madagascar ».

[43] Direction Régionale de l'Environnement et des Forêts.

La mairie et les organismes d'appuis sensibilisent les populations sur les items de l'environnement. Les citoyens participent aux réunions et à la sauvegarde des ressources notamment à travers le reboisement et les pépinières.

Selon les autorités, il y a eu un effondrement du nombre des feux de brousse et des coupes illicites. En 2010, 2 618 hectares de forêts ont été brûlés à Itasy alors que seulement 227 hectares de reboisement ont été réalisés. Le manque d'application de sanctions et d'instances pour la détection et l'application de sanctions conduit à cette situation[44].

Itasy doit également faire face à diverses difficultés.

- La Direction Régionale de l'Environnement et des Forêts (DREF) met en œuvre des contrôles et des mesures qui sont insuffisantes à cause des moyens dont ils disposent. Cela ne permet pas d'appréhender et de sanctionner tous les déviants. Ainsi, en 2010, la Direction de l'Environnement et des Forêts a identifié seulement un trafiquant. La DREF manque également d'argent pour la réalisation d'études environnementales.
- Les besoins fondamentaux des populations ne sont pas satisfaits, l'accès aux soins reste difficile à cause du manque de revenus et de la très grande pauvreté (80%). Au regard de ces faits, il manque, toutefois, des informations pour évaluer la justice sociale dans cette région.
- L'illettrisme et le manque de participation des femmes de la COBA alors qu'elles assurent les activités économiques sont également des facteurs pénalisants ce territoire.
- L'État communique très peu d'informations chiffrées et actualisées sur la corruption, les délits et l'exploitation illicite des Ressources Naturelles dans la région.
- L'insuffisance de suivi, de surveillance de l'État sur la gouvernance des ressources provient du manque de capital financier et humain déployés.
- L'exploitation illicite des forêts de Tapia pour le charbon de bois destiné au marché locale reste encore très élevée.
- Les plantations de plantes étrangères s'accroissent et l'arrêt des cultures des *landikely* (les *landibe,* c'est-à-dire les champs, s'accentuent). Les martins nuisent au bon déroulement des cultures. Il est nécessaire de leur distribuer des produits pour lutter contre les

[44] Radison R.C., Ramananarivo R., Ramananarivo S. (june 28- 30, 2010), « Strategy for sustainable development by land in the central highlands of Madagascar: territorial approach for sustainable development by land in the central highlands region in Madagascar », ISDA Montpellier, p. 15.

nuisances. Depuis, les paysans n'ont plus planté de *landibe* mais des plantes étrangères que la Commune leur a envoyées).

- La réinjection des bénéfices de la commune et de la région dans les ateliers de tissages, la création de pavillons de ventes restent toutefois assez exceptionnelles et insuffisantes pour être efficaces tout comme la diversification des activités.

- La région perçoit les ristournes de la COBA. Les communes désirent aussi percevoir un pourcentage des ristournes. Le manque de recettes provient du fait que les Collectivités Territoriales Décentralisées n'obtiennent qu'environ 5% du Projet d'Investissement Public. Les collectivités réclament 15% du Programme d'Investissements Publics afin de mener des projets de développement.

L'efficacité environnementale à Madagascar requiert dans un premier temps la création d'une réglementation (elle nécessite l'emprunt des principes du droit de l'environnement) mais également l'élaboration d'une stratégie de développement durable basée sur des piliers économiques et sociaux. Depuis les dernières décennies de nombreuses mesures ont été mises en œuvre et de nombreuses études ont vu le jour.

Malgré ses démarches louables, le contexte social [45] et économique ne permet pas aux populations locales d'employer les ressources de manière durable car leur survie en dépend.

De plus, le contexte géopolitique local et l'instabilité politique que le pays a connu à certaines périodes accroissent les difficultés que le pays rencontre dans la mise en place pérenne d'une gestion environnementale.

[45] Ballet J. et Guillon R. (2003), « Regards croisés sur le capital social », l'Harmattan.

Ballet J. et Randrianalijaona M. (2011), « Vulnérabilité, insécurité alimentaire et environnement à Madagascar », ed. Harmattan.

A. Historique de la situation environnementale des ressources à Madagascar du IXème siècle à nos jours.

1) Le système juridique du IXème siècle à l'ère précoloniale.

La gouvernance communautaire des ressources naturelles en droit de l'environnement Malgache[46] est apparue dès le IX ème siècle sous l'impulsion du droit Asiatique, Africain et Oriental.

Durant l'époque précoloniale, le « *Fokolonisme*[47] » a permis de promulguer une réglementation nationale et locale portant sur le contrôle des domaines lors de la réalisation de travaux publics et en matière de sécurité[48]. La communauté de base du village[49] se charge du respect de la réglementation, de régler les différends et de contrôler les travaux d'infrastructures, de collecter l'impôt ainsi que de la responsabilisation des villageois à ces règles[50].

Sous le régime monarchique, (avant 1894) les ressources ont été décrétées comme étant essentielles à l'harmonie et à la vie de la population[51].

---

[46] DELC (centre de recherche sur les aspects juridiques de la GGCDRN, 2010), « Matrice d'influence d'analyse de la participation des acteurs par rapport au transfert de gestion des ressources naturelles (TGRN) », p.4.

[47] Le Fokolonisme désigne la structure sociale et politique du conseil de village.

[48] Madagascar, Pre-colonial Era, Prior to 1894, Country Guide, Malagasy Information Resource www.1upinfo.com

[49] Encore appeler le *Fokonolona* ou «les gens du clan ou du village».

[50] Brown M. (2000), *The History of Madagascar*, p. 109.

[51] Henkels D. M. (1999), « Une Vue de Près du Droit de l'Environnement Malgache », Article, African Studies Quarterly.

Au temps de l'existence du Royaume de Madagascar, diverses mesures de sauvegarde fonderont les prémisses du droit de l'environnement et de la structure précoloniale Malgache et elles concernent diverses branches du droit à l'instar :

- du droit des espaces et des territoires. À l'époque du Roi Andrianampoinimerina premier, la mer territoriale était la frontière de son royaume[52].
- du droit des ressources naturelles. À l'époque du règne de la Reine Ranavalona II[53], le code des 305 articles a été promulgué à Madagascar. Celui-ci constitue un pilier de la juridiction précoloniale. Il regroupe des dispositions tant du droit civil, que de droit pénal (dont des mesures de gestion et de protection des ressources naturelles), des procédures du droit. Ce code des 305 articles a été promulgué dans toute l'île en 1881. Il constitue à l'échelle nationale la base de la structure juridique précoloniale, sous le règne de la reine. La gestion et la protection des ressources naturelles relèvent des dispositions du droit pénal.

L'année 1895 marque un tournant en droit de l'environnement Malgache avec l'apparition de l'ère coloniale française.

2) La transposition[54] du système juridique français.

Les français colonisent Madagascar en 1895 (décret de 1895 et loi de 1896). Durant cette période et à posteriori de l'indépendance de Madagascar (en 1960), le système juridique français influence la juridiction malgache. Par exemple, la juridiction française relative à

[52] Le Roi Andrianampoinimerina (9ème Siècle) : "*Ny ranomasina no valamparihiko*" (« La mer est la limite de ma propriété / mon royaume) »

[53] Avant l'ère coloniale, Madagascar a déjà mis en place des cadres juridiques pour gouverner le pays. Outre le code des 305 articles rédigés par le Ministre de la Justice, Razanakombana, le Code des 101 articles a été promulgué en 1868 et le Code des 118 articles Betsileo a été promulgué en 1873.

[54] La transposition du système français à Madagascar a notamment nécessité une adoption de la réglementation et des modalités juridiques aux spécificités locales, notamment à la culture locale, le communautarisme du droit malgache.

l'extraterritorialité se transpose à Madagascar. Les français ont, en outre, renforcé et officialisé la juridiction préexistante (à l'exemple du *fokonolisme*, loi reconnue en 1902[55]). Le *Fokonolona* représente, selon le Général Ratsimandrava[56], un mode de gouvernance reposant sur la transparence et la participation de toutes les parties prenantes pour la résolution des problèmes (« *ala-olana* »).

Malgré cela, les spécificités locales ont été prises en compte notamment en matière culturelle ou dans le droit foncier[57], la propriété intellectuelle, le droit de la responsabilité et à la médecine ainsi que le droit de la gestion des ressources naturelles (les propriétés collectives sont devenues individuelles lors de la transposition du droit français).

DU DEVELOPPEMENT COMMUNAUTAIRE À LA GESTION COMMUNAUTAIRE À MADAGASCAR.

Durant la colonisation, la paysannerie proteste contre le système bureaucratique. Les paysans se révoltent et refusent de payer l'impôt. En 1929 et 1930, les luttes paysannes[58] s'intensifient dans les hauts plateaux et la capitale. Cette période se caractérise par l'utilisation de main d'œuvre pour les travaux d'intérêt général. Ainsi, chaque malgache doit fournir 50 journées de travail à l'État (Boiteau[59]). Cette pratique repose sur le travail forcé, aboli le 17 avril 1946.

---

[55] http://ylang.gasikara.free.fr/Historama.htm, "L'Histoire de Madagascar en Quelques Dates", 2002, p.8.

[56] Kabary tenu à Ambohimahasoa, Ny fokonolona, araka ny kabary nataon'ny Kôlônely Ratsimandrava 1973 – 1975, p. 45 -51.

[57] Conseil supérieur du Notariat et l'association du notariat francophone (17 au 21 mai 2010), « Mission d'audit du foncier à Madagascar », p. 65.

[58] Desjeux, D. (1979) « la question agraire à Madagascar », l'harmattan, p. 195.

[59] Boiteau P. (1948), « La situation Matérielle et morale des travailleurs malagaches », esprit, n° 142, fév. 1948, pp. 240-256.

La loi 30 Avril 1946 fonde le Fond d'Investissement et de Développement Économique et Social (F.I.D.E.S) pour la mise en place de plans du développement territorial. La mauvaise gestion de la main d'œuvre crée un déficit vivier dans les années 1950.

En 1950, les Collectivités Autochtones Rurales (C.A.R) sont édifiées pour gérer les budgets et les infrastructures en partenariat avec les chefs de districts.

En 1953, des secteurs paysans sont érigés afin de soutenir de manière ponctuelle les filières de l'agriculture. Le manque d'autonomie morale et juridique de cette organisation freine son efficacité.

En 1958[60], l'A.K.F.M[61] et le MONIMA[62] soutiennent les luttes ouvrières.

Dans les années 1960, les paysans ne respectent pas les restrictions en signe de protestation (ils pratiquent le tavy (culture sur brulis) hors du période légale, et déclenchent des feux de brousse en période sèche). En 1960, les communes (alors appelées groupements de collectivités) sont en charge du développement de la production, des conditions de vie et des infrastructures agraires. Lors de l'indépendance, plus des deux tiers de l'économie malgache est détenue par des étrangers si bien que les activités d'import et d'export restent largement dominantes (soit plus de 90%) et plongent le pays dans un « développement du sous-développement » (Philippe Hugon, 1989). De 1960 à 1965, la désorganisation du système agraire malgache intensifie les pénuries de production dans l'ensemble des filières agricoles, si bien que le Pays recours à l'importation de plus de 100 000 tonnes de riz pour la consommation locale en 1964.

En 1965, les premières politiques agricoles sont instaurées. Dès 1966, l'État entame la diversification des filières.

---

[60] Randrianarisoa P, Razafimahefa A. L. (1991), « Madagascar d'une république à l'autre (1958-1982), tome 1, S.A. Papeterie de Madagascar, p.260.

[61] AKFM : Antoko'ny Kongresi'ny Fahaleovantenan'i Madagasikara en malagche

Parti du congrès de l'indépendance de Madagascar.

[62] MONIMA : Madagasikara otronin'ny Malagasy en malchage

Mouvement national pour l'indépendance de Madagascar.

En 1971, les mouvements de protestation des paysans intensifient dans le Sud avec le soutien du MONIMA. En janvier 1972, Tsiranana est réélu. Son gouvernement prend des mesures en faveur des paysans. En Mai 1972, se forme dès lors le partie Prolétarien, M.F.M.[63] En effet, la remise en cause du maintien des techniques françaises dans l'agriculture française devient la revendication majeure notamment dans l'organisation administrative.

En 1973, le gouvernement met en place une politique économique et financière. Ainsi, l'Ordonnance 73 009 du 24 mars 1973 réorganise le *fokonolona* et crée des coopératives agricoles. Cette politique vise l'accession simplifiée au commerce extérieur par les paysans. Ratsiraka est élu en 1975 et axe davantage sa politique sur le développement des campagnes.

Un décret du 9 novembre 1944 lui attribue au *Fokonolona*[64] la personnalité morale.

Dès les années 1950, les politiques nationales, économiques et sociales appuyées par les bailleurs internationaux concernent le développement agraire. L'idée de vulgariser les concepts de l'agriculture et du développement social permet de faire des citoyens les moteurs de leur développement. Les autorités élaborent le premier plan de développement communautaire dans les années 1960. Outre les aspects financiers qu'il requiert, le premier plan de développement nécessite une refonte du système étatique. En effet, à Madagascar, le développement communautaire repose sur la participation des communautés de base. La réforme agraire s'applique au niveau régional. Ces tentatives se révèlent être des échecs car

---

[63] MFM : Mpitolona ho amin'ny Fandrosoan'i Madagasikara

« Mouvement pour le pouvoir prolétarien » puis le mouvement devient « Le mouvement pour le progrès de Madagascar » en 1985.

[64] Le Fokonolona (« Dictionnaire Malgache-français », L'Harmatthan) (vient de « Foko » et « Olona » la personne, les gens) se définit comme « la communauté villageoise, composée à la fois de noblesses et d'autochtones, donc de deux lignées au moins ayant une « grande maison » dans le village ». Le fokonolona a pour vocation de participer à la vie publique via la municipalité, le public (Deverchin-Rakotozafy, « dictionnaire d'éducation bilingue usuel Malgache Français, Edicef, p.268.). Il désigne une circonscription. Le concept de Fokonolona est selon le Général Ratsimandrava est un mode de gouvernance reposant sur la transparence et la participation de toutes les parties prenantes pour la résolution des problèmes (*ala-olana*). Le fokonolona est constitué d'un chef de clan, le « Tompomenakely ».

Le fokonolona a pour mission d'intervenir dans la spécification et la mise en oeuvre des textes et documents officiels alors que les fokontany, quant à eux, sont chargés de participer à la prise des décisions ou d'être consultés par les autorités en cas de besoins. De plus, les fokontany font partie des collectivités décentralisées.

l’administration centrale ne prévoit aucun dispositif de participation des populations et des administrations communales.

Andrianampoinimerina (1787 – 1810) crée les redevances et l'usufruit sur les terrains de chaque *fokon'olona*. Il découpe le territoire en six districts et restructure le partage des terres.

Sous la monarchie Merina (1810 – 1895), la « centralisation administrative » s'intensifie dans un premier temps avec Radama I et puis Rainilaiarivony avec l'accroissement des corvées des *fokonolona*. Ce dysfonctionnement de l'administration provient de sa rigidité du système monarchique en lui-même.

Durant la colonisation (1895 – 1960), bien que le régime monarchique merina impulse cette prise en considération, la période coloniale accentue la gouvernance communautaire des ressources naturelles avec la transposition du modèle environnemental français à la colonie.

Depuis les années 1990, le mode de gouvernance communautaire adopté par l’État repose sur la décentralisation des pouvoirs aux communautés de base.

B. Gestion communautaire des ressources de l'indépendance à nos jours.

Fort de cet héritage, après son indépendance, la législation malgache se base toujours sur le système juridique international, français et ses spécificités.

Devenue indépendante en 1960, Madagascar a institué des lois et un système juridique basé sur la structure juridique précoloniale et française. Plus de cinquante ans après son indépendance, la législation malgache se base toujours sur ces deux régimes juridiques[65].

[65] Rakotoson (L), *The legal transplant and its integration with the customary law of Madagascar*, Comparative Legal System , Golden Gate University School of Law, Fall 2003.

Dès lors, émerge une juridiction hétéroclite sur la préservation des ressources naturelles et forestières axée sur les paradigmes du droit international de l'environnement. En effet, actuellement détentrice de 3 % de la diversité biologique mondiale, Madagascar subit la convoitise tant d'acteurs locaux, qu'internationaux. Dès le début des années 1990, face à l'augmentation de la pression environnementale[66], l'idée de créer une nouvelle législation basée sur les règles de la gestion durable des ressources apparaît. De ce fait, les autorités adoptent une réelle politique en faveur du développement durable en 1990 sous l'impulsion de la Charte de l'environnement[67] en matière de Gouvernance et la Gestion Communautaire Durable des Ressources naturelles. Cependant, l'apparition de la Charte de l'environnement en 1990 (loi 90-033) n'entraine pas les effets escomptés sur la préservation des ressources. Dès lors et jusqu'à la création de la loi Gélose, Madagascar élabore divers dispositifs intégrant les COmmunautés de BAse (COBA) et leur attribue un rôle dans la préservation des ressources[68]. Le colloque international sur la Gestion Locale Sécurisée (juin 1996) marque un réel tournant avec quelques mois plus tard l'apparition de la loi Gélose sur les transferts de gestion de l'État vers les populations locales. Il existe actuellement deux types de contrat de transferts de gestion spécifiques aux forêts : le contrat GELOSE (I) et le contrat GCF[69] (II) spécifique aux forêts.

D'ailleurs, la réglementation et les paradigmes de cette législation permettent tant de poser un cadre ambitieux pour la réalisation de cet objectif. L'efficacité de l'application de ces règles conduit à des déviances.

Cependant, à ce constat, s'ajoutent diverses déviances de ces règles de par les exceptions dont celles dues à sa légitimité ou aux spécificités internes, d'où la difficile application de cette législation et le questionnement actuelle sur l'efficacité de cette gouvernance.

---

[66] Les autorités malgaches ont entrepris la décentralisation de la gestion des ressources naturelles et forestières afin de limiter, voir d'éradiquer les impacts de la pollution, de la destruction et de la surexploitation des ressources naturelles forestières Cette stratégie nationale de conservation concerne notamment 515 000 hectares de forêts (dont 390000 hectares en forêts humides et 125 000 hectares de forêts sèches). Les lois et les mesures en faveur de la préservation des ressources naturelles et forestières ont été développées par les ministères connexes (ministère de l'environnement et de forêts, ministère des eaux, ministère des mines, …).

[67] Charte de l'environnement : Loi n° 90-033 du 21 décembre 1990 modifiée par les lois n° 97-012 du 06 juin 1997 et n° 2004- 015 du 19 août 2004.

[68] Winterbottom Bob, (juin 2001), « Réflexions sur l'amélioration de la Gestion des Ressources Forestières à Madagascar », p. 32.

[69] La gestion contractualisée des forets (GCF) est un type de contrat de transfert de gestion apparu en 2000 qui est appliqué essentiellement aux forêts et aux aires protégées. Il a été déposé par le décret n° 2001/122 du 14 février 2001.

Pour illustrer le cas de Madagascar, nous nous basons sur deux illustrations des règles de gestion environnementales à travers les lois de gestion décentralisée des ressources naturelles.

LES RÈGLES REGISSANT LA GESTION DES RESSOURCES NATURELLES A MADAGASCAR.

La Loi Gélose du 30 Septembre 1996 (Loi N°96-025 relative à la gestion locale des ressources naturelles renouvelables) et **la Gestion Contractualisée des forêts** en 2001 (le décret n° 2001/122 du 14 février 2001) marquent l'émergence d'un réel consensus pour l'environnement à Madagascar[70].

[70] C3EDM (mai 2005), « indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion », p.60.

C3EDM (mai 2005), « Indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion, rapport final », p.60.

C3EDM (juin 2005), « Indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion, maquette d'ouvrage technique (rapport de synthèse final », p.90.

C3EDM, (mai 2005), « indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion, maquette d'ouvrage technique », p.60.

C3EDM (2010), « les différents types de contrat de transfert de gestion des ressources forestières », p.2.

C3EDM (octobre 2010), « rapport de mission Anja : capitalisation des acquis sur la GGCDRN », p.9

1) La loi Gélose.

Le contrat Gélose (I) actualise la législation des années 1970 et répond aux attentes des préoccupations environnementales à cette époque. Cette loi établit un cadre général de la préservation des ressources et de l'écosystème du territoire[71].

Des textes connexes enrichissent les apports de la loi Gélose (1) « *l'arrêté interministériel relatif aux ressources non renouvelables pouvant faire l'objet d'un transfert de gestion au profit des communautés locales* », (2) « *l'arrêté interministériel relatif au cahier de charges de prescriptions spéciales* », (3) « *le décret relatif aux communautés de base* » (décret 2000-027), et (4) le décret relatif aux médiateurs environnementaux (décret 2000-028).

a) Structuration du transfert de gestion.

Le contrat Gélose se compose (1) d'un contrat de transfert de gestion (composé d'un cahier des charges (1a) et du dina (1b) : règlement de la COBA) et (2) d'un relevé ou inventaire foncier simplifié connu sous le nom de Sécurisation Foncière Relative (SFR).

Le cahier des charges **(1a)** régit et spécifie les droits, les obligations et sanctions[72] relatives aux propriétaires et gestionnaires. Ce document unilatéral (propriétaire-

[71] Confer article 2 de la loi « les forêts, la faune et la flore sauvages aquatiques et terrestres, l'eau et les territoires de parcours».

gestionnaire), la direction de l'environnement et des forêts encadre la COBA dans la gestion. ***Le dine ou dina*** **(1b)** régit les rapports de la COBA (un règlement intérieur). Mais il s'applique aux acteurs externes en cas délit[73]. Le dine respecte le droit constitutionnel, législatif, réglementaire des usages de la communauté.

La décentralisation accorde donc relativement peu de pouvoir aux COBA.

La Sécurisation Foncière Relative (SFR, {2}) sécurise le foncier pour insister les COBA à mieux gérer les ressources. L'article premier du décret 98-610 définit la SFR comme étant *«une procédure consistant en la délimitation d'ensemble du terroir d'une communauté locale de base bénéficiaire de la gestion des Ressources Non Renouvelables ainsi qu'au constat des occupations comprises dans le terroir»*. Cette procédure administrative revêt plusieurs avantages car elle est moins complexe, moins onéreuse que le cadastre ou une immatriculation individuelle. Mais elle ne contient aucune portée juridique et sécuritaire car elle ne débouche pas sur l'octroi d'un titre foncier et assujettit les paysans à un surplus d'impôt foncier. De plus, la délimitation parcellaire, prévue par le décret n° 98-610 a été tantôt détaillée, non détaillée ou absente.

Ce texte promeut donc la gouvernance[74] et le Dina[75]. La Loi Gélose applique directement le droit interne[76] des obligations contenues dans la Charte Internationale des Droits de l'Homme et la Charte Africaine des Droits de l'Homme et des Peuples pour assurer la gouvernance des autochtones.

---

[72] Le cahier des charges contient des clauses (administratives, financières et techniques) auxquelles les gestionnaires (COBA) sont assujettis.

[73] Ce fut le cas pour le contrat de Antsahmeloka (Andapa).

[74] La gouvernance est définie comme “l'exercice des pouvoirs politiques, économiques et administratifs dans la gestion où cet exercice s'effectue et s'évalue à tous les niveaux de la structure du système national, régional, et local”. Rakotoarison, J. et al, Vers la Gestion et la Gouvernance communautaire des Ressources Forestières dans la Contexte de la Politique de Décentralisation à Madagascar : Cas des Parcs Nationaux de Ranomafana et Masoala.

[75] Le Dina ou le Dine est une modalité de réglementation de l'économie des communautés de base. Le Dina règle de base, ensemble normes régissant la vie au sein de la communauté de base. En cas, d'échec de la résolution d'une situation conflictuelle par le Dina (car le Dina ne dispose pas des outils permettant de résoudre le conflit), un recours en justice peut être engagé.

[76] Julien- Laferrièrre, François, Les Institutions de la IIIe République Malgache, Revue du Droit Public et de la Science Politique en France et à l'Étranger (R.D.P. 3-1994 Mai-Juin) pp. 635-673, 644.

b) Parties prenantes au transfert de gestion.

L'ensemble des parties prenantes participe au processus laborieux de création du contrat de transfert de gestion. La COBA (1), la commune (2) et le ou les représentants administratifs locaux (3) signe le contrat Gélose. La loi Gélose crée également le rôle du médiateur environnemental, désigné par l'Office National pour l'Environnement lors de la première demande d'agrément.

La communauté de base, nommée COBA, (1) se charge de la gestion durable des ressources. Elle élabore le contrat et fait respecter ses dispositifs. Ce processus (transfert de gestion) de décentralisation octroie les pouvoirs de l'État à la COBA. La loi Gélose permet aux COBA de pouvoir bénéficier de la commercialisation des ressources naturelles et forestières (ventes de matières premières, produits dérivés, produits semi-finis et finis). L'article 54 de la loi n° 96-025 concède à la COBA des avantages parafiscaux particuliers et se traduit par des retombées économiques directes pour celles-ci. Toutefois, elle peut désigner un tiers pour gérer l'exploitation et l'accès à ses ressources. La COBA détient le statut de personnalité morale. Le cahier des charges contient les obligations de la COBA. Son fonctionnement se rapproche de celui d'une Organisation Non Gouvernementale. Elle se compose de volontaires unis en un groupement qui obéissent aux règles de vie édictées par le dine (article 2 de la loi n° 96-025). Elle se compose d'une assemblée générale (organe délibérant) et d'une structure de gestion (organe exécutif) en vertu du décret n°2000-027. L'assemblée générale organise et gère la COBA et elle recrute également les membres de la COBA. Les membres versent une cotisation permettant de financer les activités de la COBA. Des dotations financières, aides, dons et legs octroyés par les instances gouvernementales, des organismes d'appuis et des acteurs privés assurent le bon fonctionnement de la COBA.

La Commune (2) participe à l'élaboration du contrat Gélose. Le maire rend le dina exécutoire en y apposant son visa. La commune a pour mission de suivre la gestion du contrat et d'aider la COBA à gérer les ressources. La commune instaure des règles et stratégies communales mais ses obligations restent moindres par rapport à celles de la COBA. Elle représente également l'instance de règlement des conflits pouvant émerger. La commune

perçoit une partie des amendes inscrites dans le dine (part au prorata édictée par l'État qui perçoit l'autre part). Dans certains cas, le rôle de la commune est conféré à d'autres instances Étatiques. À l'exemple du transfert de gestion intervenu à Antsahameloka (Andapa) où cette fonction administrative a été conférée à la Circonscription régionale des Eaux et Forêts (CIREF) d'Antahala. Le CIREF doit contrôler le contrat, le cahier des charges et assister la COBA dans la gestion environnementale.

Le médiateur environnemental (3) (décret n°2000-28) participe aux négociations et discussions entre les parties prenantes au contrat. Il se doit d'être impartial et indépendant par rapport aux parties prenantes. Il est désigné par la commission de l'Office National pour l'Environnement (ONE) dès la première demande d'agrément. Les médiateurs postulant doivent répondre à certains critères : « être de nationalité malgache, être âgé d'au moins 30 ans, être titulaire au moins du baccalauréat et avoir une expérience dans le domaine de l'animation rurale ou de l'environnement, jouir de ses droits civiques et jouir d'une bonne moralité attestée par un certificat délivré par le Maire de la Commune de rattachement ». Une fois recrutés, ils suivent une formation et s'inscrivent au registre national arrêté par le ministère chargé de l'environnement qui est publié au Journal Officiel et affiché au bureau des communes. Les parties au contrat choisissent un médiateur et le montant de sa rémunération (cette rémunération est supportée à part également par l'ensemble des parties en vertu de l'article 28 de la loi Gélose) ainsi que ses attributions dans le transfert de gestion (toutes ces modalités s'inscrivent au contrat de médiation en conformité avec le décret n° 2000-28).

En vertu de la **Loi Gélose** (Loi 96-025) sur la Gestion locale des ressources naturelles renouvelables, la participation des populations rurales constitue, donc, un facteur essentiel afin de promouvoir la gestion durable des ressources. La communauté de base dispose de la personnalité morale et du statut d'une Organisation Non-Gouvernementale (ONG) en vue de la passation de contrat de transfert de gestion avec les autorités supérieures[77]. Ce transfert de gestion octroie à la communauté de base « l'acte de gestion, l'accès, la conservation, l'exploitation et la valorisation des ressources faisant l'objet du transfert ». De plus, un cahier des charges contenant des prescriptions et la réglementation sur l'exploitation des ressources permet de valoriser et d'exploiter parcimonieusement les ressources dans le cadre de leur

[77] Cette disposition est nommée « gestion Locale Sécurisée du PA II ».

consommation et leur commercialisation (facteurs économiques[78]). En 2001, un autre contrat de transfert de gestion apparaît.

2) La Gestion Contractualisée des Forêts.

Le décret N°2001/122 du 14 février 2001 institut le transfert de gestion des forêts aux COBA par la Gestion Contractualisée des forêts ou GCF (II) (conditions et annexes sur le modèle contrat de gestion). La procédure se simplifie par rapport à celle du contrat Gélose. Sa durée est la même que celle d'un contrat Gélose (trois ans de contrat initial pouvant être renouvelé suite à un contrôle pour 10 ans). On dénombre deux parties au contrat : (1) l'Administration forestière et (2) la Communauté de base. Y sont exemptés la Sécurisation Foncière Relative et le recours au médiateur environnemental, ainsi que le rôle de la commune (qui intervient seulement dans l'élaboration du contrat et en tant que membre de la commission d'évaluation de la COBA).

a) Structuration du transfert de gestion.

S'agissant de la Gestion Contractualisée des Forêt, le contrat comprend un ***cahier des charges (1a) et le dine (1b)***. Le contrat contient des dispositions sur les droits d'usage de la COBA et sa gestion (c'est-à-dire sur les droits d'exploitation de la forêt pour un usage domestique ou la commercialisation par la COBA), la valorisation économique des biens issus de la forêt et sa préservation. Deux possibilités s'offrent à la COBA : soit elle gère directement, par **régie,** l'exploitation des Ressources Naturelles Renouvelables ou soit elle **sous-traite** à des professionnels forestiers.

[78] Henkels D. M. (1999), « Une Vue de Pres du Droit de l'Environnement Malgache », Article, African Studies Quarterly.

Le contrat peut être géré en régie ou en sous-traitance. La **gestion en régie** consiste pour la COBA à commercialiser directement les ressources forestières[79] (et non pas les produits forestiers régis par le cahier des charges), mais elle doit dans ce cas s'acquitter d'une redevance. La gestion en sous-traitance peut intervenir un an en aval de la signature du contrat de gestion. **La sous-traitance** peut être conférée à plusieurs tiers (exploitants forestiers agréés). Ces tiers procéderont à une valorisation des ressources forestières d'une portion ou de l'ensemble de la forêt concernée par le contrat. La mise en concurrence procédure d'adjudication) se conclut par l'attribution de cette valorisation des COBA aux tiers. Les tiers sont assujettis à des redevances forestières. Le cahier des charges contient les modalités d'exploitation des ressources.

Diverses zones sont concernées par ce contrat : les forêts domaniales, classées, les stations forestières, les peuplements artificiels, les zones d'occupation contrôlée, les zones d'utilisation contrôlée, les zones périphériques des aires protégées. Sont prohibées les aires protégées notamment les réserves naturelles intégrales, les réserves spéciales et les parcs nationaux exceptés en ce qui concerne leurs conservations.

b) Les parties prenantes au transfert de gestion.

La ***communauté de base est nommée association*** (1) dans ce contrat (en vertu du décret n°2000-27). Les associations ont le droit d'usage (collecte des produits forestiers secondaires destinés à la satisfaction des besoins domestiques mais pas de commercialisation). Seule la régie lui confère le droit de commercialiser directement les produits forestiers en vertu des dispositifs du cahier des charges. La sous-traitance est également possible et permet l'octroi de ristourne du sous-traitant à l'association. L'association se conforme au plan d'aménagement local, au cahier des charges et au Dine, ainsi qu'au versement des redevances forestières. Il est tout à fait proscrit pour une association de délivrer des permis d'exploitation de la forêt (permis de défrichement, de coupe, de chasse pour toutes les activités à des fins commerciales).

[79] Dabiér Atamana Bernard, (2003), « Quelle gouvernance pour les ressources forestières ? Cadre réglementaire et institutionnel », actes de congrès XII Congrès forestier mondial, Québec City, Canada.

L'***Administration forestière*** (2) assure le suivi, le contrôle des ressources, l'encadrement des COBA (notamment en cas d'avertissement à l'encontre de la COBA) et de l'exécution du contrat. Des pouvoirs suivants lui sont conférés en cas de délit ou violation du contrat (émettre des avertissements, suspendre ou résilier le contrat de gestion ou la convention d'exploitation, confisquer et prohiber la vente des produits illicites). L'Administration forestière réalise un rapport semestriel sur l'exécution du contrat qui sera transmis aux institutions Étatiques (au Représentant de l'État de la Commune de rattachement, à la Direction Inter-Régionale des Eaux et Forêts et à la Commune de rattachement).

La ***commune*** (acteur secondaire) sensibilise et informe l'association sur les modalités de la GCF. La Commune de rattachement détient un droit de suivi et de contrôle sur l'application du *Dina* ou sur la convention d'exploitation par l'exploitant forestier agréé. La commune perçoit une partie des ristournes perçues initialement par l'association. En cas de litige, la commune joue le rôle d'instance de conciliation au préalable de la saisie d'une juridiction compétente ou en cas de recours à l'arbitrage.

Depuis l'entrée en vigueur des contrats de transferts de gestion en 1999, plus de 2000 contrats ont été signés sur l'ensemble du territoire. Ces transferts se traduisent par un renforcement des pratiques [80]en vue du respect de ces règles. Pour protéger et gérer les ressources naturelles, des aires protégées ont été créées pour plus de 265 000 hectares de forêts humides et 85 000 hectares de forêts sèches. L'objectif est d'obtenir une superficie de plus de 6 millions d'hectares de forêts d'ici 2012.

La gestion communautaire des ressources est limitée car :

- la mise en œuvre de la gestion et gouvernance communautaire est longue;
- les textes ne sont pas connus et compris de tous;
- la loi n'est pas toujours appliquée (manque de sanctions, vices de procédures, …) ;
- le décalage entre les effets résultant des actions et l'urgence écologique est un frein à

[80] Ces pratiques relèvent notamment de la sensibilisation des parties prenantes, l'accroissement de la diffusion de la législation en vigueur, l'apprentissage des pratiques de développement durable.

l'efficacité de cette politique;

- divers facteurs vont à l'encontre de cette politique (comme la corruption, les maladies et le calendrier agricole).

La participation de l'ensemble des parties prenantes dans les divers travaux et consortium est un gage de réussite de cette procédure. La coordination, la coopération et la négociation des parties prenantes sont également essentielles dans la valorisation des ressources et du capital humain.

Les droits des Communautés de base (COBA) doivent également être modifiés.

Le droit des communautés de base fait l'objet de nombreux débats depuis ces dernières années auprès des bailleurs de fonds et notamment de divers centre de recherche Malgache dont le centre de recherche « *Development and Environmental Law Center* » (DELC) en partenariat avec d'autres centres de recherche et les instances malgaches ont édicté diverses mesures qui devraient permettre de palier les dysfonctionnements actuels du système de transfert de gestion et de la Gouvernance des Ressources Naturelles et Forestières.

- Institutionnaliser la communauté de base en créant un statut juridique pour la COBA qui deviendra dès lors une instance régie par un cadre institutionnel. La participation de ses acteurs doit aussi être éminente. Et toutes ces mesures doivent conduire à l'amélioration des conditions de vie de cette communauté. Il faudrait également attribuer un statut juridique aux *Fokonolona* et instaurer un cadre institutionnel participatif pour la COBA améliore les préceptes démocratiques et du développement durable.

- Harmoniser les textes sur l'environnement et les adapter aux spécificités locales. Pour que cela soit possible, il faudrait dès lors appliquer au mieux le droit d'accès à l'information des COBA en leur attribuant plus de droits dans la Gouvernance Communautaire Décentralisée des Ressources Naturelles Forestières. Le gouvernement doit également rendre son système plus répressif en instaurant des

sanctions. Les droits et les devoirs des COBA doivent être clairement définis dans les textes. De plus, les textes et les autorités doivent considérer les COBA en tant que personnes morales. Des campagnes d'informations et d'explicitations des textes de référence aux communautés de base doivent permettre le développement d'outils simples d'usage.

- Institutionnaliser la COBA en tant que partie prenante participant au processus de décision. En plus, de sa participation aux organes de décision, la COBA devrait se voir attribuer un poids plus conséquent dans les décisions futures. Les COBA devraient être consultées en amont des projets ayant trait aux Ressources Naturelles Forestières de leur région. Leur participation tout au long de la mise en œuvre des projets les concernant est une application directe du « principe de la souveraineté permanente » des Ressources Naturelles Forestières.

Les transferts de gestion à Analamanga et à Itasy

Depuis 2001, de nombreux transferts de gestion ont été réalisés pour les régions d'Analamanga (figure 6) et d'Itasy (Figure 7). Certains transferts de gestion ont été renouvelés, d'autres sont à évaluer et d'autres sont en cours d'évaluation (annexe 2). Les transferts de gestion à Itasy portent essentiellement sur les forêts de Tapia. Pour l'évaluation relative au renouvellement des transferts de gestion, la Direction Régionale de l'Environnement et des Forêts utilise des fiches d'évaluation (Annexe 3).

Alexio Lohanivo (doctorant au CIRAD de Madagascar[81]) réalise une synthèse de l'état des transferts de gestion à Madagascar depuis l'entrée en vigueur du premier contrat. Dans le cadre de cette thèse, nous avons pu obtenir un récapitulatif de ces travaux de 2001 à 2014.

[81] Alexio Lohanivo est un des acteurs rencontrés dans le cadre des enquêtes de terrain à Madagascar en août 2014.

Lohanivo (2014) distingue quatre types de situation pour les contrats : résilié, expiré, en exercice et renouvelé.

Dans un article intitulé « *Évaluation quantitative de la mise en œuvre de la loi GELOSE : le recensement des Transferts de Gestion dans 13 régions de Madagascar* », A. Lohanivo émet un état des données recensées du 13 juin 2012 au 14 juin 2014

Table 1. État des données recensées (Lohanivo, 2014).

Région	Inventaire				Recensement				
	Nb officiel 2012 de la DVRN	Livre disponible MEF	Livre DREF	Livre disponible DREF	Nb contrat 1	Nb contrat 2	Proposition 3	Gestion concertée et communautaire 4	Convention de subdélégation
Analmanga	71	0	35	17	33	13	3	0	0
Itasy	15	0	52	49	52	19	10	0	0

Selon Lohanivo A. (2014), le contrat 1 a été signé par les VOI et l'administration forestière. Pour lui, les contrats 2 sont signés par les mêmes parties prenantes que pour le contrat 1 mais il s'agit de contrat de renouvellement.

Les propositions désignent des propositions de nouveaux contrats et des propositions de renouvellement de contrats de transferts de gestion.

Lohanivo A. (2014), « Evaluation quantitative de la mise en œuvre de la loi GELOSE : le recensement des Transferts de Gestion dans 13 régions de Madagascar », émet un état des données recensées du 13 juin 2012 au 14 juin 2014

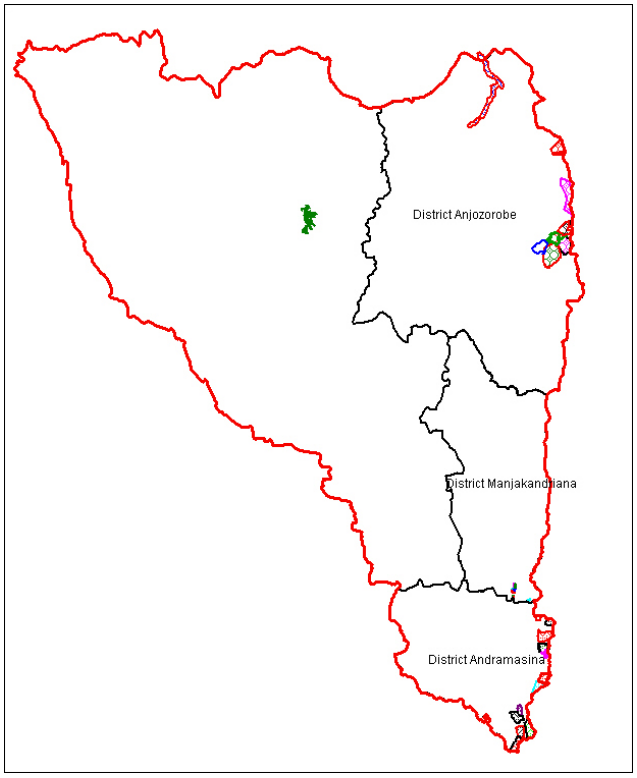


Figure 6 - Carte des surfaces des Transferts de gestion à Analamanga.

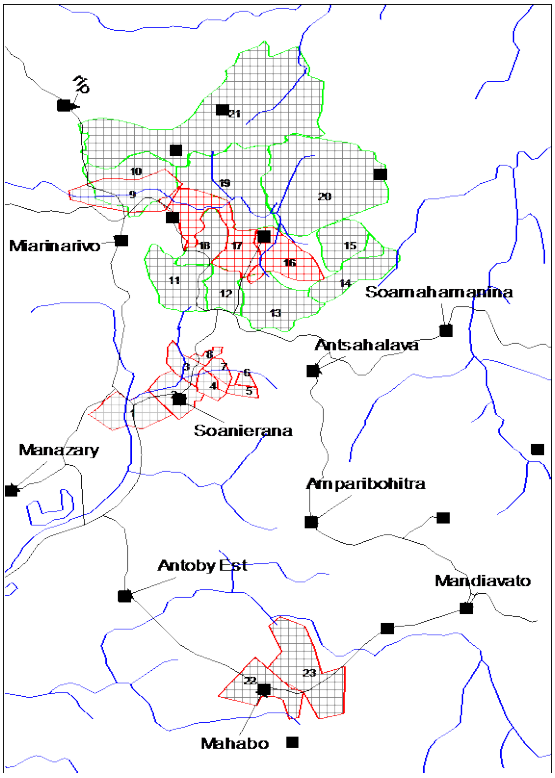


Figure 7 - Carte des surfaces de transferts de gestion à Itasy.

Table 2. Situation des contrats de transferts de gestion à Analamanga et à Itasy en 2014[82].

	Situation Contrat 2014								Type_ressource											
	Résilié		Expiré		En exercice		Renouvelé		Forêt	Forêt de Tapia	Forêt de Tapia_ Uap	Forêt de Tapia_ Uapa	Forêt de Tapia_Uapac	Forêt naturelle	Forêt, tapia	Forêt, Tapia	Forêt, tapia, lac	Forêt, Tapia, Lac	Halieutique	Pâturage
	Système du transfert		Système du transfert		Système du transfert		Système du transfert													
	Gélose	Gcf	Gélose	Gcf	Gélose	Gcf	Gélose	Gcf												
	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif	Effectif
Région de Rattachement COBA	ANALAMANGA	0	1	5	7	0	7	5	8	16	0	0	0	0	16	0	0	0	0	1	0

[82] Ce tableau a été réalisé par Alexio Lohanivo dans le cadre d'une question lors de notre entretien le lundi 4 Août 2014, Antananarivo.

NGAITASY	0	0	33	0	0	0	18	0	4	1	1	2	1	0	2	33	1	5	0	1

Source : MEEF, concepteur

© LOHANIVO Alexio Clovis, ESSA/AM _ MEEF/DGF/DVRF _ Cirad _ DP, 2014

Conclusion

La gestion des ressources à Madagascar prend d'avantage en compte les besoins des populations depuis les années 1990.

La section une présente le territoire d'Analamanga et d'Itasy. Analamanga dispose d'un contexte particulier avec la présence de l'ensemble des organes étatiques au sein de la capitale Antananarivo. Itasy dispose d'une flore et d'une faune exceptionnelle.

Cependant, les instances de ces régions gèrent les ressources de manière assez controversée : déforestation, corruption[83]...

Certes les mesures et lois[84] misent en place ces dernières décennies ont posé le cadre de la gestion des ressources[85] mais le manque d'application et de moyens freinent l'amélioration des conditions du pays.

La section suivante décrit la gestion des ressources naturelles sur le territoire de La Réunion.

[83] Razafindrakoto, M. and Roubaud, F. (2006), « Are international databases on corruption reliable? A comparison of expert opinion surveys and household surveys in Sub-Saharan Africa », ed. Paris: DIAL.

[84] Rakotoarivelo Andrinajoro R., Razafimanahaka Julie H., Rabesihanaka Sahondra, Jones Julia P.G. And jenkins Richard K.B (juin 2011), « Lois et règlements sur la faune sauvage à Madagascar : progrès accomplis et besoins du futur », Madagascar conservation and development, volume 6, june 2011, pp. 37 à 44.

[85] Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire (2 février 2011), « Les modes de financements et de gouvernance des associations de protection de la nature et de l'environnement », assemblée nationale, p.87.

Section 2. Gestion des ressources naturelles à La Réunion.

Le territoire insulaire de La Réunion a connu au fil des ans de nombreux bouleversements qui ont façonné son devenir, son identité : l'esclavage et l'engagisme. La départementalisation en 1946 et les lois de décentralisation en 1982 ont accéléré le développement du territoire.

Concernant les ressources naturelles, la protection du territoire et de ses ressources s'accentue au cours de ces dernières décennies.

La reconnaissance de La Réunion au patrimoine de l'Unesco et la création du Parc National accentuent la protection du territoire.

Cette section présente les caractéristiques intrinsèques du territoire réunionnais et fait un focus sur l'histoire de l'île afin de mieux comprendre comment son contexte socio-économique au fil des siècles et de ses dernières décennies.

A. La Réunion un hot spot environnemental dans l'Océan Indien

La Réunion est une région de France, un département d'Outre-mer et une région Ultra-périphérique. La Réunion, île de l'Océan Indien, occupe une place de plateforme et de carrefour entre le continent et les autres îles de l'Océan Indien. La Réunion a un PIB (à prix courant) de 14 420 millions en 2009, soit un PIB par habitant de 17 700 euros contre 29 574 euros pour la métropole. 117 400 hectares sont protégés. Et un PIB de 17 375 millions d'euros en 2012.

Ile volcanique de l'Océan Indien, sa superficie est de 2 125 Km2 et seulement 700 km la sépare de Madagascar. Elle compte plus de 845 000[86] habitants au premier janvier 2014 (soit une densité de population de 334 habitants / km2). La Réunion comprend 24[87] communes et de 49 cantons. La Région Réunion est peuplée (environ 200 000 pour les communes de Saint-Denis, de Sainte-Marie et de Sainte-Suzanne).

La répartition de la population dans l'espace est la conséquence de la répartition des pôles d'activités dans l'île. Cette répartition est très hétérogène avec une forte concentration dans le Nord et dans le sud.



Figure 8 – Carte des 24 communes de La Réunion et aire du Parc National. Source : Parc National de La Réunion, 2007.

[86] cf. données du recensement de l'INSEE au 1er janvier 2014

Source : Insee, RP 1999 et 2009, estimations de population 2014.

[87] Les 24 communes de La Réunion sont : Les Avirons, Bras-Panon, Cilaos, L'Entre-Deux, L'Étang-Salé, Petite-Ile, La Plaine des Palmiste, Le Port, La Possession, Saint-André, Saint- Benoît, Saint-Denis, Sainte-Marie, Sainte-Rose, Sainte-Suzanne, Saint-Joseph, Saint-Leu, Saint-Louis, Saint-Paul, Saint-Philippe, Saint-Pierre, Salazie, Le Tampon, et Trois-Bassins.

La Réunion se caractérise par un réseau routier dont les axes principaux se situent au pourtour de l'île. Avec un réseau routier dense, ses axes sont assujettis à un engorgement de la circulation routière aux heures de pointe.

Les populations urbaines se concentrent sur le long des côtes et des bassins d'emplois. Les zones rurales sont moins desservies en axes routiers.

Sur le département, la population se répartie autour des principaux pôles urbains. Le développement des infrastructures routières qui desservent ces populations démontre que les pôles urbains sont les pôles de développement où se concentrent les activités.

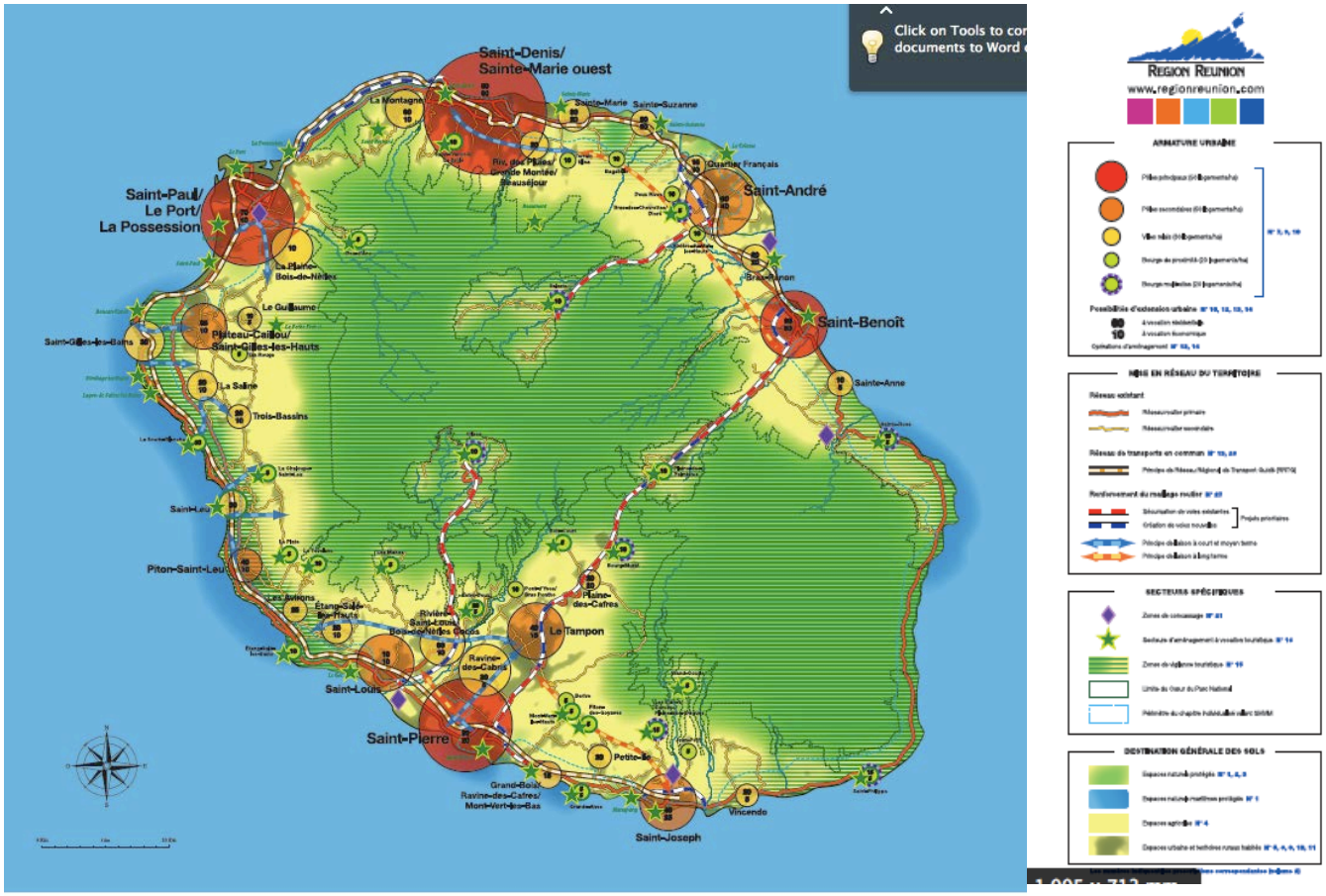


Figure 9 – Armature du territoire de La Réunion. Source : Schéma d'Aménagement Régional (SAR), 2009.

Le Parc National et les aires protégées[88], les instances décentralisées, l'Office Nationale des forêts et les particuliers détenant des parcelles forestières protègent les ressources naturelles et forestières territoriales.

Table 3. Superficie forestière gérée[89].

		% Forêts
La Réunion	251.000 ha	
--- La forêt au total	120.000 ha	48%
------ Les forêts publiques gérées par l'ONF	100.515 ha	83%
------ Les forêts privées	20.000 ha	17%
Les forêts publiques gérées par l'ONF	100.515 ha	83%
--- Forêts départementalo-domaniale	91.649 ha	91%
--- Forêt domaniale	3.209 ha	3%
--- Forêt départementale	3.594 ha	3%
--- Forêt du CELRL	752 ha	1%
--- Forêt régionale	791 ha	1%
--- Forêt communale	520 ha	1%
--- Part des réserves biologiques	33.474 ha	34 %
--- Part des réserves naturelles	3.682 ha	4 %
--- Part de la forêt de production	3.500 ha	4%

Les forêts réunionnaises se composent essentiellement de forêts semi-sèches et de forêts tropicales.

[88] Borrini-Feyerabend Grazia, Dudley Nigel (juillet 2005), « Les aires protégées à Madagascar, bâtir le système à partir de la baser », p.50.

[89] http://www.onf.fr/la-reunion/sommaire/onf/chiffres_cles/@@index.html

Table 4. Données environnementales.

Forêt semi-sèche	3.295 ha
Forêt tropicale de basse altitude	7.649 ha
Forêt tropicale de montagne au vent	24.792 ha
Forêt tropicale de montagne sous le vent	9.258 ha
Forêt tropicale de moyenne altitude au vent	11.596 ha
Végétation éricoïde	11.628 ha
Nombre d'essences d'arbres en forêt	plus d'une centaine
Réserves biologiques	33.474 ha
Réserves naturelles	3.682 ha
Reboisements de protection en 40 ans	2.200 ha

Le parc national et les aires protégées à La Réunion

La création du Parc National le 5 mars 2007 assure la protection des « *pitons, cirques et remparts* » de l'île et assure la bonne gouvernance des espaces naturelles territoriaux.

Les aires naturelles protègent les ressources naturelles ou forestières (à l'instar de la réserve marine) non comprise dans le Parc Naturelle. Ainsi, le projet BEST a pour objectif d'accroître le nombre de réserves naturelles à La Réunion en créant trois nouvelles aires sur les zones forestières non incluses dans l'aire du Parc National local. Ce projet porte sur trois zones forestières spécifiques de Saint Philippe soit sur 56 hectares :

- la forêt de Bois de couleur des bas située à Saint-Philippe (« *forêt départemento-domaniale de Basse Vallée, forêt domaniale de Mare Longue, forêt départemento-domaniale du Tremblet, forêt domaniale littorale de Saint-Philippe* »).
- les hauts de Saint-Philippe (« *la forêt domaniale des Palmistes et la forêt domaniale de Grande terre* »).
- le littoral de Saint-Philippe.

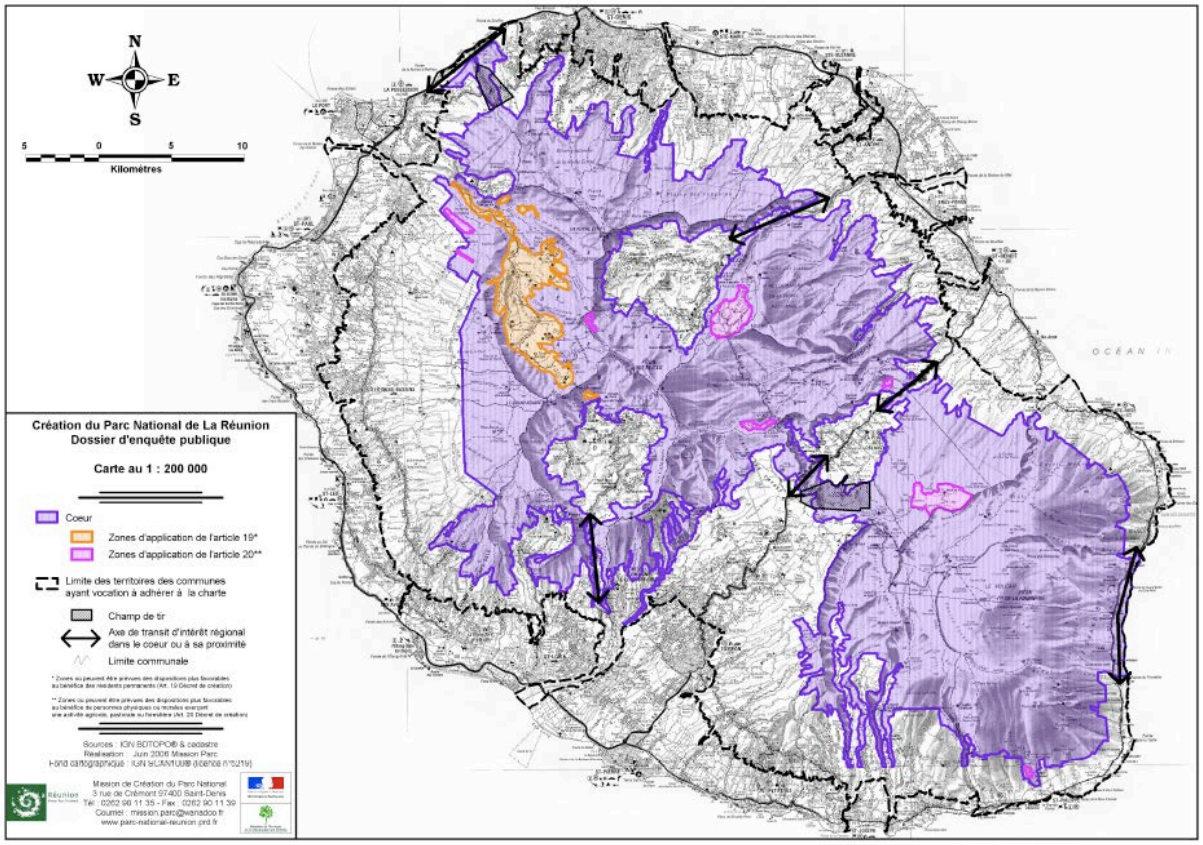


Figure 10 – Carte du Parc National de La Réunion. Source : Parc National de La Réunion.

La Réunion tout comme Madagascar, fait partie des 34 « *hot Spots* » de la diversité biologique mondiale[90].

Depuis la départementalisation en 1946, une politique de découverte de l'écosystème Réunionnais a été menée par l'Etat Français. Les années 1950 et 1960 marquent le début des travaux géographiques et l'éducation aux bonnes pratiques environnementales. Dans les années 1970, la création, en 1971, de la Société Réunionnaise pour la Protection de la Nature (SRPN) accentue la présence d'organisme de protection. Puis, en 1982, la décentralisation en 1982 crée le Conseil Régional.

Ainsi, de 1982 à nos jours, divers outils environnementaux verront le jour.

- Le Service de l'environnement, crée en 1985. Elle élabore le Schéma d'Aménagement Régional de 1995.
- En 1987, la mission locale pour l'environnement est créée.
- Ensuite, apparaît en 1989, la Cellule Locale pour l'environnement.
- Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux de La Réunion [91] (SDAGE) 2010 – 2015.

La Réunion a un climat tropical[92]. Trois composantes caractérisent ce climat des flux divergents au centre, au Sud-Est et sur la côte maritime. Ses températures varient de 21°C à 32°C en moyenne.

Au niveau hydrologique, la pêche et la pisciculture représentent des exportations d'une valeur de 46,1 millions[93]. Les côtes sont préservées par le SAR[94] et le parc marin conforté par la législation relative.

Au niveau pédologique, le zonage a été fait dès les années 1950 (Rivals, 1952; Cadet, 1977). Les sols se composent d'espèces végétales issues de l'Afrique, de Madagascar et d'autres continents. Les pitons, cirques [95] et remparts constituent un relief impressionnant. Ils ont été classés au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis le 2 Août 2010. Selon les études mondiales sur l'endémie,

---

[90] Cette sélection a été menée par diverses ONG et bailleurs de fonds à l'instar du WCMC, CI, IUCN, WWF, BirdLife, Global 200.

[91] Confer partie sur la législation relative à l'eau.

[92] Le climat y est tropical avec une saison fraîche de Mai à Octobre et une saison chaude et pluvieuse de Novembre à Avril.

[93] INSEE, « tableau de bord de la Réunion », février 2011. http://www.insee.fr/fr/regions/reunion/default.asp?page=conjoncture/tableau_bord/tableau_bord.htm

[94] Schéma d'Aménagement Régional (SAR).

[95] La Réunion 3 cirques existent celui de Salazie, de Mafate et de Cilaos.

41 espèces sont dénombrées par hectare pour La Réunion et Madagascar. De plus, le classement Corine Biotope[96] a permis de recenser environ 110 végétations indigènes différentes sur l'île. En outre, les espèces menacées ont été recensées grâce aux actions coordonnées du l'Union Internationale pour la Conservation de la Nation, du Muséum d'Histoire Naturelle et de la Direction Régionale de l'Environnement.

Se pose la problématique de la conquête des terres dans le cadre de l'urbanisation à mi-hauteur et dans les hauts.

Au niveau géologique et minier[97], La Réunion répertorient deux volcans : le Piton des Neiges avec une Altitude de 3 070, 50 mètres et le Piton de la Fournaise.

La « *couverture végétale* », la végétation semi-sèche couvre 1% du territoire. 55 000 hectares disparaissent à cause des activités anthropiques (agriculture, élevages, …) et des espèces envahissantes. Les forêts sont relativement bien conservées.

Malgré cette richesse, en 2008, l'Union Internationale pour la Conservation réalise une liste rouge de plus de 114 espèces de la faune et de la flore.

La Réunion doit faire face aux difficultés liées :

- à la difficile application de la législation, des plans et schémas régionaux en vigueur dans le cadre de la gouvernance communautaire.
- à l'urbanisation.
- aux pollutions.
- à taille de du marché intérieur de La Réunion dont l'étroitesse est un handicap.
- aux coûts de production trop élevés et qui doivent être abaissés par l'intermédiaire des synergies et l'économie d'échelle.
- aux catastrophes : à l'instar des catastrophes naturelles.

La Réunion applique à la législation environnementale française. Elle transpose les plans et schémas stratégiques nationaux au niveau local.

---

[96] CORINE Biotope est une classification typologie européenne instaurée en 1983. Cette typologie publiée pour le première fois en 1991 permet l'étude : (1) des habitats littoraux et halophile, (2) milieux aquatiques non marins, (3) les landes, fruticées et prairies, (4) les forêts, (5) tourbières et marais, (6) rochers continentaux, éboulis et sables, (7) et des terres agricoles et paysages artificiels.

Confer rapport : Bissardon Miriam et Guibal Lucas « *CORINE biotopes* », École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF),

[97] La Loi n°99-022 du 19 août 1999 portant Code Minier a été révisée partiellement par la loi n° 2005 – 021.

B. La Réunion, un territoire marqué par son histoire

Dès l'année 1638, l'engouement des conquérants pour les Mascareignes accentue les investigations dans l'Océan Indien. Les compagnies de navigations déploient, dès lors, bons nombres de navires dans cette région du monde avec pour objectif la découverte de nouveaux territoires et l'appropriation de nouvelles ressources. Au XVIIème siècle, les îles de l'Océan Indien (dont les Mascareignes et Madagascar) deviennent des plateformes d'escale pour les nouvelles routes maritimes vers l'Asie.

En 1642, Richelieu crée la compagnie Française des Indes dont l'objectif est de partir à la conquête des Indes. Toutefois, étant donné que les Anglais occupent les Indes, le nom de la compagnie sera modifié pour devenir la Compagnie de Madagascar. De 1642 à 1646, la compagnie française des Indes part à la conquête de Madagascar. En 1646, on désigne Falcourt pour maintenir la colonie de Madagascar. Une fois arrivé à Madagascar, il tente de ramener l'ordre. En 1651, Falcourt et son armée se confrontent à une armée de plus de 10 000 guerriers Malgaches qu'ils seront contraints de repousser au canon. En 1653, il part pour une courte période vers la France dont il n'a plus de nouvelles. À son retour en 1955, il constate la mise à mal de son pouvoir et décide alors de partir définitivement.

Seul l'échec de la conquête de Madagascar amène les français vers les îles Mascareignes.

De 1646 à 1669, les premiers habitants de l'île affluent. La première prise de possession de l'île débute en 1638 et la seconde en 1642. Vers 1649, les 12 « *ligneurs* » présents sur l'île partent vers Quartier Français.

Flacourt et le commandant Pronis voyant leur pouvoir mis en péril décident de migrer vers les Mascareignes. Ils apprécient le cadre de vie que leur offre l'île. En, 1649, Falcourt orchestre une troisième prise de possession. En 1654, Couillard et 13 « *ligneurs* » partent à la conquête de Saint-Paul. Il destitue Flacourt de son pouvoir en 1653. Celui-ci se voit contraint de fuir vers Madagascar afin d'aller chercher du renfort pour destituer Couillard et des compagnons en 1654.

Cette même année, les colonisateurs décident d'exploiter les ressources naturelles dans un objectif de rentabilité. Par exemple, Couillard et ses compagnons étaient à la tête d'un élevage bovin de 20 à 30 têtes à Saint-Paul. En parallèle, ils développent l'exploitation via l'instauration de l'agriculture dans cette zone. De 1642 à 1674, la colonisation de Bourbon se poursuit.

En 1674, les épidémies ainsi que l'instabilité sociale et du régime politique amènent l'île à sa perte.

En 1663, de nouveaux habitants arrivent sur l'île : « *Payen et ses compagnons* ». Deux ans plus tard, Bourbon devient le concurrent de Madagascar.

Sous le règne de Louis XIV, la nouvelle compagnie des Indes (en 1664) tente en vain de conquérir Madagascar tout en rivalisant avec ses concurrents Européens (l'Angleterre et la Hollande). Toutefois, la nouvelle compagnie sous la Direction de Colbert ne dispose pas d'assez d'hommes et de navires pour escompter atteindre ses objectifs. Pourtant, la compagnie détient des pouvoirs régaliens (justice, monnaie, politique étrangère, le fonctionnement des armées et de guerre, la création des colonies et la nomination des ambassadeurs et des gouverneurs).

1671 à 1690 représente une période de chaos.

En 1680, lorsque le gouverneur Fleurimond meurt, le père Bernardin lui succède de 1680 à 1686. Bernardin gère une colonie frappée par le manque de gestion et maintien de l'ordre dans la colonie (manque d'initiative des colons, problèmes de sanitaires, ...) Puis, ce dernier sera remplacé par Drouillard qui fuira en 1689. Face à l'anarchie, Vauboulon prend ses fonctions de gouverneur le 5 décembre 1689. Dans la série d'ordonnances qu'il crée, il évoque la préservation des ressources naturelles en parallèle du développement des activités sur l'île (notamment des activités agricoles).

Le 28 novembre 1690, Firelin et les colons prennent le pouvoir en arrêtant Vauboulon et en le jetant en prison. Firelin démissionne en 1694 et Serquigny le remplace en 1696, qui cette même année, nommera Joseph Bastide comme successeur. De la Cour de la Saulaie succède à Bastide en 1698. En 1709, Bourbon produit 15 tonnes de blé, 55 tonnes de riz, 60 tonnes de mil, 2 tonnes de tabac et 4 tonnes de bananes. Néanmoins, le développement de l'agriculture et l'introduction de nouvelles espèces se font aux dépens de la disparition et de la dégradation de la nature.

E, 1723, Louis XV privilégie le commerce agricole par les épices, le café et le coton et par la suite, la vanille et le girofle.

Les pays producteurs de café et d'épice (Indes) ont été conquis par le Grande-Bretagne à cette époque. La France impose la monoculture du café aux colons (100 plants par colons) en 1715 tout en prévoyant des sanctions à l'égard des opposants (en 1724). Le manque de diversification de la production en gendre un déficit de la balance commerciale de l'île Bourbon. Par ailleurs, la production suit une courbe en cloche avec tantôt une phase d'expansion, suivie d'une brève stagnation avant une érosion de la production.

À l'arrivée de La Bourdonnais, le 4 juin 1735, une stratégie commerciale dont l'objectif est de faire de l'île une plateforme incontournable dans le commerce des denrées agricoles est adoptée. Par exemple, la compagnie confie le monopole de la production de canne à sucre à l'île bourbon au détriment des Antilles.

Par ailleurs, cette mesure permet à la compagnie de maintenir les prix au plus bas. La compagnie privilégie également la culture de plantes et de denrées à fortes valeurs ajoutées. En effet, le « système de l'exclusif » désigne la compagnie comme l'intermédiaire de commerce entre le producteur et le consommateur en guise de représentant des autorités françaises.

La compagnie obtient trois bénéfices de ce système de l'exclusif.

- Premièrement, elle permet à la compagnie de privilégier la consommation de produits en provenance de France bien que la controverse demeure sur l'achat de marchandises aux navires étrangers de passage sur l'île, offrant des prix bien plus attractifs.
- Deuxièmement, ce système autorise la compagnie à fixer des taux d'intérêts plus faibles que la métropole, pour la monnaie de l'époque (la piastre), et ce en vue d'obtenir plus de marchandises et donc plus de profits dans les échanges.
- Troisièmement, ce système permet à la compagnie de fixer les prix tout en s'assurant de ses clients qui ont l'obligation de commercer avec lui.

Utiliser comme lieu d'expérimentation, la paroisse des Pamplemousses (en 1743) accueille les espèces importées afin de tester leur acclimatation dans les bas de la rivière Saint-Denis. Pierre Poivre, lors de ces excursions, part à la recherche de plantes et épices. Une fois introduites au jardin d'acclimatation de Saint-Denis, Joseph Hubert assure le développement du nombre d'espèces en multipliant leur nombre. Poivre réalise trois voyages notables : un en Hollande (en 1744) dans le grenier à épice, un à Hué (de 1748 à 1749) et un autre à Manille (de 1750 à 1752).

Les colons et les marins de passages contribuent également à cette introduction d'espèces encouragée par la libéralisation du commerce.

La libéralisation du commerce (en 1769) laisse place à la diversification de la production agricole avec la culture du riz, du blé, du maïs et de divers légumes[98].

L'inégale répartition des richesses s'accentue malgré l'augmentation de la production. Par ailleurs, la population de Bourbon passe 26 284 en 1767 à 47 195 en 1787. Parmi cette augmentation, le nombre d'esclaves s'intensifie plus rapidement avec le passage de 21 000 esclaves en 1767 à 38 000 dans les deux prochaines décennies.

Cet accroissement de la population résulte de l'accroissement naturel de la population et de la poursuite de l'importation d'esclaves malgaches et africains.

L'esclavage s'accentue de 1665 à 1793. Originaire d'Afrique de l'Ouest et de l'Est ainsi que de Madagascar et d'Asie pour l'essentiel, les esclaves se destinent à la pratique des travaux les plus pénibles plus de 12 heures par jour. En 23 juillet 1753, Jean-Baptiste Goeffroy affranchit Niama, enceinte de son fils à ce moment. L'affranchissement peu pratiqué à la seconde moitié du 18ème siècle, augmente quelques peu au début du siècle suivant. Cette pratique crée l'apparition de « *petits créoles* » ou « *libre de couleur* » propriétaire et des « *blancs pauvres* » sans terre. Ainsi, des parcelles comprises entre 5 et 10 hectares seront concédées à ces blancs pauvres.

L'esclavage et l'augmentation de la population s'accompagnent d'une progression de la production et des richesses. Le développement de l'île est en clin. Les villages et les quartiers apparaissent progressivement[99].

La Révolution Française de 1789 entraîne l'apparition d'un vif mouvement de contestation à l'égard du régime à Bourbon. En 1792, Bourbon est assailli par les épidémies. En janvier 1793, Louis XVI est destitué de ses fonctions (décapité). La fin de la monarchie et du régime spécifique aux colonies met fin à la colonie de Bourbon rebaptisée Ile de La Réunion, le 19 mars 1793. De 1794 à 1796, les Sans-culottes mènent deux actions capitales sur l'île.

- Le coup d'état du 12 avril 1794 des sans-culottes. Il destitue le gouverneur de La Réunion.
- En 1795, les sans-culottes s'en prennent aux institutions à Paris (La Convention remplace le directoire à Paris cette année).

Suite à l'abolition de la Monarchie, La Réunion bénéficie de fortes valeurs ajoutées grâce au commerce.

---

[98] À la fin de la période royale, Bourbon produit 2 000 tonnes de café, 75 tonnes de girofle, 170 tonnes de coton, 1 500 tonnes de blé, 1 500 tonnes de riz, 15 000 tonnes de maïs et 1 000 tonnes de légumes (10 000 têtes de bovins). Source : Vaxelaire D. (2009), « L'histoire de La Réunion. Des origines à 1948 », Orphie, p. 199.

[99] Joseph Hubert propose la création d'un quartier en forêt dans le Sud de l'île en 1783.

La Convention abolit l'esclavage le 4 février 1794. Toutefois, les colons de l'île ignorent le décret car ils s'estiment lésés par l'absence d'indemnités prévues par la Convention[100].

La Réunion ignore la Constitution de l'An III (22 Août 1795) prévoyant la création de département (loi du 1er janvier 1798) et supprimant le régime colonial. Les émeutes de 1796 à 1799 permettent aux colons de maintenir l'esclavage en 1802.

En 1800, La Réunion produit 3 500 tonnes de café. Malgré cette production, elle ne figure plus parmi les leaders du café. Au début du XIXème siècle, Bourbon perd son statut de grenier étant donné qu'elle se lance dans la monoculture de la canne à sucre. En ce début de siècle, les anglais convoitent l'île. Sous la domination Anglaise de 1810 à 1815, l'île sera rétrocédée à la France le 30 mai 1814 lors de la signature de la paix entre la France et l'Angleterre[101].

Une fois cette rétrocession activée, l'esclavage demeure. La Réunion est confrontée à des catastrophes naturelles (éruptions volcaniques, cyclones) et aux épidémies (choléra, variole).

Divers gouverneurs favorisent le développement de l'île.

1. Milius (1818-1821) instaure le développement de la petite agriculture en développant les petites exploitations attribuées aux « *pauvres blancs* ».
2. De Saulces de Freycinet (1821-1826) instaure le crédit pour les agriculteurs.
3. Sous l'essor de la machine à vapeur et de la canne à sucre, le paysage et l'occupation des sols se modifie fortement par l'essor des champs de canne à sucre. Toutefois, la culture Française de la betterave concurrence la canne à sucre réunionnaise. Les habitants partent à la conquête des terres des hauts en 1845.
4. Dès 1848, la culture de la vanille s'intensifie sur l'île. Les écarts se creusent entre les blancs riches et pauvres.

Quatre jours après son arrivée à Bourbon, Sarga-Garriga décrète, le 18 octobre 1848, l'abolition de l'esclavage pour le 20 décembre. Les esclaves obtiennent des droits et devoirs lors de l'abolition.

Il rend également le travail obligatoire pour les affranchis (24 octobre 1848). Cette mesure visant à éviter le vagabondage est considérée comme abusive et sera controversée car elle s'assimile à une

[100] De 1831 à 1848, des mesures phares sont prises par Paris envers les esclaves : lois et interdictions de la traite illégale.

[101] Lors de la signature de ce traité, l'Angleterre rétrocède des colonies à la France.

forme d'esclavage légalisé par ce décret en vue de maintenir la main d'œuvre. Toutefois, le décret ne prévoit aucune sanction envers le vagabondage des nouveaux libres.

Le contexte socio-économique influence les déséquilibres de population avec pour cause un déséquilibre homme-femme des affranchis et d'une diminution de la population. En outre, le gouvernement évince les affranchis de la vie politique. La fin de l'asservissement se traduit par assujettissement des affranchis à l'ostracisme et ce jusqu'à l'entre deux guerres (mondiales). Par ailleurs, l'abolition de l'esclavage crée la classe moyenne avec la faillite de certains colons, et la classe des pauvres noirs qui s'assimile à celle des pauvres blancs qui cultivent « les hauts ». Les contrats d'engagistes constituent une mesure de substitution d'une main d'œuvre. Cette importation de travailleurs permet d'assurer la production agricole et plus particulièrement la production sucrière.

Au niveau agricole, l'après 1848 redessine la production de divers produits[102] :

La canne à sucre devient la production phare avec d'une part, une augmentation de la production de sucre passant de 22 tonnes en 1849 à 68 tonnes en 1860. Et d'autre part, une augmentation de la production de rhum de 9 141 litres à 43 556 litres sur cette période. Toutefois, cette monoculture accentue l'importation de produits divers liés essentiellement à l'alimentation[103]. Les exportations chutent. On cultive 50 000 hectares de canne à La Réunion en 1860, année à laquelle la production sucrière atteint son seuil maximum avec 81 600 tonnes de sucre produit. Cette production est rendue possible grâce au progrès technique[104] et au développement d'axes de transports[105]. Saint-Pierre devient la seconde ville de La Réunion à cette époque avec sa population de 17 500 habitants et son industrie sucrière (composée de 20 sucreries). Cette époque se nomme l'Âge d'or car les progrès sont tant économiques que sociaux.

La production de café décline en passant de 0,45 tonne à 0,23 tonne de 1849 à 1860 ; tout comme celle du girofle passant de 0,58 tonne à 0, 057 tonne pour cette même période.

La culture du coton disparaît, celle du cacao reste faible (environ 50 kilogrammes).

---

[102] Cf. tableau d'exportations annuelles des denrées du cru du pays de 1815 à 1850. Vaxelaire D. (2004), « le grand livre de L'histoire de La Réunion », Orphie, p. 375.

[103] En 1855, La Réunion importe 26 000 tonnes de riz et 2 500 tonnes de blé (Vaxelaire D. (2004), « le grand livre de L'histoire de La Réunion », Orphie, p. 406).

[104] On dénombre 168 moulins à vapeur sur l'île en 1960. D. Vaxelaire « le grand livre de L'histoire de La Réunion », Orphie, p. 408.

[105] Le projet de chemin de fer apparaît en 1858. Il sera fermé en 1976 D. Vaxelaire « le grand livre de L'histoire de La Réunion », Orphie, p. 475 à 483. les projet de port émerge en 1879. Inauguré en 1886.

La crise sucrière (1865) retarde les paiements des crédits de propriétaires d'un à deux trimestres, menant ainsi, certains d'entre eux à la ruine. Le crédit foncier offre aux propriétaires des modalités financières qui entraineront la vente et l'expropriation des exploitations et domaines accablés sous les dettes. Le crédit foncier détiendra ainsi 6 000 hectares dont 12 usines et 15 domaines[106]. De nombreux exploitants font faillites. Dans les années 1970, les fluctuations des cours sur les marchés liés à la production agricole accentuent la crise locale.

À la fin du XIXème siècle, les français repartent à la conquête de Madagascar[107]. Ils réussissent à conclure des accords en leur faveur avec la reine Ranavalona III. Les Réunionnais participent à la colonisation de Madagascar de 1883 à 1895. Madagascar sera mis sous protectorat et la loi d'annexion la transforme en colonie française. Ranavolona sera exilé vers La Réunion momentanément lors de la fin de la monarchie. Dès cette époque, les pauvres réunionnais migrent vers Madagascar en quête de richesse. Cette tentative d'enrichissement s'avère infructueuse. Madagascar en tire tous les bénéfices grâce à l'import de la méthode de production de la vanille et à l'essor de son image dans l'Océan Indien[108].

L'embauche d'engagés aggrave leur endettement, d'où le début des pratiques similaires aux esclaves à cette catégorie de travailleurs libres. L'abolition de l'esclavage et l'immigration d'engagés laissent apparaître le chômage. Seul Gabriel Kerveguen[109] tire son épingle du jeu jusqu'en 1859, où son empire est à son apogée, il ira jusqu'à émettre sa propre monnaie sur sa vaste propriété. La démonétisation et la crise due à la baisse des courts du sucre entrainent sa chute, son empire disparaît définitivement en 1921.

L'engagisme débute en 1728 à Bourbon. L'apparition de l'affranchissement au XIXème siècle et le besoin en main d'œuvre engendrent une légère augmentation de l'utilisation de l'engagisme de 1819 à 1848. Après 1848, les engagés proviennent tant des pays de la côte africaine, des îles de la zone que l'Inde. On dénombre l'arrivée de 30 000 malgaches et africains de 1848 à 1859 et 120 000 indiens à Bourbon de 1848 à 1882. Ces travailleurs assurent l'augmentation de la production agricole à l'instar de la vanille qui passe de 2 tonnes en 1857 à 200 tonnes en 1902.

Face aux mauvais traitements des engagés indiens, la convention Franco-Anglaise (1860) est résiliée en 1882. L'engagisme indien continue mais ces engagés arrivent en petits nombres. En effet,

[106] Ibid, p. 446.

[107] Ibid, p. 469.

[108] Ibid, p. 471.

[109] Ibid, p. 415.

les propriétaires imposent de temps de travail supérieur[110], diminuent leurs salaires, leurs attribuent un logement et une nourriture de mauvaise qualité alors que cette convention leur prévalait des droits et de conditions de travail de travailleurs libres. Par ailleurs, les propriétaires forçaient les engagés à renouveler leurs contrats[111]. Les épidémies[112] s'accentuent avec ces migrations et le manque de précaution.

En 1910, les tentatives de fin de l'engagisme échouent puisque cette pratique perdure jusqu'en 1940, année de mis à terme des contrats de retour ou de l'intégration de ces engagés comme citoyens français. L'engagisme tout comme l'esclavage entrave le développement social de l'île et la justice social[113]. Au début du XXème siècle, la diversification agricole se pratique de plus en plus.

La première guerre mondiale (1914-1918), impacte l'économie et la situation locale.

Suite à la première guerre mondiale, les propriétaires disparaissent (Kerveguen et Choppy). La crise prend fin et la canne redevient une culture prospère. La diversification se poursuit avec l'expansion de la vanille, du géranium et de l'ylang-ylang. La production de géranium dans les hauts, atteint les 8 000 litres en 1923 et celle de Ylang-Ylang les 4 800 litres en 1920. Durant l'entre-deux guerres, la diversification de la production s'étend à d'autres produits à l'instar de produits alimentaires divers et de produits d'hygiène.

Les grands progrès et la modernisation : l'électricité dès 1913, le transport par bateau, le premier avion arrivée sur l'île en 1929, l'automobile, le téléphone. Développement culturel et social des années 1930. La santé s'améliore au début du XXème siècle, un passage de la population réunionnaise de 105 000 habitants à 200 000 habitants de 1848 à 1934.

Le syndicalisme renforce la puissance des travailleurs de même que des grandes grèves de 1936 à 1937.

---

[110] Les contrats d'engagisme prévoient une durée de travail de 9h30 par jour. Les engagés étaient contraints de travailler 16 h par jour et six jours sur sept.

[111] Les contrats d'engagisme ont une durée de cinq ans et sont renouvelable à leur terme.

[112] 10 000 personnes meurent de la variole, 2 700 du choléra dans les années 1850. Vaxelaire D. (2004), « le grand livre de L'histoire de La Réunion », Orphie, p. 441 et 443.

[113] La justice sociale (John rawls, 1971) désigne le principe d'égalité des chances permettant à un individu d'avoir les mêmes chances d'accès à toutes fonctions au sein d'une société J. Rawls, « théorie de la justice ».

Lors de la déclaration de guerre en 1939, Pierre Aubert devient gouverneur de La Réunion. La pénurie de tous les produits puisque le blocus empêche l'importation de produits essentiellement de Madagascar. Par exemple, l'île n'importe que 6 500 tonnes de riz en 1942 contre 9 000 tonnes par mois deux ans plus tôt. 30 réunionnais s'engagent dans la seconde guerre mondiale contre 14 300 lors de la première guerre mondiale. Ils partent sur le léopard qui servira également à importer du riz de Madagascar sous les ordres du gouverneur Capagorry.

Les exportations Réunionnaises subissent également un blocus, ainsi plus de 15 000 tonnes de sucre ne seront pas exportées en 1945. Le gouverneur Capagorry estime que les pertes dues aux blocus des produits à l'exportation s'élèvent à 1 300 millions de francs[114] en 1945. La guerre et les cyclones ponctuent cette tendance.

À la veille de la départementalisation en 1946[115], La Réunion rassemble tous les signes d'une région sous-développée. L'île devient département. Néanmoins, il faut attendre 1947, date à laquelle le préfet Paul Demange prend ses fonctions sur l'île pour réellement entrer dans cette phase de départementalisation. De plus, les moyens mis à disposition ne suffisent pas à développer le département. Il demande à Paris d'aider le département à importer du riz en quantité suffisante (de 30 000 tonnes) pour faire disparaître la malnutrition. En 1947, la France concède les mêmes droits sociaux et sanitaires à La Réunion. La sécurité sociale et son accès se généralisent dans l'île réduisant par cette occasion les maladies et la mortalité. Toutefois, le cyclone de 1948, suivi d'une sécheresse prolongée, retarde les effets du développement.

En 1950, La Réunion a toutes les caractéristiques d'une économie sous-développée. À cette époque, les problématiques de l'éloignement de Paris, les conditions socio-économiques, son insularité, son passé et les influences géopolitiques aux alentours, le manque d'infrastructures, d'équipements et l'aménagement du territoire demeurent des problématiques omniprésentes. Le premier plan quinquennal de modernisation de l'équipement (1947-1952) ne parviendra pas à rattraper le retard par rapport à la métropole. Un second plan sera adopté pour la période 1954 - 1957. Les problèmes de santé et de salubrité s'intensifient. Le Comité Départemental d'Expansion

[114] Vaxelaire D. (2004), « le grand livre de L'histoire de La Réunion », Orphie, p. 593.

[115] Combeau Y. et Jauze J-M, (2004), « Éléments pour la connaissance de l'histoire et la géographie » Travaux et documents vol 1.

Economique et Sociale[116], est créé (le 14 Août 1956) en vertu du IVème plan pour résorber le chômage et permettre le développement socio-économique de l'île.

Dans les années 1960 et 1970, les transferts financiers donnent la possibilité à l'île de rattraper son retard en infrastructures[117] (route du littorale, électrification, …). En évoquant cette période, Wilfrid Bertile[118] évoque la notion de « redressement économique ». Le secteur tertiaire devient prépondérant face au déclin du secteur primaire et à la stagnation du secteur secondaire. Des incitations à investir émanent des autorités. L'agriculture et le tourisme sont les deux activités centrales des autorités locales en matière de développement de l'île.

Les années 1960, malgré l'opposition droite (M. Debré) – gauche (P. Vergès) cette décennie, symbolise celle de l'émergence des grandes infrastructures et des progrès[119].

- En 1960, le salaire minimum apparaît à La Réunion fixé à 2094 francs C.F.A.
- En 1963, l'ouverture de la route du littoral et en 1967, l'atterrissage du premier Boeing 707 sur l'île développe les axes de communication.
- En 1965, le développement du logement social se traduit la construction des premiers immeubles de la SIDR à la source.
- En 1968, l'ouverture de la centrale électrique de Takamaka.

Les problèmes démographiques perdurent en 1960. Face à cette population grandissante, le manque de main d'œuvre diplômée perpétue l'attribution de poste à responsabilité aux non diplômés ou à ceux ayant un diplôme inférieur à celui requis pour la fonction octroyée.

Le chômage se développe dans les années 1970. Le secteur tertiaire occupe 70% des emplois en 1974 contre 23% vingt ans auparavant. 46 000 lycéens en 1974 contre 1 000 en 1945. 250 000 tonnes de sucre en 1968 et 227 000 tonnes de sucre en 1974. Dans les années 1970 et 1980, l'industrie notamment agro-alimentaire et la pratique de l'import- substitution s'accroissent.

La loi de décentralisation de 1982, se traduit par la création de la Région.

---

[116] Gérad G. (2009), « Histoire de l'île de La Réunion », Azalées Éditions, p. 361

[117] La Réunion est très influencée par le régime Gaulliste à cette période et la montée en puissance du communisme. La loi programme du 30 juillet 1960 et le IVe plan (1962-1965) favorise le développement socio-économique de l'île.

[118] Bertile W. (2006), « La Réunion, Département français d'outre-mer, Région européenne ultrapériphérique », Océan ed. GREGUR.

[119] Combeau Y. Eve P., Fuma S. Maestri E. (2002), « Histoire de La Réunion de la colonie à la Région », Nathan.

Selon Yvan Combeau (2009), de 1963 à 1983, « l'intégration de l'île au sein de la France[120] » et la décentralisation sont les deux problématiques centrales des politiciens de ces deux décennies. Tous les secteurs de l'économie se féminisent. Dans les années 1990, la tertiarisation de l'économie (74% en 1990) s'accompagne d'une industrialisation, de la relance du bâtiment et des mesures fiscales incitatives. En outre, la population ne cesse de croître en passant de 600 000 en 1990 à 716 000 en 2000, avant d'attendre 800 000 en 2008. Les télécommunications se développement également à cette période.

La réévaluation du SMIC[121], en 1996, le rend égal à celui de la France métropolitaine (alors qu'il était inférieur de 25 % à celui de la métropole auparavant). Parallèlement, le chômage connaît une hausse, une recrudescence sans précédent (en passant de 10% en 1970 à 45% en 1999, avant d'atteindre 33, 4% en 2001). C'est dans les années 1990, que l'île prend conscience de son identité et de la nécessité de prendre son avenir en main.

L'agriculture se diversifie malgré la diminution des terres exploitables à cause de l'urbanisation intensive.

Dans les années 2000, l'île essaye d'élargir davantage ces horizons afin de saisir d'autres opportunités (notamment en accentuant les relations avec la zone Océan Indien). L'étroitesse du marché local demeure toujours un frein au développement socio-économique. Parallèlement, les dotations financières octroyées ne cessent de diminuer et la crise ne cesse de gagner du terrain. Malgré l'expansion des principes véhiculés par les stratégies locales, la récession complexifie le développement des activités. L'innovation et le développement local allié au développement durable sont les moyens de créer des synergies et des activités viables. Divers plans et schémas directeurs prennent en compte ces préceptes socio-économiques et environnementaux.

[120] Combeau Yvan (2009), « L'île de La Réunion dans le XXème siècle, un itinéraire français dans l'Océan Indien », CRESOI, p.350.

[121] Salaire Minimum Interprofessionnel de Croissance (SMIC).

Conclusion du premier chapitre

Dans ce chapitre 1, nous avons tenté d'identifier l'influence du contexte socio-économique et de la gestion environnementale via les caractéristiques et l'évolution de la gestion environnementale des régions d'étude (historique, législatif, …). Ce chapitre constitue la base de notre problématique qui consiste à étudier : « Comment les comportements (interactions/cognitions) des individus au sein d'une société (système complexe) influence la situation (gouvernance) environnementale d'un territoire ?

D'une part, nous pouvons conclure en énonçant les faits suivants pour Madagascar.

Les prémisses des mesures en faveur de la gestion des ressources naturelles à Madagascar apparaissent dès le IXème siècle et à l'époque monarchique. Le pillage des ressources représente également un signe de protestation du régime à l'époque monarchique.

Puis, à l'ère de la colonisation, le régime juridique français a été transposé à Madagascar. Suite à la décolonisation, la législation retenue en matière environnementale tient davantage compte des spécificités du pays. Les dispositifs en matière de gestion des ressources sont peu respectés car les intérêts personnels priment sur les intérêts communs de la nation.

Dans les années 1970, la politique environnementale s'intensifie. Et les textes de lois tentent de répondre au mieux à la problématique de gestion et de gouvernance environnementale.

La mise en œuvre de la loi GELOSE a notamment rencontré des difficultés dues aux contraintes en termes de moyens disponibles, à l'éloignement des sites et des conditions de pauvreté des populations bénéficiaires du transfert.

À cela vient s'ajouter la décentralisation des pouvoirs. Les communes ont donc un rôle majeur dans la Gouvernance et Gestion Communautaire des Ressources Naturelles à Madagascar.

D'autres documents spécifiques aux régions tels que le Plan d'Actions Environnementale, le tableau de bord environnemental, le Programme Régional de Développement Rural[122] et les monographies régionales fournissent des données sur la situation de la région et plus particulièrement sur l'état et la gestion des ressources naturelles, ainsi que sur les parties prenantes attenantes.

Chambers[123] (1997) insiste sur la portée des plans et schémas directeurs dans une démarche de développement durable. Ainsi, depuis environ 35 ans, de nombreux plans et schémas directeurs ont été mis en œuvre par les diverses instances locales. Ces plans et schémas directeurs ont d'ores et déjà permis de nombreux changements auprès de la population et du monde professionnel local.

La gouvernance environnementale prend un tournant décisif avec les lois de décentralisation des années 1980 qui attribuent des pouvoirs aux communes et aux groupements intercommunaux. Durant cette époque, la politique environnementale relève davantage de la transposition des directives nationales et internationales au territoire réunionnais. L'apparition de la Charte de l'environnement française (2004) et du grenelle de l'environnement (2007) accentue l'intensification des plans et des schémas directeurs réunionnais. Ces plans et schémas directeurs seront plus accès

---

[122] Cf. Annexe 1.

République de Madagascar (2005), « Programme National de Développement Rural », p.29.

République de Madagascar (2007), « Programme Régional de Développement Rural Analamanga, p. 105.

République de Madagascar (2007), « Programme Régional de Développement Rural », p. 105.

[123] Chambers (1997), « Editorial : responsible well-being – A Personal Agenda for development », World Developement, vol. 25, n° 11, pp. 1743 – 1754.

sur le développement des énergies propres et durables tout en restant dans lignée des dispositifs de protection prévue par la législation du parc naturel et du premier Schéma d'Aménagement Régional [124] (SAR 1995). Bien que des mesures très visionnaires et bien planifiées soient orchestrées au niveau territorial, l'adhésion de l'ensemble de la population aux thématiques environnementales reste un point sensible dans certaines communes où les transgressions à la réglementation restent relativement courantes.

D'autre part, nous pouvons conclure en énonçant les faits suivants pour La Réunion.

La Réunion, région insulaire Française et européenne de l'Océan Indien tente actuellement de pérenniser son développement économique, social, environnemental et cela en mettant en place des stratégies afin de relever ses défis et mener à bien ses projets porteurs.

Actuellement faire de l'île un territoire d'excellence que ce soit au niveau de la zone Océan Indien, Nationale voir Internationale est une préoccupation majeure.

Gouverner un territoire complexe et projeter l'organisation future est donc sa problématique actuelle.

La Réunion, département français a dans un premier temps appliqué les lois françaises bien qu'elles n'étaient pas toujours faite pour la faune et la flore locale qui diffère de celle de l'Europe continentale. Durant de temps de l'esclavage et de l'engagiste, le développement des activités agricoles et la conquête des zones de l'île étaient primordiaux. À cette époque les ressources étaient considérées comme illimitées et vastes. Les lois en faveur de la décentralisation des pouvoirs aux collectivités locales changent en profondeur la structuration territoriale, dans les années 1980.

Ainsi, depuis environ 35 ans, de nombreux plans et schémas directeurs[125] ont été mis en œuvre par les diverses instances locales. Ces plans et schémas directeurs ont d'ores et déjà permis de nombreux changements auprès de la population et du monde professionnel local.

---

[124] La première révision du SAR interviendra en 2009

[125] cf. Annexe 1.

Actuellement, de nombreux projets sont en gestation pour nos perspectives de développement. La gouvernance citoyenne et le capital humain (investissements dans l'éducation et la formation pour être compétente) priment. Ces projets sont novateurs et ambitieux pour faire face aux défis planétaires même si des disparités et retards demeurent. Ils sont complémentaires et ne peuvent à eux seuls individuellement satisfaire tous les défis et projets. Certains projets concentrent leurs axes sur certains volets du développement durable et d'autres les englobent tous.

La gouvernance et la prise en compte de l'environnement sont des perspectives de développement incontournables pour rester compétitive tout en se souciant du développement durable.

Au niveau mondial et national les instances énoncent des règlements et principes; et les institutions adoptent des stratégies et un mode de gouvernance en conformité avec les préconisations nationales et supranationales qui seront adaptées au niveau local.

Au niveau local, des moyens et démarches ont été instaurés et s'accroissent. Rappelons que les institutions et organismes (mondiaux, nationaux, locaux) viennent en aide aux diverses instances pour adopter le mode de gouvernance le plus adapté pour sa structure. Les entreprises locales innovent, effectuent de la R&D ou instaurent divers procédés afin d'améliorer la communication et leurs interactions avec toutes les parties concernées. Cependant, malgré les initiatives et les démarches entreprises bien souvent certaines institutions ou certains individus ne voient pas la nécessité de se préoccuper de l'application de ces concepts car seul la profitabilité compte; ou ces entités n'ont pas les moyens de les appliquer car ce ne sont que des structures précaires, ou ayant du mal à maîtriser leurs forces et faiblesses sur le marché, à stabiliser leurs activités. Donc, elles privilégieront les investissements pour le cycle de vie de l'entreprise ou de l'institution et diminueront ses dépenses. Le déploiement de ces stratégies dans des circonstances précises est indispensable pour stimuler l'innovation. Cependant, empiriquement la faiblesse des effets de ces politiques n'apparaît qu'à long terme. De plus, l'apprentissage par la pratique « *learning-by-doing* » permet aux entreprises et instances de mieux comprendre les effets et les bénéfices de l'efficient de ces technologies et de l'utilisation des énergies innovantes.

Toutefois, des nombreux problèmes demeurent dans la gestion des ressources naturelles, la déviance, la connaissance environnementale par les individus.
Les méthodes économiques permettent de résoudre ces problématiques grâce à une bonne allocation des ressources rares.
Les instances locales déploient de nombreux moyens pour accentuer les efforts déjà consentis ces dernières décennies sur les ressources naturelles, mais nous pouvons nous demander :

- Quels sont les forces, les facteurs et les nouveaux moyens à déployer pour résoudre la dichotomie et confusion entre intérêts privés et intérêts communs (qui se font notamment au détriment du capital humain, licenciement et exploitation). Et est-ce que dans un futur proche les instances pourront gérer et appliquer au mieux la Responsabilité environnementale et le Développement Durable par l'application de démarches et de lois plus poussées face au libéralisme et à la mondialisation ?

- Quels forces et facteurs faut-il déployer pour résoudre la dichotomie et la confusion entre les intérêts privés et communs des réalisateurs de ces plans qui représentent bien souvent les lobbies ou l'industrie locale (gouvernance des ressources naturelles) sur ces territoires insulaires ?

La mise en évidence des situations environnementales de nos deux régions d'étude à Madagascar et à La Réunion, nous permet de lier les facteurs énoncés et d'orienter notre problématique. A présent, nous intéresserons aux définitions clés de notre problématique de recherche.

Chapitre 2 Positionnement par rapport aux termes de notre problématique de recherche[126]

« La définition fait connaître ce qu'est la chose ».

Aristote.

Dans ce chapitre, nous présenterons quelques définitions choisies dans la littérature pour termes principaux de notre thème de recherche : acteur, déviance, interaction, stratégies et gouvernance.

Nous reviendrons sur les différentes définitions données à ces termes en économie, en sociologie et en informatique pour nous permet par la suite de distinguer ces termes en fonction des disciplines.

Nous nous intéresserons aux similitudes et différences entre les définitions d'acteurs, à la déviance institutionnelle et non institutionnelle. Puis, nous nous intéresserons à l'interaction et au terme de stratégie qui sont fondamentaux pour déterminer le comportement de nos individus dans notre problématique de recherche.

Par ailleurs, nous tenterons de montrer que la gouvernance, ils concourent tous à améliorer l'état de la société mondiale. La bonne gouvernance et la gouvernance

[126] A. Gaudieux, J. Kwan and R. Courdier (2015), « Les stratégies d'acteurs pour la Gouvernance Communautaire des Ressources Naturelles : Expérimentation d'un outil d'aide à la Décision à base de Systèmes Multi-Agents appliqué à l'Océan Indien » (RJCIA'15), Rencontres de Jeunes Chercheurs en I.A., Plateforme PFIA'15, Rennes, France, lundi 29 juin -1er juillet 2015.

Rakotobe D'Alberto N., Gaudieux A. et Bonardin-Cadet A., Sous Dir., (2016), « Perception, représentation, compréhension », « travaux et documents n°50 », p. 158.

communautaire désignent des modes de gestion environnementale utilisés dans le cadre de cette thèse pour créer le contexte de notre modèle.

Section 1. Acteurs déviants, interactifs et stratégiques

Les stratégies d'acteurs concourent à faciliter la mise en œuvre de la gouvernance des ressources naturelles au sein d'une nation.

Dans cette sous-section, nous nous intéresserons aux stratégies d'acteurs via l'étude des concepts d'interactions entre ces acteurs (notamment dans la gouvernance environnementale et à la réalisation de ces axes directeurs), d'acteurs / agents, de déviance.

A. Acteurs et déviance

Les stratégies d'acteurs concourent à faciliter la mise en œuvre de la gouvernance des ressources naturelles au sein d'une nation.

Dans cette sous-section, nous nous intéresserons aux stratégies d'acteurs via l'étude des concepts d'interactions entre ces acteurs (notamment dans la gouvernance environnementale et à la réalisation de ces axes directeurs), d'acteurs / agents, de déviance.

1) Les acteurs

Le terme d'acteur revêt dans le cadre de cette thèse un champ économique et sociologique.

En économie, un acteur désigne un individu ou une entité. Ces entités peuvent être des ménages, des entreprises, des établissements de crédits, des collectivités locales et le reste du monde. Un acteur économique s'assimile à l'agent économique.

En sociologie, un acteur désigne une entité individuelle ou collective ayant des conduites et actions sociales. Les interactions sont considérées comme des actions sociales.

Le terme d'acteur évoqué par des auteurs tels que Merton [127], Parsons [128] ou Goffman[129], est identique à la notion de sujet de Foucault[130] ou à la notion d'agent de Bourdieu[131].

Ainsi, l'individu agit en fonction de ses intentions dictées par ses pensées, sa socialisation ou bien sa position de dominant ou de dominée. Pour les sociologues les individus et les groupes ne sont pas tout à fait autonomes puisqu'ils s'astreignent par les normes, les situations et les statuts bien que l'individu / le groupe croit être

[127] Merton R. K. (1968), « Social Theory and Social Structure », ed. Free Press.

[128] Théorie générale de l'action.

Parsons T. (1937), The Structure of Social Action, New York, McGraw-Hill.

Parsons T. and Al. (1957), « Toward a General Theory of Action », Cambridge,Harvard University Press.

[129] Goffman E. (1969), « Strategic interaction. Philadelphia », University of Pennsylvania Press.

Goffman E. (1974), « Les rites d'interaction », ed. de Minuit.

[130] Dreyfus H., Rabinow P., et Foucault M. (1992), « un parcours philosophique au-delà de l'objectivité », ed. Gallimard, Paris.

Foucault M. (2001), « L'herméneutique du sujet », Gallimard, Paris.

[131] Bourdieu P. (2002), « Raisons pratiques sur la théorie de l'action », ed. Du Seuil.

totalement libre de ses actions. Comme en économie, pour le sociologue, l'individu / le groupe recherche la maximisation de son utilité grâce à sa rationalité. Pour Boudon[132], les individus agissent librement pour saisir de bonnes opportunités. L'individu limite les coûts d'opportunité afférents aux projets.

Toutefois, des auteurs comme Crozier[133] considèrent que la rationalité de l'acteur est limitée dans les jeux stratégiques.

Pour Latour[134], toute personne ou élément non humain qui influence un jeu ou l'environnement constitue un acteur.

Touraine[135] et Dubet[136] considèrent quant à eux, l'acteur comme un sujet car il est capable de critiquer son environnement /les jeux, et ses propres actions.

En sociologie, on distingue la théorie de l'acteur qui a des logiques d'actions et la théorie du système (mode de coordination de l'acteur).

En sociologie, le terme d'acteur se repend bien plus que celui d'agent bien que les deux soit plus ou moins équivalent dans la théorie jusqu'à la fin des années 1980. On dénombre plusieurs définitions du terme acteur en sociologie plutôt qu'une opposition entre les termes Acteur-Agent. Seul l'échelle permet de différentier ces termes : individu / collectivité.

---

[132] Boudon R. (2003), « Raisons, bonnes raisons », ed. PUF, Paris.

Boudon R. (2007), « Essais sur la théorie générale de la rationalité », ed. PUF, Paris.

[133] La théorie de l'acteur stratégique.

Crozier M., Friedberg E. (1981), « Les contraintes de l'action collective », ed. Du Seuil.

[134] Cf. la théorie de l'acteur-réseau ou « Actor Network theory » (ANT) qui préconise que l'individu n'est plus seulement un objet d'étude en sociologie mais également un acteur.

Latour B. (1999), « On recalling ANT », in Law J. & J. Hassard (eds), *Actor Network and After*, Oxford, Blackwell, pp. 15-25.

Latour B. (2005), *Re-assembling the social. An Introduction to Actor-Network Theory*, Oxford, Oxford University Press.

[135] Touraine A. (1984), « Le retour de l'acteur », ed. Fayard, Paris.

[136] Cf. la théorie de l'expérience sociale.

Dubet F. (1994), «Sociologie de l'expérience », ed. Seuil.

a) Les agents

Le terme d'agent s'emploie dans un faisceau de discipline. Dans cette thèse, l'agent revêt son sens économique, sociologique et surtout informatique.

En économie, un agent désigne une entité physique ou morale qui amène à de prendre de décision ou un « *ensemble d'acteurs sociaux exerçant une même fonction économique* »[137]. Dans notre analyse, le sens microéconomique et macroéconomique de l'agent prend tout son sens.

Les néo-classiques définissent un agent comme un consommateur et un producteur[138]. Ces deux entités vont échanger sur un marché : marché du travail, marché des biens et des services.

Ainsi, le consommateur va offrir sa force de travail en contrepartie d'une rémunération, le salaire afin de pourvoir acheter des biens et des services. Inversement, le producteur achète la force de travail des salariés afin de pouvoir offrir des biens et services.

Cet agent est l'homo economicus des marginalistes néo-classiques qui désigne un agent comme étant rationnel et individualiste (Stuart Mill, 1836[139]). Cet agent recherche dont la maximisation de son utilité en utilisant de manière optimale ses ressources.

---

[137] http://www.alternatives-economiques.fr/Dictionnaire_fr_52__def49.html

[138] Roux V. (2010), « Économie Politique », ed. Ellipses.

[139] Mill, J. S. (1836), « On the Definition of Political Economy, and on the Method of Investigation Proper to It », London and Westminster Review,. *Essays on Some Unsettled Questions of Political Economy*, 2nd ed. London : Longmans, Green, Reader & Dyer, 1874, essay 5, paragraphs 38 and 48.

Nous utilisons la définition de l'agent en macroéconomie en son sens où il désigne une agrégation d'agents.

En sociologie, nous utilisons la définition de l'agent énoncé dans l'ouvrage « *le sens pratique*[140] » de Pierre Bourdieu (1960) comme étant une logique de pratiques rationnelles, relationnelles, de la socialisation et habitus[141].

Ferber[142] (1995) définit un agent se définit comme « *une entité autonome, réelle ou abstraite, qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement, qui dans un univers multi-agents peut communiquer avec d'autres agents, et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de ses connaissances et de ses interactions avec les autres agents* ».

Grâce à ses perceptions, l'agent va agir sur son environnement (Russell[143], 1997). L'agent agit de manière autonome et flexible pour atteindre ses buts (Jennings, Sycara et Wooldridge, 1998[144]).

Les parties prenantes dans la thèse, les acteurs, équivalent au terme d'agents dans les modélisations multi-agents ou dans les Agents Based Systems (ABS).

---

[140] Bourdieu P. (1980), « Le sens pratique », ed. Les éditions de minuit.

[141] Dans son article « habitus, code et codification », Bourdieu définit l'habitus comme « *un système de dispositions à la pratique, est un fondement objectif de conduites régulières, donc de la régularité des conduites, et si l'on peut prévoir les pratiques, (ici la sanction associé à une certaine transgressions), c'est que l'habitus est ce qui fait que les agents qui en sont dotés se comporteront d'une certaine manière dans certaines circonstances* ». Il s'agit donc des goûts et d'éléments qui justifie ou donne un sens aux actions d'un agent.

Bourdieu P. (1986), « habitus, code et codification », Actes de la recherche en sciences sociales », vol. 64, n° 64, pp. 40-44.

[142] Ferber J. (1995), « les systèmes multi-agents - vers une intelligence coolective», ed. interEditions.

[143] Russell S.J., (1997), « Rationality and intelligence », Artificial Intelligence, Vol. 94, 1997. p.57-77

[144] Jennings N.R., Sycara K. et Wooldridge M. (1998), « a roadmap of agent research and dévelopment », Int. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol.1, n°1, p. 7-38.

Chaque partie de chaque entité est représentée par un agent. Les agents raisonnent pour réaliser des actions en fonction de leurs connaissances ou bien pour changer leurs intentions si de nouvelles informations apparaissent ou pour influencer les actions des autres agents.

b) Agent économique

Le terme désigne en comptabilité nationale une « *personne physique ou morale qui participe à l'activité économique* ». Ce terme a été remplacé par « *unité économique* » dans la nouvelle comptabilité nationale[145].

L'agent économique essaye de maximiser son utilité ou son profit sous contrainte budgétaire[146].

Le terme agent économique correspond à celui d'acteur économique. Cet acteur peut être un individu ayant une fonction : un consommateur, un producteur, un investisseur entre autres (…). L'agent peut également être un groupement d'individus.

Les agents économiques équivalent aux acteurs des sociologues. La culture et les faits sociaux n'influencent pas les agents économiques contrairement aux agents/ acteurs sociologiques.

[145] Dir. par Silem A. (2010), « Lexique d'Économie », ed. 11ème ed. Dalloz.

[146] Guerrien B. (1996), « Dictionnaire d'analyse économique », ed. La découverte.

c) Les agents / les acteurs

On distingue également **3 niveaux hiérarchiques** descriptifs du modèle.

- Le niveau individuel : l'agent dans sa « *classe* » par rapport aux parties prenantes qu'il représente.
- Le niveau relationnel : les relations intra et extra « *classe* ».
- Le niveau social : la communication / la diffusion des informations et leurs rôles sur le comportement et l'évolution des actions « *au cours de la recherche itérative de l'enquête* ».

LES ATTRIBUTS.

Les agents de chaque classe sont considérés comme complexes. Dans la constitution du code de simulation, il faut déterminer divers attributs pour chaque agent et l'accompagner d'un descriptif de chaque groupe d'agents.

- Externe : les lois, réglementations, normes et comportements sociaux qui s'imposent aux citoyens / aux diverses parties prenantes.
- Interne : les mœurs, traditions (us et coutumes), les codes formels et informels qui s'imposent à l'individu ou à une classe (chaque partie prenante à l'instar des codes ou de l'éthique).
- Capacité de déplacements : il s'agit du nombre maximal d'agents capables d'agir simultanément ou sur un temps déterminé (vitesse différentiée).
- Intervalle moyen entre les interactions et l'action d'agents de classes différentes

2) La déviance

La déviance désigne un comportement en non-conformité avec la norme. La déviance se traduit par la transgression et la contestation des normes par l'individu ou un groupe[147].

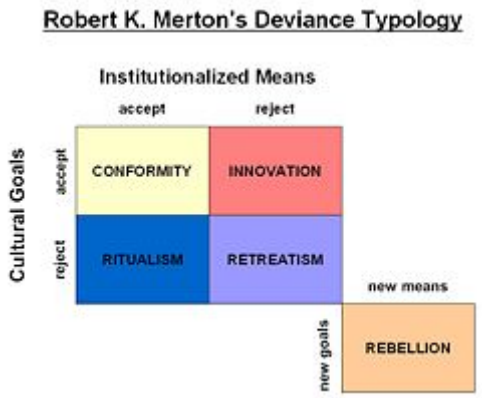


Figure 11 - Typologie des déviances selon Merton.

Selon Merton, lorsqu'un individu rejette ou n'est pas en accord avec les buts /code culturel et qu'il rejet les mesures institutionnelles, l'individu dévie. Sa déviance provient du processus de rebellion qui se créé en lui et qui amène l'individu à se créer de nouveaux buts et règles de déviance.

Dans notre thèse, les déviances émanent des différentes parties prenantes :

- Les bailleurs de fonds et les associations peuvent être déviants par rapport aux normes des pays dans lesquels ils interviennent.
- Les entreprises peuvent être déviantes en vertu des lois et principes internationaux concernant la production, commercialisation ou les services offerts sur le marché.

[147] Merton R.K. (1997), "Elements de théorie et de méthode sociologique, Armand Colin.

- Les agriculteurs peuvent être déviants s'ils transgressent les lois, les propriétés domaniales et privées.

a) Déviance des institutions nationales et internationales

Une institution désigne une instance faisant appliquer les règles acceptées par la communauté et qui gouverne les interactions entre individus (North, 1971[148]). Les institutions luttent contre les déviances et la corruption. Toutefois, elles peuvent dans certains cas être à l'origine des déviances ou être elles même déviantes.

L'analyse des institutions démontre leur rôle primordial dans la croissance et le développement économique surtout depuis les années 1990. La capacité d'une nation à maîtriser les risques et les incertitudes va être déterminante dans le niveau de développement. Si un État maîtrise les coûts de transactions et d'information (en les minimisant) la coopération sera meilleure dans la nation. L'étude des institutions a permis le développement de plusieurs domaines microéconomiques comme l'analyse de l'information, des choix collectifs ou encore de la théorie des jeux.

En 1971, Davis et North [149] identifient l'environnement institutionnel et les arrangements institutionnels.

D'une part, l'environnement institutionnel désigne les règles régissant les comportements individuels. Les règles représentent des lois, normes sociales ou éthiques qui peuvent être formels ou informels et explicites ou implicites émanant de l'individu et par forcement de l'action collective (Hayek, 1967[150], 1973[151]).

D'autre part, les arrangements institutionnels désignent dans les transactions de la relation économique les « *structures de gouvernance* » minimisant les coûts de

---

[148] Davis L.E. et North D. (1971), « Institutional change and american economic growth », ed. Cambridge University Press.

[149] Davis L.E. et North D. (1971), « Institutional change and american economic growth », Cambridge University Press.

[150] Hayekb F. (œuvre de 1967 réédité en 1980), « Studies in Philosophy, Politics and Economics », ed. University of Chicago Press.

[151] Hayek F. (1973), « Law, legislation and liberty », vol. 1 Rules and order, University of Chicago Press.

transaction et les risques (Williamson, 1985[152], 1996[153]).

En 2003, Hali Edison[154], réalise une étude pour savoir s'il existe un lien entre la qualité des institutions et le résultat économique. Il démontre que les écarts entre pays (PIB/habitant) dépendent de la qualité des institutions. Les institutions sont donc responsables de la croissance et du niveau de revenus de leur région. Il démontre qu'une évaluation de l'institution, de la politique macroéconomique adoptée par cette dernière et d'un panel de variables exogènes expliquent le lien entre qualité des institutions et la performance économique. Pour ce faire, Hali Edison identifie le rôle, les actions des institutions et leur effet certain sur le revenu, la croissance et l'instabilité d'un pays.

Une institution performante a un bon management public, des lois appliquées et une bonne maîtrise des leaders politiques.

Les instances internationales ont édicté une méthode permettant de mesurer la qualité des institutions.

- Le calcul de l'indice global de gouvernance (Kaufmann et al., 1999[155]) représente la moyenne de (a) la participation et la responsabilisation des citoyens (démocratie participative), (b) la stabilité du régime politique (droit de l'homme en non-violence), (c) l'efficacité de l'institution, (d) l'état de la réglementation adoptée, (e) l'application des principes d'un État de droit[156], (f) l'absence de corruption. Kaufmann (directeur du programme gouvernance à l'institut de la Banque Mondiale) définit la gouvernance comme le management des biens communs par le gouvernement par le biais des « *institutions et des traditions* ». La gouvernance désigne également pour Kaufmann la bonne mise en place des politiques publiques économiques et sociales, les interactions entre les parties prenantes.

---

[152] Williamson O. (1985), « The economic institutions of capitalism », The free Press, New York.

[153] Williamson O. (1996), « The mechanisms of Governance », Oxford University Press, New-York &Oxford.

[154] Edison H. (2003), « qualité des institutions et résultats économiques, un lien vraiment étroit? Ed. Parution finance et développement.

[155] Kaufmann, D., Kraay, A. & Zoido-LobatÛn, P. (1999a), « Aggregating Governance Indicators», World Bank Policy Research Working Paper No. 2195, Washington, D.C.

[156] Un État de droit est un gouvernement qui assure le respect des biens de sa population, le bon fonctionnement de la justice et la protection des personnes.

- La protection et les droits de propriété privée.
- Le contrôle des pouvoirs exécutifs.

Des travaux sur les institutions démontrent que trois types d'institutions doivent coexister dans une nation pour avoir une bonne croissance, un bon développement et une équité sociale.

– Les institutions de réglementation des marchés (managent l'économie et la circulation des informations comme la finance publique).

– Les institutions de stabilisation des marchés (contrôle de l'inflation, limite l'instabilité comme la Banque Centrale).

– Les institutions de légitimation des marchés. (assurance sociale comme la Caisse d'Allocation Familiale ou la Caisse Générale de Sécurité Sociale).

Les déviances institutionnelles proviennent également du manque de collecte de l'impôt et de la mauvaise gestion des dépenses de la nation. Ces problèmes peuvent être résolus grâce au renforcement des institutions et de la démocratie participative.

Selon Bachir Mazouz[157], quatre niveaux peuvent être distingués dans la notion de gouvernance publique[158].

- L'institution véhicule un ensemble de valeur, un système de croyance, une culture, des principes (…). Les dirigeants doivent rendre compte aux plus hautes autorités mais également à l'ensemble de la nation. La pensée collective se traduit par des actes organisationnels. La déviance est donc

[157] Entretien du lundi 20 avril 2015, Institut des Administrations et des Entreprises, Université de La Réunion.

[158] Facal J. et Mazouz B. (2013), « l'imputabilité des dirigeants publics », revue française de gestion, 2013/8, N°237, pp. 117-132, ed. Lavoisier.

éthique dans ce cas. La déviance éthique va au-delà de la loi.

- La / les structure(s) désigne un ensemble d'institution au sens organisationnel via des structures. La déviance de ces structures en cas de contestation des valeurs s'appelle la déviance organisationnelle.

- Le cadre officiel de gestion désigne les lois règlements, les balises d'exécution de la gestion publique qui provient du Cadre Officiel de Gestion (COG) pour la France. La déviance dans ce cadre de gestion est la déviance artéfactuelle.

- Les managers publics disposent de documents directeurs et stratégiques dans le cadre de leur fonction ou de leur mandat, à l'exemple des conventions, des plans stratégiques ou de gestion. Dans ce contexte, il s'agit d'une déviance managériale.

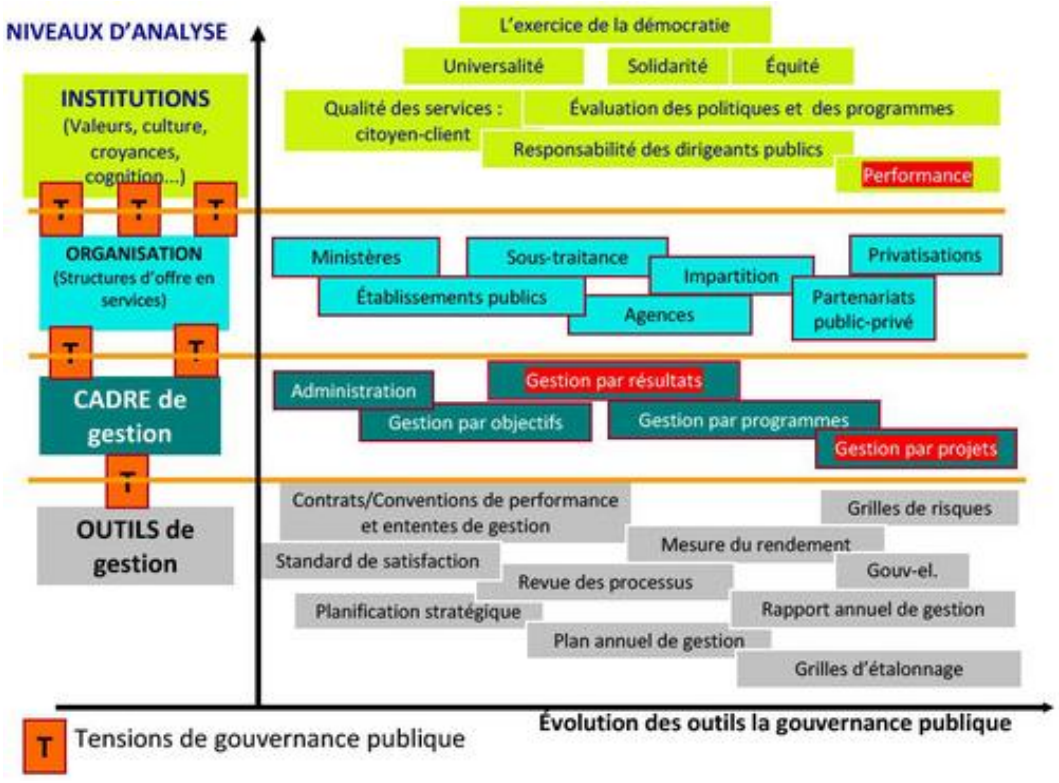


Figure 12 – Tensions de gouvernance publique, Source : B. Mazouz et P-A. Hudon[159].

[159] Hudon P-A., Mazouz B. (2014), « Le management public entre «tension de gouvernance publique » et « obligation de résultats » : Vers une explication de la pluralité du management

b) La déviance des entreprises et des citoyens

La déviance des entreprises et des citoyens provient du non-respect d'une règle formelle ou informelle : loi, système de valeur, culturel (…) d'une nation.

Les déviances / transgressions du système législatif émanent tant de la longueur du processus de gouvernance communautaire que de la méconnaissance ou des violations de la législation environnementale. Ainsi, les analyses réalisées par le consortium de l'environnement dans plusieurs pays comme la France ou Madagascar s'accordent sur la distinction des transgressions législatives et socio-économiques.
D'une part, les transgressions au système législatif de la gouvernance communautaire émanent des faits suivants.

- Du manque d'harmonisation des lois et d'application des sanctions (notamment par les collectivités décentralisées) et du manque de contrôles des zones protégées.

- De la dominance du droit informel sur le droit formel (méconnaissance des textes) notamment à Madagascar.

- Du manque de pouvoir attribuer aux collectivités par la décentralisation à Madagascar.

- Du manque de prise de conscience.

- Du manque de sécurisation foncière à Madagascar.

- De l'excès d'octroi de permis d'exploitation et de défrichement.

---

public par la diversité des systèmes de gouvernance publique », Gestion et management public, 2014/4, vol 3 n°2, ed. AIRMAP.

- De la corruption.

- Des migrations de populations.

La gouvernance publique s'assimile aux problèmes institutionnels d'une organisation sociale. Les techniques de gouvernance sont aujourd'hui au cœur des débats.

B. Interaction et stratégie

1) L'interaction

Une interaction sociale (définition sociologique) désigne « *une action réciproque des individus* [160] ». Les individus choisissent d'adopter des comportements conformes à ceux des autres membres de la société. L'interactionnisme étudie les relations interindividuelles en sociologie.

Une interaction relève d'une interdépendance entre des actions ou phénomènes interdépendants.

En économie, on utilise les choix individuels pour étudier les interactions.

[160] Dir. par Silem A. (2010), « Lexique d'Economie », ed. 11ème ed. Dalloz.

L'interdépendance[161] est évoquée dans plusieurs théories.

- La théorie de l'équilibre général de Walras.
- Les effets externes.
- La division du travail.
- L'intégration territoriale.

Le terme interaction recouvre des phénomènes extrêmement disparates, qui vont de la coordination sensorimotrice des comportements de deux ou plusieurs individus. Les comportements et la communication peuvent être non verbaux.

Les interactions peuvent avoir lieu entre des individus ou des organismes ou les deux simultanément. Les interactions peuvent aussi avoir lieu entre un individu et un environnement.

Lorsqu'il y a interactions, ainsi, dès lors, les actions des uns dépendent des actions des autres. Il s'agit de la réciprocité[162].

Dans nos travaux, il s'agit de s'interroger sur les actions externes à l'individu mais qui dépendent d'une connaissance totale ou partielle des informations, des caractéristiques et de actions des autres individus ou organismes.

Les actions accomplies par les agents peuvent être indépendantes, substituables ou complémentaires.

L'interactionnisme symbolique est définit par H. Blumer[163] en 1937 en quatre points.

- Les gens agissent en fonction de la signification que revêtent les objets de leur monde pour eux.

---

[161] Dir. par Silem A. (2010), « Lexique d'Economie », ed. 11ème ed. Dalloz.

[162] Les interactions désignent « une action réciproque, volontaire ou involontaire, de divers acteurs impliqués dans une situation ou un système, entraînant la transformation de cette situation ou de ce système». Akoun A., Ansart P. (1999), « Dictionnaire de sociologie », ed. Le Robert Seuil.

[163] Blumer H. (2004), « Les problèmes sociaux comme comportements collectifs », Politix, vol. 17, n° 67, pp.185-199.

- Dans les interactions, qui désignent des procès, ils se rendent et manifestent mutuellement un certain nombre de choses qu'ils interprètent, en particulier des indications d'actions.
- Le procès d'élaboration des prestations et des évaluations de la situation.
- L'organisation sociale change continuellement ce qui pose la question de savoir comment un ordre s'établit et se maintient (une des réponses étant la théorie des ordres négocié d'A. Strauss[164]).

Les interactions se complètent.

Les actions des agents sont ambivalentes : il s'agit d'une réaction positive ou négative de l'agent.

Dans cette thèse, il s'agit d'interactions sociales entre des émetteurs et des récepteurs.

2) La stratégie

Le stratège peut être un individu ou un dirigeant d'entreprise (en gestion).

Une stratégie se définit comme : « *L'art de coordonner des actions, de manœuvrer habilement pour atteindre un but* », selon le Dictionnaire Larousse.

[164] Strauss A.L. (1978), « Negociations, varieties, contexts, processes, and social order », San Francisco, Jossey-Bass.

Le terme de stratégie se définit dans cette thèse en son sens économique, managériale et sociologique.

En économie, la stratégie désigne un ensemble de décision prise dans une conjoncture déterminée. Ces décisions dépendent aussi des buts et préférences des agents.

Les stratégies d'entreprise se peaufinent au fur et à mesure de la planification (H. Mintzenberg[165]). Les objectifs de court et long terme concourent au développement de l'entreprise. Une stratégie peut être globale, opérationnelle ou elle peut concerner une activité.

La stratégie en économie se retrouve dans la théorie des jeux, dans la gestion notamment d'entreprise, dans la rationalisation des choix budgétaires.

L'objectif de la stratégie est d'obtenir une solution optimale en passant par une analyse coût avantage ou une analyse coût - efficacité.

Le terme fait référence à la planification militaire (Cf. Clausewitz[166]). Ce terme emprunté aux militaires et il suppose que les stratèges mettent en place des plans en vue d'avoir des avantages sur leurs adversaires / ennemis. La stratégie doit permettre à une entité d'obtenir des avantages concurrentiels de manière à pérenniser ces Domaines d'Activités Stratégiques (DAS). La culture (Crozier et Friedberg[167]), le savoir-faire et le capital humain deviennent des facteurs incontestables du processus stratégique.

---

[165] Mintezberg H. (1999), « Safari en pays Stratégie», ed.Village Mondial.

Mintezberg H. (2004), « Grandeur et décadence de la planification stratégique », ed. Dunod.

[166] Clausewitz C. (1999), « De la guerre » ed. Perrin.

[167] Crozier M., Friedberg E. (1981), « L'acteur et le système », ed. du Seuil.

Une stratégie suit des objectifs sur un lapse de temps donné. Le déploiement d'une bonne combinaison de capital physique et humain consolide la réussite de la stratégie[168].

« *Ensemble des objectifs opérationnels choisis pour mettre en application les politiques préalablement définies, prenant en compte les comportements des divers acteurs de l'environnement* [169] ». Le stratège anticipe ses actions dans l'environnement.

Sun Tse dans son ouvrage « *l'art de la guerre* », évoque la stratégie comme étant l'art pour un général d'adopter les meilleures stratégies de guerre.

De nombreux auteurs et dirigeants se sont inspirés de Sun Tse dans leurs travaux.

> *« L'essence de la stratégie est le choix d'accomplir ses activités d'une manière différente de celle de ses concurrents. »*
>
> De Michaël Porter.

12 étapes[170] décrivent la mise en œuvre d'une stratégie.

- Identifier les Domaines d'Activités Stratégiques (DAS) ou Centre d'Activités stratégiques (CAS) et identifier ses missions.
- Fixer des objectifs.
- Analyser l'environnement.
- Évaluer ses ressources et ses atouts.

---

[168] Bojin J. et Schoettl J-M. (2005), « Les outils de la stratégie », ed. Editions d'Organisation.

[169] Dir. par Silem A. (2010), « Lexique d'Économie », ed. 11ème ed. Dalloz.

[170] Thiétart R-A, Xuereb J-M. (2009), « Stratégies : concepts, méthodes, mise en œuvre », ed. Dunod.

- Étudier les moyens à mettre en œuvre pour passer de la situation actuelle à la situation escomptée.
- Diversifier ses activités.
- Formuler des stratégies.
- Définir des orientations.
- Évaluer les stratégies.
- Sélectionner une stratégie et la mettre en œuvre.
- Dresser l'état financier de sa stratégie.
- Choisir le management le plus adéquat.

Ces 12 critères forment la dimension économique.

Les agents/acteurs internes et externes forment la dimension « *politique* ». L'entreprise doit identifier les agents, leurs capacités et le choix de coopérer ou non dans la mise en œuvre de la stratégie.

La combinaison de la stratégie dans un environnement donné avec les agents et les ressources doit rendre le système très interactif.

En sociologie, les divers courants de pensée définissent la stratégie. La définition sociologique dérive de la définition économique de la stratégie bien qu'elle se différentie par l'incorporation du « *rôle des croyances et des valeurs*[171] ».

D'une part, le courant du choix rationnel postule qu'un acteur est rationnel si son choix découle de l'intérêt que chaque acteur aura. Les acteurs élaborent des plans

[171] Coleman J. S. (1998), « foundations of Socila Theory », e. Bleknap Press.

d'actions, analyser les effets et les conséquences découlant de ces choix, avec pour objectif ultime de l'acteur l'optimisation.

D'autre part, le courant de l'action organisée préconise que « *les stratégies peuvent être inférées qu'ex-post à partir de régularités observées dans le comportement d'acteurs* ». Les interactions et le caractère incertain de la décision de l'acteur sont des axes évoqués dans le rapport entre des acteurs (jeu d'acteur[172]). Le courant de l'action organisée pense donc que l'acteur réalise en réalité des calculs rationnels dans la moindre mesure. La satisfaction est l'objectif ultime de l'acteur qui préféra réduire les coûts quittes à choisir des solutions alternatives. La théorie de l'acteur stratégique (Crozier et Friedberg, 1970) énonce que le jeu de l'acteur ne dépend pas du système auquel il appartient ou de l'environnement de ce système mais que les actions découlent de l'intérêt de chaque individu. Ils rajoutent également que dans le cas d'actions collectives, le comportement des acteurs peut être issu d'intérêts antinomiques.

D'autres définitions sociologiques, insistent sur le fait que la socialisation influence le choix rationnel de l'acteur. De plus, la liberté d'action et la conscience[173] d'un individu seraient déterminées par la socialisation de manière continue.

Les stratégies peuvent être simultanées et conjointes.

Comme les agents sont rationnels et interdépendants (les actions d'un agent dépendent de celles des autres agents), la mise en place de stratagèmes devient incontournable pour parvenir à optimiser leurs gains ou leurs réalisations dans un

[172] Crozier M., Friedberg E. (1981), « l'acteur et le système », ed. du Seuil.

[173] Bourdieu P. (1980), « Le sens pratique », ed. de Minuit. Et Alain Dewerpe (1996) « la stratégie chez Pierre Bourdieu », ed.

environnement. Dans un jeu chaque agent dispose d'un certain nombre de possibilités d'actions en vue de faire le meilleur choix.

La Théorie des Jeux[174] est une méthode créée par Von Neumann[175] (1920). La méthode s'utilise pour l'étude des mathématiques, de l'économie[176], des décisions relevant de la politique et bien d'autres disciplines.

Pour l'étude des automates finis grâce aux stratégies des agents. Chaque agent a intérêt à maximiser son gain (Rasmussen E.[177], 1994).

Dans cette thèse, nous nous intéressons à la stratégie de la théorie des jeux. Dans la théorie des jeux, les stratégies se déclinent comme suit :

- La stratégie conditionnelle.
- La stratégie dominante.
- La stratégie dominée.
- Les stratégies mixtes.

[174] Cavagnac M. (2006), « Théorie des jeux », ed. Gualino éditeur.

Guerrien B. (1995), « La théorie des jeux », ed. Economica.

[175] Von Neumann J. and Morgenstern O. (1944), « Theory of Games and Economic Behavior », Princeton University Press.

[176] Kreps D. (1992), « Théorie des jeux et modélisation économique », Dunod.

[177] Rasmussen E. (1994), « Jeux et informations », Basil Blackwell.

a) La théorie des jeux classiques et le dilemme du prisonnier[178]

Les individus choisissent de coopérer ou non. Les agents recherchent une position de domination grâce au déploiement d'une stratégie supérieure à celle des autres joueurs.

Les individus jouent simultanément sans connaître le jeu des autres agents. Dans cet exemple créé par la Rand (1950), deux prisonniers, envers lesquels les autorités ne disposent pas d'informations suffisantes pour les inculper, peuvent adopter les alternatives suivantes :

- Si les deux dénoncent l'autre, ils écopent d'une moitié de la peine chacun.
- Si le premier dénonce le deuxième et que deuxième ne parle pas. Le deuxième écope de la totalité de la peine et le premier est acquitté.
- Si le deuxième dénonce le premier et que le premier se tait, le premier écope de la totalité de la peine et le second est acquitté.
- Si les deux se taisent, ils seront tous les deux acquittés.

Dans ces quatre stratégies, les joueurs ne disposent pas de l'information et ne peuvent pas se concerter en amont de leur réponse. Dans le dilemme du prisonnier la stratégie dominante est d'avouer.

b) La coopétition[179]

La coopétition désigne l'art de coopérer avec ces adversaires. Le terme désigne les relations stratégiques entre agents dont l'objectif est d'être le plus performant

[178] Tucker A. W. and Kuhn H. W., (1953), « Contributions to the theory of games », ed. Princeton University Press.

[179] Battista Dagnino G., Le Roy F., Yami S. (2007/7), « la dynamique des stratégies de coopétition », ed. Revue Française de gestion, n°176, pp. 87-98.

possible[180]. La coopétition est une coopération entremêlée de compétition. Le terme est souvent employé en management, marketing[181] et stratégie d'entreprise[182] pour illustrer la coexistence de collaboration dans un but de victoire.

Dans les jeux séquentiels, les individus jouent séquentiellement. Ils agissent et prennent leurs décisions en fonction des actions de leur(s) adversaire(s).

Deux mouvements s'inscrivent dans la coopétition. D'une part, pour certains partisans, la coopétition désigne un mélange de concurrence et de stratégies compétitives en vue d'acquérir un avantage. D'autre part, pour certains auteurs la coopétition fait partie de la coopération.

Les jeux coopératifs

Dans les jeux coopératifs, les agents forment des coalitions et négocient entre eux pour orienter leur stratégie. Dans les jeux coopératifs les agents établissent des normes au préalable en fonction du ou des buts à atteindre. La négociation peut déboucher sur un compromis, un conflit pouvant être résolu par la médiation ou une sanction.

Selon Von Neumann et Morgenstern[183], la négociation dépend tant de la rationalité individuelle que de la rationalité collective. Pour eux, la rationalité individuelle implique un gain identique pour l'agent s'il participe ou s'il ne participe pas alors que la rationalité collective se traduit par un optimum de Pareto (l'amélioration du bien-être d'un individu détériore celui d'un autre).

---

[180] Nalebuff B., Brandenburger A. (1996), « La co-opétition, une révolution dans la manière de jouer concurrence et coopération », Village Mondial, Paris.

[181] Bengtsson M., Kock S. (1999), « Cooperation and competition in relationships between competitors in business networks », Journal of Business and Industrial Marketing, vol. 14, n° 3, pp. 178-190.

[182] Lado A., Boyd N.G., Hanlon S.C., (1997), « Competition, cooperation, and the search for economic rents : A syncretic model », Academy of Management Review, vol. 22, n° 1, p. 110-141.

[183] Von Neumann J. and Morgenstern O. (1944), « Theory of Games and Economic Behavior », Princeton University Press.

c) Les jeux non coopératifs

Les jeux non coopératifs de la théorie des jeux sont une bonne méthode pour étudier les interactions entre les individus[184], leur rationalité, l'altruisme ou l'égoïsme ce qui n'est pas optimal. La Théorie des Jeux (TDJ) permet à l'agent de prendre la bonne stratégie. Dans la théorie des jeux non-coopératifs, les agents ne passent pas de contrats, ne communiquent pas sur les règles (absence de coalition).

Dans la théorie des jeux non coopératifs, les équilibres sont divers.

Ainsi dans un modèle statistique (un seul coup en information imparfaite), il s'agit d'un équilibre de Nash[185] (l'agent doit rester sur sa stratégie) tandis que dans un modèle dynamique, il s'agit plutôt d'un équilibre parfait. Dans un modèle dynamique, on distingue deux catégories d'équilibres parfaits selon que l'information soit parfaite ou non.

- Dans un modèle dynamique avec une information parfaite, il s'agit d'un équilibre parfait. Les agents jouent à tour de rôle selon un ordre prédéterminé.
- Dans un modèle dynamique avec une information imparfaite, il s'agit d'un équilibre parfait en sous-jeux. Les agents jouent également à tour de rôle mais au moins un des joueurs ne sait pas ce qui a été joué par son ou ses adversaires auparavant.

Lorsque l'information est incomplète, il est plus judicieux d'investir peu ou de manière modérée.

Rappelons que dans un jeu, les agents peuvent : jouer simultanément ou jouer en différé avec un ordre prédéfini. Toutefois, dans un jeu, chaque joueur peut combiner ces deux formes de jeu avec tant des coups simultanés ou en différés. Les stratégies mixtes sont préférées par les agents pour être imprévisibles envers les autres agents.

---

[184] Dixit A., Skeath S. (2009), « Games of startegy », 3ème éd. Paperback.

[185] Un équilibre de Nash.

La théorie des jeux a connu des évolutions au fil de la littérature.

La TDJ évolutionnaire[186] est une accentuation de la prise en compte du dynamisme dans cette méthode. La population étudiée peut être grande ou infinie et la rationalité faible.

La TDJ computationnelle étudie les comportements des agents dans le cadre d'un environnement sans contrôle central[187].

Les limites de la méthode[188]

La TDJ prend en compte l'individualisme des agents et une méthode différentiée permet de prendre le voisinage. Ainsi, les modèles à automates cellulaires permettent d'étudier l'influence du voisinage sur les décisions de l'agent, la ségrégation, la spatialité, à l'instar du modèle de Schelling[189] (1971) mais ces modèles sont limités et les systèmes multi-agents lui seront préférés plus une étude plus approfondie de la cognition de l'agent.

Dans la théorie des jeux classiques, les stratégies pouvant être modélisées par des automates finis limitent la prise en compte des stratégies dans la représentation. De plus, dans un jeu, il peut ne pas y avoir d'équilibre de Nash ou plusieurs équilibres de Nash dans la théorie des jeux classiques. En outre, un agent n'est pas toujours rationnel, ce qui constitue une limité de la TDJ classique car un agent n'a pas que des motivations rationnelles dans ces choix et actions.

Dans la théorie des jeux évolutionnaires, la dualité n'est pas toujours présente dans les jeux, le mode réel est simplifié à l'extrême[190].

---

[186] Juergen W. (1995), « Weibull. Evolutionary Game Theory », Cambridge, MA : The M.I.T. Press.

[187] Labiouse C. (1998), « L'évolution de la coopération : Modélisation par le dilemme du prisonnier itératif », Publication Interne L446, Université de Liège, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation.

[188] Labbani O. (2003), « Comparaison des théories des jeux pour l'étude des comportements des agents », mémoire de DEA sous la Direction de Mathieu P. et Beaufils B.

[189] Schelling, T.S. (1971) ; "Dynamic Models of Segregation" ; *Journal of Mathematical Sociology*, pp. 143-186.

[190] Hofbauer J. and Karl Sigmund K. (1998), « Evolutionary Games and Population Dyna- mics »,

Dans la théorie des jeux computationnels, les arrondis de valeur peuvent fausser les évolutions dynamiques.

La théorie des jeux a longtemps été utilisée dans les systèmes multi-agents. Mais depuis peu, les deux champs tendent à se dissocier dans la communauté des multi-agents.

Les actions accomplies par les agents peuvent être indépendantes, substituables ou complémentaires.

Les acteurs étatiques et les bailleurs de fonds sont les maîtres d'œuvre de cette gouvernance. Bien que leur souhait soit de placer l'homme au cœur de ce développement, malgré l'existence de communauté de base, ayant un rôle de ralliement entre les paysans et les instances, les citoyens sont déconnectés de ces réalités. Ainsi, il est fort fréquent d'être confronté à des paysans qui méconnaissent tant les programmes que leurs déclinaisons concrètes dans sa commune, son district ou sa région.

La gouvernance environnementale est un concept fort et enclin à prodiguer les clés nécessaires pour propulser sa sortie de ce contexte géopolitique et son développement.

Dans notre analyse, nous distinguerons trois stakeholders (parties prenantes).

- Les institutions diverses et décentralisées « public managers »;
- Les citoyens et agriculteurs dans notre thèse et les entreprises « operators »;
- Les bailleurs de fonds et associations, « external help ».

Cambridge University Press.

Dans le modèle « stakeholder »[191], la création de richesse est possible pour l'ensemble des acteurs et parties prenantes ayant des interactions. Ainsi, la performance (financière et du capital humain) crée des synergies entre l'entreprise, au niveau interne avec ses employés, actionnaires par exemple, et au niveau externe via ses fournisseurs, clients, institutions, Organisations Non Gouvernementales.

Le mode de gouvernance va par la suite prendre en compte davantage d'acteurs, que ce soit au niveau interne ou externe. On parle alors de mode de gouvernance stakeholder. Il apparaît dans les années 1980, lorsque le modèle dominant (shareholder) montra ses limites.

Cette théorie des parties prenantes met en avant le fait que l'entreprise ne se résume pas à ces deux acteurs (théorie de l'agence) mais que la coopération s'opère entre l'ensemble des acteurs de l'entreprise. Le capital humain dans son ensemble (employés) a aussi des revendications et des attendes. En outre, cette théorie émerge car la théorie de l'agence suppose une relation hiérarchisée entre les acteurs : soit entre les actionnaires qui contrôlent et les managers qui décident; mais, cette hiérarchisation intervient également entre les actionnaires contrôlaires et les actionnaires non contrôlaires mais aussi par d'autres auteurs (prise en compte en fonction de sa position dans la hiérarchie).

[191] Fama F.et Jensen M.C. (June, 1983), « Separation of ownership and control », *Journal of Law and Economics,* vol.26, N°2, p. 301-325.

Section 2. La gouvernance des ressources un outil pour l'allocation des ressources

Quel que soit le terme juxtaposé à la gouvernance, ils concourent tous à améliorer l'état de la société mondiale. La gouvernance environnementale, la bonne gouvernance et la gouvernance communautaire désignent des modes de gestion environnementale utilisés dans le cadre de cette thèse pour créer le contexte de notre modèle.

Dans cette section, nous présenterons quelques définitions choisies dans la littérature pour termes principaux de notre thème de recherche : acteur, déviance, interaction, stratégies et gouvernance.

Les acteurs sont à l'origine de la mise en œuvre de la bonne gouvernance environnementale et des déclinaisons de son application.

À Madagascar et à La Réunion, les acteurs étatiques et les bailleurs de fonds sont les maîtres d'œuvre de cette gouvernance. Bien que leur souhait soit de placer l'homme au cœur de ce développement, malgré l'existence de communauté de base, ayant un rôle de ralliement entre les paysans et les instances, les citoyens sont déconnectés de ces réalités. Ainsi, il est fort fréquent d'être confronté à des citoyens qui méconnaissent tant les programmes que leurs déclinaisons concrètes dans sa commune, son district ou sa région.

La gouvernance environnementale, concept fort et enclin, prodigue les clés nécessaires pour propulser sa sortie de ce contexte géopolitique et son développement.

Pour se faire dans une première sous-section, nous analyserons le terme de gouvernance et plus particulièrement celui de gouvernance des ressources naturelles.

Dans cette sous-section, nous montrerons à travers le choix d'une méthode, que la gouvernance des ressources est de plus en plus complexe, compte tenu de la diminution des ressources et de l'accroissement du nombre d'acteurs. Les techniques de gouvernance et de gestion deviennent dès lors plus difficiles à définir et manque souvent de pertinence car certaines composantes ne sont pas identifiables. De nouvelles méthodes de conceptualisation de l'environnement et de la gouvernance (gouvernance communautaire, gouvernance des biens communs) empruntent des techniques relatives à des disciplines autres que l'économie en vue d'améliorer les biais et de lever les contraintes (temps, durée, coûts, techniques, …).

De nombreuses définitions de la gouvernance existent. Toutefois, nous nous limiterons à la présentation d'une d'entre elles indispensables dans le champ de cette thèse. Nous nous intéresserons à la définition de la gouvernance et à la gouvernance environnementale retenues dans le cadre de cette thèse.

Bien qu'étant un terme couramment employé, actuellement, aucun consensus n'a été adopté quant à la définition de ce terme. La gouvernance apparaît comme étant un mode de gestion efficace et durable d'une ou de plusieurs sociétés.

Cette définition a évolué au fil des ans.

Il est actuellement difficile de s'accorder sur une définition de la gouvernance. Mais, la prise en compte des divers acteurs et la prise de décision restent toujours des caractéristiques communes dans ces définitions. La gouvernance est un mode de régulation et d'accord entre les acteurs.

A. La bonne gouvernance et pays en développement.

Les plans d'ajustement structurels[192] concourent à rétablir un cadre conjoncturel et structurel sain dans les pays instables[193].

Madagascar procède à des réformes en 1972 et en 1975. Puis, la Banque Mondiale et le FMI instaurent le PAS I 1988- 1990[194]. Le PAS I libéralise de manière progressive l'économie Malgache. Ainsi, les réformes portent sur :

- La libéralisation et le développement du commerce extérieur (convention 4 mai 2004 sur les taux de change, la libéralisation du commerce en mars 1998).
- Les finances publiques et la réforme budgétaire (priorité des dépenses publiques et création d'un plan d'investissement publics (1988), la réforme budgétaire (1991)).
- La réforme du secteur des entreprises publiques et du secteur financier (mise en place d'une politique pour les entreprises publiques (mars 1988), la réglementation des institutions bancaires (ordonnance n° 88-005 du 5 avril 1988).
- la réforme sociale (refonte de la politique sociale 1988, l'intensification des programmes sociaux ciblés de 1988 à 1989).

---

[192] Les Plans d'Ajustements Structurels (PAS) reposent sur des réformes économiques afin d'aider les pays en développement à sortir de crise. Créer par le Fonds Monétaire International (FMI) et la Banque Mondiale (BM), les PAS nécessitent un financement conséquents (des dotations financières sont ainsi octroyées par ces deux bailleurs de fonds), l'adoption des conditions de la bonne gouvernance, une législation fiscal et le développement de l'économie.

[193] Hugon P. (1989), « Incidences sociales des politiques d'ajustement », revue tiers-monde col 30, n° 117, p. 59-84.

[194] Fonds Africain de développement, (décembre 1994) « Madagascar, rapport d'achèvement du programme d'ajustement structurel, phase I », département des programmes par pays, région sud, p. 30.

http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Project-and-Operations/ADF-BD-IF-99-266-FR-MADAGASCAR-RAP-PROGRAMME-DAJUSTEMENT-STRUCTUREL-PHASE-I.PDF

Le programme de 18 mois a été clôturé en jusqu'en 1994 pour diverses raisons.

- Les dysfonctionnements administratifs.
- La crise de 1991 (elle accentue les dysfonctionnements administratifs et la dégradation des conditions d'exécution).
- Les réformes budgétaires : elles seront effectives en 1993 avec le début de la IIIème République.
- Les résultats macroéconomiques des ajustements structurels (Si on se base sur le taux de croissance du PIB, de 1993 à 1998, son évolution est la suivante.

  Le taux de croissance du PIB de Madagascar est passé de 3,4 à 4,1 de 1988 à 1989. En 1990, le taux de croissance était de 3,1.

  La crise de 1991 détériore la croissance du PIB qui était de – 6,1. En 1992, le taux de croissance est de 1%. Puis, en 1993, il passe à 2, 1%).

En 1992[195], la Banque Mondiale (BM) fut le premier organisme à diffuser le terme de gouvernance comme étant *« la manière dont le pouvoir est exercé dans la gestion des ressources économiques et sociales d'un pays dans un objectif de développement »*. La BM fait référence à la *« good gouvernance »*, pour désigner la gestion des affaires publiques (gestion politique). La gestion politique requiert l'élaboration et l'exécution des modalités de gouvernance. Elle ne concerne pas seulement celle menée par l'État, mais aussi celle menée par la société et les entreprises (gestion économique et sociale).

Au niveau mondial, l'échec des PAS (Plans d'Ajustement Structurel) dans les pays les moins avancés conduit à repenser la théorie pour palier l'aggravation des conditions de vie et d'aménagements des territoires de ces populations. Ainsi, le Consensus de Washington 1 fut reformulé pour prendre davantage en compte les

[195] Banque Mondiale (avril 1992), « Governance and Development », rapport n° 10650, p. 61.

notions de démocratisation et les règles régissant l'économie de marché (privatisation, décentralisation, dérégulation).

Dans les années 1980, le terme évoque la gestion publique « *new public management* » et le rôle des instances nationales dans la gestion nationale. Il se réfère au mode de régulation entre des acteurs. En 1986, la Banque mondiale définit la gouvernance comme « *la manière avec laquelle une autorité publique exerce son pouvoir pour assurer son rôle de fournisseur de services, de maintien de l'Etat de droit, de faire respecter la préservation des ressources nationales économiques, sociales et environnementales consacrées au développement.* ».

Dans les années 1990, l'évaluation de la gouvernance et de son efficacité deviennent l'axe central de cette démarche. Elle repose sur les principes de la bonne gouvernance.

La bonne gouvernance se définit comme étant l'exercice au sein d'une nation de « *l'équité, de la participation, du pluralisme, de la transparence, de la responsabilisation et de la primauté du droit, de façon équitable et durable*[196] ». En 2002, dans son rapport « *Building Institutions for Markets* [197] » reconnaît l'importance des règles, des mécanismes d'organisation et de structuration de la gouvernance.

La gouvernance est souvent associée au terme de développement. En effet, la bonne gouvernance accompagnée d'une croissance économique est considérée comme un facteur favorisant le développement. Kofi Annan, lors du quatrième forum pour le développement de l'Afrique en 2005, déclare que :
«La bonne gouvernance et le développement durable sont indivisibles. De l'Amérique latine à l'Asie, en passant par l'Afrique, tous nos efforts, toutes nos expériences le montrent. Sans bonne gouvernance, sans Etat de droit, sans administration prévisible, sans pouvoir légitime et sans une règlementation adaptée,

[196] Définition des Nations Unies. http://www.un.org/fr/globalissues/governance/

[197] World Bank (2002), « Building Institutions for Markets », report n° 22 825.
http://www.ctc-health.org.cn/file/2009083127.pdf

les financements et les dons les plus abondants ne sauraient assurer la prospérité[198]».

De plus, une gouvernance axée sur la démocratie concourt à la préservation de l'environnement et à l'amélioration de l'économie et des facteurs sociaux au sein d'une nation.

[198] Citation d'ouverture. Synthèse du rapport de synthèse sur la gouvernance en Afrique de 2005, établie à l'occasion du quatrième forum pour le développement de l'Afrique. http://www.uneca.org/eca_resources/publications/books/agr/agrfr.pdf

B. Ressources communes et en libre accès.

La finitude des ressources est une notion évoquée dans les pays post-industriels depuis les années 1970. L'industrialisation à outrance et les diverses pollutions qu'elles engendrent sont alors remises en cause. Certains scientifiques vont alors prôner la croissance zéro ou même la décroissance.

En 1972, la première conférence mondiale sur l'environnement de Stockholm et le rapport du club de Rome[199], intitulé « *The Limits of Growth* », constituent les premières initiatives de la prise de conscience mondiale de la destruction de l'environnement et de la multiplication des risques environnementaux qui pèsent sur les générations actuelles et les générations futures. Dans ce rapport, il est indiqué que la croissance de la population et économiques doivent être limitées conformément à la théorie de Thomas Malthus vers le début des années 2000. Il y est évoqué pour la première fois l'idée d'une « *croissance zéro* » dans les pays du Nord pourrait compenser les populations grandissantes des pays industrialisés et en développement. La notion oxymore[200] de développement durable fait donc son apparition suite à ce début de prise de conscience. En 1983, la commission mondiale sur l'environnement est le développement est créée en ce sens. En 1987, le rapport Brundtland, « *our common futur* » évoque le fait qu'il soit possible d'avoir une croissance soutenable et durable sous conditions dans un contexte où les pays développés redoutent que les restrictions envers la pollution décroisent leur

[199] Le club de Rome est crée en 1968 par PECCEI Aurélio, un industriel Italien. Le club regroupe des scientifiques et industriels mondiaux. Le but du club est de réfléchir sur les risques environnementaux planétaires. Le rapport Meadows émane d'une commande de l'Organisation des Nations Unis en 1971 à ce groupement. La prospective a été réalisée par Denis M. Maadows, chercheurs du MIT (Massachusetts Institute of Technology) en 1969, lors d'une réunion en Autriche, après l'échec de la réunion de 1968. 17 chercheurs vont alors analyse cinq variables : population, technologie, ressources naturelles, environnement et alimentation et émettre des prospectives d'évolution jusqu'en 2100 en prônant la limitation des ressources. Le rapport Meadows est connu sous le titre « halte à la croissance » en France.

[200] Le développement étant à l'origine de la fragilisation de la nature, il ne s'agit pas d'un processus viable et durable.

compétitivité. Le développement durable y est définit comme un développement soucieux tant des générations actuelles que futures permettant la satisfaction des besoins élémentaires des individus de notre planète. Les nations du Nord s'interpellent sur les risques et le partage équitable des responsabilités écologiques dans les accords multilatéraux alors que les nations du sud s'inquiètent du développement de leur économie si les restrictions sont trop fortes à leur égard. Ainsi, des quotas de production sont fixés (Protocole de Kyoto, 1998). À cela, s'ajoutent la labélisation, la certification et les écotaxes.

Les nations post-industrielles ont pris conscience de la fragilisation de la nature causée par leurs activités mais ils sont également inquiets pour leur mode de vie dans les années à venir. Les scientifiques, altermondialistes, les instances internationales et les citoyens s'interpellent également sur la notion de gouvernance des ressources naturelles d'où le fleurissement de ces termes dans les discours et les documents divers depuis les années 1990.

La gouvernance des ressources ne se limite pas aux préoccupations environnementales mais concerne également l'économie, le social et la durabilité du développement ou d'un mode de gestion.

La gouvernance durable sous-entend un développement de la nation et de l'économie nécessaire à son bon fonctionnement (les cinq étapes de la croissance de Rostow, 1960) mais également un développement soucieux de la biodiversité. Dans bien des cas, la gouvernance durable se traduit par le développement de documents directeurs en faveur de la croissance verte alors qu'en parallèle les activités polluantes perdurent dans nos sociétés. La gouvernance des ressources (naturelles) a dans un premier temps été assimilée à la religion, au régime totalitaire et à l'efficience du marché (main invisible, A. Smith, 1776). D'Aristote à Saint-Thomas, tous affirment que le bien commun prend le pas sur l'individualisme. Les interactions sont donc primordiales pour l'individu dans la relation commune. Dans son ouvrage « *Où est passé le bien commun ?* », François Flahault distingue le bien commun au singulier et les biens communs. Pour lui, les biens communs désignent

les biens collectifs alors que le bien commun se réfère aux biens marchands[201]. Pour François Flahault, le développement de l'écologie sociale permettrait de mieux comprendre les comportements des individus et d'améliorer ou de restaurer leur cadre de vie en harmonie avec la nature[202]. Selon Jean-Baptiste Say, la planète n'est pas indéfinie et sa capacité de régénération est finie[203].

Actuellement, la plus grande précaution est de rigueur car l'empreinte écologique et les nuisances environnementales ne cessent de croître. Mais les résultats et la prise de conscience environnementale restent assez mitigés (Downs, 1975[204]).

La gouvernance communautaire des ressources naturelles [205] désigne l'application efficiente des principes et des stratégies de développement durable aux ressources. Elle assure le maintien des principes de la bonne gouvernance (Bates[206], 2010).

La gouvernance communautaire repose sur la décentralisation des pouvoirs aux collectivités territoriales. Ce processus est appliqué dans divers pays du globe (Ostrom [207] , 1990). Dans bons nombres de pays en développement, face à l'inexorable destruction de la diversité biologique, la recherche d'une gestion locale efficace (Wade [208] 1988) suppose l'adoption ex ante d'une réglementaire

[201] Flahault F. (2011), « Où est passé le bien commun ? », ed. essai Mille et une nuits, p. 116.

[202] Flahault F. (2011), « Où est passé le bien commun ? », ed. essai Mille et une nuits.

[203] Flahault F. (2011), « Où est passé le bien commun ? », ed. essai Mille et une nuits.

[204] Downs R.M. (1975), « La perception de l'environnement », ed. Annales de géographie, n° 466, pp. 727-728.

[205] Agrawal A. (2003), « Sustainable Governance of Common-Pool Resources : Context, Methods, and Politics ». Annu. Rev. Anthropol. , 2003-32-243-262, University ogf Toronto.

[206] Bates D.G. And J. Tucker (2010), « Human Ecology : contemporary resarch and pratice », ed. Srpinger, p. 273-279.

[207] Ostrom E. (1990), « Gouverning the commons : the evolution of institutions for collective action », ed. Cambridge University, press, 1990, p. 280.

[208] Wade R. (1987), « The management of common property ressources : collective action an alternative to privatisation or stateregulation », Cambridge Journal of Economics 1987, 11, pp. 95 – 106.

environnementale en faveur de la gestion des ressources naturelles et plus particulièrement forestières (Alden Wily[209], 2000).

La réforme législative et la décentralisation caractérisent l'adoption des mesures de gouvernance des ressources concrètes (Jones et Murphree[210], 2001). Les années 1960 marquent l'adoption de ces réformes par les pays africains (Kenya). Mais suite à l'accession à l'indépendance certains pays Africains préféreront accentuer la centralisation (Ghana). La Gouvernance Communautaire des Ressources Naturelles (GCRN) sera dès lors remis à l'ordre du jour dans les années 1980 et 1990 (Chambers[211], 1987) avec l'accroissement des plans de développement et environnementaux par les bailleurs de fonds internationaux. Madagascar adopte la GCRN dans les années 1990 avec l'apparition de la loi Gélose qui marque le début d'une refonte en profondeur de la législation environnementale nationale. (Confer présentation de Madagascar chapitre 1).

Les stratégies de gouvernance communautaire s'axent tantôt sur la participation active des parties prenantes tantôt sur la mise en œuvre de ces politiques par les autorités seules (Karsenty[212], 1998). Bouttoud[213] (2001) met en avant ces aspects de la gouvernance communautaire en affirmant que ceux-ci se fondent tant sur la gouvernance passive (celle des autorités) que sur celle exercée de manière active par les entreprises et les citoyens conjointement à celle de l'État.

---

[209] Alden Wily L (2004), « Can we really own the forest ? A critical examination of Tenure development in community forestry inAfrica », Paper 251d, Tenth Biennial Conference, International Association for the Study of Common Property (IASCP), Oaxaca, Mexico, August 9-13, 2004.

[210] Murphre M.W. (2001), « Community, council and client. A case sudy of ecotourism development from Mahenye », Zimbabwe, ed. Owford.

[211] Chambers (1997), « Editorial : responsible well-being – A Personal Agenda for development », World Developement, vol. 25, n°11, pp. 1743 – 1754.

[212] Karsenty A. (1998), « Entrer par l'outil, la loi, ou les consensus locaux », in Lavigne Delville (ed.) *Quelles politiques foncières pour l'Afrique rurale ?* , ed. Karthala.

[213] Buttoud G. (2001), « Gérer les forêts du Sud. L'essentiel sur la politique et l'économie forestière dans les pays en développement », ed. l'Harmattan, Paris.

L'utilité d'un bien (en l'occurrence des ressources naturelles) désigne sa valeur d'usage alors que la valeur relative d'un bien détermine son prix sur un marché.

Cette vague de décentralisation peut se faire de manière progressive ou immédiate.

Le développement durable est l'une des préoccupations majeures de nos sociétés. La prise en compte de ce concept s'est accentuée depuis quelques décennies et il fut particulièrement mise en avant par le rapport Brundtland (1987, de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, *«Our common futur »*), le rapport Meadows 1972 (Club de Rome *« Halte à la Croissance »*), le sommet de la terre de Rio (1992), des conventions de l'OIT (l'Organisation Internationale du Travail) et de droits de l'homme et le Pacte mondial de l'ONU, plus communément connu sous le nom de « Global Compact » (Kofi Aman, secrétaire général des Nations Unis,1999) qui insiste sur le « développement responsable et durable ».
La finitude des ressources incite, donc, les sociétés à assurer une gestion plus soucieuse de l'environnement des nuisances et des risques générés.
En outre, la gouvernance est une préoccupation majeure dans notre société actuelle (la gouvernance est considérée comme le quatrième pilier du développement durable). En effet, la gouvernance et le développement durable par le biais d'accords multilatéraux, de lois et règlements et de stratégies élaborées permettent de gérer les risques, d'apporter des solutions aux problématiques de la firme ou encore plus d'équité dans nos sociétés hétérogènes (résolutions des problèmes économiques, sociaux, environnementaux, politiques, culturels…), afin de pérenniser l'économie et d'assurer le développement durable de nos firmes.
Donc, la prise en compte de la gouvernance est devenue une nécessité. En effet, nos gouvernements doivent prendre des mesures car les rythmes de production intenses pour nos sociétés consuméristes, génère de la pollution, mais les facteurs sociaux doivent aussi être pris en compte. Le Global Compact, (énonça 10 principes) dans

son huitième principe déclare qu'il faut « entreprendre des initiatives tendant à promouvoir une plus grande responsabilité » pour une bonne gouvernance.

Au mot gouvernance peut être attribué diverses définitions.

Un des premiers sens accordé au terme de gouvernance est celui de synonyme du terme gouverner. Cette similitude est due à sa signification historique. Ainsi, ce terme provient du terme grec « *kubernân* », qui signifie « piloter » et du terme latin « *gubernare* » qui signifie « gouvernement ». Cette notion est défini, dans ce cadre, comme la gestion des problématiques et relations tant nationales qu'internationales. En ce sens, la gouvernance serait associée à la gestion publique[214]. La banque Mondiale et l'UNESCO définissent le terme dans étant un mode de gouvernement.

Lacroix et St-Arnaud[215] (2012) créent une définition de la gouvernance que nous retiendrons dans le cadre de cette thèse.
« La gouvernance est l'ensemble des règles et des processus collectifs, formalisés ou non, par lequel les acteurs concernés participent à la décision et à la mise en œuvre des actions publiques. Ces règles et ces processus, comme les décisions qui en découlent, sont le résultat d'une négociation constante entre les multiples acteurs impliqués. Cette négociation, en plus d'orienter les décisions et les actions, facilite le partage de la responsabilité entre l'ensemble des acteurs impliqués, possédant chacun une certaine forme de pouvoir ».

La croissance économique et ses théories tant controversées ne seraient être occultées de l'apparition du terme de gouvernance notamment en tant qu'indicateur de bien-être économique.
Deux définitions de la croissance prévalent. Celles-ci se complètent.

D'une part, la croissance désigne l'augmentation d'une quantité (réelle, physique) à long terme[216] avec pour échelle de mesure la monnaie. La croissance économique

[214] Duran P., (1998), Gouvernance. In : *Politiques et management public*, vol. 16 n° 1, La gouvernance urbaine. pp. 3-4.

[215] Lacroix I. et St-Arnaud P-O. (2012), « la gouvernance : tenter une définition », cahiers de recherche en politique appliquée, vol. IV, n° 3.

désigne l'augmentation soutenue d'un indicateur de dimension (le produit global brut ou net (réel exprimé en terme réel[217]) durant une ou plusieurs périodes (François Perroux). Le produit Global Net en terme réel s'emploie pour évaluer la croissance. PGN = produit global de la nation – amortissements (renvoie aux éléments détruit de manière instantanée ou progressive dans l'acte de production). La définition de Perroux désigne celle de la croissance extensive. La croissance extensive désigne l'augmentation constante du Produit Intérieur Brut (PIB) par tête. Donc, la production ou le revenu augmentent au même rythme que la population. On parle dès lors de croissance équilibrée.

D'autre part, la croissance se définit également comme un accroissement durable du revenu national supérieur à l'accroissement d'une population donnée (pays ou groupes de pays), il s'agit de la croissance intensive (Produit Intérieur Brut positif). Cette définition repose sur l'intégration du revenu par tête et non plus du revenu global comme dans la définition de François Perroux.

La croissance et le développement sont inter-reliés. La croissance est nécessaire au développement et inversement; un développement sans croissance est peu probable. La croissance permet un changement économique et social structurel (sortie du système traditionnel et développement de l'économie).

La croissance peut avoir trois allures différentes :

- fluctuation amplifiée (les oscillations de la croissance s'accroissent au fur et à mesure).
- fluctuations auto-entretenue (les oscillations sont constantes au fil du temps).
- fluctuation amortie (les oscillations de la croissance perdent en intensité au fil de la période).

L'étude de la convergence de Madison démontre que la croissance de la Grande Bretagne dans les pays en développement connaîtra un processus de convergence.

---

[216] La croissance de long terme s'oppose aux variations économiques de la croissance (c'est-à-dire à l'expansion et à la récession) de court terme (croissance de court terme).

[217] Exprimer cet indicateur en terme réel permet de neutraliser l'effet de l'inflation.

Ce processus est le suivant : la croissance économique va connaître une augmentation soutenue permettant ainsi le passage d'une économie traditionnelle à une économie capitaliste. S'en suit, une phase d'augmentation ou de stabilisation de la croissance permettant l'intensification du système capitaliste.

Selon la pensée économique, le terme de croissance économique apparaît pour la première fois au XVIIIème siècle.

Dès le XVIIème siècle, les économistes classiques[218] mettent en évidence l'existence de rendements décroissants (Malthus, Smith, Mill), c'est-à-dire qu'au fur et à mesure que l'on accroît les terres consacrées à l'agriculture, les taux de profit diminuent car les terres deviennent de moins en moins fertiles. Par ailleurs, Malthus [219] énonce que comme la population connaît un taux de croissance supérieur (croissance exponentielle) à celui de l'accroissement de la productivité des moyens de subsistance (croissance arithmétique). De ce fait, l'économie évolue vers un état stationnaire.

Adam Smith (1776) évoque la division du travail dans son ouvrage *Recherche sur la nature et les causes de la richesse des Nations*[220] en évoquant que les ressources sont illimitées ce qui permet d'avoir une croissance illimitée. À l'inverse, Malthus (1798), dans son ouvrage *An essay on the principe of population*[221], considère que la croissance provient du réinvestissement productif et du surplus. Toutefois, pour Malthus, la croissance est limitée à cause de la croissance démographique.

Au XIXème siècle, Ricardo et Marx analysent la croissance comme étant limitée. En effet, d'un part, dans son *ouvrage Les principes de l'économie politique et de l'impôt* [222] , David Ricardo (1817) démontre que la croissance provient du

---

[218] Pour les classiques, l'accumulation du capital est la seule source de richesse dans l'économie.

[219] Malthus prône la maîtrise de la croissance démographique pour pouvoir satisfaire les besoins physiologiques de ceux-ci.

[220] Smith A. (1776), « Recherche sur la nature et les causes de la richesse des Nations », Vol I et II. , Réimpression, GF- Flamarrion, 1991).

[221] Malthus R. (1798, réédition 1992), « An essay on the principle of population », réimpression, Cambridge Press.

[222] Ricardo D. (1817), « Les principes de l'économie politique et de l'impôt », réimpression champs Flamarion, 1977)

réinvestissement productif du surplus, bien qu'elle soit limitée car les rendements de la terre sont décroissants. D'autre part, dans son ouvrage *Le capital*[223] (1867), Karl Marx énonce que la croissance est issue de l'accumulation du capital et qu'elle est limitée car il y a une tendance à la baisse des taux de profit dans le système capitaliste.

Au XXème siècle, les théories néo-classiques se multiplient. Ces théories mettent l'accent sur l'instabilité de la croissance, la temporalité, la spatialité et surtout sur l'endogénisation de la croissance.

Schumpeter[224] (1911, 1939) identifie les grappes d'innovations comme étant le progrès technique ou une innovation majeure amène de générer de la croissance. Il s'agit d'un principe de destruction créatrice (innovation à long terme disparaitront). Les innovations sont discontinues ainsi la croissance laisse place à la dépression (cf. cycle de Kondratieff ou Kondratiev[225]). Schumpeter considère donc la croissance comme instable.

Les classiques vont également se demander comment atteindre un sentier de croissance équilibrée (c'est-à-dire comment assurer une croissance limitant inflation, les déséquilibres offres - demandes, le chômage et avec des investissements équilibrés) et stable (pour atteindre la stabilité, faut-il privilégier l'interventionnisme ou le libéralisme ?).

Ramsay va enrichir la théorie de Malthus en dynamisant le concept de croissance. Pour lui, trois cycles peuvent être distingués dans la vie d'un consommateur : la vie active l'épargne et la désépargne.

Les travaux d'Harrod (1936, 1948, 1960) et Domar (1957)[226] insistent sur l'existence « *période à capital fixe* » à long terme pour conclure que les économies de marchés

---

[223] Marx K. (1867), « Le capital », Réimpression, Editions Sociales, 8 vol. 1978).

[224] Schumpeter J.A. (1939), « Business cycles, a theoretical historical and statistical Analysis of the Capitalist Process », Mac Gray Hill.

[225] Kondratiev N. (1928), « Les grands cycles de la conjoncture », ed. Economica, réédition de ces travaux 1992.

[226] Harrod R.F. (1936), « The trade cycle », *The Economics Journal*, Vol. 46, No. 184 (Dec., 1936), pp. 691-693.

Harrod R.F. (1948), « Toward a dynamic Economic », *The American Economic Review*, vol. 39, No. 2 (Mar., 1949), pp. 497-499.

ont des sentiers de croissance instable. Et que ces sentiers instables peuvent être stabilisés par la mise en œuvre de politiques économiques. Pour Harrod et Domar, la croissance équilibrée relève du hasard car l'économie est sans cesse sur le fil du rasoir ou elle est en phase de dépression (à cause de l'excès d'épargne). Harrod et Domar considèrent, en effet, que le lien entre taux d'épargne et taux d'investissement détermine la croissance, d'où l'instabilité de la croissance.

Puis, Solow va s'opposer à la théorie keynésienne dans les années 1950 en démontrant que la croissance atteint son équilibre (sentier de croissance équilibrée) naturellement et cela grâce aux facteurs exogènes (progrès technique, croissance de la population).

Apparaissent également les théories de la croissance endogène [227] (d'inspiration classique et néo-classique), qui s'interroge sur la « croissance auto entretenue ».

Le terme de décroissance[228] et de croissance zéro font leur apparition avec la prise en compte de la limitation des ressources durant la crise des années 1970.

La menace environnementale et sociale mondiale ne cesse de s'accentuer, (changement climatique, nuisances diverses et industrielles, épuisement des ressources naturelles fossiles, biodiversité, catastrophes naturelles...), la prise en compte du développement durable et de ses responsabilités par toutes les parties prenantes (gouvernance étatique, institutionnelle, d'entreprise, citoyenne) est une solution pour pallier aux dysfonctionnements (revers du capitalisme et de la croissance). La répartition et l'accès aux ressources pour les générations actuelles et futures, la résorption des inégalités deviennent des axes centraux de cette démarche.

Harrod R.F. (1959), « Domar and Dynamic Economics», *The Economics Journal*, Vol. 69, No. 275 (Sept., 1959), pp. 451-464.

[227] Les modèles de croissance endogène réfutent la loi des rendements décroissants car pour eux le savoir auto entretien la croissance.

[228] Caresche C., Guibert G., Szynkier D., (2010), « le bonheur est-il dans la décroissance ? », ed. Jean Jaurès Fondation.

Bayon D., Flipo F. et Schneider F. (2010), « la décroissance, 10 question », ed. La découverte.

Bien avant l'apparition de la définition du développement durable en 1987, les valeurs de ce concept existaient déjà. Dès le début de la sédentarisation, des règles et sanctions avaient été mises en place afin de réglementer la vie des sociétés et de limiter les nuisances environnementales. Depuis la révolution industrielle du XIXème siècle, la croissance est l'objectif économique ultime. Et le produit intérieur brut doit être un moyen d'évaluer la richesse et la situation sociale d'une nation.

Par ailleurs, en 1866, les Européens furent les premiers à s'intéresser aux prémices du développement durable. Ainsi, le biologiste Ernst Haeckel (biologiste allemand) a créé le concept d'écologie qui désigne la connaissance et la gestion de notre planète ainsi que de sa biosphère, ainsi que les rapports de l'homme avec celles-ci. Puis, en 1909, un de ses étudiants, Grigore Antipa, créa le terme de géonomie qui désigne la gestion rationnelle de la terre et de ses ressources. Ce terme est apparu en France en 1918 (Albert Demangeaon, géographe le diffusa). La géonomie est la conceptualisation de théorie, l'expérimentation et la préconisation d'actions via des prévisions et projections. Les chercheurs avaient déjà mis en avant le fait que l'activité économique et celle de l'homme étaient à l'origine de nuisances écologiques (climatique). La géonomie tout comme le développement durable cherchait des solutions pour réduire les dichotomies entre économie et écologie. Ainsi, Maurice-François Rouge (professeur d'Organisation de l'espace à l'école Pratique des Hautes études élabora la définition suivante de la géonomie : « *C'est un ensemble de connaissances scientifiques pris dans les sciences et disciplines de base (géographie physique et humaine, géologie, pédologie, climatologie, écologie, démographie, sociologie, économie…) qui sont mises à contribution pour décrire la réalité des espaces et les lois et conditions de leurs modifications possibles; ensuite une série de combinaisons de ces apports, aidées par différentes techniques (mathématiques, cartographiques, statistiques) qui constituent les moyens utilisés par le "géonome" dans son "art" de recherche des solutions les meilleures* ».

Au début du XXème siècle, la prise en compte des nuisances environnementales s'est accentuée avec la loi sur les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE, devenue la loi du 19 juillet 1976).

Puis, suite aux deux chocs pétroliers des années 1970 (1973 et 1979), les études mettent en avant le fait que cette croissance (capitaliste productiviste) était fondée sur l'utilisation intensive des ressources naturelles. Les puissances politiques et les chercheurs se sont alors demandés s'il était possible de concilier développement et durabilité des ressources et si ce système va perdurer. En effet, la notion de développement durable et les scénarii prévisionnels sont apparus à l'époque où les catastrophes climatiques et environnementales se sont multipliées (Exxon Valdez en 1989). Les bailleurs de fonds amèneront les populations à s'interroger sur les conséquences sur l'environnement et l'humain. En effet, le facteur environnemental a été négligé durant des décennies car seuls les facteurs capital et travail étaient considérés comme source de croissance dans ce processus par les classiques ou les Néoclassiques (modèle de Solow, sur la productivité globale des facteurs).

La remise en cause des piliers du développement dans les pays industriels à partir des années 1960/70 (surproduction, pollution) et l'exposition des populations à ces dangers et les risques pour les firmes sont à l'origine de l'émergence du concept de développement durable.

De plus, à Paris, en 1968, L'Unesco organisa la « conférence sur la biosphère » ou « Conférence intergouvernementale d'experts sur les bases scientifiques pour l'utilisation rationnelle et la conservation des ressources de la biosphère » qui permit de poser les bases du développement durable. Elle mit en avant le fait que l'homme devait gérer et préserver d'avantage ses ressources naturelles (terrestres et halieutiques).

Dès 1971, le club de Rome (groupe de réflexion perspectivisme crée en 1968 par Aurelio Peccei et composé de scientifiques, d'Hommes d'affaires et d'Hommes politiques) dans son rapport « The limits of growth » ou « halte à la croissance » fait prendre conscience des limites des ressources et que cela peut stopper la croissance, mais aussi des enjeux et des menaces auxquelles l'environnement et la population mondiale sont exposés. Ainsi, ce rapport et la conférence de Stockholm (1972) font apparaître deux points. D'une part que les ressources fossiles s'épuisent et que la croissance à venir est menacée. D'autre part, que les risques environnementaux sont

nuisibles pour la génération actuelle et pour les générations futures (à cause de la croissance intensive des Trente Glorieuses).

Ce rapport est connue sous le nom de rapport Meadows[229] (Denis M Meadows, chercheur du MIT : Massachusetts Institute of Technology) a été conceptualisé par une équipe de 17 chercheurs suite à l'analyse de cinq variables: alimentation, technologie, population, ressources naturelles et l'environnementales. Des scénarii de projections jusqu'en 2100 y ont été établis. Le rapport projette l'effondrement de la croissance et de la population vers l'an 2000 en s'appuyant sur les théories Malthusiennes (limiter l'accroissement de la population mondiale). Ainsi, cette étude en déduit que: les pays du nord doivent adopter la croissance zéro pour compenser les écarts entre les pays développées et en développement et ne plus faire de dépenses énergétiques.

Donc, le concept de développement durable émerge de cette prise de conscience de l'usage intensive des ressources et de la menace anthropique. Le développement durable désigne donc la prise de conscience des dérives de la croissance, du développement et de la dichotomie entre développement et durabilité.

De plus, le concept d'écodéveloppement apparaît lors de la première conférence des Nations Unis sur l'environnement humain tenue à Stockholm en 1972 (premier sommet de la terre). Sachs définit l'écodéveloppement comme étant le développement des populations en utilisant parcimonieusement les ressources naturelles et en limitant les nuisances occasionnées. Ce concept est basé sur l'équité, la satisfaction des besoins des Hommes, la limitation des nuisances écologiques et un modèle de développement adapté à l'histoire, la culture et à l'écologie. La croissance (enrichissement de la nation et redistribution des richesses) n'est donc plus au coeur du développement d'une société.

Parallèlement, en 1972, le Programme des nations Unies pour le Développement (PNUD) a été créé.

[229] Meadows D.H. (1972), « Halte à la croissance ? Enquête sur le club de Rome », ed. Fayard.

Ainsi, comme le développement est la source de ce problème, il apparaît que nombre de parties prenantes utilisent depuis des décennies l'environnement afin de continuer à générer de la croissance et de surcroît du développement. Il faut donc bien accentuer le fait que le principe du développement durable n'est pas de faire supporter à la planète et à ses habitants les effets négatifs de la croissance, mais de créer une croissance et un développement durable et vert(e). `

Ces prévisions se sont avérées être erronées, mais les partisans de cette théorie restent sur leurs positions.

À la même époque, Nicholas Georgescu-Roagen, met l'accent sur la régulation (utiliser moins de ressources) pour préserver la biosphère. Partisan du développement durable et du « really next to paid », il développe une approche similaire à celle des ONG et mouvements de l'époque. Pour eux, les coûts de la mondialisation (environnementaux et sociaux) doivent être internalisés notamment dans les prix. Et ce afin de limiter l'empreinte écologique (indicateur d'évaluation de la surface du sol nécessaire à une population pour répondre à ses besoins (consommations et absorptions des déchets)) et la finitude des ressources.

Dans les années 1980, les auteurs démontraient qu'il fallait être responsable de ses actes car ce modèle n'est pas viable à long terme (Hans Jonas). Et le respect d'une certaine éthique doit permettre d'y parvenir.

En 1980, l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) publie avec la PNUE et le WWF le rapport « la *stratégie mondiale pour la conservation »* dans lequel le concept *« développement durable »* apparaît pour la première fois.

En 1987, la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (CMED crée en 1983 avec pour mission de faire un état des lieux de la situation mondiale suite à la conférence de Stockholm de 1972) définit le concept de développement durable dans son rapport Brundtland a été publié sous le nom de « our common futur » ou « rapport Brundtland » et il présente le développement durable « comme la capacité à satisfaire les besoins des générations présentes sans compromettre celles des générations futures à satisfaire les leurs ». Le rapport est plus réformiste que celui de Meadows. Le rapport préconise une croissance économique et la

durabilité des ressources en respectant certaines conditions. Il accentue les faits suivants.

1. Face aux changements environnementaux rapides les résultats doivent être réactualisés en conséquence. Les instances nationales et mondiales doivent y faire face et les anticiper (notamment les pays en développement ont plus de besoins).
2. Les sociétés doivent limiter leurs besoins.
3. Chaque individu a le droit de vivre dans un environnement « assurant son bien-être et sa sécurité, la préservation et l'utilisation des ressources naturelles dans l'intérêt des générations actuelles et futures ou encore le maintien des écosystèmes et des processus écologiques ».

Parallèlement, le 16 Septembre 1987, un accord international « le protocole de Montréal », relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone voit le jour.

En 1989, le GEIC (Groupe d'Experts Intergouvernemental de l'évolution du Climat, USA) a été créé. Ce groupe place l'Homme, les menaces environnementales et climatiques et la gouvernance au coeur de ses préoccupations.

Dès les années 1990, la notion de gouvernance est évoquée dans les travaux des bailleurs de fonds internationaux à l'instar de la Banque Mondiale.

En 1991, un ministère de l'environnement fut créé en France par Edith Cresson afin de répondre à ces problématiques au niveau national. La même année, Genen Grossman et Alan Krueger démontreraient en 1991 (lors de travaux préparatoires à la signature de l'Accord de Libre Échange Nord-Américain (ALENA)) que la richesse crée par le libéralisme permet le développement durable. En effet, selon leur théorie, en général, la pollution (CO2) s'accroit avec le PIB par habitant et lorsqu'il atteint un certain seuil (seuil maximum), la pollution diminue alors que le PIB par habitant continue à croître (relation en U inverse entre pollution et revenu national, selon la Banque mondiale, 1994 et cf. thèse de Kuznets de 1955, sur réduction des inégalités et croissance). Ainsi, ces auteurs rappellent que cette théorie n'est pas substituable à la politique gouvernementale et à la limitation des nuisances.

En juin 1992, la conférence de Rio de Janeiro ou sommet de la terre marque un tournant en établissant un programme d'action (l'agenda 21) concret à mener pour le développement durable (environnement, réduction de la pauvreté et des inégalités) lors de la signature de la convention de Rio. L'agenda 21 est un programme de 2500 recommandations regroupées en 400 chapitres en faveur du développement durable mettre en œuvre pour le XXIème siècle. Les agendas 21 sont réalisés au niveau local (échelle infra régionale) et définissent les priorités en matière de développement économique, de respect environnemental et social. Il émerge suite à la concertation entre les parties prenantes.

L'objectif est porteur mais la libéralisation des échanges, la création de richesse est contraire au développement durable. Cette conférence modifie la définition de développement durable donnée par le rapport Brundtland et distingue trois piliers du développement durable.

Cette même année la déclaration sur l'environnement et le développement (Rio, 13 juin 1992) réactualisant la déclaration de la Conférence de Stockholm (1972). Elle en assure le prolongement et établit un partenariat mondial entre les États, les instances de chaque société et les populations en posant des bases nouvelles (équité et coopération, développement de l'humain et de l'environnement). Elle met aussi en avant l'interdépendance des parties prenantes.

En décembre 1993, la convention sur la diversité biologique (1992), réglemente l'usage durable de ces ressources. Et en 1994, la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques a pour but de stabiliser les émissions de polluants à l'origine des gaz à effet de serre (car les nuisances anthropiques sont à l'origine de la multiplication des changements et catastrophes climatiques).

En décembre 1997, le protocole de Kyōto (lors de la troisième Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques, entré en vigueur en 2005) apparaît lors de la conférence sur le réchauffement climatique avec comme but la réduction des émissions de gaz à effet de serre. La conférence conduit à l'adoption d'un texte très ambitieux appelé protocole de Kyoto d'après lequel les pays industrialisés s'engagent à réduire l'émission de gaz à effet de serre (réduction moyenne de 5, 2% d'ici 2012). Par ailleurs, les pays en développement ont été provisoirement exemptés

de ces contraintes sous la pression des économies, telles que la Chine. Puis, à l'issue de ce protocole, le bilan demeure mitigé même si la notion de permis à polluer apparaît pour la première fois. Ainsi, des puissances telles que les Etats-Unis ou l'Australie n'ont pas signé ce protocole considérant que les contraintes imposées à leurs économies laissent un large avantage à leurs concurrents asiatiques. Il apparaît aussi dans ce bilan que bon nombre des signataires de ce protocole ne pourront honoré leurs engagements d'ici 2012. Ainsi, en 2000, la conférence de la Haye aux Pays-Bas avait pour mission de redéfinir les moyens à mettre en œuvre. Mais cette négociation aboutira à l'adoption de solutions en recul par rapport à celle de 1997.

En 1997, a aussi eu lieu le sommet de la « planète terre » à New York avec pour thème la forêt mondiale.

Puis, en 1998, la conférence internationale sur l'eau a eu lieu au siège de l'UNESCO à Paris. 84 pays y ont assistés. À l'issue de cette conférence, il est apparu qu'il est nécessaire d'établir un nouvel ordre mondial de l'eau, pour faire face à l'épuisement des ressources mondiales en eau et sa gestion afin de limiter les conflits géopolitiques.

Le 25 juin 1998, la convention d'Aarhus (Danemark) réglemente l'accès à l'information en matière environnementale. En effet, selon son article 1 : *« afin de contribuer à protéger le droit de chacun, dans les générations présentes et futures, de vivre dans un environnement propre à assurer sa santé et son bien-être, chaque partie garantit les droits d'accès à l'information sur l'environnement, de participation du public au processus décisionnel et d'accès à la justice en matière d'environnement conformément aux dispositions de la présente Convention ».*

En 1999, une réunion des États membres de l'ONU avec pour thème la biodiversité a eu lieu à Carthagène en Colombie. L'axe central de cette conférence était les OGM et l'application du principe de précaution. En effet, cette conférence réaffirme le refus de libéraliser les OGM. Ainsi, lors de cette conférence un protocole sur la prévention des risques biotechnologiques émerge.

En 2000, la conférence de la Haye, réunissait les pays signataires de la convention de Kyoto. Elle avait pour but de compléter le protocole de Kyoto (1997). Il élabore

la réglementation sur les échanges de permis. Le protocole est ratifié en juillet 2001 à Bonn. Même si les 55 pays qui y ont adhéré représentent 55% des émissions de GES mondial, rappelons qu'à l'époque G.W.Bush et le congrès américain n'avaient pas ratifié ce protocole. Les plus grands émetteurs de Gaz à effet de serre comme les États-Unis et la Chine défendent le principe du permis d'émission permettant de vendre de son droit à polluer à un autre.

Du 26 août au 4 septembre 2002, lors de la conférence de Johannesburg sur le développement durable (Sommet de Johannesburg), a permis aux parties prenantes (chefs d'État, gouvernements, ONG et firmes) de ratifier un traité sur la préservation des ressources naturelles et de la biodiversité. Ainsi un plan d'actions de 153 articles sur les aspects du développement, la préservation des ressources naturelles et la lutte contre la pauvreté est élaboré. La limite de ce plan d'actions vient du manque de précision sur les volets qui y sont exposés. A l'époque, l'idée de Jacques Chirac d'instaurer une autorité mondiale pour l'environnement ne sera pas retenue.

En 2003, l'organisation mondiale de l'environnement fut créée lors de la réunion de l'OMC. Cette instance doit être un organisme centralisateur mais son manque de budget ne lui permet pas de jouer ce rôle. Le Programme des Nations Unis pour l'Environnement (PNUE) dispose que de quelques milliers d'euros pour réaliser ses actions.

En 2005, le protocole de Kyoto rentre en vigueur. Et la France adopte cette même année la charte de l'environnement qui accentue l'application du principe de précaution qui dit qu'en absence de certitudes scientifiques des mesures doivent cependant être prises envers l'environnement, l'humain et l'animal (article L110-1-II du code de l'environnement qui définit les objectifs du développement durable et définit quatre principes communs applicables à tous les domaines : principe de précaution, de prévention, de pollueur payeur et d'information et de participation).

De plus, en 2009 a eu lieu la conférence de Copenhague sur le climat (15ème conférence sur la convention cadres des Nations Unies sur les changements Climatiques). Cette conférence établit le premier accord mondial sur la réduction de moitié des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050 par rapport à 1990. Concrètement, cela se traduit par une réduction de 40 % de ces émissions d'ici 2020.

En somme, cet accord, n'est pas réellement le prolongement du protocole de Kyoto puisqu'il n'entraine pas de sanctions juridiques en cas de manquements.

En 2012, lors du sommet de Rio+20, les termes d'économie verte et de gouvernance alimentent tous les échanges. Ainsi, plus de 2 500 recommandations ont été émises en faveur des facteurs socio-économiques et environnementaux. Seulement l'accès à l'eau potable, la lutte contre la pollution marine, le retrait du plomb dans le carburant et la protection de la couche d'ozone ont pu être améliorés. 40 objectifs sont en progrès moyen, 24 objectifs ont très peu changé, 8 objectifs sont en déclin et pour 14 objectifs aucune évaluation n'a été faite.

Puis, en 2015, lors du sommet de la terre (Paris, COP 21) l'accord de Paris se fixe pour objectif de limiter le réchauffement climatique. 175 pays ont signé l'accord de Paris et 15 pays l'ont ratifié.

La courbe environnementale de Kuznets permet d'étudier le lien entre croissance et pollution (Grossman et Krueger[230], 1994). Cette courbe en U inversée est une adaptation de la courbe en U inversée des inégalités sociales aux États-Unis de Kuznets. Il considère que la croissance augmente dans un premier temps, la pollution. Et par la suite, elle impacte la diminution de la croissance.

La poursuite de croissance économique est perçue comme dégradante pour l'environnement que ce soit dans les pays développés ou en développement.

Le progrès technique ne parvient pas à résorber cette pollution. De plus, les interactions entre protection de la nature et activités humaines ne sont pas assez

[230] Grossman G. M. , Krueger A. B. (1994), « Economic Growth and the environment », NBER Working paper n° w4634. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=227961

développées dans ces modèles. Aussi, le modèle ne parvient pas à prendre en compte l'ensemble des pollutions[231] (Meunié[232], 2004).

Les modèles de décroissance apparaissent en 1971. Nicholas Georgescu-Roegen[233] énonce que les modèles néoclassiques ignorent la dégradation de l'environnement. La finitude des ressources nécessite une dématérialisation et une baisse des productions résultant des ressources naturelles.

Le recours à l'empreinte écologique ou aux indices sociaux permet d'améliorer la prise en compte des impacts de la croissance.

Une croissance plus respectueuse de l'environnement est actuellement préconisée. Toutefois, la dette écologique préconise de prendre en compte les aspects socio-environnementaux des impacts de nos actes actuels sur les générations à venir.

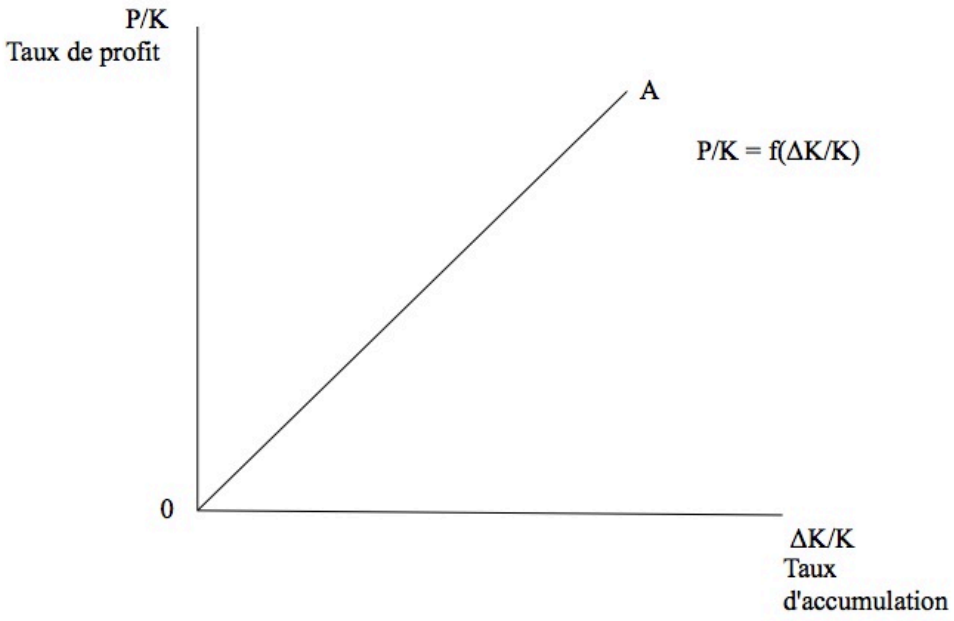


Figure 13– Courbe représentant le modèle de Robinson.

---

[231] La pollution désigne la « *pollution de l'air, de l'eau, de la ville, des déchets et des ressources naturelles* ». Beat Bürgenmeier, « *politiques économiques du développement durable* », De boeck, p.16.

[232] Meunié A. (2004), « Controverses autour de la courbe environnementale de Kuznets », Document de travail 107, Groupe d'Économie du développement de l'Université de Montesquieu Bordeaux IV.

[233] Georgescu-Roegen N. (1979), « la décroissance Entropie – Écologie – Économie, ed. Sang de la terre.

Cette gestion communautaire des ressources communément appelée la gestion contractualisée locale à Madagascar repose sur la mutualisation des moyens et la concertation de l'ensemble des parties prenantes. Cette gestion s'accentue dans les pays colonisés (Neumann[234], 1998) ou qui l'ont été. La limitation des ressources est un concept mis en avant dès le XVIIIème siècle par les classiques notamment par Adam Smith[235] (dans recherche sur les causes de la richesse des nations en 1776). Pour lui, le marché et la valeur attribuée à un bien (prix) sont les leviers. En 1968, Hardin[236] déclare qu'une Gouvernance Communautaire des Ressources Naturelles réussit nécessite la prise en compte des coûts de cette ressources par toute la nation, bien que les bénéfices soient répartis entre une fraction de la population. Les individus se lancent dans une course à la conquête des bénéfices liés à l'exploitation des ressources naturelles. Si bien qu'à terme ce processus d'exploitation se traduit par une destruction irréversible des ressources. Ainsi, Hardin dans son exemple de « *la tragédie du commun* » met en avant la dégradation occasionnée par un éleveur de moutons qui ne cesse d'accroître le nombre de ces bêtes en vue d'augmenter sans cesse son bénéfice. À terme, ce bien commun, le pâturage, subit une dégradation dont le coût est supporté par l'ensemble de la communauté. Sa théorie suppose une destruction irréversible des ressources naturelles. Les externalités négatives engendrées par ces activités (notamment dans le cas du surpâturage) sont supportées par la collectivité bien que les bénéfices soient individuels.

Hardin utilise le dilemme du prisonnier de la théorie des jeux dans le pâturage collectif. Chaque éleveur poursuit sa stratégie sans se préoccuper de celle des autres éleveurs. Hardin démontre que si les éleveurs coopèrent, ils peuvent escompter et obtenir 10 unités de profit alors que s'ils mènent une stratégie

---

[234] Neumann R. P., (1998), « Imposing Wilderness: struggles over livelihood and nature preservation in Africa », ed. Berkeley: University of California Press.

[235] Smith A. (réédition de la version de 1776 en 2000), « Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations », ed. Economica.

[236] Hardin G. (1968), « The tragedy of the Commons», Science, vol. 162, n° 3859, p. 1243-1248.

individuelle, leurs gains seront nuls (la défection). De plus, si l'un des deux éleveurs coopère et que l'autre non, l'un gagne 11 (défectionnaire) et l'autre -1 (coopérateur).

Weber considère que la tragédie du commun devrait plutôt correspondre à la tragédie du libre accès (weber 1991, 1993).

Ostrom insiste sur l'irrationalité des choix de cette analyse car les individus réajustent leur comportement de manière à obtenir un gain alternatif. De plus, d'autres auteurs plutôt modérés préconisent un usage raisonné du bien commun (Lloyd[237] W. F, 1977) car la mise en commun des biens peut également conduire à un usage non optimal des ressources naturelles. J. Smith[238] (1981) et Welch[239] (1983) soutiennent que l'instauration de droits de propriété individuelle permettrait de palier aux problèmes des biens communs (notamment de la tragédie du commun).

Dales[240] (1968) considère qu'il n'y a pas d'autre alternative que la gestion commune pour une efficacité économique optimale. La gouvernance communautaire peut donc produire l'effet inverse en accentuant la dégradation des ressources. Dans ces travaux sur le marché des droits à polluer et les externalité, Dales insiste sur le fait qu'il parle de droits de propriété et non de propriété privé en énonçant que : *« Je pense que dans certains cas les droits de propriété peuvent être détenus par des individus ; dans d'autres cas par des groupes d'individus (...) et dans d'autres cas encore par des gouvernements. Il est raisonnable de supposer que différents types de situation appellent différentes formes de propriété. Mais dans tous les cas : pas d'idéologie ! Pas de « propriété privée », juste des «droits de propriété », quelle que soit l'identité de ceux qui les exercent. »*.

Olson[241] (1965) énonce qu'il est difficile d'intégrer un individu dans la gestion communautaire dans sa théorie nommée « *la logique de l'action collective* ». Pour Olson, le seul fait qu'un individu puisse obtenir un bénéfice de la gestion

---

[237] Lloyd W.F. (1977), « On the checks to population », Managing the commons, ed. G. Hardin et J. Baden, pp. 8-15, Freeman.

[238] Smith R. J. (1981), « Resolving the tragedy of the Commons by creating private property rights in wildlife », CATO Journal, 1, p. 439-468.

[239] Welch W. P. (1983), « The political feasibility of full ownership property rights: the case of pollution and fisheries », Policy sciences, 16, p.165-180.

[240] Dales J. H. (1968), « Pollution, property and prices », Toronto : University of toronto Press.

[241] Olson M. (1965), « The logic of collective action. Public goods and the theory of groups », Cambridge, Massachusetts, ed. Harvard University Press.

communautaire des ressources suffit à insister son intérêt et sa participation au processus. Olson insiste sur le fait que les individus devraient se regrouper en s'associant afin de dégager des profits. Selon Olson l'aspect structurel du regroupement donne accès à un bien collectif dont les bénéfices profitent à tous les membres du groupe d'individus réunis.

La mise en place d'un mode de gouvernance innovant constitue le seul moyen de tendre vers les gains collectifs et individuels maximums.

Les biens publics[242] sont non exclusifs (un individu peut le consommer sans payer) et non rivaux en consommation (plusieurs individus peuvent consommer le bien simultanément). Inversement, les biens privés sont exclus et « *rivaux dans la consommation* ». Les ressources communes peuvent être surexploitées.

Méral (2004)[243] distingue 5 formes de gouvernance participative basée sur des modes de gestions différentes.

- La gestion communautaire des ressources naturelles ou « community based natural resources management » qui permet l'octroi des pouvoirs aux collectivités décentralisées et aux communautés de base.
- La gestion collaborative « collaborative management and co-management » les acteurs et communauté sont consultés et donnent leur accord dans le processus de décisions.
- La cogestion ou « joint forest management » détermine un mode de gestion où les décisions découlent d'un accord entre les parties prenantes et les autorités en charge de la ressource sur laquelle porte la décision.
- La gestion adaptative ou « adaptative management » désigne un mode de décision où les autorités et experts récoltent des avis et des informations détenus par les individus afin de dialoguer et de parvenir à une décision ou réorienter des décisions.
- La gestion de terroir ou « village land use planning ». Dans ce mode de gestion, les individus se regroupent et collaborent avec les instances afin de

[242] Hamilton J, Suslow V. (2006), « Guide de l'étudiant en microéconomie », 6ème édition Pearson Education, pp.389-406

[243] Méral P. (2004), *Indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion*, Service de Coopération et d'Action Culturelle, Ambassade de France, Madagascar.

gérer et planifier la gestion des ressources du terroir.

Pour Froger et al.[244] (2004), la gouvernance des ressources revêt trois formes :

- la participation active repose sur une participation des communautés de base et/ou des experts locaux dans la prise de décision. La représentativité y est homogène afin de garantir un bon fonctionnement.
- la participation passive désigne un processus de prise de décisions suite à un recueil d'opinion auprès des populations locales. Ce mode de gouvernance repose sur un processus bottom-up, où la consultation des populations aide les décideurs dans leur prise de décisions.
- la participation responsable désigne un mode de gestion où les divers acteurs travaillent conjointement dans la mise en œuvre de mesures en faveur des ressources naturelles.

Dans son article sur la gestion des ressources naturelles, Ballet (2007) [245] évoque deux dérives issues de cette gestion commune :

- d'une part, les droits de propriétés qui selon Ballet doivent être gérés par les États notamment dans les pays en développement afin de pourvoir exercer un contrôle et éviter le « libre accès ».
- d'autre part, il s'appuie sur les écrits d'Ostrom (1990) et de Pretty et Ward (2001)[246] pour évoquer les problèmes de déviances créés par une gestion commune des ressources. En effet, la gestion commune des ressources

[244] Froger G., Méral P., Herimandimby V. (2004), « The expansion of participatory gouvernance in the environmental policies of developing countries: the example of Madagascar », *International Journal of Sustainable Development*, 7 (2).

[245] Ballet J. (2007), « la gestion en commun des ressources naturelles : une perspective critique », revue développement durable et territoire »,

[246] Pretty J. et Ward H. (2001), "Social Capital and the Environment", *World Development*, 29 (2), 209-227.

entraîne des comportements déviants à cause du libre accès et des intérêts divergents des parties prenantes. Ces dérives rendent le système instable dans certains cas accentuent la corruption.

Selon Platteau (2003), la régulation permet de rendre le système stable dans le cadre de la gouvernance des ressources naturelles. De plus, cette régulation est indispensable dans le cadre de l'instauration d'une gouvernance des ressources (Agrawal, 2005)[247]. Selon Mahieu[248] (2001), la divergence des caractéristiques des individus qui compose la communauté de base, telles que l'âge, la religion, le sexe ou la situation, influence les actes et les objectifs de l'individu.

La détention de l'information par un individu favorise ses stratégies, son autonomie ou sa déviance selon Pelligra[249] (1998).

Selon Acciaioli[250] (2006) dans ces modes de gouvernance les mœurs et les traditions des communautés de base ou des peuples autochtones sont prises en compte.
Par exemple, Madagascar est assujetti à la Déclaration des droits des peuples autochtones (13 septembre 2007). Ce texte de 45 articles consacre 17 d'entre eux à la protection, valorisation et aux respects de leurs droits (notamment dans le partage équitable des ressources naturelles). 15 articles de ce texte promeuvent la participation des populations autochtones dans les décisions (par le biais des instances) dont celles liées directement à la gestion des ressources.

A Madagascar, les populations aisées participent à la gestion des ressources afin d'en tirer les bénéfices Agrawal décrit des phénomènes similaires en Inde et Nugent en Afrique (Agrawal[251], 1994 ; Nugent, 1993).

---

[247] Agrawal A. (2005), "Environmentality: Community, Intimate Government and the making of Environmental Subjects in Kumaon, India", *Current Anthropology*, 46 (2), pp. 161-190.

[248] Mahieu F.R. (2001), *Ethique économique*, Paris, L'Harmattan.

[249] Pretty J. et Ward H. (2001), "Social Capital and the Environment", *World Development*, 29 (2), 209-227.

[250] Acciaioli G. (2006), Environmentality Reconsidered: Indigenous To Lindu Conservation Strategies and the Reclaiming of the Commons in Central Sulawesi, Indonesia, Mimeo, University of Western Australia.

[251] Agrawal A. (1994), "Rules, Rules Making and Rules Breaking: Examining the Fit Between Rule Systems and Resource Use", In E. Ostrom, R. Gardner et J. Walker (eds), *Rules, Games and Common-Pool Resources*, Ann Arbor: University of Michigan Press.

Les biens communs[252] désignent un bien dont l'usage est collectif à une société donnée. Les biens communs représentent l'utilité et le bien-être des individus par la consommation d'un bien public. Le « *coût marginal social* » de l'usage des ressources est supérieur au « *coût marginal individuel* ». Une ressource commune désigne un bien accessible en propriété commune, à l'exemple d'un lac ou d'un pâturage. Les ressources communes désignent des biens non exclusifs mais rivaux pour un consommateur.

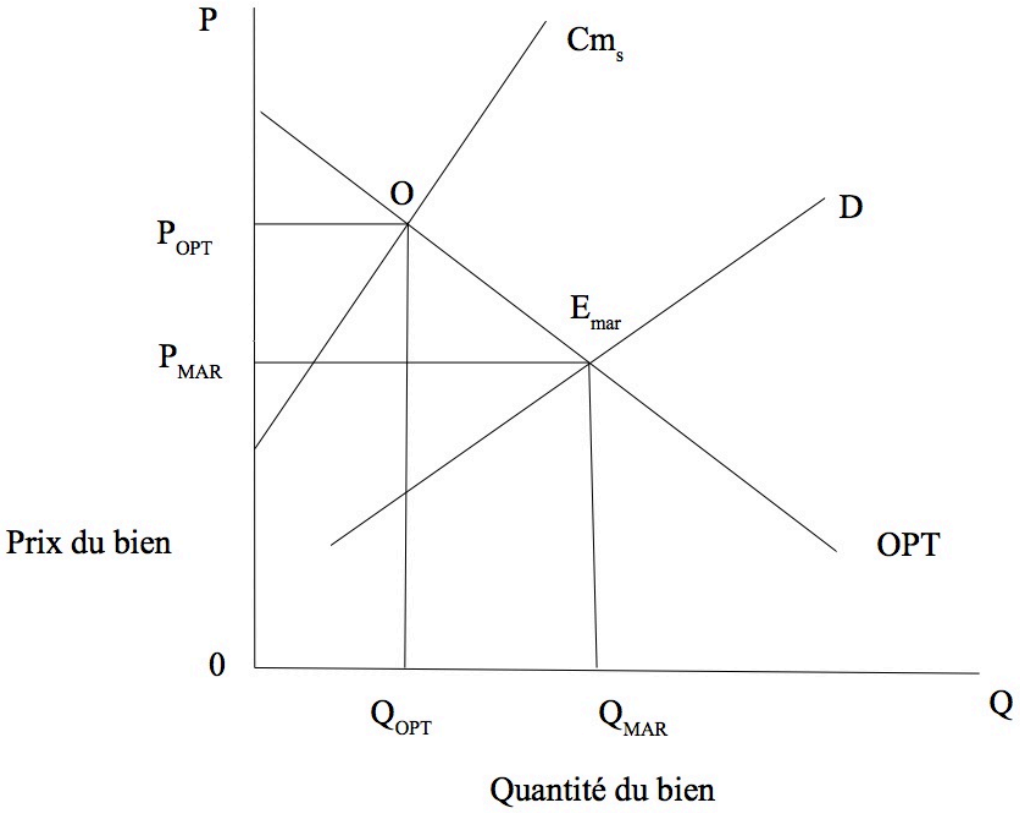


Figure 14 – Marché des biens. Source : Krugman P. (2009), « Microéconomie », ed. De Boeck, p. 800

Le coût marginal de production est désigné par la courbe d'offre O. Elle découle des courbes d'offres individuelles du consommateur. Le coût marginal individuel de

Nugent J.B. (1993), "Between State, Markets and Households : a Neoinstitutional Analysis of Local Organizations and Institutions", *World Development*, 21 (4), pp.623-632.

[252] Hirshleifer J., Glazer A. et Hirshleifer D. (2009), « Microéconomie : théorie et applications. Décisions, marchés, formation des prix et répartition des revenus », 7ème édition De Boeck.

chaque consommateur ne prend pas en compte la raréfaction des ressources communes. En l'absence de régulation sur ce marché, Qmar la quantité de ressources communes utilisée est supérieure à la quantité efficace sur le marché Qopt.

Pour résorber ce problème, trois solutions sont envisageables : la taxation (à l'instar des taxes pigouviennes[253]), les permis échangeables et les droits de propriété.

Il s'agit donc d'un bien non exclue et rival, i.e. que tous les individus peuvent en consommer mais que leur consommation diminue la consommation des autres individus. A terme, la consommation excessive de ces ressources communes entraine une surexploitation, c'est-à-dire que l'individu consomme les ressources « *jusqu'à que son bénéfice marginal soit égal à son propre coût marginal* ». Les comportements dans les biens gérés en commun sont collectifs. La prise de décisions individuelles est problématique ainsi que la surexploitation (Gardner, Ostrom and Walker[254], 1990). L'exclusion et les inégalités de profits demeurent un problème « *non trival* ». Dans certaines situations, l'exclusion et les restrictions existent mais son impact est inférieur à celui des coûts institutionnels dans le processus de gouvernance communautaire. Les traditions et les normes (« *fairness justice* »), les problèmes de justice, d'éthique accentuent les inégalités de bénéfices entre les individus.

Ostrom distingue les biens pour lesquels il est difficile de tirer des bénéfices individuels et les biens soustraits (*subtractability*) pour lesquels les bénéfices consommés par un individu alors que ce bien est disponible pour d'autres individus.

Les biens et les événements ont des valeurs différentes pour les individus, notamment en termes de coûts, d'accès. L'exclusion et les limites liées aux bénéfices de consommation pour un individu dépendent de la nature de l'activité. Lever les barrières et faire des efforts de packaging peuvent être réalisés par l'instauration de

---

[253] Pigou A.C. (1920), « The Economics of Welfare », Macmillan, p. 510.

[254] Gardner R., Ostrom E., Walker J.M. (1990), « The Nature of Common-Pool Resource Problems. », *Rationality and Society* 2, no. 3 (1990) : 335.

droits de propriétés sur les biens afin d'avoir recours à la juridiction d'un pays en cas de litige.

Ainsi, les attributs physiques du bien employés par une juridiction permettent la légalité, évitent l'exclusion et résorbent les limites.

La valeur des biens individuels soustrait à un individu pour profiter à un autre individu différents puisque que ces biens sont disponibles pour un individu et non pas pour un autre.

L'exclusion et la soustraction d'un bien proviennent de la classification des biens.

Ostrom[255] (1977) distingue quatre types de biens distincts.

Table 5. La classification générale des biens, Ostrom, 1990.

Soustraction			
Exclusion		Faible	fort
	Difficile	Biens publics	Ressources gérées en commun
	Facile	Biens à péage	Biens privés

Les biens privés se caractérisent par leur exclusion et leur soustraction d'un individu à un autre selon la théorie néoclassique de la théorie des marchés à l'inverse des biens publics. Un bien privé est rival et exclusif, c'est-à-dire que le bien peut être consommé par une personne et que cette consommation réduit la quantité de bien disponible pour les autres.

[255] Ostrom V., Ostrom E., (1977) "A Theory for Institutional Analysis of Common Pool Problems." *Managing the Commons,* (1977) : 157-172.

Les biens à péage s'assimilent aux biens artificiellement rares. Les biens artificiellement rares sont non exclusifs et non rivaux (clubs ou abonnements).

Ostrom (1990) établit une théorie des ressources communes dans son ouvrage « *Gouverning the commons* [256] » en partant de l'analyse économique expérimentale [257]. Elle part de la théorie standard [258] pour démontrer que les ressources gérées en commun sont en réalité plus efficientes que ce que prévoit la théorie bien que cette exploitation soit à l'origine d'éventuelles surexploitation des ressources naturelles de la part des individus afin de pouvoir tirer l'utilité maximal de chaque bien (Ostrom, 1998). Ces études portent notamment sur divers endroits hétéroclites (Japon, Sri Lanka, Californie, …). Bien que chaque gestion commune dépende du système législatif et institutionnel propre à chaque pays, elle montre que l'application des décisions en conformité avec les prévisions et la participation des communautés paysannes améliorent sensiblement la gestion des biens communs.

Ostrom insiste également sur les coûts et les difficultés engendrées par les réformes législatives. Seule une règle bien appliquée concourt à l'efficacité et à la durabilité de la gouvernance communautaire.

Elinor Ostrom, dans « *Gouverning the commons* », établit une liste de règles à mettre en œuvre afin de gérer en commun les ressources à long terme. Ostrom utilise trois métaphores pour décrire cette situation sous optimal d'utilisation des ressources ou de leur détérioration.

- **La tragédie du commun de G. Hardin (1968)**

  Selon Garett Hardin, lorsque plusieurs individus gèrent un bien commun, qui s'avère être une ressource limitée, cette situation conduit à la « *tragédie des biens communs* ». Pour illustrer ces propos, il prend pour exemple un pâturage

[256] Ostrom E. (1990), « Gouverning the commons: the evolution of institutions for collective action », ed. Cambridge University press.

[257] L'économie expérimentale consiste à étudier les faits en utilisant des méthodes et des procédés relevant de l'analyse statistiques des données et de la simulation.

[258] La théorie standard préconise la disparition des ressources (des biens communs) de part le comportement égoïste de l'individu.

commun surexploité sur lequel chaque éleveur laisse ces animaux afin d'avoir un « *bénéfice* ». Les éleveurs désirant augmenter le nombre de bétails car ils perçoivent les « *bénéfices directs* » et en contrepartie les coûts de cette surexploitation sont supportés par l'ensemble de la collectivité. Ainsi un éleveur a intérêt à ajouter une bête de plus sur le pâturage pour percevoir plus de bénéfice en supportant qu'une partie des coûts liés à la gestion du pâturage. L'éleveur a donc intérêt à ajouter de plus en plus d'animaux pour avoir un avantage sur les autres éleveurs en utilisant davantage les ressources naturelles. Dans la situation extrême, la tragédie provient du fait que le pâturage devient infertile et en boue.

- **la logique de l'action collective de Mancur Olson (1965).**

  Selon la théorie des groupes, les individus « *rationnels et intéressés* » mettent tous les moyens en œuvre afin de « *servir leurs intérêts* » afin d'accroître leur bien-être.

  Tous les individus profitent de ces bénéfices (problème du « passager clandestin »).

- **le dilemme du jeu du prisonnier**[259] (permet de comprendre la logique conflictuelle entre la rationalité individuelle et la rationalité collective).

Cette situation conflictuelle résulte du manque de communication et de respect des règles relatives à la gestion communautaire des ressources.

Ostrom décrit également le cas de la gouvernance communautaire qui mène à l'instauration de stratégies et de règles communes, qui malgré leur portée mèneront également à la détérioration des ressources. Seule une institution robuste sera amène à gérer de manière optimale ces ressources.

[259] Tucker A. W. and Kuhn H. W., (1953), « Contributions to the theory of games », ed. Princeton University Press.

Dans son ouvrage « *Rules, Games and Common-Pool Resource Problem*[260] », Ostrom énonce l'existence de trois problèmes liés l'appropriation et aux provisions.

D'une part, les problèmes d'appropriation relèvent de l'efficience du coût marginal de l'appropriation et de la recherche de solutions optimales d'appropriation des ressources et de la technologie par chaque individu. Les problèmes d'appropriation concernent :

- **l'appropriation des externalités.**

  Les individus ont tendance à ignorer les impacts négatifs de leur exploitation des ressources tant que cela est possible. L'appropriation de externalités aux individus permet de gérer de manière optimale les ressources. Il faut donc déterminer un niveau d'activité de l'appropriation amène d'augmenter l'appropriation d'un utilisateur, tout en diminuant celle d'un autre utilisateur[261]. H. Gordon[262] (1954) en analysant le comportement de pêcheurs constate que le retour moyen est supérieur au retour marginal.

- **les problèmes d'assignement.**

  Il s'agit de rendre la distribution des ressources équitables entre les individus. Aucune règle ne vient réglementer les activités et la passation de ces règles intra et inter générationnelles.

- **et les externalités technologiques.**

  Diversifier les technologies employées et choisir les plus performantes permettent de créer des externalités technologiques.

---

[260] Ostrom E. Gardner R. adn Walker J. (1994), « Rules, Games and Common-Pool Resource Problem », ed. University of Michigan Press.

[261] Cf. H. Gordon 1954, analyse d'un groupe de pêcheurs homogènes ».

[262] cf. note 85.

D'autre part, les problèmes de provision relèvent de la « *taille optimale et de la nature de la productivité des installations* ». Les problèmes de la provenance de la demande et l'offre de provision proviennent tant des « *impacts de la capacité productive des ressources* » (Chambers[263] (1977), que des problèmes de passagers clandestins dans la gestion commune des ressources. Pour résoudre cette problématique, du côté de la demande, il s'agit de « *maximiser la valeur présente net* » des ressources et de son exploitation. Alors que du côté de l'offre, il s'agira d'anticiper la destruction de la ressource afin de maintenir son niveau de disponibilité.

Gary Becker (1968) dans son article « crime and punishment : an economic approach [264]» énonce que les individus sont rationnels. Si un individu est rationnel, il procède alors à un calcul coût avantage afin de déterminer s'il passe ou non à l'acte. Ainsi, dans des cas de crimes avérés, les gains liés aux crimes, le risque de faire prendre et la longueur de la peine détermine le choix rationnel du déviant. Selon Garry Becker, les causes sociales, l'âge et le sexe sont également compris dans ce calcul mais en facteurs secondaires.

Les effets contreproductifs de la sanction monétaire proviennent du fait que l'individu trouve le système injuste ou préfère payer au lieu de respecter la norme (Oberholze-Gee, 1997).

Pour Ostrom, la gouvernance communautaire relève d'interrelations entre un faisceau de disciplines, elle émane tant d'une problématique, économique, juridique, sociale et politique. En outre, Ostrom emploie le terme de « *système polycentrique* » pour désigner le mayage d'acteurs participant de manière individuelle et collective à la mise en œuvre de ce processus. Le maintien en l'état de l'environnement nécessite une conservation in situ ou ex situ assurant la transmission de ce patrimoine aux générations futures.

---

[263] Chambers R. (1997), « Editorial : responsible well-being – A Personal Agenda for development », World Developement, vol. 25, n°11, pp. 1743 – 1754.

[264] Becker G. (1974), «crime and punishment : an economic approach », p.1-54 in *essays in economics of crime and punishment.* http://www.nber.org/chapters/c3625

E. Ostrom établit une liste de huit principes de gouvernance pour parvenir à une gestion optimale des biens communs.

- Les accès réglementés doivent être clairement identifiés.
- Les coûts et les bénéfices d'une démarche de gouvernance communautaire doivent être « *proportionnels* ».
- Les décisions doivent être prises conjointement avec l'ensemble des parties prenantes.
- La coordination et le contrôle sont nécessaires à cette gouvernance.
- En cas de transgression - violation de la réglementation environnementale des sanctions doivent être appliquées envers les coupables.
- En cas de conflit, des méthodes de résolutions doivent être prévues (l'arbitrage, …).
- Les instances étatiques impulsent et orchestrent la gestion communautaire.
- La gestion communautaire se fait tant au niveau infra que supra régional.

Ostrom déplore, cependant, l'évaluation accordée au processus communicatif des parties prenantes en économie. Elle estime que dans les faits, la communication des faits de manière bien plus efficiente, et les faits empiriques le démontrent. Elle va plus loin dans son analyse, et, démontre que les communautés de base sont les plus amènes à établir une structure capable de gérer efficacement les ressources naturelles.

S'agissant des ressources communes et celles en libres accès, Ostrom (2001) considère que les sanctions et la surveillance accentuent les bonnes pratiques. Les biens publics collectifs[265] réalisés par l'ensemble de la communauté dégagent un bénéfice total (à l'exemple de la recherche scientifique). Chaque individu aura un bénéfice marginal nettement inférieur au coût marginal de sa contribution. Ainsi, les déviances sanctionnées par les autorités laissent place à une régulation efficace. Les

[265] Krugman P., Wells R. (2013), « Microéconomie », 2ème édition, De Boeck, p. 794

institutions ont un rôle primordial dans la gestion des ressources communes[266] et dans l'établissement des sanctions graduelles[267].

Kiser et Ostrom[268] (1982) créent un modèle d'analyse de la gestion communautaire, « *l'Institutional Analysis and Development (IAD*[269]) ».

Le modèle IAD a été développé par Ostrom mais également par d'autres auteurs comme Carlsson (2000)[270], Imperial[271] (1999) ou Rudd[272] (2004). Ostrom et al[273], (2005) ont notamment utilisé cette approche en science politique.

Soit un espace social (action situation) où des agents « *interagissent* » en échangeant des biens et des services. L'ensemble des agents qui échangent se nomme la scène d'action (action arena). Cette méthode décrite s'inspire des règles, des conditions physiques et matérielles ainsi que de la structure fondamentale de la communauté de base pour décrire la réalité de la situation. Une grille d'analyse des biens collectifs est érigée et complétée lors des analyses de terrains. Cette méthode repose sur l'efficacité, l'équité et la soutenabilité.

Dans bons nombres de leurs analyses, Ostrom et divers auteurs[274] utilisent l'Analyse et le Développement Institutionnel[275] (ADI). Dans cette analyse, on distingue les actions, les acteurs, les facteurs impactés dans le champ de ces actions et les liens entre ces actions.

---

[266] Ostrom E. (2010), « Gouvernance des biens communs », De Boeck, p.73.

[267] Ostrom E. (2010), « Gouvernance des biens communs », De Boeck, p.118.

[268] Ostrom E. and Al. (1994), « Rules, Game and Common-Pool resources », Michigan, p. 369.

[269] Ostrom E. (1994), « Institutional Analysis, Design principles and threats to sustanaible community governance and management of commons ».

[270] Carlsson L. (2000), « Policy networks as collective action », Policy studies Journal, n° 28/3, pp. 502-520.

[271] Imperial M.T (1999), « Institutional analysis and ecosystem-based management : the institutional analysis and development framework », Environemental managemnet, n° 24/4, pp. 449-465.

[272] Rudd M.A. (2004), « An institutional framework for designing and monitoring ecosystem-based fisheries management policy experiments », Ecological Economics, n°48/1, pp. 109-124.

[273] Gibson C. C., Anderson K., Ostrom E. and Shivakumar S. (2005), « The samaritan's dilemma : the political economy of development aid., ed. Oxford University Press.

[274] Confer. Kiser et Ostrom (1982), Oakerson (1992), Wyne 1989.

[275] Institutional Analysis and Development (IAD).

L'action est étudiée sous sept aspects : les participants, les positions des participants, les actions, le lien entre leurs revenus et leurs actions, les transformations, les informations et les gains.

Les acteurs sont étudiés à travers cinq aspects : les préférences individuelles, les capacités de traitement de l'information individuelle, les ressources individuelles et l'étude des comportements dans diverses situations liées aux ressources ainsi que l'étude de leurs revenus.

Les actions sont impactées par la réglementation i.e. sa signification, sa nature et par le fonctionnement de la communauté et ses actions.

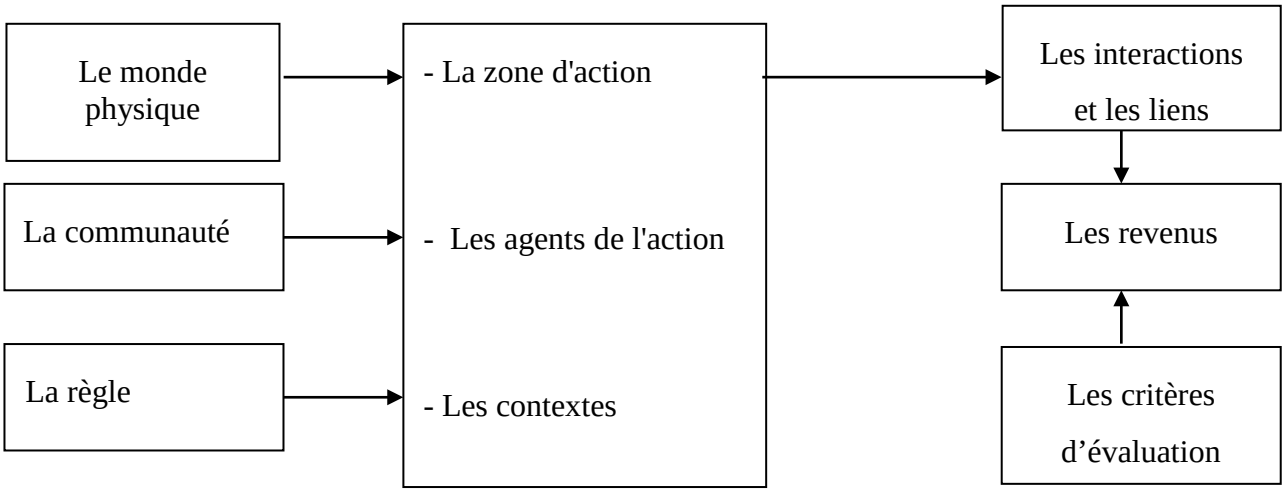


Figure 15 - The IAD Framework, Ostrom and al. 1994.

Kiser et Ostrom [276] émettent une distinction fondamentale entre les ressources naturelles de par leurs caractéristiques et leurs métabolismes. Ainsi, ils proposent de distinguer les ressources selon leurs nature : la faune, la flore, le sol, l'air, (…), de

[276] Kiser, Larry L., and Ostrom. E. (1982), "The Three Worlds of Action : A Metatheoretical Synthesis of Institutional Approaches.", ed. Strategies of Political Inquiry.

façon à comparer les catégories homogènes. Les ressources se répartissent en quatre catégories.

– La faisabilité : quels est l'état de la détérioration.

– Les indicateurs : qu'en est-il de la qualité et de la quantité des ressources naturelles ?

– « *The predictability of resources* ».

– La localisation spatiale du foncier et de la forêt.

Kiser et Ostrom (1982) distinguent également trois niveaux de la réglementation dans les analyses IAD[277].

- La règle opérationnelle : elle s'applique quotidiennement aux acteurs.
- Les règles relevant des choix collectifs : elles réglementent les activités et les effets positifs escomptés de l'exploitation des ressources.
- Les règles « de choix constitutionnels » : elles s'appliquent aux « activités opérationnelles », à leur « effet » et permet d'établir les règles de « fonctionnement ».

Dans un premier temps, le modèle IAD pose une problématique (Ostrom[278], 1999). Dans un second temps, le modèle distingue aussi la position, les actions, les informations et le revenu disponible des agents. Les coûts et les bénéfices potentiels générés par la gouvernance communautaire sont identifiés.

Diverses étapes permettent de créer ce modèle.

- La définition du contexte des ressources naturelles.
- L'appropriation et l'application de la réglementation environnementale par les communautés : l'interprétation de la règle (Berkeys).
- Les choix collectifs.

---

[277] Ostrom E., Garden R. and Walker J. (1994), « Rules, games and common-pool resources », ed. Michighan, p.46.

[278] Ostrom, E. (1999), "Institutional Rational Choice : An Assessment of the IAD Framework". In Paul Sabatier, ed. Theories of the Policy Process. Boulder, CO : Westview Press,

- Les sanctions et la résolution des conflits.

Puis, l'étude de divers indicateurs intervient à ce stade.

- L'étude de la dépendance : dépendance des usagers aux ressources naturelles.
- La compréhension globale des usagers : communication et actions envers la forêt.
- Le taux réduit : bénéfices inférieurs aux actions des usagers.
- La confiance et interrelations entre les usagers.
- L'autonomie : de la communauté par rapport aux autres parties prenantes.
- La stratégie et l'organisation : des actions de la communauté en fonction des autres communautés.

À l'issue de ces analyses, en 2008, Ostrom établit une liste de huit principes de gouvernance pour parvenir à une gestion optimale des biens communs.

- Réglementer l'accès aux ressources.
- Rendre les coûts et les bénéfices proportionnels.
- Prendre les décisions conjointement avec l'ensemble des parties prenantes.
- Coordonner et contrôler la gouvernance.
- Appliquer les sanctions en cas de transgressions.
- Mettre en place de méthode de résolution de conflits (arbitrage, …).
- Impulser cette gestion par les organes étatiques.
- Agir tant au niveau infra que supra régional.

• Ostrom propose également de résoudre les défaillances de la gestion commune grâce à la communication efficace (Hollard, 2004) qui requiert la participation de l'ensemble des parties prenantes aux décisions) et aux innovations législatives adaptant les règles et sanctions à la hauteur des infractions. Pour pallier aux déviances, le contrôle et la diffusion des règles restent pour Ostrom primordiales sur la teneur de la règle en elle-même.

Conclusion du deuxième chapitre

Dans ce chapitre, nous avons présenté les quelques définitions des différents concepts de cette thèse.

Nous avons définis les notions d'acteurs et d'agents pour en retenir deux définitions.

En économie, un individu désigne une entité. Et un acteur est un agent économique.

En sociologie, un acteur est une entité individuelle ou collective ayant des conduites et actions sociales ayant des interactions (Actions sociales).

L'agent en informatique n'est pas l'agent que nous connaissons en économie. Il s'agit d'une « turtle » (agent qui se répartissent sur des patches, une zone donnée dans une plateforme de simulation) d'un individu situé et ayant une capacité de mobilité.

Nous retiendrons donc les définitions suivantes :

En économie, un agent *« ensemble d'acteurs sociaux exerçant une même fonction économique »*.

Alors qu'en informatique, selon Ferber (1995) un agent est *« une entité autonome, réelle ou abstraite, qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement, qui dans un univers multi-agents peut communiquer avec d'autres agents, et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de ses connaissances et de ses interactions avec les autres agents »*.

Les agents ou acteurs désignent des entités physiques ou morales capables de communiquer via les interactions, de mettre en œuvre des stratégies en conformité avec les normes ou de déviance.

La déviance désigne le non-respect d'une norme ou de l'éthique. La déviance peut être éthique, organisationnelle ou artéfactuelle dans le cadre de notre analyse.

Dans notre recherche, la déviance désigne *« comportement en non-conformité avec la norme. Elle se traduit par la transgression et la contestation des normes par l'individu ou un groupe »*.

Nous retiendrons la définition de l'interaction sociale en conformité avec notre problématique.

Une interaction sociale désigne en sociologie *« une action réciproque des individus ». Les individus choisissent d'adopter des comportements conformes à ceux des autres membres de la société. L'interactionnisme étudie les relations interindividuelles en sociologie »*. Silem A. (2010).

Concernant le terme de stratégie, nous retenons la définition suivante qui désigne la stratégie comme *« L'art de coordonner des actions, de manœuvrer habilement pour atteindre un but »*, selon le Dictionnaire Larousse.

La gouvernance des ressources naturelles et le développement durable requièrent l'adhésion de l'ensemble des parties prenantes, la mise en place de mesures de sanctions et de contrôle des déviances. La gestion communautaire est efficace si les externalités [279] et les dysfonctionnements sont moindres. Il peut s'agir de dysfonctionnements liés au fonctionnement du marché des biens et services, du marché du travail, du marché foncier, du marché à terme entre autres.

La gouvernance communautaire des ressources se base sur la gestion commune de biens et la décentralisation des pouvoirs aux instances étatiques.

[279] cf. Théorème de Coase sur les externalités positives et négatives. Pour Coase les externalités sont souvent du aux dysfonctionnements de l'application des droits de la propriété.

Nous retenons la définition de la gouvernance de Lacroix et St-Arnaud (2012) qui dit que : *« La gouvernance est l'ensemble des règles et des processus collectifs, formalisés ou non, par lequel les acteurs concernés participent à la décision et à la mise en œuvre des actions publiques. Ces règles et ces processus, comme les décisions qui en découlent, sont le résultat d'une négociation constante entre les multiples acteurs impliqués. Cette négociation, en plus d'orienter les décisions et les actions, facilite le partage de la responsabilité entre l'ensemble des acteurs impliqués, possédant chacun une certaine forme de pouvoir ».*

Dans un troisième chapitre, nous tenterons de choisir la méthode la plus adéquate pour notre problématique de recherche en nous penchant sur les méthodes économiques et celles étudiant la cognition et / ou bien les interactions en temps réel et de manière prospective.

Chapitre 3 L'allocation des ressources rares : carrefour de plusieurs méthodes[280]

« On ne peut se passer d'une méthode pour se mettre en quête de la vérité des choses ».

René Descartes.

« Le fait que vous puissiez ou non observer un évènement dépend de la théorie que vous utilisiez. C'est la théorie et elle seule qui dicte ce qui peut être observé ».

Albert Einstein.

Dans le cadre de cette thèse nous tentons d'étudier l'influence des comportements (interactions/cognitions) des individus au sein d'une société (système complexe) à travers la situation (gouvernance) environnementale d'un territoire.

[280] A. Gaudieux, J. Kwan and R. Courdier (2015), « Les stratégies d'acteurs pour la Gouvernance Communautaire des Ressources Naturelles : Expérimentation d'un outil d'aide à la Décision à base de Systèmes Multi-Agents appliqué à l'Océan Indien » (RJCIA'15), Rencontres de Jeunes Chercheurs en I.A., Plateforme PFIA'15, Rennes, France, lundi 29 juin -1er juillet 2015.

Rakotobe D'Alberto N., Gaudieux A. et Bonardin-Cadet A., Sous Dir., (2016), « Perception, représentation, compréhension », « travaux et documents n°50 », p. 158.

Notre objectif serait de pouvoir proposer une méthode de conceptualisation de notre problématique à travers une méthode mettant en perspectif la cognition, les interactions et l'environnement.

Cette méthode doit permettre de développer un modèle adapté tant aux besoins de modélisation environnementale et plus particulièrement de modélisation des comportements et des interactions des agents en économie.

Actuellement, les questions environnementales sont au cœur des problématiques mondiales. La prise de conscience collective accompagne les engagements politiques. Toutefois, le consentement à payer[281] *de la population ne coïncide pas toujours avec ces intentions en matière de sauvegarde de la qualité de l'environnement. Face à la pression démographique grandissante, la productivité décroît au fur et à mesure que l'on accroît « le nombre de producteur sur une surface fixe » (confer la loi des rendements factoriels décroissants). Les innovations et la régulation des marchés semblent être des moyens efficaces d'inverser la tendance.*

Les défaillances du marché proviennent du manque de régulation environnementale (marchés libres). En effet, l'environnement, le bien commun à transmettre aux générations futures, sont soumis à des conflits d'acteurs portant sur les externalités négatives (gage d'efficience sociale), les conflits trans- et inter- générationnels (conservation), les défaillances d'informations sur les marché (information imparfaite).

Pour autant cesser toute production de bien polluant (croissance nulle, situation non optimale) priverait l'individu du bien-être généré par sa consommation. La « philosophie de Gaïa » repose sur une gestion parcimonieuse des ressources reposant sur le principe suivant «il est souhaitable de polluer tant que les bénéfices sociaux de cette pollution dépassent les coûts[282] *».*

Il est important à ce stade de préciser que ce qui prime dans notre choix de méthode c'est la pertinence de la méthode pour répondre à une problématique d'identification des interactions et de la cognition en temps réel et en prospective de

---

[281] Le consentement à payer d'un individu désigne « *la somme maximal qu'un individu est prêt à payer pour obtenir une unité de bien ou de service* » supplémentaire.

[282] Sloman J. et Wride A. (2011), « Principes d'économie », ed. Pearson, p.341

manière micro-méso et macroéconomique à la fois. Nous recherchons donc une méthode capable de combiner l'analyse des comportements (interactions/cognitions) des acteurs dans la gouvernance des ressources pour l'étude de territoires.

Section 1. Des méthodes traditionnelles aux méthodes environnementales

OBJECTIFS

Plusieurs méthodes permettent d'évaluer les décisions et de mettre en lumière l'allocation des ressources[283] qui est bien souvent inefficiente.

L'évaluation environnementale (également nommée évaluation des incidences sur l'environnement) constitue une réelle méthode pour permettre de surcroit d'évaluer les aspects socio-économiques des décisions stratégiques des acteurs, plus particulièrement celles émanant du gouvernement, sur l'environnement. Ces méthodes d'estimation peuvent prendre la forme d'une juridiction ou d'un document de programmation stratégiques (à l'instar de plans et de schémas directeurs). Par ailleurs, l'ultime objectif de cette évaluation environnementale est de préconiser des moyens annulant, diminuant ou compensant les effets négatifs des impacts négatifs. Il s'agit donc d'identifier la méthodologie la plus fonctionnelle pour cette thèse et par extension pour une application à d'autres régions de Madagascar dans les années

[283] Rotillon G. (2005), « Économie des ressources naturelles », ed. La Découverte.

à venir dans le but d'effectuer une analyse de l'environnement spécifiée et dynamique. Actuellement, le manque de fonctionnalité de certaines méthodes engendre tant des contraintes de temps, de coûts et de fiabilité.

METHODES ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

Les calculs économiques constituent des aides à la décision et des moyens d'évaluer la pertinence de l'allocation des ressources dans les politiques publiques à La Réunion comme dans de nombreux pays. A Madagascar, les hommes ont du mal à accepter l'adoption de principes environnementaux dans le cadre de l'intérêt général face à l'urgence social, la survie et les attentes des populations en matière de réduction de la pauvreté. De plus, pour certains, le calcul économique est très souvent approximatif et irrationnel. En effet, les calculs environnementaux semblent traiter de manière limitée les impacts réels et la complexité des politiques publiques. Limiter cette analyse au cadre économique fige la complexité de la réalité. L'incorporation d'externalités, de l'environnement, de l'éthique et de systèmes multi-agents permet de mieux appréhender la théorie des choix publiques (les intérêts individuels des acteurs [284] pèsent plus dans les décisions que l'intérêt général).

A. L'allocation des ressources rares : coeur des méthodes d'évaluation

Les études des économistes Classiques, se retrouvent dans les études environnementales actuelles, que ce soit le principe de la « *main invisible* » d'Adam Smith, ou les problèmes de pressions démographiques évoqués par David Ricardo ou Thomas Malthus. Sismondi et Ricardo étudient entre autre la rentabilité des terres

[284] Ici, les acteurs peuvent désigner les nations, les régions ou des unités infrarégionales (*fokonolona*, *fokontany*, les communautés de base dans cette thèse).

agricoles. John Stuart Mill, quant à lui, préconise l'intervention de l'État pour réguler les marchés. Son analyse est utilisée dans les analyses sociales et environnementales.

Les économistes néo-classiques s'intéressent plutôt à la rationalité, à l'optimum, les analyses coûts avantages et l'équilibre (Léon Walras, 1874 ; E. Roy Weintraub, 1976, 2002).

Les économistes hétérodoxes s'intéressent à la vision historique et aux aspects sociaux pour expliquer l'économie en déclarant que « *le comportement social est la somme des comportements individuels* » et que l'État doit réguler le système (école allemande). Une autre branche de l'école hétérodoxe, l'école institutionnelle remet en question le « *mécanisme des modèles économiques* ». Quant à l'école sociologique, elle réfute l'observation des faits sociaux et le caractère simpliste de certaines théories économiques notamment celles basées sur la rationalité du comportement individuel.

L'incorporation de la biodiversité dans les méthodes de calculs économiques demeure controversée et limitée (Nunes et Van der Bergh, 2001). Les analyses économiques ex ante et ex post de la biodiversité portent soit sur la rationalité de la conservation (analyse coût-bénéfice [285] et le bien-être social gagné pour chaque ariary/ euro investi) l'efficacité de la stratégie de conservation retenue (évaluation de chaque ariary/ euro investi dans la conservation). Les services éco systémiques menant à la recherche d'un optimum social relèvent donc de l'évaluation coût – avantage, supplantée par l'analyse coût – efficacité.

Le développement économique dépend de la préservation des ressources et de la minimisation des impacts relevant de son usage.

Dans ce paragraphe, nous distinguerons les méthodes de l'économie traditionnelle et environnementale avant de présenter les méthodes d'allocation des ressources rares afin de distinguer celles qui correspondraient le mieux à l'analyse des interactions.

[285] Confer Swedberg, 1990.

1) les analyses relatives à la valeur du marché

LA VALEUR DE MARCHÉ DES BIENS ET SERVICES.

La théorie des biens communs et des droits de propriété.

La marchandisation de la nature octroie aux biens et services environnementaux la valeur d'un bien et d'un service économique (caractérisé par les droits de propriétés) ou comme un bien commun (caractérisé par sa rareté).

La théorie des biens publics (Paul Samuelson, 1954) et la théorie des droits de propriété diffèrent sur de nombreux points.

LA THÉORIE DES BIENS PUBLICS

Le bien public se caractérise par sa non-rivalité (la consommation d'un bien lié à l'environnement ne freine pas l'utilisation des autres consommateurs) et la non-exclusion (aucun individu ne doit être exclu de l'accès aux biens liés à l'environnement).

L'internalisation des externalités et la prise en compte du coût social découlent du principe du pollueur payeur.

Bernard Salanié (1998) définit une externalité comme « *les actions d'un agent qui influencent les possibilités de choix, c'est-à-dire l'ensemble de production ou l'ensemble de consommation, d'un autre agent* ». Les externalités sont considérées comme indirectes (produite par d'autres individus que l'agent même) selon Jean-Jacques Laffont (1988). Selon Scitovsky (1954), les effets externes sont de nature

technologique ou financière. La diminution des quantités échangées permet de diminuer la pollution et par la même occasion le coût social. Le point « a » désigne pont d'équilibre du marché. L'incorporation des coûts externes déplace l'équilibre au point « b ». Le triangle « abc » désigne la perte nette des consommateurs alors que le triangle « acd » désigne la perte nette des producteurs. Cette perte traduit donc une diminution de la quantité de bien public échangé (qui passe de «q_e à q'$_e$). Il s'agit d'une perte d'efficacité économique. Cette perte ne se traduit pas toujours par une diminution de la pollution (on parle d'efficacité environnementale), d'où le recours au coût social pour pallier ces manquements.

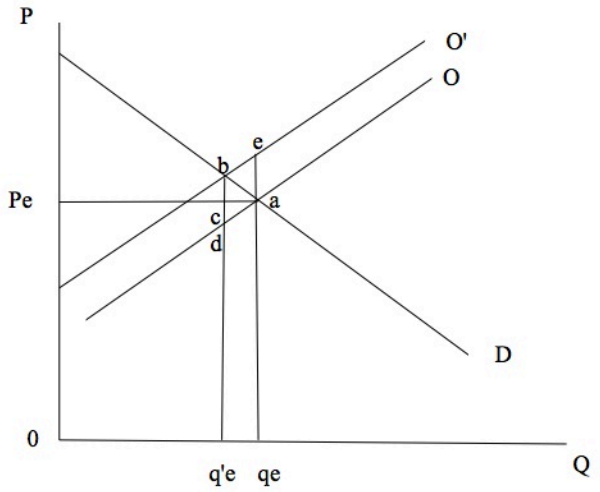


Figure 16 –Courbe d'offre et de demande du marché de pollution.

Le pollueur doit prendre en charge le coût social qui se décline et se divise entre producteur et consommateur qui supportent équitablement la taxe environnementale en vertu du rapport entre les élasticités - prix[286].

L'élasticité prix de l'offre : $ep_{0} = (\Delta Q / Q0)/ (P2P0 / P0)$

L'élasticité prix de la demande : $ep_d = (\Delta Q / Q0)/ (P1P0 / P0)$

Le rapport des élasticités prix : $ep_0 / ep_d = P1P0 / P2P0$

[286] L'élasticité-prix : $ep_0 = (\Delta Q /Q_0)/ (P_2P_0/P_0)$ et $ep_d = (\Delta Q/Q_0) / (P_1P_0/P_0)$. Le rapport entre les élasticités est : $ep_0/ ep_d = P_1P_0 / P_2P_0$.

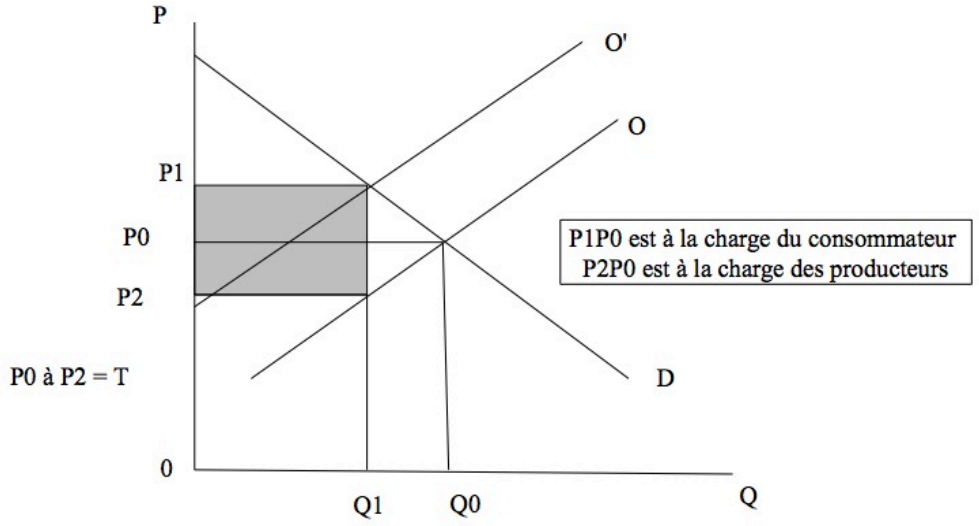


Figure- 17 – Charges des producteurs et du consommateur sur la courbe d'offre et de demande du marché de pollution.

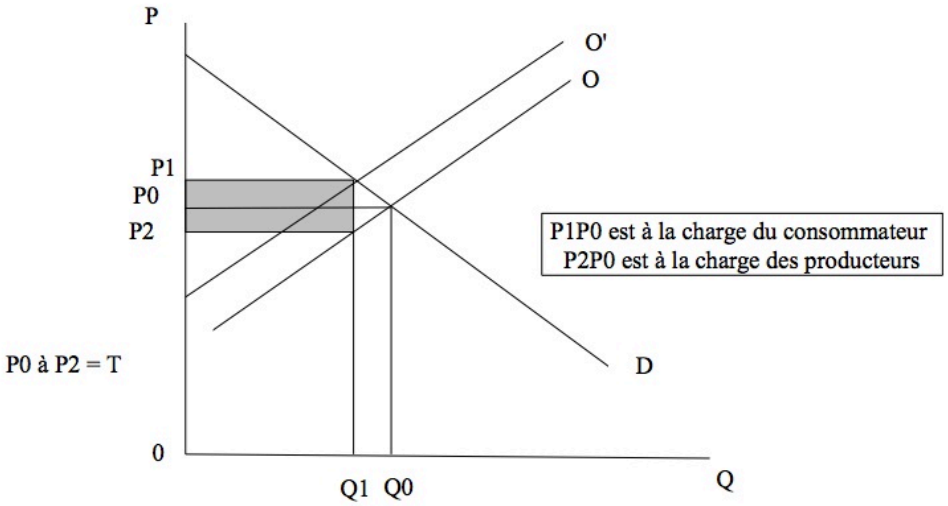


Figure- 18 – Charges des producteurs et du consommateur sur la courbe d'offre et de demande du marché de pollution 2.

P2P0 > P1P0 : la taxe impacte davantage l'offre.

P0 à P1 : le prix augmente.

Q0 à Q1 : la quantité échangée décroît.

Il est ardu d'identifier les interactions entre agents et plus particulièrement les caractéristiques du pollueur et de la pollution en question. En effet, l'utilisation des prix relatifs crée des avantages pour certains individus, d'où le recours à la théorie des droits de propriété.

LA THEORIE DES DROITS DE PROPRIETE.

Les biens environnementaux génèrent de la pollution à cause du manque de droits de propriété[287]. Instaurer des droits de propriété pour les biens environnementaux améliorerait la mise en place de marchés réels en attribuant une valeur à l'environnement. La terre et les ressources sont souvent considérées comme des biens communs en libre accès par les populations. Seule l'instauration d'une juridiction adéquate et l'échange de certificats d'émissions permettent dans certains cas une prise de conscience environnementale.

Les coûts et les bénéfices de la pollution s'évaluent par plusieurs méthodes. S'agissant des coûts, ils se mesurent par le « *coût marginal social de la pollution* » qui désigne le coût supplémentaire généré par une unité de pollution en plus. Les coûts externes de pollution deviennent les plus fréquents (coût d'une entité ou une personne impose à d'autres individus sans aucunes compensations). Inversement, le « *bénéfice marginal social de la pollution* » désigne le gain pour une société d'une unité de pollution supplémentaire. Il s'agit donc de trouver un équilibre entre les coûts et les bénéfices afin de déterminer la « *quantité de pollution socialement optimale* ». L'intervention de l'État peut réguler la pollution et la rendre efficace.

[287] Le code civil définit les droits de propriétés dans son article. 544 « La propriété est le droit de jouir et disposer des choses de la manière la plus absolue, pourvu qu'on n'en fasse pas un usage prohibé par les lois ou par les règlements ».

Le théorème de Coase[288] énonce qu'une bonne définition des droits de propriétés permet d'obtenir « *une allocation socialement efficiente des ressources* », i.e. des « *coûts de transactions nuls* ». Pour Coase la négociation permet « *une allocation optimale des ressources* » et que l'intervention de l'État n'est pas nécessaire (sauf s'il y a déséquilibre des coûts et des bénéfices de transactions c'est-à-dire des transferts de droit de propriété).

Les normes environnementales régulent la protection de l'environnement en contrôlant les comportements des producteurs et des consommateurs. Les taxes sur les émissions polluantes peuvent prendre la forme de mesures compensatoires. Les permis d'émissions négociables permettent à des entreprises d'émettre des quantités limitées de polluants et d'acheter ou de vendre leurs quotas d'émissions à d'autres entreprises polluantes.

[288] Confer Coase R. (1960) article « The Problem of Social Cost», Journal of Law and Economics, Vol. 3 Oct. 1960, pp. 1-44.

L'analyse coût-avantage

L'ANALYSE COUT-AVANTAGE

L'analyse coût-avantage est une méthode pour distinguer un projet de plusieurs projets. Cette méthode permet d'identifier les impacts environnementaux d'un projet économique. Dans un premier temps, déterminons la valeur actualisée nette. On sélectionne le projet ayant la VAN la plus élevée.

$$VAN = A_1 (1+i)^{-1} + A_2 (1+i)^{-2} + \ldots + A_n (1+i)^{-n}$$

A1 à An désigne « *les tranches annuelles de la valeur nette* ». i désigne le « *taux d'actualisation social* ». Le taux d'actualisation social actualise les coûts et les bénéfices dans un projet qui se déroule sur une période de temps définie. Le taux d'actualisation social[289] (i) se compose du taux de préférence pour le présent, de l'élasticité de l'utilité marginal de la consommation et du taux de croissance par individu du revenu annuel moyen.

Si i tend vers l'infini, le présent prévaut sur le futur.

2) Les charges de productivité

Les charges de productivité (Lal, 1990) sont une extension de l'analyse coûts - bénéfices. Elles permettent de prendre en compte les prix inputs et les outputs sur le

[289] Benhaim J. (1993), « Choix du taux d'actualisation social et environnement », *revue Française d'Economie*, vol.8, n° 3, pp.111-147.

marché. Des ajustements des prix pratiqués sur les marchés sont possibles en cas de distorsion. L'attribution d'une valeur monétaire et la détermination du bien-être économique sont des points essentiels de cette méthode.

La méthode d'évaluation contingente : L'évaluation des actifs naturels

a) la méthode du choix de réduction des coûts

La Méthode de la contingente[290] consiste à attribuer une valeur monétaire à l'évaluation de l'utilité d'un individu suite à un changement de son environnement sur un marché « *hypothétique* ». Il s'agit d'évaluer le bien-être d'individu rationnel. Cette analyse coût-bénéfice repose sur un consensus entre ce qu'un individu est prêt à renoncer comme consommation pour améliorer et préserver l'environnement. On admet que les individus sont rationnels et que leurs « *stratégies* » s'apparentent à celle de la « *maximisation d'une fonction d'utilité sous contrainte* ».

Il s'agit donc d'une évaluation du consentement à payer et à recevoir d'un individu (« *variation du surplus des consommateurs* »). Le consentement à payer désigne ce qu'un individu est prêt à payer pour améliorer son environnement. Et inversement le consentement à recevoir désigne la compensation attribuée à un individu en échange de ce qu'il est prêt à recevoir pour une détérioration de l'environnement.

Cette méthode d'évaluation contingente a recours à la transdisciplinarité pour résorber ces limites notamment sur l'évaluation de la valeur, des comportements ou des interactions (la sociologie et la psychologie sont les deux disciplines les plus employées).

---

[290] Raboteur J. et Rodes M-F. (2006), « Application de la méthode d'évaluation contingente aux récifs coralliens dans la Caraïbe : étude appliquée à la zone de Pigeon de la Guadeloupe », *VertigO, La revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 7, n° 1, avril 2006.

Le questionnaire d'évaluation doit être le plus précis possible et cibler au mieux la réalité du marché et des biens (ressources naturelles en l'occurrence). Une description détaillée des biens et du marché vient donc incrémenter cette analyse.

Un échantillon représentatif de la population est choisi pour cette expérimentation. Le traitement des données permet d'élaborer un « *prix fictif du bien environnemental* » sous forme monétaire.

Cette modification peut intervenir sur son revenu. Actuellement, aucun marché n'existe pour les biens environnementaux. De ce fait, il s'avère difficile de trouver un prix d'équilibre pour ces biens. Seule une étude des transactions permet d'établir un prix d'équilibre au fil du temps.

L'évaluation de la contingente consiste à trouver un quota de consommation moindre permettant de réduire les pressions environnementales exercées sur les ressources naturelles.

Une valeur est attribuée aux biens évalués. Puis, les bénéfices d'usage et de non usage sont déterminés.

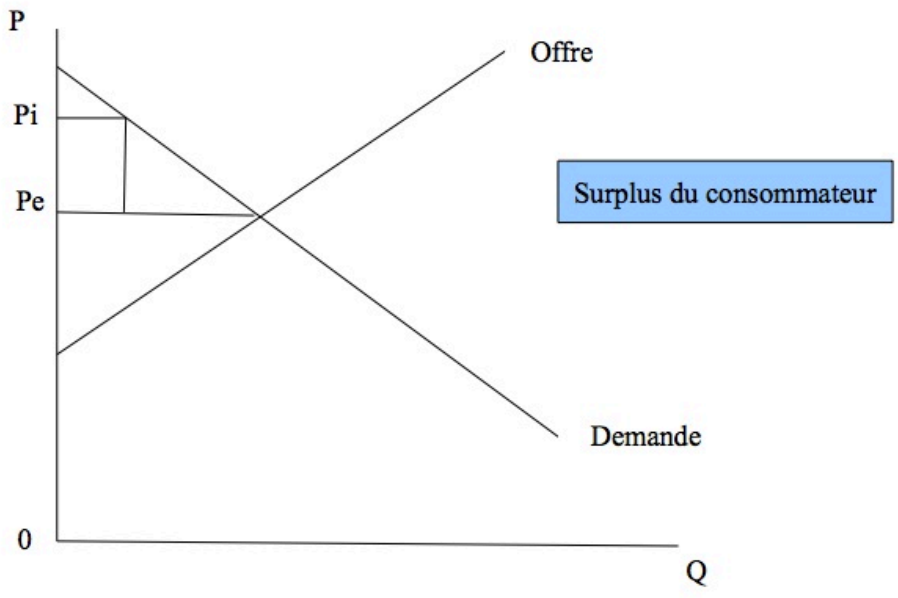


Figure 19 - Courbe surplus du consommateur.

P_i représente le prix prêt à être payé par le IIème consommateur

P_E représente le prix d'équilibre du marché

La méthode des prix hédonistes

La méthode des prix hédonistes détermine les externalités (Ridker et Henning[291], 1967) afin de les incorporer dans le prix. La volonté de payer (identique à celle de l'évaluation contingente) indique que les individus sont prêts à payer une certaine somme pour un bien en fonction des externalités, à l'exemple du bruit dans le choix d'un logement.

Dans la méthode des prix hédonistes, les individus recherchent la maximisation de leur fonction d'utilité. La fonction des prix implicites ou la fonction hédonisme de l'habitation prend la forme suivante.

$$P_{hi} = P_{hi}(S_i, L_i, Q_i)$$

Avec S_i : les vecteurs caractéristiques physiques du logement, L_i ceux de la location, Q_i : les autres aménités environnementales.

Le prix marginal implicite est une fonction non linéaire.

La fonction de consentement marginal à payer.

$$W_{ij} = W_{ij}(q_j, Q_i, S_i, L_i, U^*)$$

Avec qj: le consentement marginal à payer ; Cette fonction identifie « le changement de bien-être associé à un changement de qj ».

[291] Ridker R. G. and Henning J. A. (1967 May), « The Determinants of Residential Property Values With Special Reference to Air Pollution », Revue. Economics St. 49. (2).

3) La valeur actuelle ou les dépenses potentielles

a) La méthode des coûts de remplacement

Les droits de propriété s'échangent sur de nouveaux marchés afin de permettre une « *évaluation directe de l'environnement* ». Dans le cas de l'internalisation des externalités sur un marché, « *la différence entre le prix initial et le prix après internalisation* » constitue une évaluation monétaire de l'environnement.

Les individus maximisent leur fonction d'utilité grâce aux informations dont ils disposent, notamment en choisissant un logement. Le prix de l'habitation est caractérisé par Q, le vecteur des « *aménités environnementales*». S est le vecteur des caractéristiques physiques du logement. L est le vecteur caractéristique de sa localisation.

b) Les coûts d'effectivité

L'analyse coût-efficacité permet d'identifier la meilleure solution pour atteindre un but. Le résultat prend les formes d'unité physique quantifiable dans l'analyse des résultats. Cet outil est utilisé pour l'évaluation des politiques publiques. Il s'agit d'un rapport entre « *les résultats obtenus et les objectifs* ».

L'analyse coût efficacité peut être réalisée en amont, durant et en aval de la conduite d'un projet. Il facilite les décisions et les interventions ainsi que la communication sur ces résultats.

.

c) La méthode d'allocation des coûts

La méthode d'allocation des coûts identifie les coûts relatifs à l'utilisation des ressources et les coûts réalisés en amont et en aval.

L'offre correspond au prix minimum pour lequel les producteurs décident de produire une quantité du bien ou du service. La dernière unité de bien produite correspond au prix du marché : $P_1 = Cm(Q_1)$. De plus, le surplus du producteur correspond à la différence entre le prix du marché et le prix minimum escompté pour assurer la production.

La demande correspond au prix maximum que les consommateurs sont disposés à payer afin de consommer un bien ou un service. L'utilité marginale (Um) correspond à la dernière unité consommée alors que la quantité consommée entre Q_1 et le prix du marché est P_1. On a $P_1 = Um(Q_1)$. En outre, le surplus du consommateur correspond la différence entre le prix maximum qu'il souhaite payer et le prix qu'il paye sur le marché.

L'équilibre (P_e) permet « *une allocation optimale des ressources* ». Si le prix maximum des consommateurs correspond au prix minimum des producteurs pour une unité de consommation. On a : $P_e = Cm(Q_e) = Um(Q_e)$.

S'il y a deux biens sur le marché, la fonction devient la suivante.

$$Px/Py = Umx / Umy = Cmx / Cmy$$

Plus les quantités produites augmentent (Q_e), plus les consommateurs sont prêts à payer un prix maximum inférieur au prix exigé par le producteur, ne serait-ce que pour produire une unité supplémentaire. Le bien-être collectif diminue. Et inversement, si les quantités produites diminuent.

- **Les coûts d'opportunité**

Le coût d'opportunité[292] désigne le coût de renonciation i.e. la perte supportée par un consommateur qui renonce à consommer un bien et affecte ces ressources à d'autres biens. Il s'agit de déterminer les « *opportunités non-réalisées* ». L'agent choisit le gain le plus élevé.

Les externalités positives et négatives sont prises en compte dans cette méthode.

- **Les externalités pigouviennes (1932).**

Les externalités génèrent des coûts ou des bénéfices.

En 1928, Pigou (1877-1959) démontre que l'État doit taxer les entreprises pour chaque unité de biens (et de services) qu'elle produit et écoule sur le marché (principe de gouvernance et de prise en considération de la Responsabilité Sociale d'Entreprise). Par ce moyen, on internalise les externalités négatives grâce à la taxe, on parle alors de « *taxe pigouvienne* ». Cela découle de source du principe « pollueurs, payeurs ». L'État peut aussi donner des subventions pour générer des externalités positives. L'internalisation des coûts incorpore le coût de l'externalité dans le prix du produit. Le consommateur achète moins car le prix augmente et le producteur diminue sa production du bien en question.

> *« Imaginons deux usines – une aciérie et une usine chimique – déversant chacune 500 tonnes de déchets toxiques par an dans la rivière voisine. Le gouvernement, qui souhaite réduire le niveau de pollution, envisage deux solutions : solution 1) Réglementer : chaque usine se voit imposer un seuil, ne pouvant déverser plus de 300 tonnes de déchets par an par exemple; solution 2) La taxe pigouvienne : les usines devront payer 50 000 euros de taxes par tonne de déchets déversée. La réglementation consiste à fixer un niveau de pollution, tandis que la taxe cherche à inciter les responsables industriels à*

[292] Les coûts d'opportunité sont aussi appelés de substitution ou coût d'option.

réduire le niveau de pollution. Or, il est parfaitement possible que l'aciérie puisse réduire sa pollution à un coût inférieur à celui de l'usine chimique. Si tel est le cas, l'aciérie réduira substantiellement son niveau de pollution de façon à ne pas payer trop de taxes, tandis que l'usine chimique réduira moins le sien et paiera plus de taxes. En pratique, la taxe pigouvienne revient à définir un prix pour le permis de polluer[293]*. »*

Lorsqu'il s'agit de biens publics, l'intervention de l'État concourt à faire appliquer les principes environnementaux aux autres parties prenantes. L'État doit assurer l'équité dans la répartition des richesses et mieux protéger l'environnement en limitant les externalités. Il s'agit de prendre en compte les coûts liés à la santé ici pris en compte.

d) le Modèle d'Équilibre Général Calculable (MEGC)

Les Modèles d'Équilibre Général Calculable (MEGC)[294] désignent des modèles étudiant une nation ou une région à travers l'ensemble de ces activités, de ces facteurs (main d'œuvre et capital) et de sa production (services marchands et non marchands, l'agriculture et l'industrie).

[293] Extrait de l'exemple Jean-Louis Caccomo

Caccomo J-L. (2002), « L'analyse économique de la pollution : les permis de polluer », extrait du québécois libre N°108, 2002 (Organe de presse se présentant comme défendant la liberté individuelle, l'économie de marché et la coopération volontaire).

[294] Confer Léon Walras (1926), Dervis et al. (1982) et Shoven et Whalley (1992) pour les MEGC.

Il s'agit d'une modélisation des marchés permettant de prendre en compte les données macroéconomiques et les décisions des agents (en fonction des prix et de fluctuations de l'offre et de la demande).

Le modèle distingue quatre agents : les ménages, l'État ou les États, les entreprises privées et les entreprises publiques. Le MECG permet également d'identifier les impacts socio-économiques, les facteurs exogènes, les impacts des politiques publiques.

L. Walras (1926) utilise ce modèle pour analyser les « *politiques économiques* ».

Une fois les agents, les données macroéconomiques et les comportements des agents identifiés, une Matrice ($t_{ij.}$) de Comptabilité Nationale (MCN, entrée-sortie) ou de comptabilité sociale (MCS) retrace l'ensemble des flux et des recettes – (moins) les dépenses de l'économie étudiée. Les dépenses se transcrivent en colonne et les recettes en ligne. Les recettes sont égales aux dépenses pour chacun des comptes identifiés.

Puis, la MCN permet de modéliser le Modèle d'Équilibre Général Calculable.

$$\sum_{j=1}^{n} t_{lj} \equiv \sum_{i=1}^{n} t_{il} \qquad \sum_{j=1}^{n} t_{kj} \equiv \sum_{i=1}^{n} t_{ik}$$

Le protocole de Kyoto[295] (ratifié en 1992 et mise en vigueur en 1994) a été instauré afin d'assurer une bonne gouvernance internationale en limitant les émissions de gaz à effet de serre et de marchander les effets externes.

B. Les méthodes environnementales

1) l'analyse multicritère

L'analyse multicritère permet de comparer des projets ou des éléments hétérogènes en aval ou en amont de leur réalisation afin de sélectionner la stratégie la plus adaptée. Il s'agit d'étudier l'efficacité d'un projet d'une part en amont, à travers les programmes, les allocations et le comportement des individus concernés dans le projet.

Et d'autre part en aval, à travers les facteurs socio-économiques (pauvreté, …).

Pour que l'analyse soit pertinente, il faut suivre huit étapes :

- Les critères sélectionnés pour l'analyse multicritère doivent être simples et le domaine d'application clairement déterminé. Puis, un diagramme des logiques d'intervention doit être créé pour déterminer les agents à étudier.
- Un groupe de jugement est dès lors créé afin de distinguer les préférences des agents. Le groupe de jugement peut contenir des membres faisant partie des agents étudiés et ces représentants doivent être compétents.

[295] L'ouvrage : *« Les nouvelles théories de la croissance en application : l'évaluation des politiques structurelles, le cas du protocole de Kyoto »*Référence (Fougeyrollas A., Le Mouël P., Zagamé P., (2002)), utilise les modèles de croissance endogène et le modèle d'équilibre général calculable pour lutter contre le réchauffement climatique. Les solutions qui en découlent, sont de taxer les émissions de CO2 des entreprises et de subventionner la R&D et alléger les cotisations sociales versées par les employeurs. Cela passe notamment par la réglementation des industries les plus polluantes, des firmes quelques soient leurs secteurs d'activité. (Article 17 du Protocole de Kyoto : les permis d'émissions échangeables entre pays respectants les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre sur la période 2008-2012).

- Une équipe technique composée d' « *assistants, d'experts* » et de collaborateur travaillent conjointement avec le groupe de jugement.
- Les projets identifiés sont mis en concurrence. La comparaison porte sur les caractéristiques, actions, plans, (…).
- Les critères établis sélectionnés pour le jugement sont : réglementés, approuvés par tous, l'expression de la somme des avis des agents, efficaces, irréfutables.
- Pour étudier le « *poids de chaque critère* », on peut pondérer les critères (permet d'identifier leur « *importance relative* »), utiliser des « *seuils de veto, d'indifférence ou de préférence et tester la sensibilité* » (étude des variations des paramètres du groupe sur le résultat global).
- L'évaluation des valeurs des impacts par action conduit à l'attribution d'une note pour chaque critère. Puis, une comparaison finale de tous les critères permet la sélection finale.
- L'« *agrégation des jugements homogènes* » passe par une vérification des résultats en ayant recours à plusieurs méthodes « *la somme pondérée, le produit pondéré, l'approche par surclassement* » pour aboutir à la création d'un tableau de performance regroupant tous les résultats de l'analyse multicritère.

2) les mesures compensatoires ou restauratoires

a) Les mesures compensatoires

Une mesure compensatoire tente d'éliminer les externalités négatives environnementales. L'objectif consiste à restaurer l'environnement pour que son état soit proche de son état précédent. Cette méthode apparaît aux Etats-Unis dans les années 1980. La juridiction française oblige l'utilisation des mesures compensatoires

pour les projets d'aménagement d'envergure suite aux études d'impacts (loi sur la protection de la nature, 1976 et Grenelle de l'environnement et loi grenelle II).

Les gros projets d'aménagement nécessitent une compensation conséquente. Ainsi, l'offre de compensation permet aux aménageurs de s'acquitter d'une somme monétaire pour que les instances assurent la gestion environnementale sur le long terme. Cette mesure se traduit par l'achat « *d'unité de biodiversité* » pour ne pas raréfier les ressources. Ce type de service éco-systémique vise à améliorer les « *impacts positifs nets* » et à limiter les « *pertes nettes* ».

Les impacts peuvent être directs, localisés, non identifiés ou des impacts relatifs à la destruction des espèces protégées.

b) Les mesures restauratoires

La gestion restauratoire consiste à gérer les ressources pour maintenir, diminuer ou améliorer l'état de l'environnement. Il s'agit d'une méthode proactive. Cette gestion restauratoire retrouve dans les documents cadre relatifs à la protection de l'environnement (étude d'impact, enquête publique, plans et schémas directeurs, …).

Des Plans de surexploitation prévoient des mesures restauratoires de l'environnement dans l'évaluation écologique.

REED (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) est un exemple de compensation- carbone.

Le Programme des Nations unies sur la réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation forestière dans les pays en développement. Le REDD[296] est l'une des principales mesures prise en compte dans la gestion des ressources naturelles et forestières à Madagascar.

[296] Ferguson Barry (5th November 2009), « REDD in Madagascar : An overview of progress », p. 47.

Ce programme de l'Organisation des Nations Unies (du PNUD et du PNUE) a été instauré en 2008. Les bailleurs de fonds dont le système des Nations Unies financent ce programme. Au niveau national et régional, les axes stratégiques s'inspirent de ce programme.

Le REDD se donne pour objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les forêts ont une valeur monétaire déterminée en fonction des stocks de carbone qu'elles peuvent contenir. C'est à dire que les forêts se voient attribuées une valeur monétaire. Cette démarche vise à préserver les ressources tout en valorisant les populations locales (les peuples autochtones) en instituant un cadre politique, des mesures de concertation de la population et en leur octroyant des dotations financières.

À Madagascar, les activés anthropiques augmentent le stock de carbone pouvant être contenu dans une forêt. Des modalités préexistantes constituent des exemples typiques de ce mécanisme, comme le Fokonolana[297] ou des modalités juridiques de paiement des services environnementaux. A Madagascar, l'instauration d'un mode de gestion des Ressources Naturelles Forestières limitant les nuisances et valorisant les ressources tout en respectant les droits de l'Homme est l'objectif. Pour cela, la gestion de ressources communautaires doit instituer un cadre de gestion adéquate. Ce programme doit également permettre la valorisation de la biodiversité et des communautés de base. Les transferts de gestion[298] (loi Gélose et la Gestion Contractualisée Forestière tentent de limiter la pollution de l'écosystème en valorisant la notion de patrimoine commun.

Face à ce système, Madagascar qui détient 3 % de la diversité biologique mondiale est prisé pour ses ressources. Les forces antagonistes se disputent les ressources au niveau mondial. Le « *certificat d'origine* », qui permet d'exploiter les ressources de façon contrôlée pour les COBA, est peu appliqué. L'exploitation

---

[297] Gaudieux A. et Ramiaramanana J. (2014), Gouvernance et ressources naturelles à travers les fokontany et les fokonolona : les textes et les pratiques traditionnelles malgaches. Travaux et Documents n°47 de la Faculté des lettres et sciences humaines de l'Université de La Réunion, septembre 2014. ISSN 1247-1194.

[298] Andriamananoro M. et Raheliarivelo Z.H. (2013), « La gouvernance et la gestion communaitaire des ressorces naturelles, gage du développement durable », *Rôle et place des transferts de gestion des ressources naturelles renouvelables dans les politiques forestières actuelles à Madagascar*, CIRAD- 00933944, version 1- 21 Jan 2014.

profite toujours aux puissances firmes internationales au détriment du pays. La Loi Gélose n'a pas permis d'enrayer ce phénomène.

De plus, l'ensemble des évaluations requises par ce programme se heurte au manque de moyens financiers et humains et à l'incapacité du pays à réaliser des évaluations annuelles fiables et régulières.

3) l’éco-certification et l’éco-potentialité

a) L’éco-certification

Les écolabels certifient d’un produit ou un acteur réduit ses impacts sur l’environnement. Un éco label se caractérise par : sa liberté, son coût, son logo, sa réglementation, sa traçabilité, un suivi de la chaîne de production et le respect de certains indicateurs de mesure. Les écolabels portent sur l’alimentation, le tourisme, d’un produit, de la nature. Les labels peuvent être attribués par des organisations, l’État ou les collectivités décentralisées.

Les écosociolabels incorporent l’aspect social dans les labels écologiques en vertu de la conférence de Rio (1992).

b) L’éco-potentialité

L’éco potentialité calcule l’importance d’un espace dans la préservation de l’environnement sur un territoire. L’éthique et les mesures restauratoires

s'appliquent pour estomper les effets sur le climat, la biomasse, et toutes sortes de pollutions.

S'agissant de la certification forestière, l'indice de biodiversité potentielle[299] permet de restaurer et de conserver les ressources.

4) Les méthodes de l'économie écologique

a) Les indicateurs de biodiversité et de bio-évaluation

L'évaluation de la biodiversité revient à s'assurer si des biens ou services considérés comme équivalent peuvent être compensables ou substituables. On détermine dès lors le « *capital naturel critique* », i.e. le niveau de capital pour lequel les biens et services deviennent complémentaires et ne sont plus substituables. Ces indicateurs ont recours à la notion de résilience.

La complexité de l'information doit être étudiée de manière spatio-temporelle, qualitative et quantitative. L'indicateur doit être synthétique, évaluer les politiques, compenser les impacts, analyser la biodiversité, servir d'outil de communications avec les autres agents, être fiable, accessible.

Les méthodes économiques les plus utilisées pour les analyses de la biodiversité (Myers[300], 1983) restent des méthodes basées sur les coûts (retenue pour leur facilité d'observations et d'interprétations).

---

[299] L'indice de biodiversité potentielle a été créé par l'Office nationale des forêts. Il s'agit de réaliser « un inventaire complexe » sur des parcelles de 0,25 à 30 hectares afin d'évaluer la « capacité d'accueil en espèce et en communautés ». Cet indice prend en compte le peuplement, sa structure, la topologie, la géographie, le maintien de la faune et de la flore. Chaque facteur se voit décerner une note entre 0 et 5 sous forme de seuils. Toutefois, des facteurs importants comme les pollutions, la chasse, les pesticides sont occultés de cette analyse.

[300] Myers N. (1983), « A wealth of Wild species », Strorehouse for human Welfare. Ed. Boulder, Westview Press.

Les méthodes relatives aux préférences révélées (désignent les dépenses que les agents sont prêts à débourser pour la sauvegarde de la biodiversité) et aux préférences déclarées (tend vers la valeur économique totale).

L'évaluation de la biodiversité recourt également aux méthodes sur les externalités (Arthur Pigou[301], 1920 ; Ronald Coase[302], 1960).

Intéressons-nous à quelques indicateurs.

1. Les indices de hiérarchisation des choix de conservation (Weitzman[303], 1993) qui se basent sur la somme des utilités des individus.
2. L'indice de Shanon[304] constitue un indicateur mesurant l'équité.
3. L'indice de Simpson[305] permet d'observer les espèces mais des biais de qualité et de précisions limitent sa valeur. Les comparaisons sont difficiles avec cette méthode, même pour deux espèces identiques sur des territoires différents.
4. L'Indicateur de Capital Naturel (ICN) et l'Indicateur d'Intégrité de la Biodiversité (IIB) calculent l'érosion de la biodiversité en fonctions des activités des hommes sur la nature. L'IIB évalue l'impact des activités de l'homme sur la faune et la flore (en fonction de sa taille, du lieu d'habitat et du mode de reproduction). Il est difficilement applicable si le pays manque de moyens environnementaux et dans les pays en développement.

---

[301] Pigou A.C. (1920), « The Economics of Welfare », Macmillan, p. 510.

[302] Coase R. (1960), « The problem of social cost », *Journal of Law and Economics*, Vol. 3 Oct. 1960, pp. 1-44.

[303] Weitzman M. (1993), « What to preserve : an application of diversity theory to crane conservation », *Quarterly Journal of Economics*, 1993; 108(1) :157-183.

http://scholar.harvard.edu/files/weitzman/files/what_to_preserve.pdf

[304] « Sh=S -pi.ln(pi) ou les (pi) sont les fréquences observées des espèces. Cet indicateur est un indicateur de l'équitabilité. Il prend une valeur maximale pour les pi tous égaux à 1/n avec n le nombre d'espèces. Cet indicateur est donc complémentaire de la richesse spécifique puisque à eux deux ils décrivent les deux composantes de la diversité ».

[305] « L'indicateur de Simpson se définit comme S=1-S pi² ou les (pi) sont les fréquences observées des espèces. On peut l'interpréter comme la probabilité que deux individus pris au hasard parmi la population soient d'espèces différentes. Cet indice est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est grand. Et pour un nombre fixé d'espèces, il est d'autant plus grand que la répartition des fréquences est équitable. Cet indicateur prend donc en compte les deux composantes de la diversité spécifique, ce que les autres ne faisaient pas. Il est donc plus informatif que les précédents bien que d'appréhension moins directe. Autrement dit, il est plus précis mais moins éloquent ».

5. L'indice d'abondance fait l'inventaire des espèces sur un territoire pour observer la diversité des espèces. L'indice mesure au mieux la biodiversité d'un territoire.
6. Les Indicateurs pression-état-réponse (PER) sont des indicateurs de gestion socio-environnementaux. L'OCDE crée le PER (1990's) pour identifier les effets des activités de l'homme sur la biodiversité. Puis, en guise de compensation, le volet social doit réduire les impacts négatifs. Cette analyse est efficace, bien qu'elle ne prenne pas en compte « *la complexité des interactions* » entre agents.
7. L'indicateur d'éco-efficience[306] (EE) mesure l'efficacité de l'intensité de l'énergie utilisée (OCDE, 1998). Il s'agit d'un bon outil de comparaison. Le problème de cette méthode réside dans le fait que la consommation et la production doivent toutes les deux diminuer. On peut avoir une diminution de la pollution et augmentation de la production par la même occasion.

Un bon indicateur est un indicateur socio-environnemental (OCDE) : en adéquation (liste des critères), pertinent (l'outil correspond-il au besoin), efficace (modifications engendrées par cet indicateur sur les pratiques humaines), précis (dont les méthodes de calculs sont rigoureuses), qui s'adapte, accessible, clair, comparable et cohérent.

[306] L'indice d'éco-efficience est le suivant « *EE=V/RC avec V la valeur du produit et RC les ressources consommées pour le produire* ».

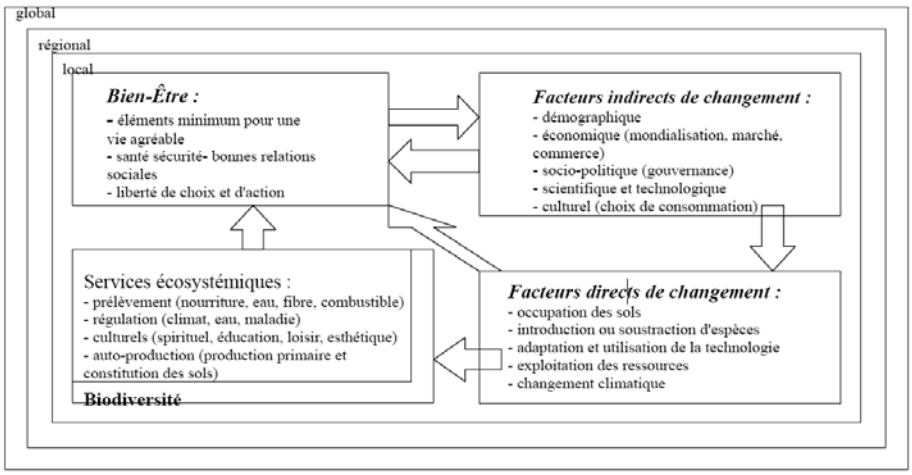


Figure 20 – Liens entre biodiversité, services écologiques, facteurs de changement et bien-être. Source : MEA, 2005.

b) L'Empreinte Écologique (EF)

L'empreinte Ecologique (EE) calcule combien de terres il faudrait si toute la terre consommait comme le pays : l'entité pris comme référence pour faire des comparaisons de consommation des ressources renouvelables. Le manque de transparence sur ces pratiques et l'amalgame fait entre les substances polluantes restent ses points faibles. Il recourt au flux de ressources employées par l'homme et aux « capacités de renouvellement ».

c) Les indicateurs d'interactions utilisés dans la comptabilité nationale

On intègre la « valeur des biens naturels et leur conservation » à la production « nationale de richesse »[307].

[307] Un exemple d'indicateurs d'interactions utilisés dans le cadre de la comptabilité, l'épargne véritable. «Elle a pour objectif d'évaluer l'évolution des capitaux humain, physique et naturel utiles à la société. EV = Formation Brute de Capital Fixe (FBCF) + dépense d'éducation + dépense de santé – dette extérieure – dépréciation du capital physique – épuisement des ressources énergétiques – épuisement des ressources minérales – épuisement des forêts – dommages liés aux émissions de CO2. Un premier problème est qu'aucune estimation n'a pu être réalisée pour les services écosystémiques liés à la biodiversité. La dégradation des sols, la valeur de l'eau ou l'épuisement des pêcheries n'a pas non plus été intégrée. De plus, ces résultats indiquent les pays en voie de développement (PED)

Les services éco-systémiques ne se prêtent pas forcement aux analyses à la marge (Sagoff[308], 2008). Le cadre conceptuel des analyses éco-systémiques fait encore défaut à la pertinence de ces analyses (choix des indicateurs, suivi, manque d'outils pratiques).

Dans les analyses des coûts, les résultats ne reflètent qu'une partie de la valeur des variables évaluées et de la valeur sociale (à l'exemple des coûts de remplacement et de restauration).

La méthode des préférences révélées omet certaines parties des valeurs de non-usage et des valeurs d'option.

Il y a trop d'indicateurs et cela rend leur interprétation ardue. Les indicateurs traitent mal de la complexité. Effectuer une classification des indicateurs est un moyen de résoudre certains biais (fiabilité, accessibilité, efficacité).

---

comme mauvais gestionnaires de la biodiversité, avec une EV par habitant négative, contrairement aux pays développés. Or ceci n'est vrai que parce que les pays développés ont déjà érodé la majeure partie de leur biodiversité et parce que l'EV évacue le contexte économique et politique international qui encourage les PED à avoir des politiques non durables, les règles commerciales ne prenant pas suffisamment en compte les questions de développement et de conservation à l'échelle internationale. Enfin, un autre problème de fond vient de la substituabilité parfaite entre les trois formes de capital, posant ainsi qu'un développement pourra en effet être considéré comme durable si la diminution du capital naturel peut être entièrement compensée par un accroissement du capital physique. Par opposition à ce défaut, on a créé le Capital Naturel Critique (CNC) fondé sur un principe de durabilité forte qui implique qu'une part de la nature n'est pas substituable par du capital physique. Il correspond à l'ensemble des fonctions écologiques indispensables au développement et au maintien de la qualité de vie sur Terre, nécessitant l'étude de l'utilité des écosystèmes pour la santé humaine (physique et psychologique), des pressions socio-économiques que le capital naturel subit, et des standards de soutenabilité qu'il est nécessaire de respecter. Mais le CNC renvoie en fait plus à une méthode qu'à un indicateur, car il n'y a pas de règles d'agrégation des données, pas de valeurs finales, ni même de variables bien établies ».

[308] Sagoff (2008), «The Economy of the Earth : Philosophy, Law, and the Environment », Cambridge University Press (2ème Édition).

Conclusion

Les méthodes d'efficience des marchés prennent essentiellement en compte l'aspect économique. Tandis que les méthodes de l'économie de l'environnement insistent sur les aspects économiques et écologiques, alors que les méthodes écologiques identifient tant les dimensions économiques, sociales et environnementales.

Certes toutes ces méthodes présentent des avantages dans le cadre de l'analyse des ressources humaines. Mais, elles comportent des biais non négligeables pour la réalisation de l'étude de la déviance environnementales et une analyse de la cognition d'un agent.

Intéressons-nous à présent limites de ces méthodes dans le cadre de notre problématique de recherche.

Table 6. Limites des méthodes envisagées, A. Gaudieux, 2014.

Théories concernées	Méthodes possibles et leurs limites
1. Analyse de la valeur 2. Les charges de productivité 3. La valeur actuelle ou les dépenses potentielles	• **Limites des analyses relatives à la valeur du marché** *1a. limites de la Théorie de Biens communs et des droits de propriété* Assimiler la négociation et les échanges sur un marché concurrentiel n'est pas optimal car la négociation ne produit pas de coûts de transactions. Alors que dans la réalité, la négociation engendre des coûts de transactions (coût de l'information, coût de fonctionnement, …). Par ailleurs, la prise en compte de la consommation et le rôle social des organismes de régulation ne sont pas valides car « le mécanisme des prix exclut la consommation et que les organismes n'assurent pas leur rôle de surveillance sociale ». *1b.Limites des analyses coût-avantage et les charges de productivité* *Limite de l'analyse coût-avantage* Pour des projets de long terme, la valeur environnementale est calculée avec des taux d'actualisation égale à zéro. D'où les difficultés à percevoir les impacts à long terme de ces projets. En outre, la VAN constitue un mauvais indicateur d'évaluation car les risques ne sont pas identifiés et que cet indicateur est très incertain. De plus, cette méthode ne permet pas d'identifier les interactions entre « le marché et l'État ». Ainsi, en cas de catastrophe naturelle ou d'intervention de

l'Etat, les coûts seront supportés par le « contribuable ».

Limite de l'analyse des charges de productivité

- **Limites des charges de productivité**

Méthode de l'évaluation contingente

Les économistes remettent en cause la valeur des bénéfices de non-usage.

La difficulté relève de l'attribution d'une valeur aux biens environnementaux (Foehn et Randall [309], 1987) puisqu'elle dépendra des revenus de l'individu interrogé (biais stratégique). Par ailleurs, la valeur fictive diffère énormément de la valeur réelle d'un bien environnemental et de la valeur que lui attribue réellement la société dans son ensemble.

Lorsque les enquêtes se font par voie directe auprès des individus, ils adoptent dans peu de cas une stratégie. Alors que lorsque les enquêtes se font de manière différée, les individus ont souvent tendance à adopter un comportement stratégique (Samuelson [310], 1954) pour payer plus ou moins. Par ailleurs, les resquilleurs adoptent des stratégies (Mansur Olsen[311], Maurice Allais[312]). De plus, les réponses obtenues restent hypothétiques et la forme du questionnaire influence les réponses en amont (c'est-à-dire que les sommes monétaires proposées dans le questionnaire impactent les réponses).

Le traitement des valeurs notamment des extrêmes, nulles et des non-réponses constitue également des limites notamment en termes de représentativité. Bischoff et Fourbie[313] (1988) proposent de « *construire une valeur* » au lieu de retenir une

[309] Hoehn J.P., Randall A. (1987), « A satisfactory benefit cost indicator from contingent valuation », *Journal of Environmental Economics and Management*, 14, 3, 226-247.

[310] Samuelson P. A. (1954), "The pure theory of Public Expenditure", Review of Economics and Statistics, MIT Press, n° 36 (4), pp. 387-389.

http://www.econ.ucsb.edu/~tedb/Courses/UCSBpf/readings/sampub.pdf

[311] Olson M. (1965), « The logic of collective action : public goods and the theory of groups », ed. Harvard Economic Studies.

[312] Allais M. (1945), « Économie pure et rendement social », Ed. Sirey.

Allais M. (1948), « le problème de la coordination des transports et de la théorie économique », *Revue d'Économie politique*, mars-avril 1948, p. 212-271.

[313] Fischhoff B. and Furby L. (1988), « Measuring values : A Conceptual Framework for Interpreting Transactions », *Journal of Risk and Uncertainty*, I 147-184.

valeur « *existante* ». Bien définir le bien environnemental et le mode de paiement (Cummings et al[314], 1986) à valoriser permet également de limiter les biais.

Des techniques permettent de résorber les biais. Dans le cadre du calcul du consentement à payer moyen si l'on utilise une question ouverte, plusieurs biais apparaissent. Ainsi, il est recommandé d'utiliser une fonction logarithmique pour résoudre pour « *rapprocher la moyen* » et « *réduire la médiane* » si les valeurs sont extrêmes (i.e. que α est compris entre 0,05 et 0,1%). Un modèle semi-logarithmique ou Box-Cox résorbent les problèmes de forme posés par les fonctions linéaires ou semi-linéaires entrainant des biais de surestimation.

Pour résoudre les biais générés par le manque de clarté dans les questions fermées (notamment les problèmes posés dans le modèle Bishop et Heberlein[315], 1979 relatifs au recours au référendum), il convient d'utiliser une maximisation de l'utilité.

Soit une fonction d'utilité[316] de la forme corrigée les biais hypothétiques et les problèmes des valeurs extrêmes. Ainsi, on admet que les valeurs extrêmes sont égales à W et que W* correspond au consentement observé. La variable p est l'erreur (« p est proportionnel à la valeur exprimée »).

$W^* = Wp$

On normalise cette distribution de l'erreur de deux façons seulement dans les questions ouvertes.

Première façon

Ln W* = ln W + ln p dans cette transformation logarithme le terme d'erreur $p = \varepsilon$ et $E(\varepsilon) = 0$ et

$V(\varepsilon) = \sigma^2$

Deuxième façon

$W^{*\lambda}-1 / \lambda = a + \beta x + \varepsilon$ correspond à une transformation Box-Cox.

Fonction d'utilité.

[314] Cumming R.G., Brookshire D.S., Schultze W.D. (1986), « Valuing public goods : the contingent valuation method », ed. Rowman and Allanheld Publishers.

[315] Bishop R. C. and. Heberlein T.A. (1979) « Agricultural & applied economics association », *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 61, No. 5, Proceedings Issue (Dec., 1979), pp. 926-930.

[316] Jakobsson K.M.and.Dragun A.K (1996), « Contingent Valuation and ebdangered species : mothodological issues and applications », pp. 100-102

$$U(z,y,s) = V(z,y,s) + \varepsilon$$

Avec y le revenu, s les « caractéristiques observables de l'individu », ε une variable aléatoire et identiquement distribuée et ayant une moyenne égale à zéro. V(z,y,s) désigne l'utilité d'un individu et « a » une composante stochastique.

$V(z^1, y-A; s) + \varepsilon_1 \geq V(z^0, y; s) + \varepsilon_0$

Pour maximiser l'utilité la réponse de l'individu correspond à « une variable aléatoire dont la distribution de la probabilité est donnée par :

$P_1 = Pr$ (Soit Pr le consentement individuel à payer)

$P_1 = Pr \{V(z^1, y-A; s) + \varepsilon_1 \geq V(z^0, y; s) + \varepsilon_0\}$

P0 = Pr (soit Pr le renoncement individuel à payer) = $1-P_1$

$P1 = \eta F(\Delta V)$ avec $\Delta V = V(z^1, y-A; s) - V(z^0, y; s)$ la différence d'utilité $\{0 ; \infty\}$

Et $\eta = \varepsilon_1 - \varepsilon_0$ Avec ε_1 et ε_0 deux variables indépendantes et identiquement distribuées selon Boyle (1985).

Limite de la Méthode des prix hédonistes

Il est ardu de déterminer la valeur et les aspects qualitatifs. Il existe un marché imparfait, c'est-à-dire que le consentement à payer est mal estimé car les ajustements sont biaisés.

Donc, la méthode ne convient pas à la problématique de cette thèse.

- **Limites des méthodes de valeur actuelle**

Limites de la méthode des coûts de remplacement

Comme les coûts sociaux ont été occultés de cette analyse, ils seront progressivement déterminés. L'occultation de ces facteurs biaise l'analyse.

Limites de la méthode de coûts d'effectivité

La méthode est jugée trop simpliste (compare les coûts et résultats présents), trop directe, peu pertinente sur l'intérêt des interventions qui en résultent. L'analyse ex-post est également trop simpliste.

Il faudrait combiner cette analyse avec l'analyse multicritère ou coûts-avantages

	pour résoudre ces biais. *Limites de la méthode d'allocation des coûts* Les défaillances de marché se retrouvent dans le cas de la concurrence imparfaite, des biens communs et des externalités négatives. En cas de concurrence imparfaite, la production est inférieure au niveau requis pour répondre à la demande. Pour les biens collectifs, la production peut être nulle. Les externalités négatives peuvent être produites en quantité excessive. Pour pallier ces défaillances, l'intervention justifiée de l'État est une solution envisageable [317], comme les taxes ou / et les subventions, la certification, la fixation des prix (maximum ou minimum). *Limites du Modèle d'Equilibre Général Calculable (MEGC)* La méthode demeure relativement complexe et nécessite des connaissances approfondies dans le domaine. Il faut au minimum une année pour établir une MCS. Or, dans cette thèse, il s'agit de faire des projections sur une durée supérieure au temps consacré à ce terrain de thèse. La trop grande agrégation des comptes utilisés constitue également une limite au modèle. Les impacts deviennent donc trop difficiles à identifier. Les hypothèses étudiées influencent les résultats ainsi que les équilibres endogènes et exogènes. La production identifiée est aussi trop restreinte par rapport à la réalité de certaines économies.
1. Analyse multicritère 2. Mesures compensatoires ou restauratoires 3. L'Eco-certification et l'Eco-potentialité 4. Les méthodes de	**1. L'analyse multicritère** Les analyses multicritères complexes requièrent beaucoup de temps, de l'argent et des compétences pointues. Un nombre d'acteurs importants intervient dans l'analyse multicritère. Cette méthode simplifie la complexité des critères tout en restant rationnelle et facilite la négociation entre les agents. Toutefois, le choix des variables et des critères de comparaison pour la notation reste ardu. La fiabilité des données rend la méthode invalide dans certains cas. **2. Les mesures compensatoires sou restauratoires** Les mesures compensatoires peuvent inciter les promoteurs à polluer et à raréfier les ressources puisque la compensation monétaire lui permet de se désengager de toutes responsabilités. Les experts doivent conduire des expérimentations visant à limiter les compensations. Pour les impacts indirects, cette méthode devient

[317] Selon le théorème de Coase l'intervention de l'État n'est pas toujours nécessaire justifiée.

l'économie écologique

invalide. La vision de ces compensations part de court jusqu'au moyen terme. La vision de long terme pose le problème de financement et de conservation à long terme. La transparence et l'éthique véhiculée par cette méthode restent douteuses pour de nombreux acteurs.

Les objectifs (seuils) à atteindre dans la méthode des mesures restauratoires restent difficiles à réaliser et les espèces s'affaiblissent bien souvent ou disparaissent.

3. L'éco-certification et l'éco-potentialité

Dans l'éco-certification, les écolabels sont perçus différemment et ne sont pas toujours l'expression d'une meilleure restauration de l'environnement. Le consommateur ne peut pas vérifier sa valeur (asymétrie d'information).

L'éco potentialité est apparue récemment d'où le manque de développement et de cadrage de l'analyse. Cette méthode a recours à d'autres méthodes (SIG, statistique,…).

4. Les méthodes de l'économie écologique

Limites des indicateurs de biodiversité et de la bio-évaluation

Les services éco-systémiques ne se prêtent pas forcement aux analyses à la marge (Sagoff[318], 2008). Le cadre conceptuel des analyses éco-systémiques fait encore défaut à la pertinence de ces analyses (choix des indicateurs, suivi, manque d'outils pratiques).

Limites de l'empreinte écologique[319]

- L'empreinte écologique ne prend pas en compte l'état des ressources et leur régénération.
- L'empreinte ce limite à synthétiser les productions et les consommations de ressources naturelles.
- L'empreinte écologique comptabilise que la génération de CO2 et non pas l'ensemble des gaz à effet de serre.
- L'empreinte écologique ne comptabilise pas la toxicité et les dégradations écologiques des ressources. Ce qui entraine l'utilisation de plusieurs autres indicateurs connexes plus spécifiques à ces manquements.
- Les résultats de l'empreinte écologique ne sont pas fiables pour les pays

[318] Sagoff (2008), «The Economy of the Earth : Philosophy, Law, and the Environment », Cambridge University Press (2ème Édition).

[319] Gondran N. et Boutaud A. (2009), *Empreinte écologique : comparer la demande et l'offre de ressources régénératives de la biosphère*, « l'encyclopédie du développement durable », chapitre 6, , editions des récoltes, n°105, décembre 2009.

	ne disposant pas de statistiques régulières et fiables. *Limites des indicateurs d'interactions utilisés dans la comptabilité nationale* Dans les analyses des coûts, les résultats ne reflètent qu'une partie de la valeur des variables évaluées et de la valeur sociale (à l'exemple des coûts de remplacement et de restauration). La méthode des préférences révélées omet certaines parties des valeurs de non-usage et des valeurs d'option. Il y a trop d'indicateurs et cela rend leur interprétation ardue. Les indicateurs traitent mal de la complexité. Effectuer une classification des indicateurs est un moyen de résoudre certains biais (fiabilité, accessibilité, efficacité).

Nous constatons que toutes ces méthodes ne prennent pas en compte la manière directe et approfondie l'objet principal de notre problématique de recherche : la cognition et les interactions en temps réel bien que ces méthodes soient de bonnes références pour les études environnementales et de gouvernance environnementale.

Pour conceptualiser la section suivante, nous recherchons une méthode capable de prendre en compte l'aspect interactionnel et cognitif sous l'angle environnemental de notre problématique.

La section suivante décrit les concepts de la problématique de cette thèse à travers une méthode de simulation à base d'agents utilisée dans les sciences sociales pour l'étude de la cognition et des interactions.

Section 2. Les systèmes multi-agents

Les systèmes à base d'agents mesurent les interactions locales et les phénomènes émergents ainsi que les amplifications locales.

La construction de modèles à base d'agents pour la microéconomie à dans un premier temps depuis ces dernières décennies été couplé à la théorie des jeux et aux jeux de rôles. La construction d'un modèle basé sur les jeux permet d'identifier les propriétés émergeantes.

Un article[320] paru dans la revue « The economist » plébiscite **la construction de modèles à base d'agents pour la macroéconomie** en indiquant que « lors des crises les modèles économiques conventionnels ont échoué ». Les auteurs de l'article Farmer J.D et Foley D. se demande s'il serait possible de faire de meilleures modélisations économiques avec les systèmes à base d'agents.

De nombreux ouvrages démontrent la portée de l'approche à base d'agents pour l'économie à l'instar de l'ouvrage de Hamill et Gilbert[321].

Selon J-P Bouchaud[322] « *Il faut passer à des modèles de troisième génération, qui ne soient pas postulés ex nihilo mais où ce que les agents économiques font réellement est pris en compte à la plus petite échelle. Pour obtenir des modèles réalistes et offrant une compréhension des phénomènes économiques ou financiers, on doit partir de l'échelle microscopique et aller vers l'échelle macroscopique. Une telle démarche est très naturelle en physique …* ».

---

[320] Farmer J.D. et Foley D. (2009), *«* The economy needs agent-based modelling *», Nature* I*nternational weekly journal of science,* n° 460, pp. 685-686.

[321] Hamill L. et Guilbert N. (2016), *"*Agent-based modelling in Economics*",* ed. Wiley.

[322] Bouchaud J-P. (2015), *«* Sciences économiques : il faut passer à des modèles de troisième génération *», Réflexions et débats*, n°456, octobre 2015.

Trichet [323] J-C. (2010), durant son mandat de président à la Banque Centrale Européenne déclaré également que les modèles économiques conventionnels pour apporter des réponses face aux crises doit amener une réflexion sur la portée des modèles d'interactions et agents.

« As a policy-maker during the crisis, I found the available models of limited help; In fact, I would go further: in the face of the crisis, we felt abandoned by conventional tools (…). We need to deal better with heterogeneity across agents and the interaction among those heterogeneous agents (…). Such approaches are worthy of our attention …».

Dans un article[324] basé sur les fondements théoriques d'un programme de recherche, Jacques Weber démontre que la gestion des ressources naturelles nécessite un cadre théorique s'inscrivant dans un programme de recherche. Il propose de sortir du cadre de l'analyse économique de l'environnement qui considère les ressources naturelles comme des « stocks à exploiter rationnellement » pour promouvoir une démarche pluridisciplinaire afin de mieux cerner le caractère interactif et l'écosystème dans son ensemble.

Weber considère que la modélisation et notamment la modélisation à base d'agents qui interroge des bases de connaissance dans les simulations requièrent par la suite des analyses interdisciplinaires de la complexité de l'environnement modélisé. klein (2004) qu'une énonce également que la modélisation des systèmes complexes requière une démarche pluridisciplinaire à cause de son caractère dynamique et son caractère multidimensionnel.

Notre travail de recherche relèverait plutôt de l'interdisciplinarité où la combinaison des éléments des disciplines qui modifie l'usage classique de méthode de chacune des disciplines ou de la transdisciplinarité, c'est-à-dire d'interaction entre disciplines en vue de créer une méthode originale.

---

[323] Trichet J-C. (2010), Reflections on the nature of monetary policy non-standard. Speech by the Former President of the ECB, Opening Address at the ECB Central Banking Conference, Frankfurt.

[324] Weber J. (1995), « Gestion des ressources renouvelables : fondements théoriques d'un programme de recherche ». http://cormas.cirad.fr/pdf/green.pdf

L'interdisciplinarité est selon la revue « Natures, sciences et sociétés »[325] est plutôt l'affaire de chercheurs ayant une carrière bien établi. Un article de Bühlera E.A., Cavaillé F. et Gambino M. porte son intérêt sur la bonne interdisciplinarité et la place délicate qu'occupe le jeune chercheur utilisant l'interdisciplinarité que l'on perçoit comme à l'extrême dans la communauté. Alors que de nos jours un chercheur doit pouvoir répondre à des questions complexes en utilisant un mayage de plusieurs disciplines Charbonneau[326] (2005) va jusqu'à parler d'enfermement disciplinaire.

Le jeune chercheur laisse libre cours à sa créativité bien qu'il n'existe pas forcément de méthode identique en soi. L'innovation est le maitre mot de la démarche que le jeune chercheur veut légitimer son analyse et son apport.

L'interdisciplinarité demande une appropriation du vocabulaire par le chercheur (Jacques Hamel[327]) d'où parfois l'utilité de définir le terme dans plusieurs disciplines quand il ne revêt pas le même sens[328].

L'interdisciplinarité provoque parfois « un choc » ou une « opposition » des méthodes que selon Resweber[329] (2011) la contestation oublie que inter signifie aussi parmi et par selon entre la discipline.

Pour Jacques Hamel, l'interdisciplinarité relève souvent d'une initiative plus que d'une accoutumance[330].

---

[325] Klein, J. (2004), "Interdisciplinarity and complexity: an evolving relationship", E :CO, 6, 1-2, 2-10.

[326] Charbonneau, S. (2005), *Réflexion d'un juriste sur l'enfermement disciplinaire*, « Natures Sciences Sociétés », 13, 1, 58-61

[327] Hamel J. (1995), L'interdisciplinarité. Fiction de la recherche scientifique et réalité de sa gestion contemporaine, « L'homme et la société », vol. 116. pp.59-71.

[328] Laville J-L. (2014), « Faire de la sociologie économique avec Pierre Bourdieu», Revue française de socio-économie

[329] Resweber J-P. (2011), « les enjeux de l'interdisciplinarité », questions de communication, vol.19, pp. 171-200.

[330] Bühlera E.A., Cavaillé F. et Gambino M. (2006*), Le jeune chercheur et l'interdisciplinarité en sciences sociales. Des pratiques remises en question*, « Natures Sciences et Sociétés », (2004/4) vol.14.

Weber se base sur l'étude d'Etienne Le Roy[331] pour affirmer par exemple qu'il n'est pas possible d'étudier d'une part le droit des ressources et le droit du sol distinctement sans occulté la portée des interrelations entre ces deux disciplines.

Nous décidons donc de développer de nous intéresser aux simulations à base d'agents en vue de répondre à notre problématique économique[332].

Créer en 1985, la méthode multi-agents ou SMA désigne l'étude des relations d'individus dans un environnement donné. Les techniques informatiques sont utilisées afin de conceptualiser les comportements humains. Ce modèle permet de résoudre des problèmes algorithmes tout en procédant à leur modélisation via des simulations et des analyses. Suite à la rédaction d'ensemble sur la thématique, on procède à la réalisation d'un modèle puis au recouvrement des réponses auprès des agents ou des entités concernées permettant de répondre à cette problématique. En effet, on étudie par ce biais les caractéristiques de cet individu ou entité ainsi que ses interrelations et ses intentions envers les autres entités (Marvin Minsky[333], 1965). Cette étude repose donc sur l'analyse des actions et des pensées de l'individu interrogé. Il s'agit d'une véritable analyse socio-économique des problématiques environnementales. Il s'agit d'une représentation simplifiée de la réalité.

Grimm (1999) modélise l'environnement à partir des modèles SMA. Il reconnaît dès lors le caractère pragmatique de ce modèle et sa capacité à étudier une multitude de variables environnementales. Il vante notamment les mérites de ce modèle pour l'analyse des externalités et des déficiences environnementales. Puis, il s'intéresse aux individus, à leurs choix, leurs décisions et aux interactions (Grimm) entre ceux-ci et leur environnement (Lomnicki).

---

[331] Le Roy E. (2015), Les appropriations de terres à grande échelle et les politiques foncières au regard de la mondialisation d'un droit en crise. « Droit et société » n° 89, 2015/1.

[332] Laval C. et Tassi R. (2004), « L'économie est l'affaire de tous. Quelle formation des citoyens ? », ed. Syllepse.

[333] Minsky M. L. (1965), « Matter, Mind and Models », ed. Published in Proc. International Federation of Information Processing Congress 1965, vol. 1, pp. 45-49.

Avant de procéder à la conceptualisation d'un modèle SMA, il faut s'accorder sur plusieurs points.

1. La problématique de départ : elle doit être formulée au préalable du choix du modèle ou simultanément.

2. La modélisation : que faut-il modéliser ? Quelles sont ses limites ? Quel type de modélisation choisir (la modélisation revêt trois formes : la modélisation statique repose sur une analyse simple des données, la modélisation macroscopique repose sur des modèles différentiés avec diverses facteurs (équations différentielles, …), et la modélisation multi-agents représente des comportements propres à chaque individu et leurs causes) ? Comment formaliser et reconstruire les phénomènes observés grâce au modèle (Pappert, Resnick) ?

3. Les hypothèses : comment modéliser la réalité en partant de mes hypothèses (l'individu est au cœur des hypothèses dans un espace-temps) ?

4. La vérification : comment affirmer ou infirmer mes hypothèses ? Le modèle reflète-t-il au mieux ma problématique ?

La conceptualisation du modèle se déroule comme suit.

1. On estime soit une fonction (x, y) servant de base à la réalisation d'un calcul contextualisé. C'est-à-dire que cette fonction est neutre (sans antécédent, qu'elle n'a aucun effet sur les éléments et qu'elle n'est en aucun cas affectée par les faits extérieurs). De manière générale, on part d'une équation dynamique (équation différentielle) pour procéder à l'évolution du phénomène.

2. Soit un agent A_1 (x,y) localisé dans un espace. Cet agent est influencé par son voisinage, il peut être représenté par rapport à ses voisins dans un espace et agir sur l'environnement / cet espace. Sa position n'est donc pas figée dans le temps et dans l'espace. Un agent sera actif, réactif, proactif pour satisfaire ses objectifs tout en s'adaptant à l'environnement dynamique. Alors que les objets, quant à eux, restent statiques. Evoluant dans un univers dynamique, l'agent sera contraint de manière positive ou négative par cette situation.

3. À cette étape, la formalisation comprend un descriptif des agents, des entités, de l'environnement, des facteurs exogènes, du temps et des autres choses. Seront décrites leurs principes de fonctionnement, leurs processus décisionnels et leurs interactions.

4. Puis, la programmation du modèle peut se faire de façon fermée ou ouverte. La programmation fermée requiert une analyse descendante (buttom down) ainsi qu'une décomposition de chacune des parties de la programmation. La programmation fermée se veut dès lors statique et les phénomènes sont étudiés globalement. La programmation ouverte permet de faciliter la décomposition des phénomènes spatiaux temporels. La programmation ouverte décompose chacun des phénomènes / des points. Seule l'agrégation permet une analyse fonctionnelle en programmation ouverte.

Dans un premier temps, les Systèmes multi-Agents ont été utilisés pour la modélisation de problèmes d'interactions explicités dans une première étape par la théorie des jeux. La simulation des actions de coopération, d'intérêts, de préférences, d'utilité, le dilemme du prisonnier, la communication, le choix social, la coalition dans la théorie des jeux, les enchères, les logiques de la connaissance et des croyances, les stratégies dans le jeu sont des axes étudiés dans un premier temps dans les simulations[334].

Les simulations multi-agents s'étendent aussi progressivement aux ressources renouvelables (Bousquet F. et al., 2001)[335]. La démarche Multi-agents pour l'étude

[334] Shoham Y. et Leyton-Brown K. (2009), « Multiagent Systems : Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations », ed. Cambridge University Press.

[335] Bousquet F., Barreteau O., Mullon C. et Weber J. (2001), « Modélisation d'Accompagnement : Système Multi-Agents et gestion des ressources renouvelables », in. Actes du colloque International : *Quel environnement au 21ème siècle ? Environnement, maîtrise du long terme et démocratie*. Ed. Germes

des questions environnementales a déjà prouvée son efficacité (Bakam I. et Bousquet F[336]...) en matière d'étude des ressources naturelles[337].

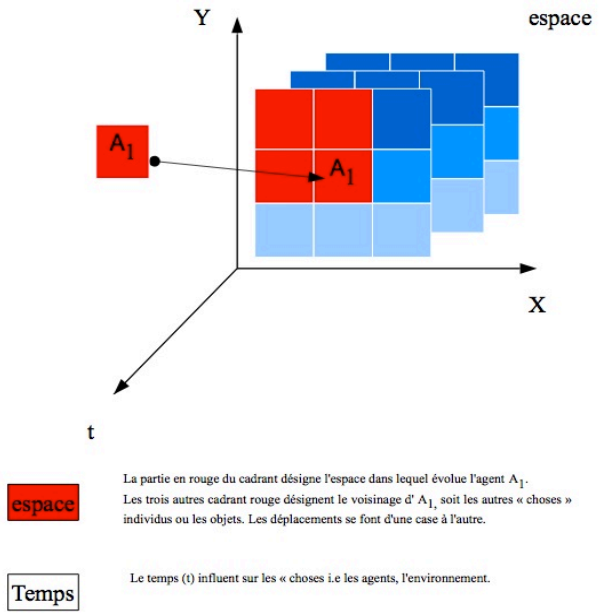


Figure 21 - Représentation d'un agent A_1 dans un espace (x,y), A. GAUDIEUX.

Les systèmes multi-agents rendent possibles la simulation macroscopique et microscopique. Il est dès lors possible de prendre la complexité en compte des « *dynamique humaine ou naturelle* »[338] à diverses échelles.

Depuis le milieu des années 1970, les SMA émerge essentiellement dans les disciplines scientifiques pour s'étendre à d'autres disciplines aux fils des années grâce au développement des systèmes complexes (Waldrop[339], 1992).

---

[336] Bakam I. et Bousquet F. (1998), « Modèles multi-agents pour la gestion des ressources renouvelables : vers un couplage simulations et approches formelles de modélisation »,

[337] Delay E ., Reulier R., Gaudieux A., Thierry H., Amalric M., Debonlini M ., «Modèle SISBIO », 5ème éditions sur les Modélisations Multi-Agents des Phénomènes Spatialisées, Publication de MAPS du CNRS juillet 2014.

[338] Treuil j-P, Drogoul A. et Zucker J –D (2008), « Modélisation et simulation à base d'agents », Dunod, 2008, p.5

[339] Waldrop M. M. (1992) « Complexity -the emerging science at the edge of order and chaos », ed.Simon & Shuster.

La simulation revêt plusieurs définitions. Nous décidons de retenir la définition suivante. La simulation est « *l'activité au cours de laquelle, selon un protocole et avec un objectif précis, on utilise un simulateur pour faire évoluer les entrées d'un modèle dynamique, l'exécuter, et en recueillir les sorties. Tout modèle écrit en respectant le méta-modèle associé au simulateur et comportant au moins un paramètre d'entrée peut se prêter à ce processus de simulation*[340] ».

Il s'agit de perturber un « *protocole déterminé dans un modèle dynamique* » et cela en partant de ces hypothèses et de l'expérimentation. Donc, la simulation consiste tant à construire un modèle dynamique (Gilbert and Troitzch[341]), qu'à « *construire des dispositifs expérimentaux qui feront réagir le modèle de la même façon que le système réel sur des aspects importants* » (Trick, 1996) ou à expérimenter un système réel en vue de comprendre un « système de référence » (Shannon[342], 1998).

La simulation a donc pour objectif de :

- Tester une ou des hypothèses d'un système de base.
- D'étendre le modèle de référence.
- D'identifier le fonctionnement d'un système de référence, en le simplifiant dans certains cas.
- D'étudier les interactions et la cognition dans un système dynamique et complexe[343].
- De servir d'outil de décision aux instances étatiques.
- D'anticiper les évolutions des phénomènes étudiés.

On distingue :

- Les simulations à base d'agents (Parunak, Svit et al. 1998).

---

[340] Treuil j-P, Drogoul A. et Zucker J –D (2008), op.cit. p.9

[341] Gilbert N. and Troitzsch K. G. (1999), « Simulation for the social scientist », 2ème ed. University Press.

[342] Shannon R. E. (1998), « Introduction to the art and science of simulation », Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, D.Js. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan, eds.

[343] Waldeck R. (2014), « Complexité et systèmes sociaux : de l'expériementation vers la modélisation agents », Habilitation à Diriger les recherches, Université de Strasbourg.

Liair W. (2011), « Modélisation dynamique de systèmes complexes pour le calcul de grandeurs fiabilistes et l'optimisation de la maintenance ». https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00643981v2

- Les simulations orientées-objet » (Uhrmacher, 1997).
- Les simulations « particulières » (Schweitzer, 1997).
- Les simulations « individus centrées » (Grimm and Railsback, 2005).
- Les simulations « holoniques » (Koestler, 1967).
- Les simulations multi-agents (Drogoul, Vanbergue et al.[344] 2003).

Toutes ces simulations sont souvent regroupées sous le terme de simulation à base d'agents (apparition de propriétés au niveau global à partir de propriétés locales inversement les simulations mathématiques ont une explication horizontale i.e. de causalité entre les propriétés globales).

La simulation nécessite une expérimentation, i.e. qu'à partir « *d'objectifs précis* » et d'un « *dispositif expérimental, on perturbe un protocole déterminé un système réel pour en comprendre le fonctionnement*[345] ».

D'une part, dans un premier paragraphe, nous présenterons la méthode retenue via l'analyse des systèmes multi-agents. Puis, dans un second paragraphe, nous décrirons les plateformes existantes avant de nous intéresser plus particulièrement à la plateforme NetLogo.

[344] Drogoul A., Vanbergue D. et Meurisse T. (2003), « Multi-agents Based Simulation : Where are the Agents ? » in. Proceedings of MABS'02, Multi-agents Based Simulation, Bologna, Italy, July 2002, LNCS, Springer-Verlag.

[345] Treuil j-P, Drogoul A. et Zucker J –D (2008), « Modélisation et simulation à base d'agents », Dunod, p.4.

A. De l'intelligence artificielle aux Systèmes multi-agents

L'algèbre

La logique apparaît et désigne dans un premier temps les calculs arithmétiques. Ils sont rendus possibles par l'apparition de la machine à calculer (Pascal et Leibniz) XVIIème).

La métamathématique

Charles Babbage et George Boole développeront la machine à calculer au XIXème siècle en introduisant la trigonométrie et les logarithmes. Boole développe quant à lui des formules mathématiques pour résoudre des problèmes mathématiques avec des syllogismes (A=B, B=C, donc A=C). Ainsi du XVIIème au XIXème siècle, la métamathématique[346] se cesse de se développer.

L'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle[347] apparaît en 1936 avec l'analyse de « *l'activité des machines à l'état discret* » d'Alan Turing. Il s'agit ici d'étudier les machines qui « travaillent sur des nombres entiers ou sur des chaînes de caractères ». Le codage

[346] Il s'agit de la formulation des « mathématiques par les mathématiques ».

[347] Ganascia J-G (1993), « l'intelligence artificielle », ed. Dominos Flamarion, p. 33

des données devient une étape de la programmation informatique. Pour Turing, le comportement des machines est complexe d'où la difficulté pour le chercheur de réaliser une bonne programmation.

En 1950, Turing définit l'intelligence des machines[348] comme « une machine qui fait illusion et passe intelligente aux yeux de l'homme ».

Toutefois, il faut attendre une réunion de scientifiques[349] de divers horizons en 1956 pour que cette discipline prenne le nom d'Intelligence Artificielle.

En économie, Herbert Simon et Alan Newell[350] sont les premiers à utiliser l'intelligence artificielle en développant une « *machine* » du nom de « *Logic Theorist* » afin de « *démontrer les phénomènes non triviaux de logique mathématique* ».

Dans la première décennie de son apparition, le développement codage et sa transcription en langage sont les deux priorités des chercheurs dans un contexte de guerre froide. Cette méthode est envisagée comme outil de communication militaire.

Dans la seconde décennie, l'intelligence artificielle porte à controverse. Ce qui conduit notamment à la suppression de financements conséquents par les américains en vertu du rapport ALPAC[351] (1966) par le département américain. Sa réputation est dès lors ternie bien que les recherches se poursuivent dans cette discipline.
Dans les années 1960, le géographe Hägerstrand[352] commence à s'intéresser aux simulations multi-agents à travers une étude sur l'agriculture suédoise. Les travaux de schelling sur le déplacement des acteurs dans un environnement donné créent les effets de la notion de voisinage sur le fait qu'un individu décide de rester ou de

---

[348] La machine prend également l'appellation de système symbolique unique.

[349] Cette Réunion a eu lieu à l'université d'été du Dartmouth College et réunissait tant des chercheurs en science sociale qu'en science dure (mathématiciens, économistes, littéraires, (…)).

[350] Simon H.A. (1997), « Allen Newell : A Biographical Memoir », *Biographical Memoirs* (vol. 71). Washington, DC : The National Academy of Sciences.

[351] http://www.mt-archive.info/ALPAC-1966.pdf

[352] Hägerstrand T. (1965), « A Montecarlo Approach to Diffusion», Archives européennes de sociologie, 6, 1, pp.43-67. En ligne : doi : http://dx.doi.Org/10.1017/S0003975600001132

partir. Le modèle de Schelling[353] s'intéresse donc aux effets collectifs et individuels sur la répartition spatiale dans un espace donnée.

Les systèmes multi-agents dispose d'une grande flexibilité. Ainsi, il est relativement simple de passer de l'échelle micro à l'échelle macro.

Gianluca Manzo[354] énonce que bien souvent les systèmes multi-agents sont perçus comme simpliste et incapables de retraduire le monde réel alors qu'au contraire la méthode démontre sa robuste lors du coupage de données empiriques et des stratégies d'interactions qui démontrent que les données simulées sont objectifs et régulier au niveau micro et macro. Il s'agit d'une bonne technique de construction des modèles théoriques.

La programmation logique [355] émerge dans les années 1980 pour traiter des problèmes de raisonnement d'envergure par la programmation. Prolog est un langage de « *programmation déclarative* » crée par Comerauer [356] en 1975 à Marseille. Prolog constitue la racine du développement de « *l'interrogation des bases de données déductives* ». Prolog s'appelle également « *programmation relationnelle* » identifiant les relations, ou pour recherchant une image antécédente en s'appuyant sur une image (en trouvant la solution donnée à une équation déterminée).

---

[353] Schelling T. C. (1971), « Dynamic Models of Segregation », Journal of Mathematical Sociology, pp. 143-186.

[354] Manzo G. (2014), « Potentialités et limites de la simulation multi-agents : une introduction ». *Revue Française de sociologie*, vol 55, n° 4, octobre-décembre 2014, pp. 653-688.

[355] Cf. le concept de programmation fonctionnelle (Lisp, Caml et Hanskell). Il s'agit de « définir des fonctions et l'essentiel de l'utilisation d'un programme consiste à fournir des données à une fonction renvoyant le résultat. Gacône L. (2009), « Prolog, programmation par l'exemple », Hermann,p.7.

[356] Il part des travaux de Herbrand (1936) et de Robinson (1966) pour conceptualiser cette plateforme.

1) Les principes généraux[357]

Intéressons-nous aux définitions d'un système et de la modélisation que nous retenons.

Un système désigne « *un ensemble d'entités en interactions dynamiques, organisées en fonction d'un but*[358] ». Les diverses entités existantes et leurs interactions désignent la complexité d'un système. Un système complexe se compose de plusieurs « *variété d'entités ayant des fonctions spécialisées* ».

La modélisation est « *une construction abstraite qui permet de comprendre le fonctionnement d'un système de référence*[359] *en répondant à une question qui le concerne. Représentation simplifiée de ce système, un modèle s'appuie sur une théorie générale et il est exprimé dans un langages spécifique appelé langage de modélisation*[360] ». Le modèle peut être statique (étudier un temps t) ou dynamique (étudier l'évolution d'un phénomène dans le temps).

La modélisation (Thompson, 1884) et l'expérimentation : démarche scientifique.

La simulation d'un système constitue une représentation de son fonctionnement permettant d'anticiper le comportement du système quel que soit le mode d'utilisation.

---

[357] Chaib-draa B., Jarras I. et Moulin B. (2001), « Systèmes multiagents : Principes généraux et applications », in Briot J. P. et Demazeau Y. « Agent et systèmes multiagents », hermès.

[358] Courdier R. (2008) et l'équipe système multi-agents et réseaux de communication.

[359] Un système de référence désigne une représentation d'une « partie de la réalité » défini dans un modèle.

[360] Treuil j-P, Drogoul A. et Zucker J –D (2008), « Modélisation et simulation à base d'agents », Dunod.

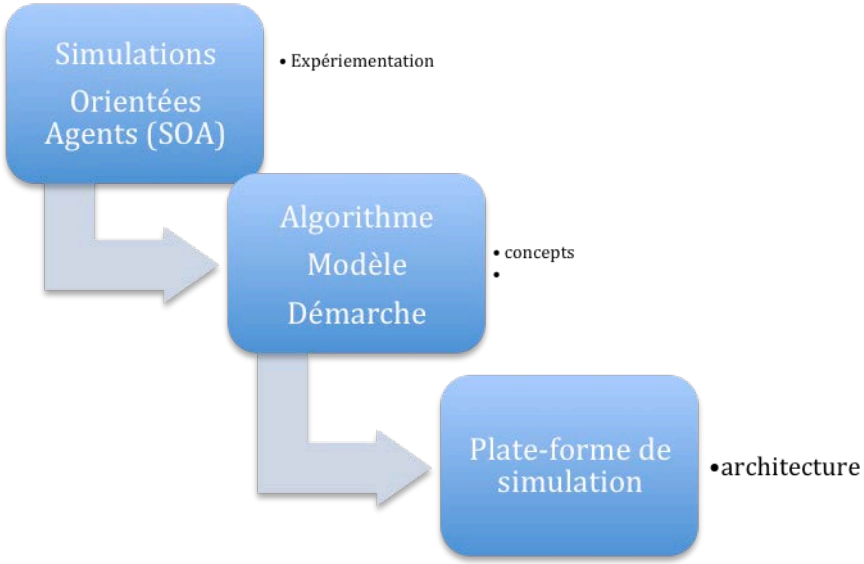


Figure 22 – Démarche de modélisation Multi-agents, A. GAUDIEUX.

Une bonne modélisation, une implémentation informatique de ces concepts et la conduite d'expérimentations en situation d'usage réel permettent de réduire la complexité.

Les entités se classent en niveaux hiérarchiques internes. Les interconnexions sont nombreuses.

« *Les interactions entre éléments d'un système complexe sont non linéaires* ».

Le protocole de communication et d'interactions permet à l'agent d'échanger des messages et de répondre si il est un agent communicant. Dans le cas des agents situés, les agents communiquent indirectement. Le système de communication (protocoles, actes de langages) permet de représenter un phénomène comme le fruit d'interaction entre entités.

Les agents ont une mémoire, ils connaissent leur environnement. Dans la transmission du message lors de la communication entre agents, il analyse les situations pour réagir (stimulus). Un agent peut être cognitif ou réactif et passer d'un état à l'autre.

Ils ont un but à atteindre. Dans l'environnement, leur organisation sociale avec les autres agents dépend de leur interactivité.

L'individualisme ou la coopération désignent deux états que peut adopter l'agent en fonction de ces objectifs. Ainsi, dans la gouvernance des ressources naturelles les individus ont pour buts communs la préservation des ressources naturelles bien qu'à titre individuel ils recherchent l'accroissement de leurs intérêts.
Dans les années 1960, le géographe Hägerstrand[361] commence à s'intéresser aux simulations multi-agents à travers une étude sur l'agriculture suédoise. Les travaux de schelling sur le déplacement des acteurs dans un environnement donné créent les effets de la notion de voisinage sur le fait qu'un individu décide de rester ou de partir. Le modèle de Schelling[362] s'intéresse donc aux effets collectifs et individuels sur la répartition spatiale dans un espace donnée.

Les systèmes multi-agents dispose d'une grande flexibilité. Ainsi, il est relativement simple de passer de l'échelle micro à l'échelle macro.

Gianluca Manzo[363] énonce que bien souvent les systèmes multi-agents sont perçus comme simpliste et incapables de retraduire le monde réel alors qu'au contraire la méthode démontre sa robuste lors du coupage de données empiriques et des stratégies d'interactions qui démontrent que les données simulées sont objectifs et régulier au niveau micro et macro. Il s'agit d'une bonne technique de construction des modèles théoriques.

Dans cette thèse, nous utilisons un modèle dynamique où les changements proviennent des interactions des agents et des changements /actions du système.

---

[361] Hägerstrand T. (1965), « A Montecarlo Approach to Diffusion », Archives européennes de sociologie, 6, 1, pp.43-67. En ligne : doi : http://dx.doi.Org/10.1017/S0003975600001132

[362] Schelling T. C. (1971), « Dynamic Models of Segregation », Journal of Mathematical Sociology, 1, p. 143-186.

[363] Manzo G. (2014), « Potentialités et limites de la simulation multi-agents : une introduction ». *Revue Française de sociologie*, vol 55, n° 4, octobre-décembre 2014, pp. 653-688.

Les SMA étudie les « *comportements*[364] *collectifs* » dans un environnement ou les agents peuvent être autonomes (ou pas) et où la communication (1) est tantôt possible ou impossible. Les agents disposent chacun d'informations et de solutions : on parle dès lors de « *point de vue partiel* ». Ils sont capables d'interagir (2), de coordonner (3), d'organiser (4) et d'assimiler des informations au fur et à mesure pour orienter ou réorienter leurs solutions.

Les SMA s'emploient dans diverses disciplines notamment dans les sciences sociales[365] à l'instar des disciplines suivantes :

- La psychologie[366].
- La sociologie.
- L'environnement[367].
- Les systèmes répartis.
- Les théories de la décision.
- La géographie.
- L'économie[368].

---

[364] Andriamasinoro F. et Courdier R. (2001), « Un modèle dynamique de comportement agent à base de besoins ».
fenintsoa.net/htmldata/publis.php?dwn=jfiadsma_2001.pdf

[365] Caillou P. (2010), « Génération et analyse automatique de simulations multi-agents ».

https://hal.inria.fr/inria-00545251/document

[366] Deffuante G., Amblard F. et Weisbuch (2015), « Confronting the relative agreement model to social psychology experoments on opinion radicalisation ».

[367] Bommel P. Bonaudo T., Barbosa T., Bastos da Veiga J. Viera Pak M. et Tourrand J-F. (2010), « La relation complexe entre l'élevage et la forêt en Amazonie brésilienne : une approche par la modélisation multi-agents », Cahier Agri., Vol. 19, mars-Avril 2010.

Bommel P., Bah A., Etienne M., Leclerc G., Monteil C. Toure I. (2010)., Vers un métamodèle pour analyser les systèmes d'élevage extensifs et leurs interactions avec les territoires », Cahier Agri., Vol. 19, n°2, mars-Avril 2010.

Farolfi S., Erasmus L., Le Page C. and Bommel P. (2008), « Combining multi-agent simulations and cost-benefit analysis to evaluate policy options for the management of livestock effluents in Réunion Island », African Journal of Agricultural Research Vol. 3 (10), pp. 650-666.

[368] Derveeuw J. (2008), « Simulation Multi-Agents de marchés financiers », thèse de Doctorat en Informatique, Université de Lille.
Ahn H. J. and Park S. J. (2003), « Modeling of a Multi-agent System for Coordination of Supply Chains with Complexity and Uncertainty ».

Rejeb L. (2005), « Simulation multi-agents de modèles économiques : vers des systèmes multi-agents

Les agents sont rivaux, ils ont des buts différents (compétitifs) mais peuvent également collaborer[369] (pour accomplir des buts communs de manière ponctuelle à l'instar des coalitions sur le court terme) ou coopérer (pour atteindre des buts communs).

« *Chaque agent est responsable de ses connaissances (encapsulation, références) et de ses actions (autonomie), mais également de l'organisation qu'il met en place avec d'autres agents, aucun d'entre eux n'ayant une vue globale du SMA*[370] ».

Les compétences sont toutes attribuées à chaque agent (il s'agit d'une décentralisation des compétences).

Le SMA peut être :

- Ouvert ou fermé i.e. que si le SMA est ouvert les agents entrent et sortent à leurs guise alors que dans un système fermé les agents sont identiques tout au long de la simulation.
- Homogène (les agents ont des caractéristiques et des fonctions identiques) ou hétérogène.
- Adaptable en fonction du contexte.
- Variable car les solutions choisies par les agents évoluent dans le temps et en fonction des informations dont ils disposent.
- Intentionnelle car un système peut avoir des buts et croyances.

---

adaptatifs », thèse de doctorat, Université de Reims Champagne-Ardennes.

Seppecher P. (2008), « Modélisation multi-agents d'une économie monétaire de production », thèse de doctorat en Sciences Économiques, Université de Nice Sophia Antipolis.

[369] Delecroix F., Morge M. et Routier J-C (2013), « Négociation Bilaterale pour la recherche d'un compromis ».

http://www.lifl.fr/~fabien.delecroix/delecroix13jfsma.pdf

[370] David D. (2010), « Prospective Territoriale par simulation orientée agent », p. 25.

2) Les agents

Les agents désignent un « *système informatique* » qui se trouve dans un environnement donné et qui agit de manière « *autonome* » (Shoham [371]) pour atteindre les objectifs (Jennings et Wooldridge[372], 1998). Il s'agit « d'entités ayant des degrés de complexité très variables[373] ».

Les actions d'un agent influence son environnement.

Un agent accomplit de manière autonome des actions dans un environnement se trouvant dans un système informatique situé (Jennings et Wooldridge, 1998) ce qui implique que l'agent est autonome, réactif, suit des objectifs et tout en étant sociable.

L'agent perçoit l'environnement, puis décide d'agir (Russell, 1997[374]).

Un agent peut être réel ou abstrait. Il communique, avec d'autres agents. De cette manière, il agit sur son environnement. Il adopte un « *comportement proactif et opportuniste* » pour y parvenir. Un agent agit sur son environnement en se basant également sur « *les entrées sensorielles* ».

Son comportement résulte de sa perception des observations, des connaissances et des interactions (Feber). Il peut s'adapter (l'agent est flexible) et réagir de suite aux signaux de son environnement pour répondre.

---

[371] Shoham Y. (1993), « Agent-oriented programming. Artificial Intelligence », 60 : 51-92.

[372] Jennings N. R., Wooldridge M. and Sycara K. (1998), A roadmap of agent research and development. Int Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 1(1) : 7- 38.

[373] Treuil J-P, Drogoul A. et Zucker J –D (2008), « Modélisation et simulation à base d'agents », Dunod, p.102.

[374] Russell S.J. (1997), « Rationality and intelligence », Artificial Intelligence, Vol. 94, p.57-77.

L’agent possède des caractéristiques sociales, i.e. qu’il est capable d’interagir avec les autres agents par la coopération d’être opportuniste pour prendre leurs places.

L’agent s’adapte à son environnement dynamique en analysant l’environnement et en y apportant des solutions dans un temps requis.

L’agent a des « *connaissances, des croyances, des buts et des désirs, des intentions, des choix et des décisions à prendre, des engagements, des conventions à respecter et des obligations* ».

L’agent peut être réactif et / ou cognitif, coopératif et / ou individualiste, situé et /ou communicant.

3) L’environnement

L’environnement désigne « *un espace commun aux agents d’un SMA, doté d’un ensemble d’objets et de possibilités de perception et d’action* » (David D.). L’environnement dans un SMA désigne tout ce qui n’est pas l’agent et qui l’entoure. L’environnement revêt plusieurs formes (environnement physique, social, de communication, …).
Il peut être accessible ou inaccessible, déterministe ou non déterministe, statique ou dynamique, discret ou continu, borné ou non borné et cyclique ou non cyclique.

4) Les interactions

Les jeux coopératifs ou non-coopératifs.

L'approche utilisée prend en compte l'individualisme des agents et l'influence de leur voisinage, tout en gardant une grande simplicité et en restant basée sur des règles de transitions d'état. Le modèle présenté s'inspire largement du modèle de ségrégation proposé par Schelling en 1971.

L'organisation des agents

Il existe de nombreuses façons d'exploiter les capacités d'un agent. Dans ce modèle, sont utilisées les propriétés suivantes.

Table 7. Les capacités d'un agent, A. GAUDIEUX.

Agents	Buts : les parties prenantes sont dotées d'un but qui est polarisé.
Autonome	Il décide et contrôle ses actions en faveur de la Gouvernance des Ressources Naturelles (GRN) [375].
Proactif	L'agent est proactif et opportuniste et n'hésite pas à choisir des méthodes allant à l'encontre des Ressources Naturelles et de transgresser les lois.
Situé	Les « entrées sensorielles » orientent ces décisions sur la GRN.
Flexible	L'agent s'adapte aux nouvelles informations perçues sur la

[375] GRN est l'acronyme de la Gouvernance des Ressources Naturelles.

	GRN et les actions des autres agents pour atteindre ces buts et ne pas se faire sanctionner.
Just in time	L'agent émet une réponse dans le temps idéal dès qu'il perçoit les actions des autres agents ou-et dès qu'il dispose d'une nouvelle information sur la GRN.
Social	Chaque agent à une capacité d'interaction avec les agents GRN pour concourir à des buts collectifs (améliorer la gouvernance des Ressources Naturelles) ou individuels (s'assurer ou accroitre son revenu, rendre son exploitation productif, équilibre des prix sur le marché des biens et services).
Adaptatif	Les agents sont capables de changer de stratégie pour atteindre leurs buts. Ainsi, un agent peut changer de méthodes de préservation de ressources naturelles ou peut passer de la mise en œuvre d'une mesure de protection de l'environnement à l'adoption d'une mesure/ pratique contraire à la sauvegarde de l'environnement.

Table 8. Les notions cognitives de l'agent dans notre modélisation, A. GAUDIEUX.

Notions mentales de l'agent	Agents
Connaissances	Les agents savent que l'environnement doit être protégé et qu'il ne faut pas transgresser les lois.
Croyances	Certains agents protègent l'environnement parce qu'ils savent que les ressources sont limitées et qu'ils seront sanctionnés.
Buts et désirs	Les agents désirent percevoir un profil et une image positive ou de ne pas se faire sanctionner par l'État.

Intentions	Certains agents ont l'intention de mettre en œuvre des mesures pour l'environnement ou d'en appliquer, d'autres désirent exploiter illicitement les ressources.
Choix & décisions	Les agents et l'État ont décidé de mettre en place les mesures de la Gouvernance des Ressources Naturelles ou pas.
Engagements	Les agents protègent ou pas l'environnement tant que le contrat de transfert de gestion est en vigueur ou que la zone reste sous protégée.
Conventions	L'État peut exercer sa fonction de contrôle de sensibilisation et de sanction.
Obligations	Si les agents ne respectent pas les lois (dont le DINE à Madagascar)) [376] certains dispositifs des sanctions sont applicables.

Table 9. Autres notions cognitives d'un agent, A. GAUDIEUX.

Agent réactif vs cognitif	Les parties prenantes étudiées sont dotées de mémoire et de capacité cognitive.
Agent coopératif vs agent individualiste	Les parties prenantes travaillent en coopération notamment dans la gestion

[376] La Dina ou le Dine est une modalité de réglementation de l'économie des communautés de base. Le Dina règle de base, ensemble normes régissant la vie au sein de la communauté de base. En cas, d'échec de la résolution d'une situation conflictuelle par le Dina (car le Dina ne dispose pas des outils permettant de résoudre le conflit), un recours en justice peut être engagé.

	des conflits.
Agent situé vs agent communicant	Les parties prenantes utilisent, exploitent les données de situations et communiquent à travers le réseau d'accointance.

Il existe également des effets d'apprentissage dans notre modélisation. Un agent peut améliorer ou pas sa connaissance environnementale tout au long de sa simulation.

Les plateformes existantes[377] et NetLogo

[377] Confer annexe 8.

B. Les plateformes de simulation

Dans le domaine des systèmes multi-agents, de nombreuses plateformes ont émergé depuis les années 1980. Diverses analyses classifient les plateformes en fonctions de critères indispensables pour qualifier un système multi-agents de performant. Les systèmes multi-agents doivent être évalués à l'aune de leur capacité à fournir des modélisations facilement et directement exploitables.

Cynthia Nikolai et Gregory Madey[378] (2009) ont réalisé une étude des plateformes de simulation multi-agents. Ils étudient cinq caractéristiques sur ces plateformes : le langage de programmation utilisé pour obtenir une simulation, le système d'exploitation nécessaire, le type de licence régissant la plateforme, les domaines utilisant la plateforme et les types de supports à la disposition de l'utilisateur.

- Concernant le langage de programmation, les modèles sont programmables sur les principaux langages de programmation. Selon leur étude portant sur 53 plateformes[379] de programmation, ils concluent que 42 % d'entre elles utilisent JAVA comme langage de programmation. Les autres plateformes les plus utilisées sont : 17% utilisent C++, 11% utilisent C et 8% une variante de logo.
- Concernant les licences, ils distinguent entre autres : les licences gratuites, ceux qui sont mises en ligne par les auteurs, les licences académiques.

[378] Nikolai C. and Madey G. (2009), « Tools of the trade : a survey of various Agent Based Modeling Platforms », *Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS)*, vol. 12, n° 2 2, http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/2/2.html.

[379] Concernant les 53 plateformes de programmation ABS étudiées, nous nous intéresserons à Anylogic, Comon-pool Ressources and Multi-Agent Systems (Cormas), Mason, Netlogo et Repast dans nos exemples.

Nous créons donc un tableau synthétique faisant d'une notation afin d'identifier les plateformes les plus efficaces.

Table 10. Synthèse des plateformes les plus efficaces (max 3 étoiles)[380].

	Any logic	Frams ticks	FLAME GPU	GAMA	MASON	Modelling 4all	Netlogo	Repast	SeSAm	JIAC
Propriétés /licence	2	3	1	2	1	3	3	2	3	1
Modélisation	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2
programmation	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
fonctionnalité	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Source : A. GAUDIEUX, 2013.

Nous donnons des notes allant de 0 à 3. La note 0 désigne la moins bonne caractéristique d'une plateforme. Inversement, la note 3 désigne la meilleure caractéristique d'une plateforme.

Plusieurs de ces Plateformes pourraient convenir à la problématique de thèse. Toutefois, la plateforme Netlogo semble être la plus adapté (apprentissage, modélisation, interprétation). En effet, certaines plateformes restent assez difficiles à mettre en œuvre dans le cadre de cette thèse car elle requière des compétences informatiques relativement pointues (cf. annexe 7, sur les plateformes de simulations multi-agents).

Pour notre simulation de la cognition et des ressources naturelles, nous devons sélectionner une plateforme facile d'apprentissage pour les non informaticiens. Ainsi, bien qu'une plateforme spécifiquement dédiée à la Simulation des ressources gérée en commun, nommée CORMAS[381], existe, nous lui préférerons Netlogo pour les raisons suivantes. Netlogo est plus simple d'utilisation et d'apprentissage étant donnée le temps impartie et les ressources allouées par le Laboratoire

[380] Confer l'annexe 5 pour le détail des plateformes de simulations multi-agents.

[381] http://cormas.cirad.fr/fr/outil/outil.htm

d'informatique et de Mathématiques (LIM) qui disposent de compétences de formation sur cette plateforme.

CORMAS (Common-Pool Resources and Multi-Agents Systems) est une plateforme de simulation développée par le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement). Cormas a été élaborée à partir du logiciel VisualWorks. Cormas utilise le langage de programmation smalltalk.

Cormas et Netlogo requièrent tous les deux une phase d'implémentation des agents, de l'espace, des comportements qui alimenteront la dynamique de simulation. Il est possible avec ces deux logiciels d'avoir une observation graphique des variables et agents, une grille de visualisation de l'environnement et de l'évolution des agents dans cet environnement.

Une étude entre les plateformes Netlogo, Repast et Cormas[382] démontre que :

- Pour la vitesse de modélisation Cormas est le plus rapide suivi de Netlogo puis de Repast.
- Pour la simplicité d'utilisation Netlogo se place premier suivi de Cormas et Repast.
- Netlogo est très connue et utilisée par une communauté internationale.
- Netlogo a déjà permis l'implémentation dans un environnement riche.
- Le langage de modélisation sous Netlogo est simple à réaliser pour la création d'un modèle.
- Le logiciel NetLogo est gratuit et open source.
- Dans Netlogo, l'objet est non orienté alors que pour les deux autres plateformes (Cormas et Repast) les objets sont orientés.

[382] Bajracharya K. (2012), « Comparaison of three Agent-Based Plateforms on basis of a simple epidemiological model ».
Proceedings of the Symposium on Theory of Modeling & Simulation - DEVS Integrative M&S Symposium, San Diego, California — April 07 - 10, 2013
ISBN: 978-1-62748-032-1

La plateforme Repast a d'emblée été abandonnée car il faut maitriser Java bien que cette plateforme a permis le développement des modèles sociaux et qu'elle dispose d'une bibliothèque ABMS (Agent Based Model System). Repast est aussi accessible en libre accès (cf. annexe 7).

Tout comme le modèle que nous voulons créer dans Netlogo, Cormas est générique et dédié à l'étude des interactions environnementales[383] mais nous avons choisi Netlogo car l'interprétation en sortie est plus simple étant donné les rudiments en informatique dont nous disposions. De plus, l'apprentissage des bases de Netlogo a été possible d'une part grâce à un stage à MAPS5 du CNRS (Modélisations Agents des Phénomènes Spatialisées) et d'autre part grâce à la formation auprès de Joël Kwan et Rémy Courdier du laboratoire d'Informatiques et de Mathématiques de l'Université de La Réunion.

Selon Rémy Courdier (2015), Netlogo pour cette simulation se justifie par :

- Le grand nombre de tutoriels existants.
- L'utilisation de Netlogo par une large communauté internationale.
- Le fait que l'environnement de programmation de Netlogo soit accessible à un non informaticien. Alors qu'il aurait fallu se former au langage Smalltalk pour utiliser Cormas et que ce programme nécessite un accompagnement intense pour quelqu'un qui n'est pas issu du milieu de l'informatique.
- Par ailleurs, il n'y a pas de compétences Cormas au Laboratoire d'Informatique et de Mathématiques à l'Université de La Réunion.

Toutefois, il est envisageable dans une seconde phase de ce projet de créer un groupe de travail qui pourrait réaliser une implémentation de cette proposition

[383] Bousquet F., Bakam I., Proton H. Le Page C. (1998), « Cormas : Common-Pool Resources and Multi-agent Systems », Lecture Notes in Computer Science. LNAI. Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1416 : p. 826-837.

d'outil sur une plateforme come CORMAS, GEAMAS NG [384], GAMA [385] ou REPAST.

1) Netlogo

Netlogo [386] permet de modéliser des « *phénomènes naturels et sociaux*» [387]. La Licence du logiciel est accessible gratuitement. Uri Wilensky (1999) a créé cette plateforme qui permet la modélisation *« de systèmes complexes en développement au fil du temps »*. Cette méthode est très pratique pour étudier indépendamment les comportements et les actions de *« centaines ou milliers d'agents »* et de leur « donner des instructions » durant la simulation pour étudier leurs décisions (sous conditions).

Les comportements et interactions peuvent aussi être étudiés au niveau micro-économique, méso- économique et macro-économique au cours de la simulation.

Cette plateforme permet de créer un modèle pour la problématique étudiée dans cette thèse. La simulation[388] porte sur la nature, les comportements et interactions sociales et l'économie (utilisation de l'économie, de l'informatique, de la psychologie sociale, des sciences de l'environnement).

La plateforme est disponible en libre accès en version Mac OS X, Windows et linux (…) sur https://ccl.northwestern.edu/netlogo/

---

[384] http://sourceforge.net/projects/geamas-ng/

[385] https://code.google.com/p/gama-platform/

[386] Banos A., Lang C. et Marilleau N. (2015, « Agent-Based Spatial Simulation with Netlogo», ed. Elsevier.

[387] Wilensky U. et Rand W. (2015), « An Introduction To Agent-Based Modeling : Modeling Natural, Social and Engineered Complex Systems with Netlogo »,ed. MIT Press books

[388] Exemple de simulation :

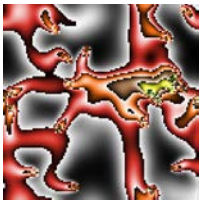
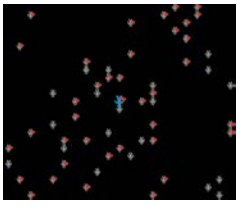
http://srv2.lemig.umontreal.ca/donnees/geo3532/Introduction/Introduction_a_NetLogo.pdf

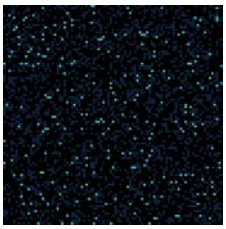
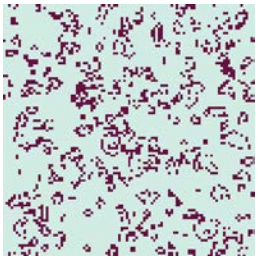
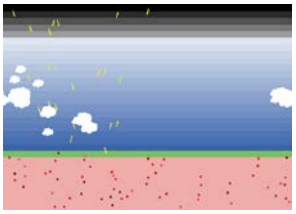
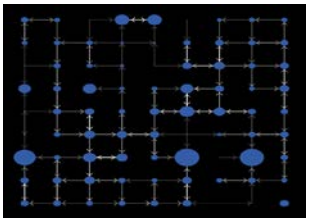
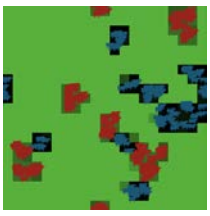
Nous avons fait le choix de NetLogo pour notre simulation car :

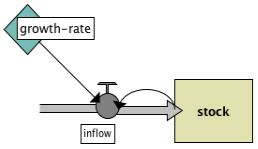
- Elle permet de réaliser simplement des simulations pluridisciplinaires.
- La constitution du modèle et du code est accessible et souple via Netlogo.
- La plateforme est accessible à un non informaticien, bien qu'une formation en profondeur s'impose.

Une fois Netlogo démarrée, il est possible de créer un code en allant dans la partie « code » ou d'utiliser un modèle de sa bibliothèque (menu « files » et onglet « Models Library »).

Table 11. Exemples de modèles de la bibliothèque Netlogo. Source : Bibliothèque de modèles Netlogo.

disciplines	Exemples de modèles de la bibliothèque Netlogo	Exemple de conceptualisation
Art	Graphique De diffusion	
Biologie	Maladie	

Chimie et physique	radioactivité	
Informatique	Vie cellulaire	
Sciences de la Terre	Changement climatique	
Jeux	Projet Attact	
Mathématiques	Surgace 3D	
« Networks »	« Diffususion on a Directed Network»	
Sciences sociales	coopération	

Systèmes dynamiques	Croissance exponentielle	

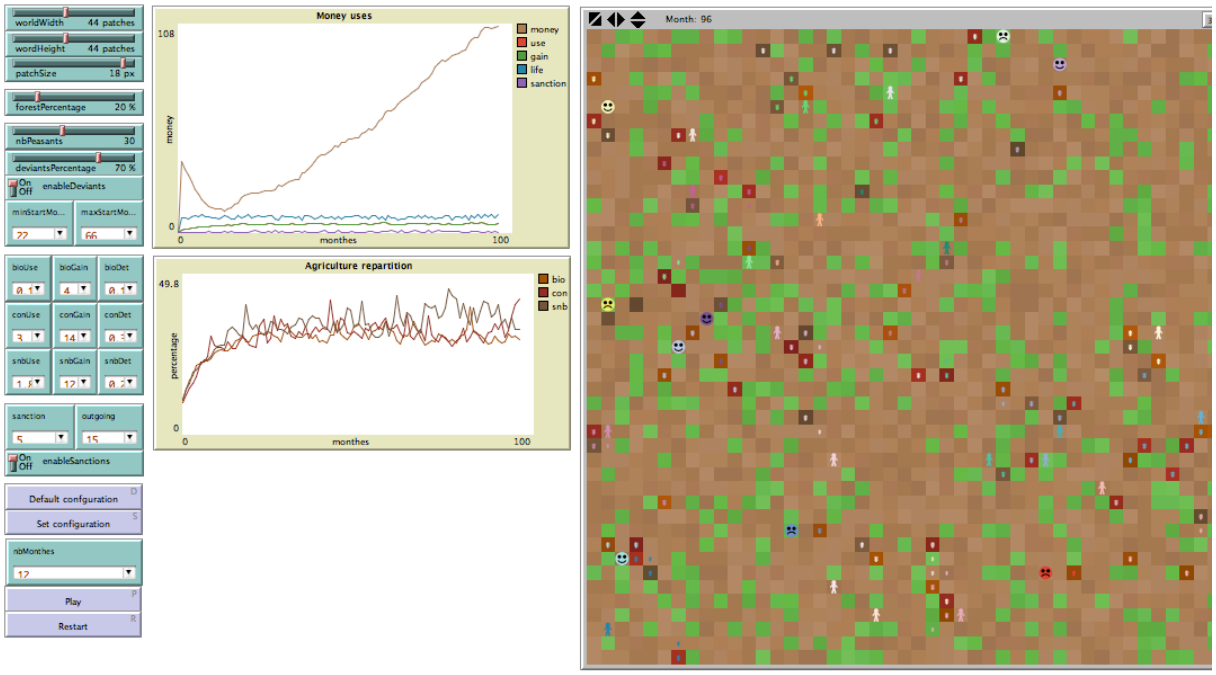


Figure 23 - Capture de l'interface Netlogo de notre prototype, A. GAUDIEUX.

On a quatre agents dans Netlogo :

- Un observateur : il ordonne des actions aux agents en fonction de ses observations.
- Des patches : il s'agit de la grille sur laquelle les agents mobiles interagissent.
- Les turtles : ils désignent les agents situés et mobiles.
- Les links : ils désignent les liens qui relient les turtles entre eux.

Un modèle se compose de 4 variables, Turtles, patches, et des variables globales et locales.

Pour qu'un modèle soit choisi dans la bibliothèque de Netlogo ou qu'il soit créé, il se compose d'une représentation spatiale. Les Turtles se répartissent sur des patches dans le cas de cette première version de SIEGMAS avant la création de MASC.

Un patch représente ici une parcelle, une forêt et le type d'agriculture pratiquée sur un territoire.

2) Descriptif et présentation d'un patch

Table 12. Exemple de descriptif de la représentation d'un patch de SEIGMAS, A. GAUDIEUX.

Implémentation
 **Peasants peasant** - nbPeasants (peasants)
 **Deviants deviant** - deviantsPercentage (deviants)

Exploitations exploitation

Each type of agriculture represents a certain percentage.

Other variables:

- Color (the color of the peasant to be identified visually)

- owner

- deteriorationLevel



Plots

- IsOwned

brown : Other natural resources which are not forest



Forest

- isForest

- ForestPercentage

- Pcolor (a variant of green for the forest)

Pcolor : three colors



brown

Very deep agriculture at dominance on burn land



Orange :

The bio agriculture



Purple: The conventional agriculture

Le temps est représenté par des ticks. Un tick peut désigner un jour, un mois ou une année (…). Ce choix peut être arbitraire ou dépendre de l'échelle spatiale requise pour l'étude d'un phénomène ou d'une variable.

Les slides (« *play* » ou « *Restart* » fig. 50) et les switches (« *nb peasants* » par exemple) permettent d'étudier sur un laps de temps t ou à un moment défini des scenarios ou des hypothèses.

Les Graphiques (Plots) permettent d'étudier des variables (cf. fig. 27, interface partie switches et rate).

Des codes de programmations sont établis en fonction des comportements de coopération des vaches sur une parcelle d'herbe. Ce code provient du modèle «*Cooperation* » de la catégorie « Social Science » des « *Sampe Models* » de la bibliothèque Netlogo.

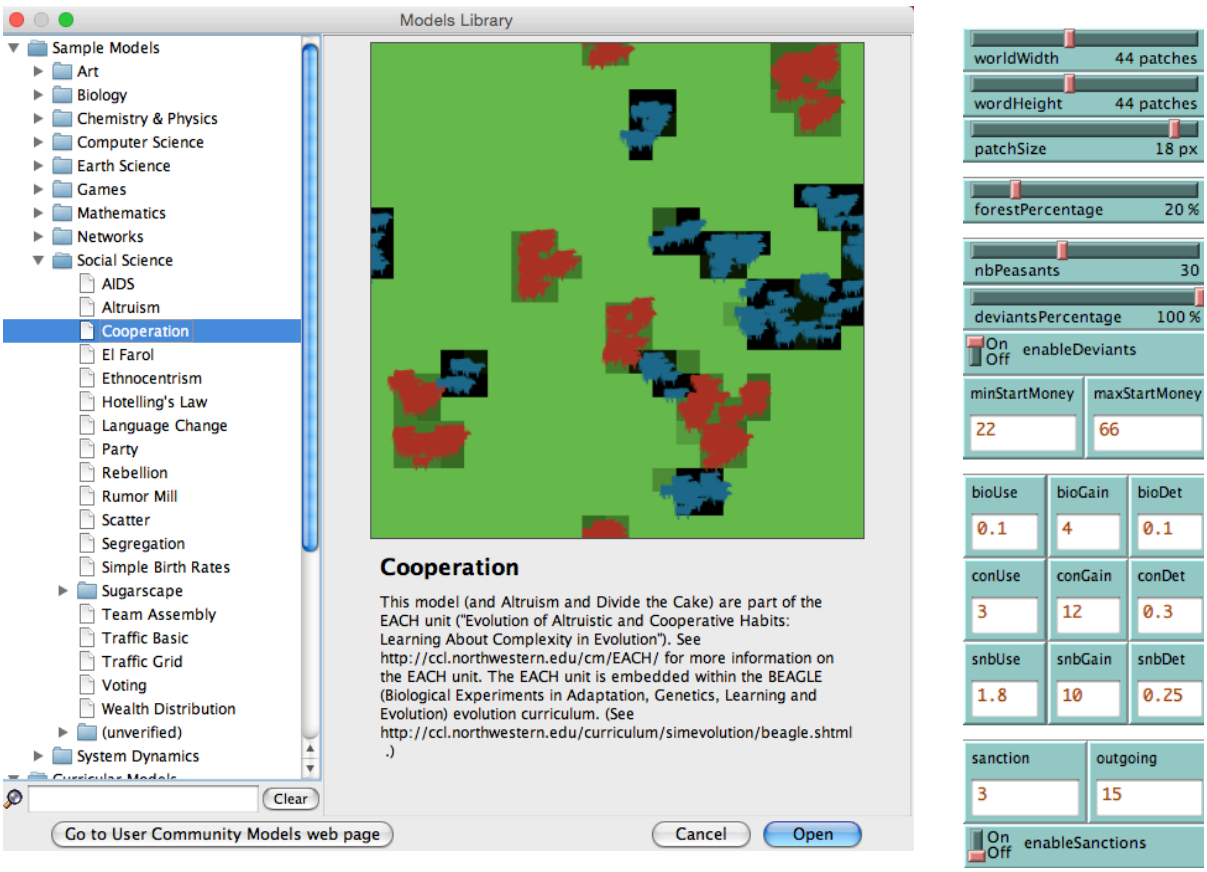


Figure 24 - Capture d'écran emplacement du modèle "cooperation" dans la bibliothèque Netlogo et interface partie switches et rate.

L'interface de Netlogo pour ce modèle se présente comme suit[389] :

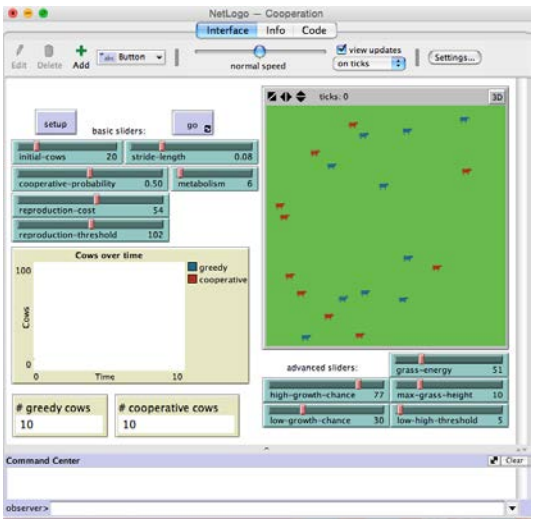


Figure 25 - Capture d'observation d'un turtle à travers l'observation de ces variables.

389 http://perso.telecom-bretagne.eu/rogerwaldeck/data/enseignement/Resum%C3%A9ConcpetNetlogo.pdf

Breed : définition d’un turtle Color : couleur

Heading : direction

Label : étiquette Label-color : couleur de l’étiquette

Pen-mode : parcours de l’agent Pen-size : largeur d’un trait

Shape : forme Size : taille du patch

who : nombre désignant le turtle xcor ycor : coordonnées du turtle

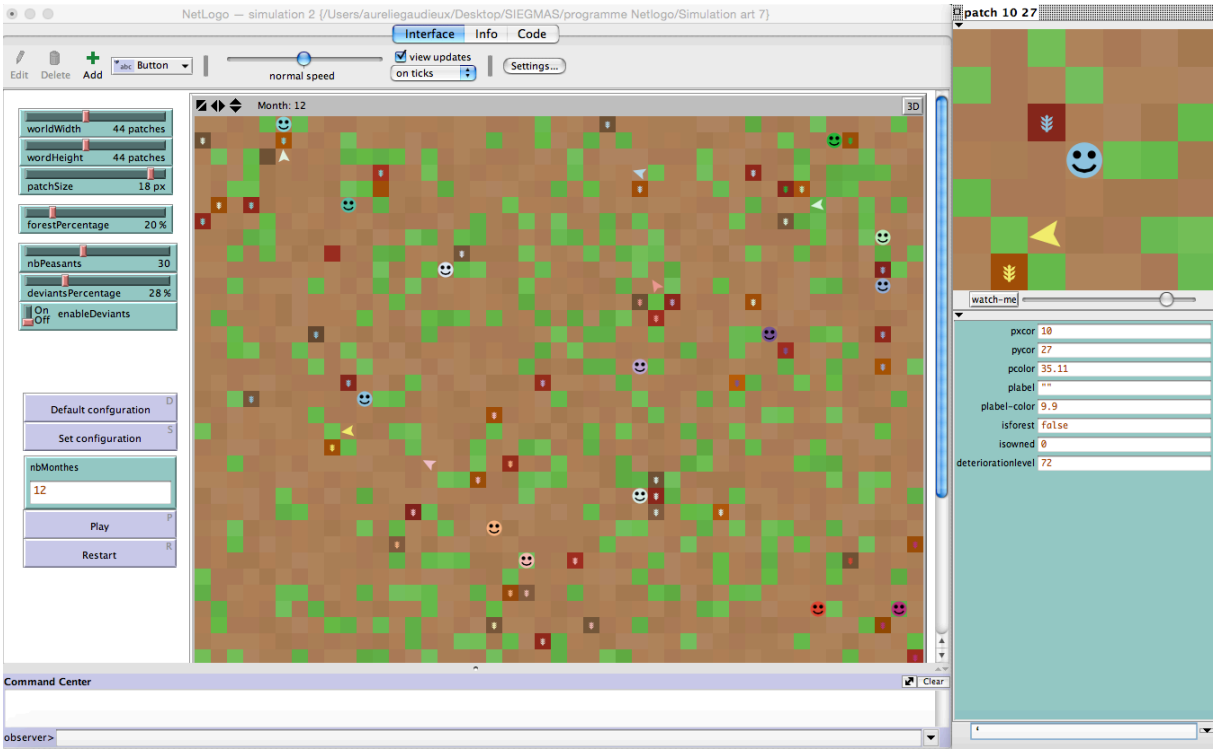


Figure 26 - Exemple d'observation de Turtles dans le modèle SEIGMAS 1.0, A. GAUDIEUX.

Conclusion du troisième chapitre

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à quelques méthodes pour notre axe de recherche.

Cela nous a permis, à partir d'une brève présentation des méthodes d'identifier une méthode porteuse à étudier la composition et la cognition des agents : les systèmes multi-agents. Nous synthétisons notre analyse des méthodes en émettant une comparaison dans la table 6.

La Plateforme Netlogo est choisie comme logiciel de conceptualisation du modèle.

Table 13. La synthèse de comparaison des méthodes (A. Gaudieux, 2014).

Évaluation et champ	Théories concernées	Méthodes possibles	Accès : complexité, environnement.	Faisabilité : application, temps, précision, besoins	Niveau de validation : analyse, conception, test, qualité	Choix des méthodes et incidences sur les résultats
Analyse de l'efficacité (marché efficace	1. Analyse de la valeur 2. Les charges de productivité 3. La valeur actuelle ou les dépenses potentielles	• 1a. Théorie de Biens communs et des droits de propriété • 1b.Les analyses coût-avantage et les charges de productivité • 2.a. méthode de l'évaluation contingente • 2. b. Limite de la Méthode des prix hédonistes • 3.a. la méthode des coûts de remplacement • 3.b. la méthode de coûts d'effectivité • 3.c. la méthode d'allocation des coûts • 3.d. Modèle d'Equilibre Général Calculable (MEGC) •	(1) 1 (1a) 1 (1b) 2 **(2a) 4** (2b) 2 (3a) 2 (3b) 2 (3c) 2 (3d) 3	(1) 1 (1a) 2 (1b) 3 **(2a) 5** (2b) 2 (3a) 1 (3b) 2 (3c) 2 (3d) 1	(1) 1 (1a) 1 (1b) 2 **(2a) 3** (2b) 3 (3a) 1 (3b) 1 (3c) 1 (3d) 2	(1) 1 (1a) 1 (1b) 2 **(2a) 4** (2b) 2 (3a) 1 (3b) 1 (3c) 1 (3d) 2

Analyse de l'économie de l'environnement et de l'écologie	1. Analyse multicritère 2. Mesures compensatoires ou restauratoires 3. L'Eco-certification et l'Eco-potentialité 4. Les méthodes de l'économie écologique	• 4. a. indicateur de biodiversité et de la bio-évaluation • 4.b. l'empreinte écologique • 4.c. les indicateurs d'interactions utilisés dans la comptabilité nationale	(1) 2 (2) 2 (3) 0 (4a) 1 (4b) 0 (4c) 0	(1) 1 (2) 1 (3) 0 (4a) 1 (4b) 0 (4c) 0	(1) 1 (2) 1 (3) 0 (4a) 1 (4b) 0 (4c) 0	(1) 1 (2) 1 (3) 0 (4a) 1 (4b) 0 (4c) 0
Analyse à base d'agents	Simulation Multi-agents ou simulation à base d'agents	• **Approche Système multi-agents**	**5** 5	**5**	**5**	**5**

Notes de 0 à 5 : 5 étant la note maximale.

Pourquoi choisir une méthode multi-agents pour représenter pour étudier des phénomènes économiques lorsqu'on n'est pas informaticien ?

Cette méthode est très riche et flexible. Les systèmes multi-agents permettent tant de modéliser des particules microscopiques que les comportements d'un individu ou d'un animal.

Les différents niveaux et la richesse des plateformes de modélisation ainsi que le libre accès de ces plateformes, fait qu'une grande communauté de chercheurs de toutes disciplines utilise cette méthode.

Cette plateforme se destine à la modélisation des phénomènes sociaux au sein d'un environnement.

Des nombreuses méthodes peuvent être envisagées dans le cadre de l'étude des stratégies de gouvernance des ressources naturelles et de nouvelles méthodes ne cessent d'apparaître depuis les dernières décennies.

À ce stade, il devient donc indispensable de faire un état de l'art des méthodes existantes dans le domaine économique afin de sélectionner la méthode la mieux adaptée à la problématique évoquée dans cette thèse. Relever les différences et les limites de ces méthodes sont essentielles pour ériger une comparaison de celles-ci dans le but de sélectionner la plus adéquate pour cette étude.

Dans la littérature économique ou dans d'autres disciplines[390], on emploie souvent la comparaison de méthodes par axes. L'expérimentation donne l'opportunité d'obtenir des connaissances scientifiques fiables (Ibn Al Haytham, 965-1039). Les méthodes de sciences sociales recourent à des analyses qualitatives et quantitatives (G.G. Granger[391], 1955).

[390] Confer Kellert S., Longino H. et Waters K. (2006), « *Scientific pluralism* », University of Minnesota press. Ces auteurs recommandent le pluralisme scientifique dans l'analyse scientifique.

[391] Confer Granger G. G. (1955), « *Méthodologie économique* », Paris, PUF.

Le choix d'une méthode unique repose sur le caractère exhaustif de la méthode dont les principes amènent à résoudre le problème. Pour évaluer une méthode, l'analyse de ses concepts, ses caractéristiques et de ses limites sera présentée dans cette partie.

La simulation d'agents correspond à un outil d'analyse des systèmes complexes; les objectifs de cette simulation sont d'aider à valider les hypothèses scientifiques énoncés dans notre problématique, nos hypothèses et savoir comparer les comportements observés et les résultats de simulations. La simulation constitue également une aide à la compréhension des phénomènes d'interactions et de cognition.

Les systèmes pour les simulations multi-agents comprennent des comportements micro et macro qui seront évalués. Les systèmes complexes, même s'ils sont basés sur des modèles théoriques ardus à définir permettent d'obtenir des simulations assez réalistes. Ces systèmes sont très communiquant et les aspects temporels et spatiaux sont très importants.

Netlogo est une plateforme de simulation multi-agents utilisée par les informaticiens et les personnes d'autres disciplines souhaitant réaliser des simulations. Réaliser des simulations multi-agents avec Netlogo est moins laborieux qu'avec des plateformes très complexes pour les non-informaticiens.

Au terme de ce chapitre, il apparaît que les systèmes multi-agents proposent à travers la conceptualisation une modélisation des mécanismes des agents dans un contexte d'interaction et de cognition.

Dans le chapitre suivant, nous nous intéressons à la conceptualisation de notre chaine d'outils à base de systèmes multi-agents nommée SIEGMAS.

Chapitre 4 Conceptualisation d'une chaine d'outils à base de systèmes multi-agents et applications aux territoires de La Réunion et de Madagascar[392]

« Le plus important est de ne jamais cesser de questionner.

La curiosité existe pour une bonne raison ».

Albert Einstein.

« Si tu vas où tu ne sais pas, emprunte les chemins que tu ne connais pas ».

Saint Jean de la Croix

---

[392] A. Gaudieux, J. Kwan and R. Courdier (2015), « Les stratégies d'acteurs pour la Gouvernance Communautaire des Ressources Naturelles : Expérimentation d'un outil d'aide à la Décision à base de Systèmes Multi-Agents appliqué à l'Océan Indien » (RJCIA'15), Rencontres de Jeunes Chercheurs en I.A., Plateforme PFIA'15, Rennes, France, lundi 29 juin -1er juillet 2015.

A. Gaudieux, J. Kwan, Y.Gangat, R. Courdier (2014), MASC : MAp Sectors Creator - a tool to help at the configuration of multi-agents systems for everyone, SIMULTECH 2014. ISBN: 978-989-758-038-3.

A. Gaudieux (2013), Communication Poster « Evaluation des interactions entre les parties prenantes dans la gouvernance communautaire des ressources naturelles à Madagascar : cas d'Analamanga », 10th International Conference of the European Society for Ecological Economics on Ecological Economics and Instututional Dynamics (Bruxelles-Lille 18 - 21 juin 2013).

Rakotobe D'Alberto N., Gaudieux A. et Bonardin-Cadet A., Sous Dir., (2016), « Perception, représentation, compréhension », « travaux et documents n°50 », p. 158.

Comment concevoir et implémenter des phénomènes économiques avec des systèmes multi-agents ?

Dans le cadre de cette thèse nous tentons de proposer une méthode à base de systèmes multi-agents pour l'étude des interactions dans la gestion des ressources. Bien que les méthodes économiques permettent de faire des calculs rigoureux sur le comportement des agents économiques, l'aspect cognitif et interactif peuvent être étudiés en temps réel ou de manière prospectiviste tant au niveau micro- méso ou macro au plus près de la réalité qu'avec une méthode multi-agents.

Les interactions sociales font vivre le système dans une forme de réalité auto-organisée et cela participe à la réalité des règles économiques.

Cette recherche a pu être menée grâce aux compétences d'économiste qui ont été combinées à des compétences juridiques et en informatique. Notre contribution consiste à conceptualiser ces outils avec un appui technique d'informaticiens. Nous nous sommes également formés aux ontologies et aux UML[393]. Ainsi, nous avions réalisé l'ensemble des ontologies et UML du modèle SIEGMAS.
La réalisation d'une ontologie nous permet de spécifier les concepts relatifs aux entités de la gouvernance communautaire des ressources naturelles et les liens existants entre les concepts. Les flèches représentent des relations de subsomption (« est un ») dans une ontologie. Ce langage de spécification nous permet de modéliser nos classes ou plutôt nos représentations de connaissance avant de convertir un diagramme UML en langage OWL[394] avec le logiciel Protégé[395].

Une modélisation en UML se représente avec un langage de modélisation les objets orientés.

Concernant les simulations, nous avons conceptualisé l'ensemble du code qui est une traduction de l'ensemble des idées et hypothèses de recherche. Puis, nous nous sommes formés à la réalisation de base de données MySQL et MySQL Workbench.

---

[393] Booch G., Rumbaugh J. et Jacobson I., (1999), « *The Unified Modeling Language User Guide* », Addison-Wesley.

[394] Web Ontology Language.

[395] Logicel de conception d'ontologie.

Concernant l’utilisation des tableaux de bord. Nous avons exploré l’ensemble des tableaux de bord évoqués avant de me familiariser au tableau de bord Prompto.

Le système SIEGMAS (Stakeholders Interactions in Environmental Governance by a Multi-Agent System) simule les interactions entre les parties prenantes dans la gouvernance communautaire des ressources naturelles dans les îles de l’Océan Indien. Ce système repose sur un modèle d’agents permettant d’étudier les interactions entre des agents agissant sur un territoire sous un aspect économique via une interface sociale et environnementale.

Le travail présenté ici constitue une extension d’un premier système SIEGMAS étendu au travers d’une interface interactive et dynamique dotant notre système de propriétés puissantes de configuration par cartes et d’interprétation des résultats. L’objectif de SIEGMAS est double. D’une part, il s’agit d’offrir un modèle dédié à la communauté économique pour la gestion des ressources naturelles. D’autre part, l’objectif consiste à offrir une solution informatique (générique) adaptée aux décideurs du milieu économique, politique et des sciences sociales.

Les ressources naturelles ont, dans un premier temps, été considérées comme illimitées dans les siècles derniers. Puis, avec un accroissement de la population et de la consommation, la notion de limitation des ressources est apparue dans les discours institutionnels. La finitude des ressources incite les sociétés à assurer une gestion plus soucieuse de l'environnement des nuisances et des risques générés. Le système SIEGMAS (Stakeholders Interactions in Environmental Governance by a Multi-Agents System) que nous avons conçu, permet d’étudier les interactions entre les différentes parties prenantes dans la gouvernance communautaire des ressources naturelles.

Bien que cette problématique soit très présente dans l’actualité et dans de nombreuses recherches pluridisciplinaires, la génération de simulation portant spécifiquement sur les interactions entre les parties prenantes dans la gouvernance communautaire des ressources naturelles n’avait à ce jour jamais été réalisée dans l’Océan Indien via une suite d’outils. L’approche multi-agents, utilisée dans ce

travail, permet d'appréhender cette problématique selon un angle nouveau, complémentaire aux outils économiques actuels.

Notre objectif consiste à construire une méthode pour la communauté scientifique travaillant sur les modèles économiques et les décideurs par la proposition d'un environnement informatique constitué d'une chaine d'outils dont le cœur se constitue d'un modèle multi-agents réutilisable adapté aux différents territoires. Comme nous disposons d'une bonne littérature sur les territoires insulaires de l'Océan Indien et de nombreuses bases de données récoltées et constituées dans le cadre de nos enquêtes de terrain, la zone Océan Indien a été retenue pour expérimenter cette méthode. Ainsi, nos expérimentations réalisées avec SIEGMAS portent tout autant sur la grande île de Madagascar, dont certaines règles de gestion sont liées à des bailleurs internationaux (Banque Mondiale,…) qu'à la petite île française de La Réunion régie par le code européen. L'objectif étant également d'apporter dans un premier temps des solutions aux décideurs et à la communauté scientifique de notre territoire.

La thèse présente un outil de gouvernance communautaire et justifie l'intérêt d'une approche SMA. Il décrit le modèle conceptuel de représentation multi-agents associé à notre système. Puis, il introduit des extensions originales constituées d'une part d'un outil de configuration MASC (MAp Sector Creator) qui permettent de générer de façon flexible un environnement de simulations en partant de cartes numériques de représentation de données d'experts. D'autre part, il présente notre démarche d'interprétation des résultats basés sur une séparation complète des données de génération par rapport aux données de visualisation.

Les méthodes multi-agents permettent, quant à elles, de fournir directement des outils répondant à la problématique exacte de l'utilisateur. Diverses plateformes multi-agents existent. Les potentialités de simulations dépendent des plateformes de développement et d'exécution. Les contraintes de modélisation et techniques des plateformes influencent directement le choix de la plateforme la plus pratique pour cette thèse.

Section 1. Le protocole de recherche

À travers cette thèse notre objectif vise à :

- Étudier les comportements et les stratégies entre acteurs dans la gouvernance communautaire des ressources naturelles sur ces trois territoires : la Région d'Itasy, celle d'Analamanga à Madagascar et la Région Réunion.

- Fournir une analyse des impacts des interactions et de la cognition des agents dans un espace donné grâce à un modèle multi-agents.

- Proposer une ouverture et une application de ce modèle pour d'autres territoires.

Il s'agit de modéliser le comportement des parties prenantes dans la gestion/gouvernance communautaire des ressources naturelles, d'une part, pour la région Analamanga et d'Itasy (Madagascar) ; et d'autre part, pour la région de La Réunion. Pour ce faire, nous créons une méthode composée d'une suite d'outils pour l'étude de la gestion environnementale généralisable aux territoires.

Pour la simulation de ces deux études de cas, nous retiendrons un méta-modèle à base d'agents car ces modèles donnent « *la possibilité représenté des systèmes de référence composés d'entités différenciées, soit par la valeur de leurs attributs, soit par leurs attributs ou leurs comportements eux-mêmes* »[396]. Ainsi, les différents agents ayant des structures différentes (attributs et comportements) peuvent être représentés dans un même modèle et individualisés. L'Intelligence Artificielle (IA) et les Systèmes Multi-Agents (SMA) sont à l'origine des métas modèles[397] à base

[396] Drogoul A. Treuil J-P., Zucker J.D. (2007), « Modélisation et simulation à base d'agents », Dunod, p.107.

[397] Un méta modèle est une modélisation d'un modèle existant. *« Un **métamodèle** peut donc être défini comme la représentation d'un point de vue particulier sur cette structure S. Si on ne s'intéresse dans S qu'au couple {Langage, Modèle} on rejoint l'acception la plus courante de métamodèle : modèle de langage de description de modèles. Il existe différents métalangages*

d'agents[398] (Ferber, 1995)[399]. Rappelons qu'un modèle à base d'agents est « *un système composé d'entités multiples ou agents qui évoluent dans un environnement, conçu comme une entité particulière, dans lequel ils sont localisés. Ces agents sont dotés d'attributs, de comportements, et de capacités de perception et de communication* [400]».

Ces trois points forment le langage de modélisation.

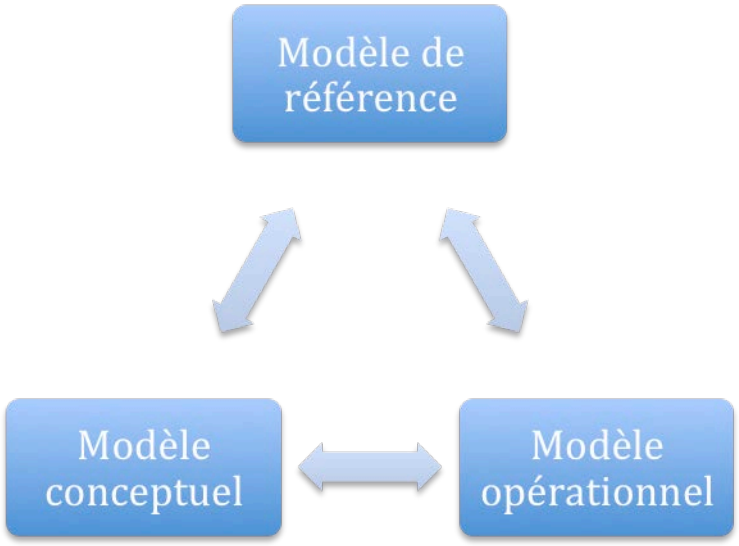


Figure 27 – Langage de modélisation. Conception : A. GAUDIEUX.

permettant l'écriture de tels métamodèles. Parmi ceux-ci on peut citer entre autres le langage BNF (forme de Backus-Naur) ou le MOF». cf. http://fr.wikipedia.org/wiki/Métamodèle

[398] Un méta-modèle à base d'agents est préféré à un méta-modèle orienté objet (différentier). Les spécifications et le degré de dépendance du méta-modèle à base d'agents seront spécifiés ultérieurement.

[399] Ferber, J. (1995), « Les systèmes multi-agents : Vers une intelligence collective ». InterEditions,. isbn: 272960572X.

[400] Treuil J-P. , Drogoul A. Zucker J-D (2008), « modélisation et simulation à base d'agents », Dunod.

Netlogo est la plateforme choisie pour cette simulation. Nous avons fait le choix de cette plateforme pour plusieurs raisons :

- Elle permet de réaliser simplement des simulations pluridisciplinaires.

- La constitution du modèle et du code est assez simple et souple via Netlogo.

- La plateforme est accessible aux non informaticiens, bien qu'une formation en profondeur s'implose.

A. De la modélisation au terrain d'application

1) Les objectifs de la modélisation pour ces études de cas

À travers cet outil, nous nous fixons plusieurs objectifs.

- Étudier via les Systèmes Multi-Agents (SMA) les comportements et l'organisation des parties prenantes dans la gouvernance communautaire des ressources naturelles.

- Modéliser le pouvoir détenu par chacune des parties prenantes et les éventuels conflits d'acteurs.

- Fournir une proposition de méthode pour les autorités via les SMA.

- Établir un modèle opérationnel prévisionnel en vue d'anticiper l'état du système (actions, communications ou interactions).

Il est possible de coupler des dynamiques sur chaque environnement avec Netlogo.

a) Aspects uniques et innovants de cette thèse

À ce jour aucune modélisation à base d'agents aussi précise n'a été réalisée pour :

- Les territoires insulaires de l'Océan Indien (notamment simultanément).

- La gouvernance communautaire des ressources naturelles dans les îles l'Océan Indien.

- Les ressources naturelles dans les territoires insulaires de l'Océan Indien.

- La déviance institutionnelle et de l'ensemble des parties prenantes dans une démarche de gouvernance communautaire.

- La connaissance environnementale des acteurs dans l'Océan Indien.

- Les influences des acteurs (interactions - cognition) dans un SMA dans l'Océan Indien.

- Outre tous ces caractères innovants, la réalisation d'un outil complet comme SIEGMAS (Stakeholders Interactions in Environnemental Governance by a Multi-Agent System) apporte une méthode alternative en apportant 3 outils alors que les thèses sur les systèmes multi-agents se limitent bien souvent à l'étape 2 de notre modèle.

L'étude de l'organisation des parties prenantes dans la gouvernance des ressources naturelles à Madagascar et à La Réunion via une simulation multi-agents semble être une bonne approche à généraliser pour les territoires insulaires de l'Océan Indien à court, moyen et long terme. L'étude des comportements des parties prenantes sous l'influence environnementale des entités gouvernementales aux alentours et sur l'ensemble des territoires sélectionnés nous amène à nous demander :

- Quels sont les facteurs permettant la bonne gouvernance ou à l'origine de la mauvaise gouvernance sur ces territoires ?

- Quelle dynamique et quel développement pour chacune de ces parties prenantes

en fonction des facteurs héréditaires (comportements), des traditions (us et coutumes, ..) ou sociaux (up ou top down, notamment les mesures instaurées par les autorités via un pouvoir descendant) ?

- Quelle est la structuration de la déviance individuelle et collective (réseaux de déviance) ?

- Comment les individus interagissent face à la déviance ?

- Comment y remédier plus efficacement ?

Dans un premier temps, un état des lieux de la littérature économique, socio-juridique et de la gouvernance relative à la gestion communautaire des ressources naturelles à Madagascar a été érigé.
Puis, dans un second temps, un état des lieux de l'ensemble de la méthodologie et les études réalisées sur les systèmes multi-agents constitue un apport d'informations notoires.
Durant en amont et en aval de la construction du modèle, des hypothèses ont été érigées afin de juger de la pertinence et de l'efficience des facteurs étudiés.

Les interactions entre les agents proviennent des actions mutuelles auxquelles participent ces acteurs ou aux décisions générées par un ou plusieurs agents dans le même environnement.

Les simulations auront pour objectif de reproduire le comportement des parties prenantes pour valider les hypothèses comportementales conformément :

- Aux comportements observés et relatés dans état de l'art au fil de cette thèse.

- Aux travaux menés par le groupement d'intérêts pour Madagascar[401] (C3EDM,

[401] GIP (Groupe d'intérêt public, 2010) DELC/SAGE/C3EDM, « Canevas pour une proposition d'orientations stratégiques pour la gouvernance et la gestion communautaire Durable des Ressources Naturelles », p.4.

GIP (Groupe d'intérêt public, octobre 2010) DELC/SAGE/C3EDM, « Rapport de missions sur la capitalisation à la base de la gestion communautaire des ressources naturelles, p.37.

C3EDM (2003), « INTRAG », p.90.

SAGE et DELC), les instances internationales (Banque Mondiale[402], …) et aux travaux menés par les instances françaises et régionales à La Réunion.

- Aux divers travaux d'auteurs de références[403] sur la gouvernance des ressources naturelles et sur les SMA.

- Aux comportements observés au travers des études de terrain réalisées dans le cadre de cette étude sur les trois régions étudiées. A l'issue des enquêtes de terrains

b) La question scientifique

Cette modélisation a pour objectif.

---

[402] Banque Mondiale (19 Mars 1990), « Implementation completion report on a credit in amont of US$ 30 million to Madagascar for the environment program phase II project », rapport n° 29 309, décembre 2003, p. 61.

Banque Mondiale (1990), « Rapport d'évaluation, République Démocratique de Madagascar, Programme Environnemental », rapport n° 8348-MAG, p.138.

Banque Mondiale (avril 1992), « Governance and Development », rapport n° 10650, p. 61.

Banque Mondiale (30 juin 2003), « Étude de la gestion des dépenses publiques », république de Madagascar, report n° 27432, p.72.

Banque Mondiale (30 octobre 2003), « Programme environnemental phase 3 », RP 240, p. 13.

Banque Mondiale (décembre 2003), « Madagascar, Revue du secteur Rural et Environnement, volume I : rapport principal », rapport n° 26106 -MG18 p. 70.

Banque Mondiale (2003), « Madagascar decentralization », rapport n° 25 793 – MAG, p.93.

Banque Mondiale (april 20, 2004), « Project Appraisal document on a proposed IDA grant in the amount of SDR $ 26, 8 million and a grant from the global environment facility trust fund in the amount of $ 9.0 million to the Republic of Madagascar for third environment program support projec »t, rapport n° 27 353- MAG, p. 84 – 98.

Banque Mondiale (juin 2004), « Réduction de la pauvreté et gestion économique », n° 31 052, p. 6.

Banque Mondiale (juin 2007), « Project performance assessment report, Madagascar Evironment II », report n° 39 860, p. 54.

Banque Mondiale, (décembre 2010), « Analyse d'économie politique de la gouvernance à Madagascar », Revue de la gouvernance et de l'efficacité du développement, p. 20.

[403] A l'instar de Ballet J. et Randrianalijaona (2011), « Vulnérabilité, insécurité alimentaire et environnement à Madagascar », ed. Harmattan.

- D'identifier les difficultés comportementales et interactionnelles entre les parties prenantes.

- De comprendre l'organisation ou l'auto-organisation des parties prenantes par l'étude de l'organisation de la structure (1), de la hiérarchisation (2) et des rôles (3).

- D'identifier les méthodes de déviance.

Pour répondre à cette problématique nous utiliserons trois schèmes[404].

Le schème fonctionnel : une société est cohérente et recherche son équilibre et sa cohésion.[405]

L'approche systémique : « *un système est un ensemble organisé d'éléments indépendants tel qu'un changement d'un des éléments affecte automatiquement tous les autres, de sorte que l'ensemble du système se recompose* ».[406]

Le schème interactionnisme : « *Une interaction est une situation de face à face où les individus impliqués s'influencent directement* ». [407] Il s'agit d'étudier le comportement des agents au niveau micro. Les points à étudier sont donc les suivants :

- Quels agents interagissent ?

- Quelle est la nature de ces interactions ?

- Quelles sont les normes et principes qui régulent cette relation et la déviance ?

---

[404] Un Schème en sociologie et en psychologie désigne « la structure ou l'organisation des actions telles qu'elles se transfèrent ou se généralisent lors de la répétition de cette action en des circonstances semblables ou analogues ». Piaget J. (1993), « la psychologie de l'enfant », ed. Que sais-je ?.

[405] Quivy R, Van Campenhoudt L (2006), « manuel de recherche en sciences sociales », ed. DUNOD, p. 89.

[406] Ibid, p. 89.

[407] Ibid, p. 91.

c) L'échelle spatio-temporelle et la granularité

Les modèles qui seront développés pour Madagascar et La Réunion sont des simulations orientées agents des comportements des individus dans la gouvernance des ressources naturelles.

La structuration des modèles d'ethnologie, de sociologie et les modèles environnementaux via les SMA constitue un point de départ incontournable pour le développement de nos modélisations (cf. SELFCORMAS, Cirad 2000 [408] et Netlogo [409]). De plus, aucun outil complet combinant toutes ses étapes n'existe pour une telle étude à ce jour. L'objectif n'est pas de créer un outil pour faire de l'ingénierie. La force de l'informatique dans la création de cette suite d'outils réside dans sa capacité à rendre plusieurs activités (actions simulées) simultanément et à simplifier. Il s'agit de soulager la réalisation de statistiques par un gain de temps colossale en actualisant les données e temps réel. De plus, les calculs qui auraient été biaisés pour la cognition avec une autre méthode et

Nous sommes conscients que ces démarches nécessitent la mise en place d'outils informatiques qui ne seraient occulter l'efficacité global pour le traitement des données et avant tout les avancés sur l'étude de la cognition /interactions.

Pour la région d'Analamanga[410], nous étudions ses huit districts. Pour ce faire, nous menons notre étude sur le chef-lieu de chaque district et sur la commune principale du district.

---

[408] http://cormas.cirad.fr/ et http://cormas.cirad.fr/fr/applica/applica.htm

[409] Netlogo bibliothèque : http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/

[410] Les discrits d'Analamanga :

- le district d'Ambohidratrimo (avec une superficie de 1 402 km2 et 25 communes);
- le district d'Andramasina (avec une superficie de 1 370 Km2 et 12 communes) ;
- le district d'Anjozorobe (avec une superficie de 3 714 km2 et 18 communes);
- le district d'Ankazobe (avec une superficie de 7 458 km2 et 12 communes);
- le district d'Antananarivo-Atsimondrano (avec une superficie de 369 km2 et 17 communes) ;
- le district d'Antananarivo-Avaradrano ;
- le district d'Antananarivo-Renivohitra ;
- le district de Manjakandriana.

Pour la région d'Itasy les chefs-lieux de ces trois districts font l'objet de notre étude.

Pour la Région de La Réunion, nous nous focalisons sur les quatre microrégions. Il s'agit d'étudier la répartition des 100 000 hectares d'espaces protégés sur l'île via un découplage des quatre microrégions de l'île.

2) Le terrain d'application[411]

Afin de tester empiriquement notre modèle, nous devons retenir un terrain pour mener cette étude. Pour répondre à notre problématique nous nous demandons également « quelles sont les stratégies et les interactions pour les acteurs dans la gouvernance communautaire des ressources naturelles dans les îles de l'Océan Indien ? », l'idéal aurait été de faire des simulations multi-agents pour les îles voisines comme à vos terrains d'étude comme les Seychelles, Mayotte et les Comores. L'examen des critères idéaux et du temps imparti pour la réalisation de cette thèse nous conduit à retenir deux territoires insulaires et trois terrains d'enquête pour notre étude de cas : La Réunion et Madagascar. Cette logique découle du fait que ces deux territoires ont les mêmes fondements en matière de droit et de gestion environnementale bien qu'ils tendent à adopter des mesures issues du droit et de l'économie de l'environnement internationaux.

En aval de cette thèse, pour enrichir cette analyse, nous souhaiterions répondre à cette problématique en réalisant une simulation multi-agents pour Les Seychelles, Mayotte et les Comores. Comme le souligne Wright Mills[412], (1967), l'objectif du terrain n'est pas de parvenir à des théories mais de découvrir.

---

[411] La phase exploratoire constitue « une des phases les plus agréables d'une recherche : celle de la découverte, des idées qui jaillissent », Quivy R. et Van Campenhoudt L. (2006), « manuel de recherche en sciences sociales », 3ème édition, ed. Dunod. p. 61. ANNEXE 7 détails de l'enquête de terrain.

[412] Mills C.W. et Clinquart P. (1967), « L'imagination sociologique », ed. F. Maspero.

a) Enquête de terrain du Région d'Analamanga et d'Itasy

2 Février à 30 Avril 2011 (Madagascar)

28 octobre au 6 novembre 2011

21 juillet au 9 Août 2014

b) Enquête de terrain du Région Réunion

1er juin au 1er juillet 2014

11 Août au 15 octobre 2014

B. Hypothèses, échantillon et Questionnaires.

1) Les hypothèses

Pour la constitution des hypothèses, on pose, dans ce cas, l'hypothèse d'une convergence (ou d'une cooccurrence) entre deux situations ou entre deux phénomènes, c'est-à-dire que l'on image que ces phénomènes apparaissent, existent ou se développent, dans un même contexte ou dans une même période. Les hypothèses constituent des éléments de réponses à des questions posées. Les variables peuvent être dépendantes ou indépendantes ou explicatives ou expliquées. Selon Craney Glaser et Anselm Strauss[413] (1967), il faut aller sur le terrain avec une idée des premières hypothèses.

Nous réalisons des entretiens exploratoires[414] afin de bien orienter et réajuster nos recherches.

Après avoir réalisé plus de 300 questionnaires, les tendances qui se dégagent de notre analyse nous permettent d'identifier les principales thématiques. Dans le cadre du temps de thèse imparti, nous avons choisi de nous focaliser sur les cinq premiers résultats afin d'incrémenter ces variables dans le modèle.

---

[413] Glaser B. G., Strauss A. (2010), « la découverte de la théorie ancrée. Stratégies pour la recherche qualitative », ed. Armand Colin, cool. « Individu et société ».

[414] Quivy R, Van Campenhoudt L (2006), « Manuel de recherche en sciences sociales », ed. DUNOD, P.58. *« Ces entretiens se réalisent au début de la recherche afin d'aider à la formulation de la problématique. Ces entretiens permettent de réorienter la problématique, les hypothèses et les lectures du chercheur. Ces entretiens doivent être brefs, clairs et concis. L'exploitation des entretiens exploratoires identifie des pistes de recherche nouvelle. L'enquêteur doit poser peu de question tout en cadrant la conversation sur ces objectifs. Il ne doit pas orienter l'interviewé et choisir un pont de rendez-vous neutre[414]. Il est recommandé de procéder à l'enregistrement des entretiens ».*

Quelles sont les représentations sociales[415] pour chacune des régions étudiées ?

Les hypothèses retenues qui se dégagent à l'issue de nos enquêtes de terrain sont les suivantes.

- *H1 : Les interactions influencent les aspects environnementaux. INTERACTION.*
- *H2 : Plus il y a de contrôle et de sensibilisation, moins il y a de déviance. DEVIANCE.*
- *H3 : La connaissance environnementale influence la déviance. KNOWLEDGE.*
- *H4 : Les acteurs gagnent à choisir une gestion environnementale optimale. MONEY.*
- *H5 : Le choix d'un mode d'agriculture ou de protection des ressources naturelles augmente la rentabilité. RENTABILITY.*

[415] Les représentations sociales sont *« des univers d'opinions propres à une culture, une classe sociale ou un groupe et relatifs à des objets de l'environnement social »*. Moscovici (1961), il distingue également l'opinion de l'information et de la croyance. Selon Moscovici les représentations sociales consistent à :

- Non pas à collecter des éléments cognitifs mais des éléments bien structurés.
- Trouver une représentation partagée par l'ensemble des agents.
- Représenter des systèmes de compréhension collectivement produite.
- Représenter d'un processus global de communication.
- Représenter la structure sociale de la relation étudiée.

2) L'échantillon

Un échantillon[416] représentatif possède la même structure que la population de référence. Cela signifie que les sous-groupes qui composent cet échantillon doivent représenter une part identique à la part qu'ils représentent dans la population.

L'échantillon choisi

Pour cette étude expérimentale sur les stratégies d'acteurs dans la gouvernance des ressources naturelles, un échantillon aléatoire de 100 acteurs par région est retenu pour créer des données sur divers aspects environnementaux notamment la psychologie et la perception de la connaissance environnementale.

Nous choisissons d'appliquer la méthode de l'échantillonnage par quotas[417]. Cette méthode est plus pratique pour le temps limité qui nous est imparti dans le cadre des voyages de terrain à Madagascar. Ainsi, pour que cette étude de terrain soit homogène, nous déploierons la même technique sur le territoire réunionnais. La méthode des quotas a pour but de permettre la représentativité d'un échantillon en se basant sur une structure identique à celle de la population de base. Cependant, la méthode des quotas donne trop d'initiative mais ne requière pas de base de sondage.

La méthode des quotas nous permet de prévoir une démarche d'incrémentation des données en Big Data et d'avoir des données en t0 pour faire de la prospective dans notre projet de recherche.

[416] Martin O. (2012), « Analyse quantitative des données », ed. Colin A., 3ème édition.

[417] Combessie J-C, (2007), « la méthode en sociologie », ed. La Découverte.

Les profils sont diversifiés.

Population de référence : les résidents d'Analamanga (1), d'Itasy (2) et de La Réunion (3).

Qui interroger : des personnes faisant parties des parties prenantes déterminées dans notre modèle (parties prenantes) via une analyse quantitative à l'aide des questionnaires et d'une analyse qualitatives à l'aide d'entretiens semi-directifs. Il s'agit donc de rencontrer des citoyens divers regroupés dans les 3 parties prenantes définies dans notre modèle de thèse SIEGMAS (Stakeholders Interactions in Environmental Governance by a Multi-Agent System présenté dans la seconde section de ce chapitre).

ExternalHelp : gouvernements étrangers, bailleurs de fonds et associations.

Manager : État et ministères, autorités décentralisées, communauté de base.

Operator : Fermiers, entreprises.

Catégories socioprofessionnelles (PCS): diversifiées

Âges : +15 ans

Où : lieu districts, microrégions, communes.

Taille du district : chef lieux des districts et des communes sélectionnés à Analamanga et à Itasy.

Microrégions : étude des 4 microrégions de La Réunion regroupées à travers ces 24 communes.

Combien (fiabilité de l'échantillon et comment choisir ?) : 100 acteurs par région sur la population mère, en fonction de l'objectif de recherche. L'objectif est d'avoir des données t_0 comme point de départ.

Variables de contrôle : Nous choisissons des variables de contrôle pour réaliser notre échantillon à l'instar de la catégorie d'acteur, le sexe, l'âge et les variables sociales.

Il faut bien prendre en compte que la thèse propose une méthode différente pour l'étude des stratégies d'acteurs et pour la réalisation de simulation socioéconomique et environnementale identifiant la cognition et les interactions.

La thèse ne repose pas sur cette enquête statistique et que l'enquête de terrain a pour unique but la constitution de données sur la perception des interactions et de la cognition de l'environnement et de bien d'autres variables évoquées avec les acteurs interrogés à pour avoir un point t_0 pour pouvoir intégrer des données comme point de départ aux simulations. Il s'agit dans cette thèse de trois études de cas illustratifs.

Nous utilisons également des données statistiques provenant des institutions pour la simulation. Nous récoltons les données de diverses manières : internet, entretiens, demande de données aux institutions, des livres, rapports (…).

Ces données nous servirons pour la simulation et la constitution de base de données MySQL. Ainsi, de nouvelles données seront extraites des simulations et combinées aux bases de données pour la réalisation du tableau de bord (Dashboard).

Les biais[418] de cet échantillonnage sont l'exhaustivité, dans les échantillonnages et les absences (« ne sais pas », biais dans l'analyse) et les refus de réponse.

[418] Ghiglione R. et Matalon B. (1998), « les enquêtes sociologiques : théories et pratique », ed. Colin A.

3) Le questionnaire[419]

Le codage consiste à traduire de manière numérique le langage, les propos des enquêtés. Dans le cadre de cette thèse, le codage permet d'un part, de fermer les questions ; et d'autre part, de coder les nombres inscrits dans notre questionnaire.

Nous agrémentons les questionnaires d'entretiens [420] auprès des acteurs institutionnels et des organismes environnementaux et d'observation directe sur le terrain[421].

Le codage et les résultats du questionnaire et le traitement des données[422]

Nous regroupons les données dans une base de données, MySQL WorkBench. Puis, les données seront traitées via des tableaux de bord (chapitre 5). Les statistiques nous donnent des présomptions permettant d'ériger une image se rapprochant de la réalité et par la suite de faire de la prospective.

MySQL WorkBench est un outil de création et de modélisation des données. Nous avons choisis MySQL WorkBench pour la réalisation de la base de données car il s'agit d'une version améliorée de MySQL qui permet de visualiser des indicateurs grâce à des requêtes.

---

[419] De Singly F. (1992), « l'enquête et ses méthodes : le questionnaire », ed. Nathan Université.

[420] Kaufmann J-C (1992), « L'entretien compréhensif », 3ème édition Armand Colin.

[421] Arborio A-M, Fournier P. (2005), « l'observation directe », 2ème édition. Armand Colin.

[422] Martin O. (2012), «Analyse quantitative des données », ed. Arman Colin, 3ème édition.

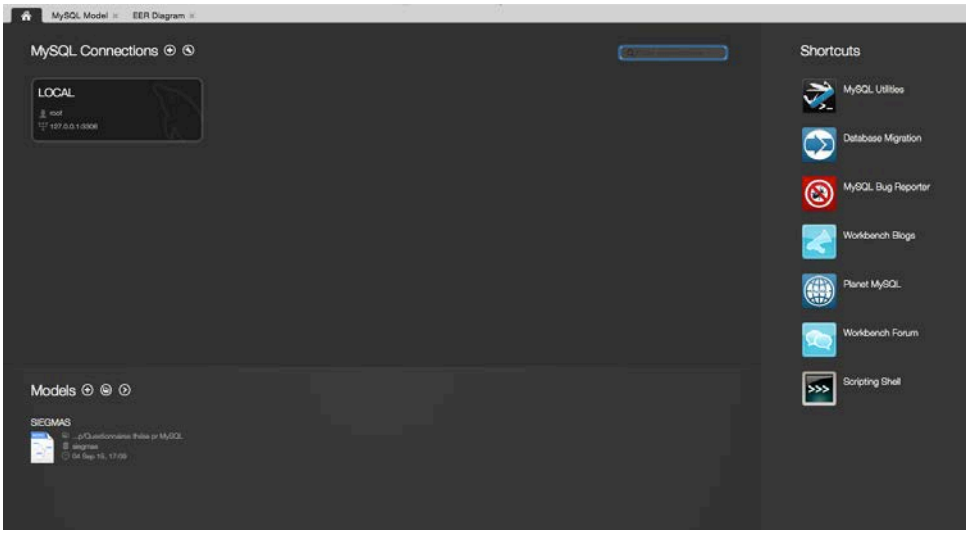


Figure 28 - La page d'accueil de MySQL Workbench.

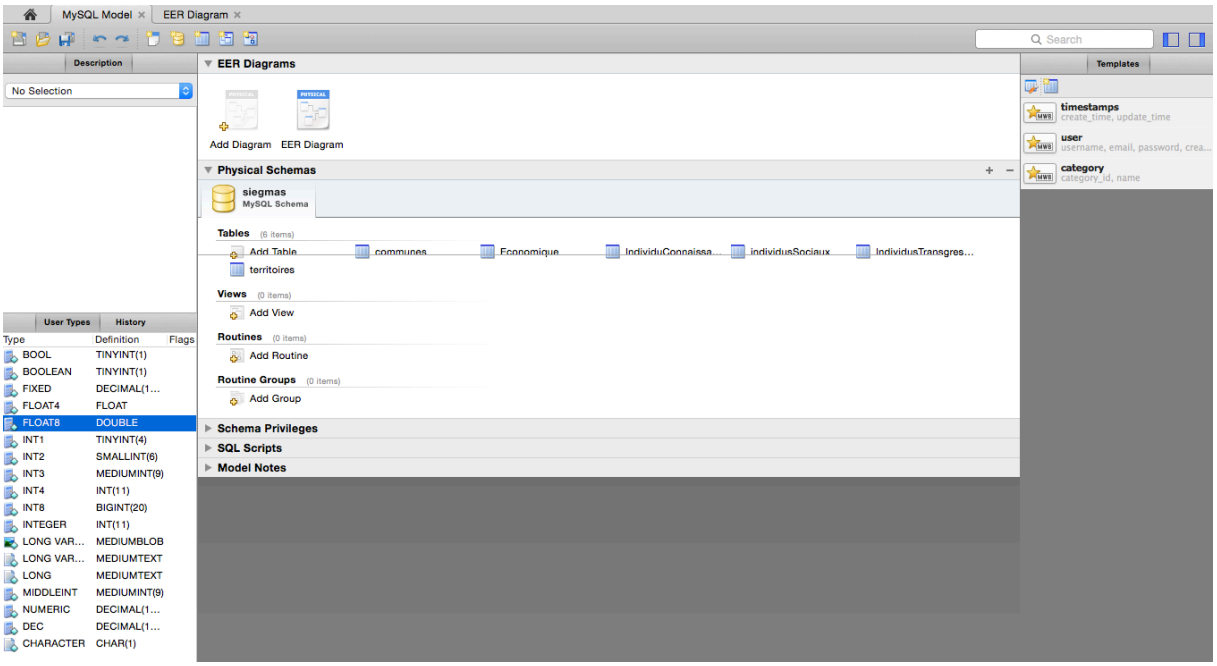


Figure 29 – Interface graphique de MySQL Workbench, A. GAUDIEUX.

L'interface est simple d'utilisation et très conviviale ce qui permet une utilisation agréable du logiciel.

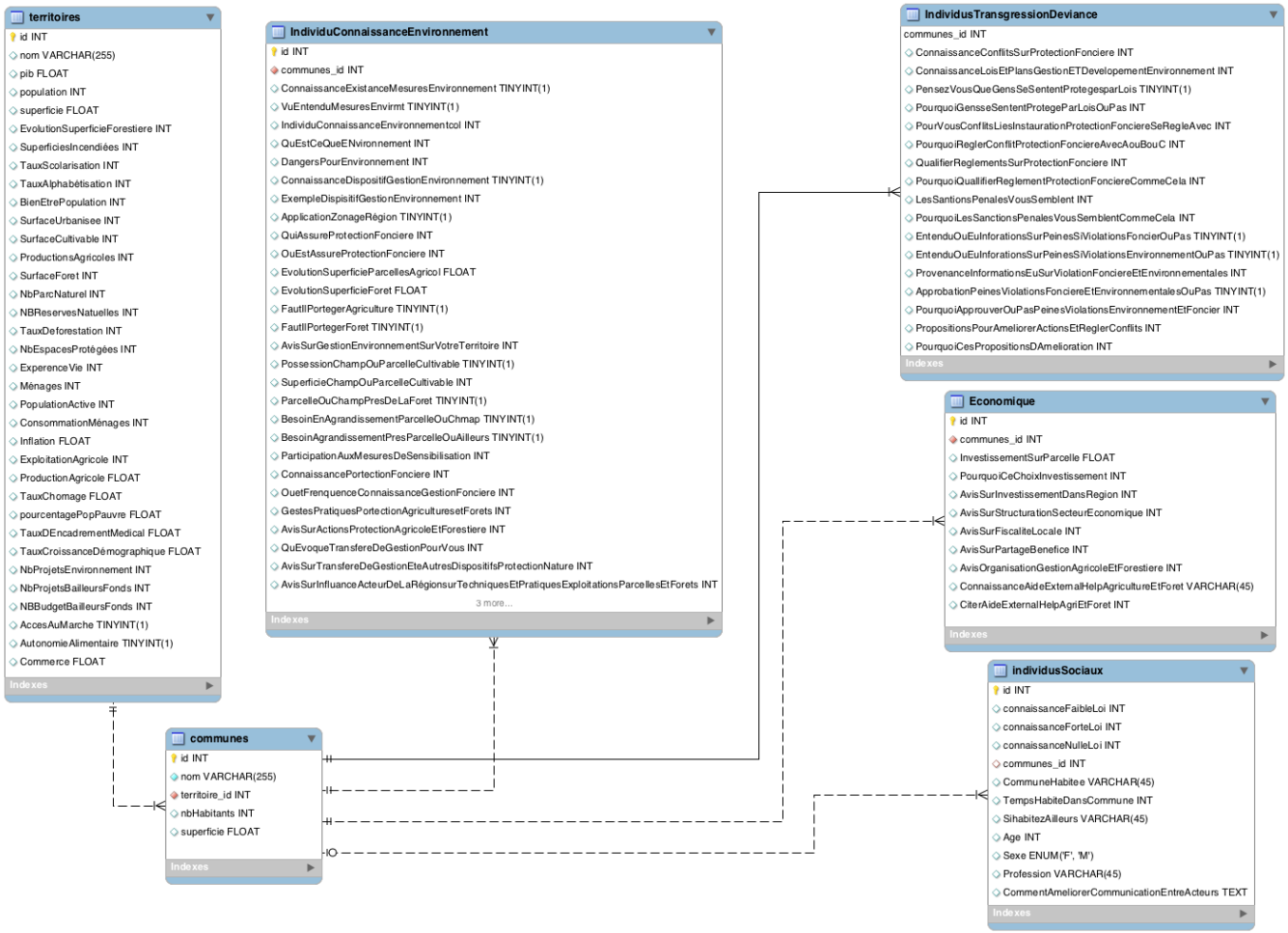


Figure 30 - Exemple de diagramme de représentation des relations entre les parties prenantes, A. GAUDIEUX.

Des diagrammes de représentations des relations entre les entités permettent une meilleure compréhension des relations entre les variables à représenter dans la base de données.

Des biais et les limites de l'analyse demeurent sur les stratégies d'acteurs dans la gouvernance des ressources naturelles sur les régions étudiées.

Cette enquête de terrain constitue une estimation de l'implication des parties prenantes dans la gouvernance des ressources naturelles et de leur connaissance de la déviance.

Malgré les diverses mesures mises en œuvre pour la gouvernance environnementale à Madagascar et à La Réunion, la diffusion et la collecte des informations sur la perception des ressources naturelles et le rôle des acteurs restent assez mitigés sur ces territoires. D'où les difficultés rencontrées pour la diffusion de ces stratégies. Il s'agit dans cette méthodologie de résorber ce manquement en proposant une méthode de collecte des données et d'estimation. À ce jour, il existe très peu de dispositifs d'open data sur les ressources naturelles qui permettent de faire remontrer les données des personnes collectées via divers points d'accès et qui peuvent être consultées à tout moment. L'open data est actuellement employé à La Réunion pour les données liées au trafic des transports collectifs.

Les difficultés de collecte des données sur l'environnement et le comportement des acteurs à Madagascar et à La Réunion proviennent :

- Des données disponibles et notamment du fait que certaines données ne sont pas actualisées ou disponibles pour Madagascar.

- De la grande superficie de la région Analamanga et Itasy.

Le traitement des questions directives et semi-directives sans réponse constitue des biais tels que les cas de réponse « non réponse » ou « je ne sais pas » des acteurs rencontrés au cours de l'enquête.

Le comportement socialement acceptable concernant la gestion des ressources dépend d'un individu à l'autre, d'une institution à l'autre.

Il existe 4 méthodes :

- Laisser les variables externes constantes.

- Ajouter des conditions expérimentales de manière aléatoire aux agents.

- « Inclure une variable externe comme facteur d’expérimentation ».

- Effectuer un « contrôle statistique des variables externes ».

Le choix des variables à expliquer et le choix des variables externes.

Pour vérifier nos hypothèses nos données chiffrées seront complétées par une analyse statistique pour construire des données sur les pensées et pratiques des personnes dans la gestion des ressources naturelles. MySQL Workbench nous permet de faire le traitement statistique des données à injecter dans SIEGMAS.

Section 2. La modélisation Multi-agents SIEGMAS, un système en trois étapes.

La difficulté de définition du modèle de simulation tient au fait que l'étude des interactions et de la cognition dans la gouvernance environnementale nécessite tant une vision environnementale, économique, juridique, sociétale et cognitive des interactions entre les parties prenantes.

Le modèle s'appuie en entrée sur des données cartographiques (l'étape 1). Le paramétrage des échelles spatiales et temporelles prise en compte durant la simulation se définit cependant à cette étape, ce qui permet de pourvoir réaliser différentes simulations possédant un même cadre d'initialisation mais en considérant des échelles variées. Etant donnée le temps imparti, nous utilisons des cartes déjà faites avec des formats différents car qui nous permettent d'avoir une pixellisation. A ce stade constituer des cartes en partant de couches SIG n'apporte pas de plus pour réaliser notre modèle. Les SIG pourront être utiles si nous rajoutons de la géolocalisation de type Google earth ou de la géolocalisation dans le Dashboard de réalisation des résultats.

La simulation a pour objectif de répondre à des questions que se posent un observateur sur un monde réel qu'il ne peut étudier directement pour des raisons de temps, de coûts ou de faisabilité. La simulation produit comme résultat une qualité d'informations dont la taille dépend de quatre principaux facteurs : i) la taille du système représenté ; ii) la précision de représentation du système ; iii) la complexité des entités du système ; iv) la richesse et la variété des interactions entre les entités. L'enjeu de cette étape et de permettre la compréhension les interactions entre les nombreux acteurs au sein de leur environnement et dont l'évolution est sensible à des conditions environnementales et non prévisibles a

priori[423]. La complexité de cette étape tient au fait que la complexité des situations réelles représentées produit une masse de résultats qu'il est paradoxalement aussi difficile à observer et analyser que le système réel initial[424]. Nous proposons pour cette étape d'utiliser des techniques de représentation interactive de données riches et complexes ou data visualisation (la dataviz)[425]. La solution mise en œuvre consiste d'une part du point de vue structurel à séparer la génération des données/résultats de simulation de leurs visualisations. D'autre part, du point de vue conceptuel la démarche s'appuie sur les résultats des solutions basées sur les techniques de graphismes interactifs par la proposition d'outils dédiés à la présentation de données économiques en rapprochant dynamiquement la présentation de graphiques à des contextes sociaux/spatiaux et en simplifiant l'exploitation des données aux travers de tableaux dynamiques croisés[426].

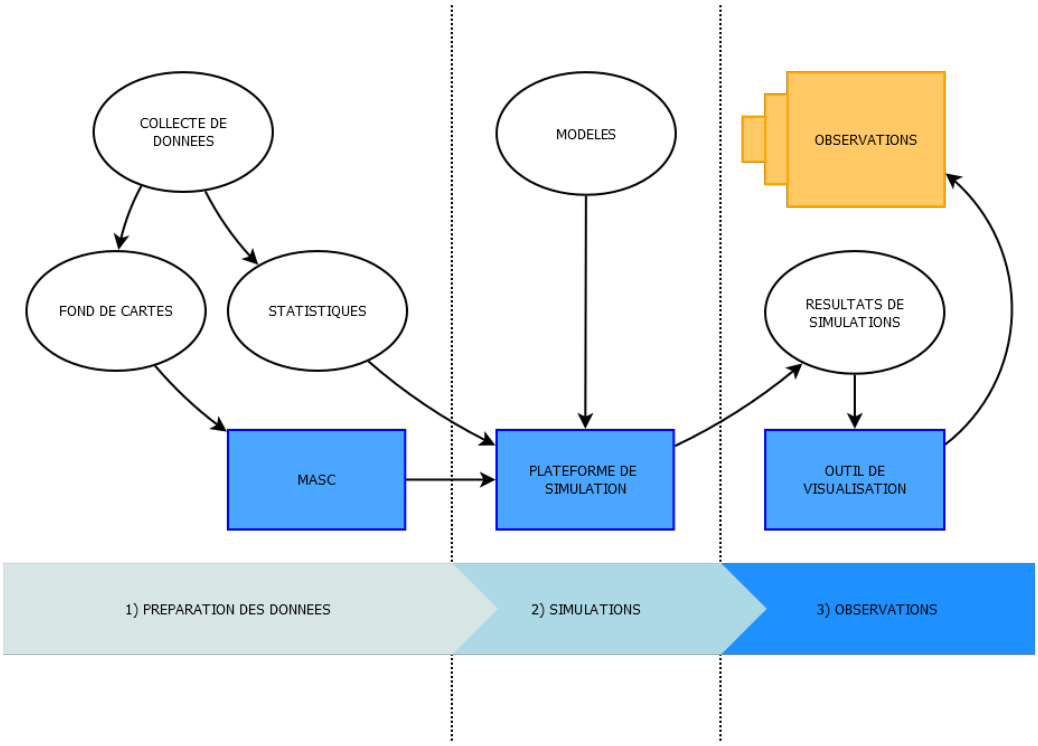


Figure 31 : SIEGMAS, un outil en trois étapes.

[423] Mathieu P., Picault S.(2012), "Intérêt de la simulation centrée interactions pour les sciences humaines et sociales", *Revue des nouvelles technologies de l'information*, pp. 15-30.

[424] Ralambondrainy T., Médoc J.-M., Courdier R., Guerrin F., "Tools to visualise the structure of multiagents' conversations at various levels of analysis, International Congress on Modelling and Simulation" (MODSIM07), Christchurch, New Zealand, Dec. 10-13, 2007.

[425] Simon P. "The Visual Organization: Data Visualization, Big Data, and the Quest for Better Decisions",1st ed. Wiley Publishing.

[426] Fernandez A. (2013), *Les nouveaux tableaux de bord des managers, Le projet Business Intelligence clés en main*, Eyrolles, 6e édition, ISBN 978-2-212-55647-6.

A. Modèle agent SIEGMAS

1) Modélisation: aspects structurels

On distingue dans SIEGMAS deux catégories d'agents[427] (figure 31):

Un ensemble d'agents « Resources » de représentation des ressources naturelles et un ensemble d'agents « *StakeHolders »* de gestion des ressources naturelles.

Au niveau « *Resources* », nous avons distingué deux types d'agents.

L'agent *NaturalResource* désigne une entité de modélisation des zones physiques de territoire (parcelle agricole, foret, ou friche). Un agent *NaturalResource* subit des pratiques d'exploitation de la ressource, *il* est contrôlé par un *Manager* (e.g. un ministère) et peut être géré par un *Operator* (e.g. un agriculteur).

L'agent *Exploitation* désigne une entité de modélisation des pratiques d'exploitations appliquées à une ressource naturelle (pratique biologique, pratique conventionnelle, brûlis, …). Un agent *Exploitation* s'applique à un agent *NaturalResource*, il est sous l'influence d'un *Operateur* pouvant mettre en œuvre cette pratique.

Au niveau « *StakeHolders* », trois types d'agents ont été définis.

L'agent *Manager* désigne une entité de modélisation de l'État, de ministères, d'instances de gestion décentralisées, ainsi que des communautés citoyennes. Un agent Manager est assisté par des *ExternalHelp* (e.g. des bailleurs de fond), il contrôle les *NaturalResource* et peut sanctionner des *Operators* (e.g une entreprise minière).

L'agent *Operator* désigne une entité de modélisation des agriculteurs et des entreprises d'exploitation de territoires. L'*Operator* met en œuvre des pratiques d'*Exploitation*, paye des taxes et des sanctions à un *Manager* et peut mener des actions de protection de

[427] Nous utilisons l'anglais pour réaliser notre code informatique sur la plateforme NetLogo comme cela se fait couramment avec les plateformes de simulations. De ce fait, les agents de notre modèle seront désignés par des termes anglais.

NaturalResource.

L'agent *ExternalHelp* désigne une entité de modélisation des gouvernements étrangers, bailleurs de fonds et des associations. Un *ExternalHelp* porte assistance à des *Manager*.

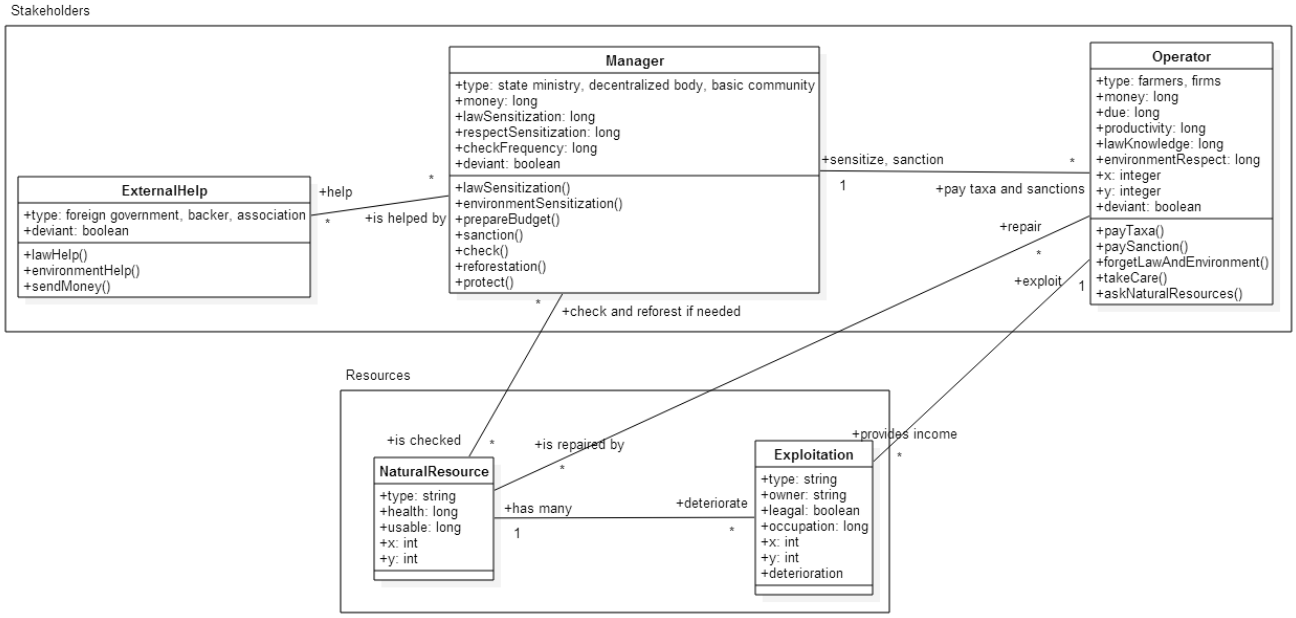


Figure 32- UML de SIEGMAS, A. GAUDIEUX.

Utilisons des ontologies pour expliciter les concepts de l'UML[428].

Les parties prenantes se décomposent comme suit.

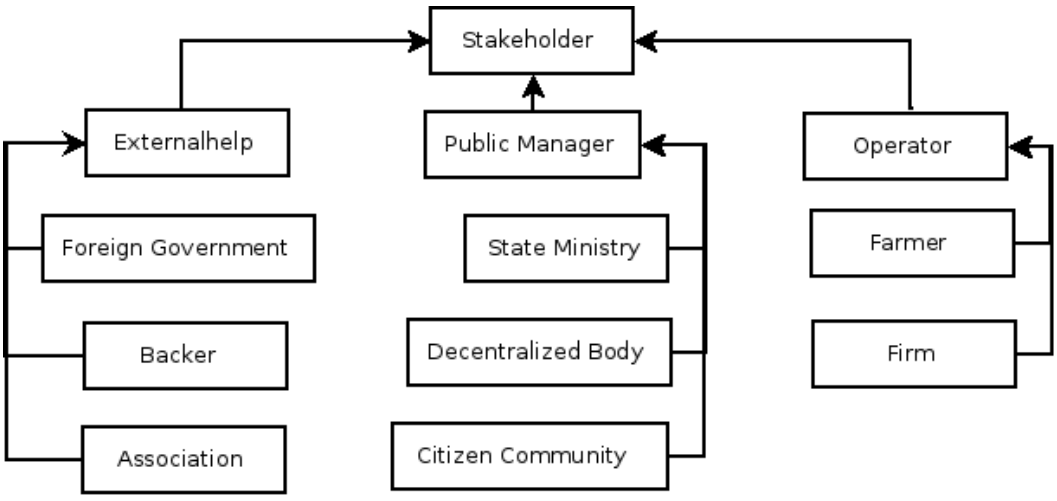


Figure 33 – ontologie des agents, A. GAUDIEUX.

[428] L'UML de SIEGMAS est réalisée avec le logiciel ArgoUML qui permet de conceptualiser les relations entre les agents au sein d'un système multi-agents.

L’étude porte tant sur l’implication des institutions infra et supra régionales.

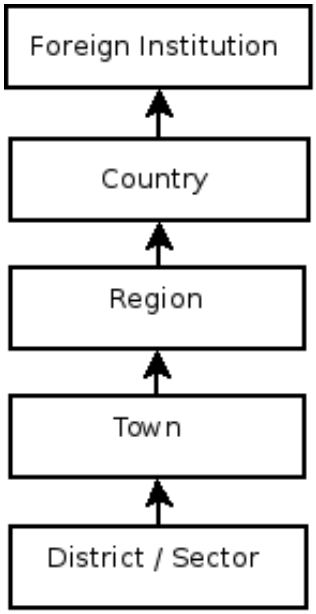


Figure 34 - Ontologie échelle infra territoriale, A. GAUDIEUX[429].

[429] Les ontologies des figures 33 à 35 sont réalisées avec le logiciel Protégé, qui traduit les ontologies en langage informatique.

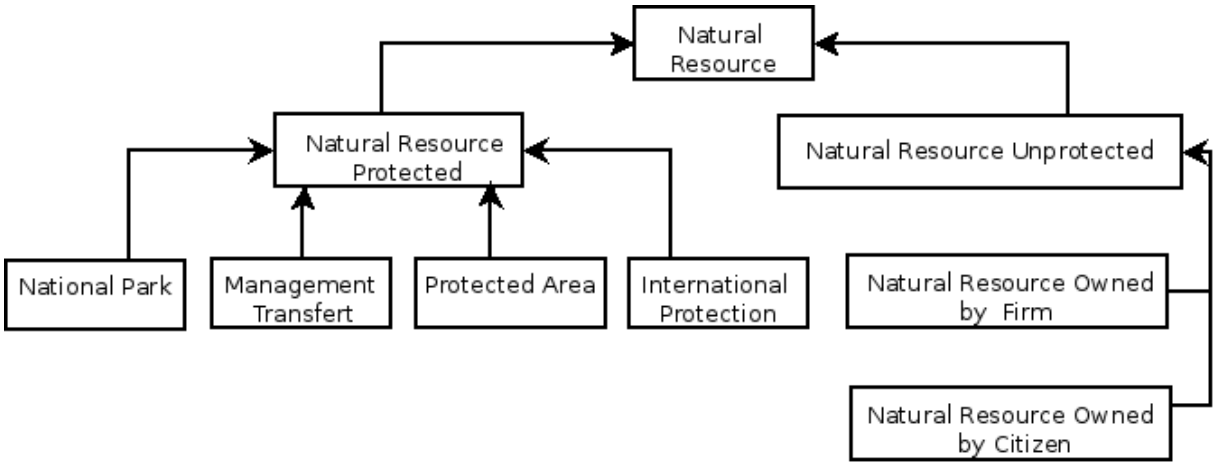


Figure 35 – ontologie des modes de protection des ressources naturelles, A. GAUDIEUX.

Les ressources naturelles peuvent être des ressources protégées ou non protégées à cause de leur caractère privé.

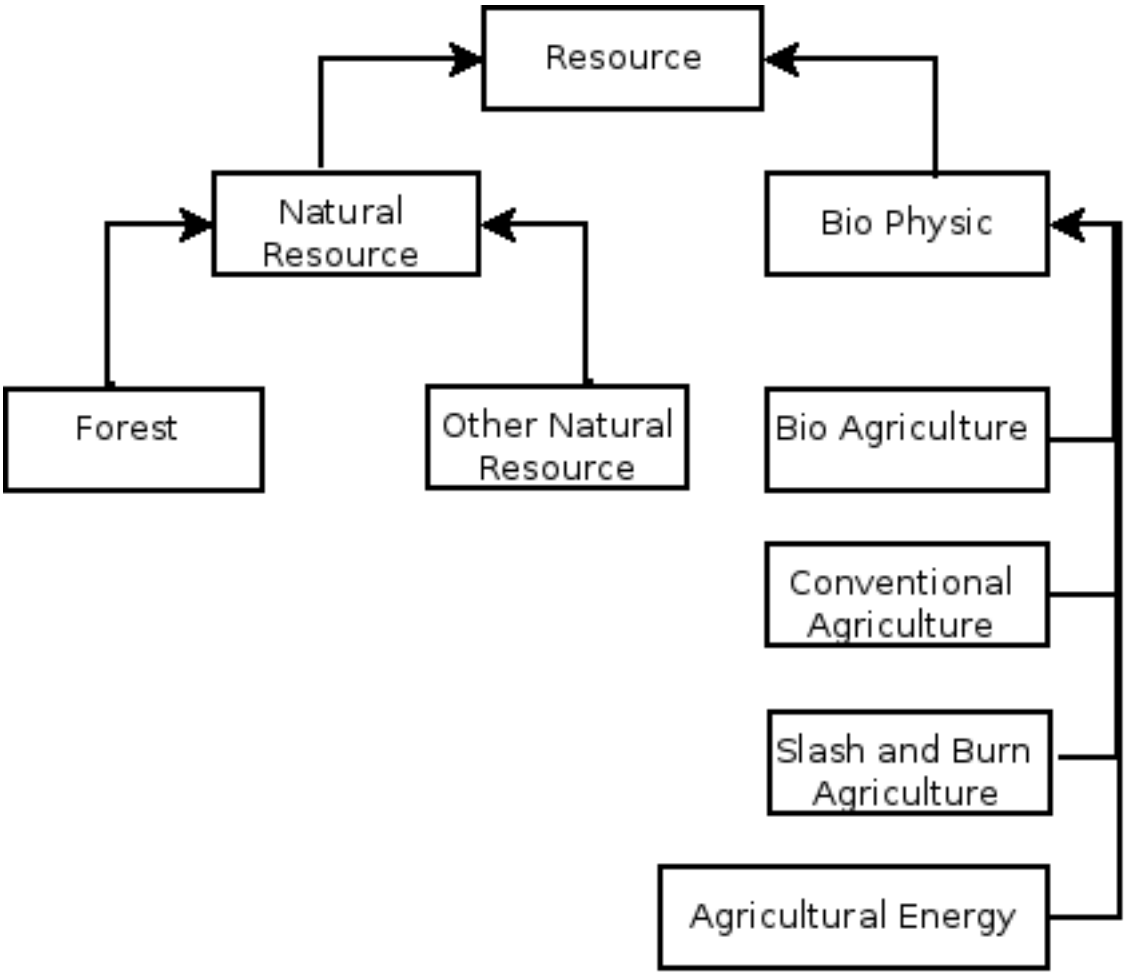


Figure 36 - Ontologie des ressources naturelles, A. Gaudieux.

Les ressources peuvent être naturelles ou biophysiques (biophysique désigne les méthodes

appliquées sur les terrains voués à l'agriculture dans le modèle SIEGMAS).

Nous sommes dans un contexte économique et chaque partie prenante décrite ci-dessus évolue dynamiquement en fonction des influences (pressions) qu'elle subit au cours de la simulation pour pouvoir adopter un comportement *déviant* non conforme aux respects de règles collectives et pouvant donner lieu à des sanctions[430].

L'un des objectifs principaux du système consiste à analyser la sensibilité aux sanctions des acteurs et l'impact que cela induit sur les ressources naturelles.

But des agents de notre modèle

Les différents buts des agents de notre modèle sont explicités dans le tableau ci-dessous. Ces buts se paramètrent dans le modèle en fonction d'une typologie qui est également précisés dans le tableau.

Table 14. Les buts et typologie des agents, A.Gaudieux.

Agents	**But**	**Typologie**
Manager	Assumer et veiller à l'application d'une politique de gestion de ressources naturelles partagées. Un Manager peut adopter un comportement déviant qui représente alors une institution corrompue.	StateMinistry Decentralizedbody BasicCommunity

[430] Olson M. (1965), "The logic of collective action. Public goods and the theory of groups", Cambridge, Massachusetts, Harvard, University Press.

Operator	Définir des pratiques économiquement viables sur une ressource naturelle en tenant compte du cadre fixé par les institutions et des risques encourus en cas de non-respect de ce cadre en utilisant un comportement déviant.	Farmer Firm
ExternalHelp	Veiller aux ressources naturelles protégées par les instances internationales. Veiller à des intérêts économiques, notamment à créer les conditions d'accès à des ressources naturelles. Un ExternalHelp peut adopter un comportement déviant dans un but stratégique.	ForeignGovernment Backer Association
Exploitation	Appliquer une pratique agricole (biologique, conventionnelles, sur brûlis) sur une ressource naturelle et évaluer la détérioration engendrée sur la ressource dans le temps.	Bio Con Snb
NaturalResource	Pour une ressource naturelle l'objectif consiste à limiter son niveau de détérioration. Les règles appliquées vont dépendre du type de ressource. SIEGMAS considère actuellement trois types de ressources (Friche / Terre arable / Forêt)	FallowLand ArableLand Forest

a) Modélisation : aspects spatio-temporels

La spatialité dépend de la carte générée dans MASC. En effet, lors de la passation de la carte dans MASC, celle-ci est mise en correspondance avec un espace en deux dimensions discrétisé dans une grille. La finesse de la discrétisation reste déterminée par les modélisateurs. Il est alors possible de réaliser des simulations à différents niveaux d'échelle (microéconomique, méso-économique ou macroéconomique) en fonction des objectifs fixés dans la simulation.

Sur le plan temporel, pour l'interprétation des résultats de simulation d'un système

dynamique et le paramétrage des actions, il est primordial de pouvoir disposer d'une base temporelle adaptée à notre application.

La base de conversion entre le temps processeur et le temps de simulation, correspond à l'échelle de temps choisie pour le modèle (plus petit intervalle de temps en deçà duquel on ignore les éventuels changements). Ce paramètre influe sur la vitesse de simulation et la finesse des résultats obtenus.

Dans le modèle SIEGMAS, nous avons choisi qu'un pas de temps de simulation correspond à un mois en unité de temps astronomique.

b) Modélisation : aspects comportementaux

Plusieurs règles et stratégies régissent le modèle SIEGMAS.

Pour l'exploitation des ressources naturelles, les parties prenantes exploitent ou tentent d'exploiter tant les ressources avoisinant leur territoire que les ressources éloignées géographiquement. Les agents (*Operators, ExternalHelp, Manager*) interagissent sur le marché interne et international pour l'achat et la vente des biens et services. Concernant les biens collectifs se pose le problème du passager clandestin [431] qui permet aux agents d'obtenir 100% de gains pour un citoyen qui utilise les biens publics sans s'acquitter d'impôts. Les investissements et les préférences individuelles déterminent l'utilité collective. S'agissant des externalités (positives ou négatives), elles dépendent des paiements des taxes/impôts, de l'application des peines et des dons. Les choix publics relèvent des politiques et stratégies[432] environnementales, du coût du contrôle, de la productivité, du coût de la réalisation des lois et de son application. La coopération s'ajoute à ces choix publics pour les agents *ExternalHelp*.

Concernant les sanctions, les agents peuvent respecter ou transgresser la législation envers la protection des ressources naturelles selon leur appartenance au groupe des agents sains, intermédiaires ou déviants. Les lois nationales et spécifiques aux territoires étudiées réglementent la gestion des ressources.

---

[431] Olson M. (1965), "The logic of collective action. Public goods and the theory of groups", Cambridge, Massachusetts, Harvard, University Press.

[432] Guyot P. et Honiden S. (2006), « Agent-Based participatory simulations : merging multi-agent systems and role-playing games », Revue JASSS. http://jasss.soc.surrey.ac.uk/9/4/8.html

Dans le modèle à base d'agents pour SIEGMAS, les parties prenantes sont:

- les Managers : l'État, les ministères, les instances décentralisées, les communautés de base.

- les Operators : les paysans, les déviants et les entreprises.

- les aides External Help : les gouvernements étrangers, les bailleurs de fonds et les associations.

Contrairement à la version précédente, dans SIEGMAS v1.5, des abstractions permettent de simplifier et de rendre le modèle plus abstrait que dans SIEGMAS v1.0 afin pour pouvoir classer les agents dans divers domaines.

STRATÉGIES DES ACTEURS

Chaque agent a un rôle et adopte des stratégies en fonction de ces besoins et objectifs.

Une fois les objectifs des acteurs et règles liées à leurs comportements fixés, l'étape suivante consiste à traduire ces informations en code informatique.

Table 15. Les principaux objectifs des acteurs, A. Gaudieux.

	Objectif 1	**Objectif 2**	**Objectif 3**	**Objectif 4**
Public Manager	Faire respecter les lois et mettre en place des mesures de protection des Ressources	Faire des profits grâce aux taxes, impôts et pénalités liées à l'environnement	Avoir de bonnes relations avec les autres agents	Être déviant dans un régime instable dans un pays en développement

Operator	Cultiver et mettre en place un processus de production et / ou une prestation lui assurant des gains et des profits	Développer son exploitation / entreprise pour faire plus de bénéfices, investir, embaucher	Faire en sorte que les employés et les parties prenantes ont de bonnes relations et qu'ils soient gagnants	Être déviant, faire de profits sans déclarer
ExternalHelp	Apporter une aide logistique et financière	Veiller aux conditions d'accès aux ressources naturelles / adopter et appliquer les mesures de protection et de conservation de la biodiversité	Avoir de bonnes relations et travailler avec les autres externalHelp et les autres Stakeholders	Être déviant à cause des abus de pouvoir et diverses fraudes (corruption)
Exploitation	Être une exploitation rentable	Être une exploitation avec un mode d'agriculture bien déterminé	Être régénérée et fertile	Être agrandie au détriment de la forêt et d'autres zones.
NaturalResouree	Limiter la détérioration par les actions des parties prenantes	Réintroduction d'espèces et reboisement	Concilier préservation des ressources et développement / urbanisation	Propagation des ressources naturelles nuisibles / Déforestation / Destruction d'espèces/ Feux et sécheresse / Catastrophe naturelle

Table 16. Règles liées à la nature des stratégies l'espace, au voisinage, à l'utilité et à la rationalité, A. Gaudieux.

	Descriptif des relations	**Nécessité / Désirs / utilité (notation de 1 à 10 avec 1 la note la plus faible et 3 la note la plus élevée)**	**Influence sur le voisinage**	**Choix individuel (CI) ou social (CS) (= préférences collective/ Rationalité**
Public Manager (PM)	**Objectif 1** Si PM fait respecter les lois et met en place des mesures, O et Eh les respectent ou peuvent être déviants. **Objectif 2** Si PM fait des profits, ils les redistribuent à O via les subventions et aides. Si PM est déficitaire, Eh va l'aider /et O va payer plus d'impôts ou être	N : 10 D : 1 U : 10	Forte : positive ou négative	CI / CC

	déviant. Si PM applique les pénalités, O paie ou ne paye pas. **Objectif 3** Si PM a de bonnes relations avec O et Eh, O et Eh collaborent. Si PM a de mauvaises relations avec O et Eh, PM et Eh ne collaborent pas et sont concurrents et O est déviant. **Objectif 4** Si PM est déviant O aura tendance ou plus de facilité à être déviant. Si PM est déviant et Eh bailleur de fonds, Eh va le contrôler ou le surveiller. Si PM est déviant et Eh association, Eh va le conseiller ou être déviant.			
Operator (0)	**Objectif 1** Si O met en place un processus de production rentable, Pm est ravi car il récolte des impôts, et il y a des effets d'apprentissage. Si O met en place un processus de production déficitaire, Pm et Eh l'aident et tentent de limiter les mauvais comportements (déviance). **Objectif 2**	N : 1 à 10 D : 1 à 10 U : 1 à 10 (dépend de la taille et de la puissance	Forte : positive ou négative Faible : positive ou négative	CI

	Si O fait se développe, Pm et Eh accentuent les actions de l'objectif 1. Si O est pauvre, Eh va l'aider /et O va moins plus d'impôt ou être déviant. **Objectif 3** Si O a de bonnes relations avec Pm, Eh et avec les autres O, ils sont tous gagnants (win-win) ou certains gagnent et d'autres perdent. Si O a de mauvaises relations avec Pm, Eh et avec les autres O, Ils sont tous perdants. **Objectif 4** Si O est déviant, Pm aura tendance à le sanctionner ou pas (si la déviance est détecter ou pas). Si 0 est déviant et Eh bailleur de fonds, Eh va le contrôler ou le surveiller. Si O est déviant et Eh association, Eh va le conseiller.	de Operator)		
ExternalHelp (Eh)	**Objectif 1** Si Eh apporte une aide logistique à Pm, Pm met en place des actions et mesures de protection. Si Eh apporte une aide logistique et financière à O, O se préoccupe de l'environnement ou pas. **Objectif 2**	N : 1 à 10 D : 1 à 10 U : 1 à 10 (dépend du contexte	Forte (si bailleur de fonds) : positive Forte et	CS

	Si Eh veille aux conditions d'accès aux ressources naturelles et à l'application des mesures de protection et de conservation, Pm renforce cela aussi ou pas. Si Eh veille aux conditions d'accès aux ressources naturelles et à l'application des mesures de protection et de conservation, O va être plus respectueux de l'environnement ou pas. **Objectif 3** Si Eh a de bonnes relations avec Pm, Eh, et O, ils collaborent. Si Eh a de mauvaises relations avec Pm, Eh, et O, ils ne collaborent pas et sont concurrents. **Objectif 4** Si PM est déviant Pm et O auront tendances ou plus de facilités à être déviants. Si Eh est déviant et Eh est bailleur de fonds, Eh va le contrôler ou le surveiller. Si Eh est déviant et Eh est une association, Eh Bailleurs de fonds, Pm et O va le conseiller et refuser de collaborer.	du pays dans lequel il officie)	faible (si association) : positive	
Exploitation (Exp)	**Objectif 1** Si Exp est rentable, alors O va la protéger (agriculture biologique) ou la détériorer (agriculture intensive).	N : 7,5 D : / U : 7,5	Forte (si biologique ou bon pour la biodiversité) :	CI

	Si Exp est déficitaire, alors 0 va arrêter l'exploitation ou changer de mode d'agriculture. **Objectif 2** Si Exp est une exploitation avec un mode d'agriculture biologique, les sols sont mieux protégés et la production peu élevée. Exp est une exploitation avec un mode d'agriculture sur brûlis, les sols sont pollués ou détériorés et la production moyenne. Si Exp est une exploitation avec un mode d'agriculture extensive, les sols sont peu ou fortement pollués et la production très élevée. **Objectif 3** Si Exp est régénérée et fertile, alors Pm, O et Eh sont gagnants et peuvent devenir déviants ou pas. Si Exp n'est pas régénérée et pas fertile, O et Eh sont perdants et peuvent devenir déviants ou pas. Si Exp est en friche, il n'y a pas de gains ou une perte pour O ou Pm qui détiennent des terres. **Objectif 4** Si Exp est agrandie au détriment des ressources naturelles, sa surface		positive Faible (si polluante / pesticides) : négative	

	augmente et /ou pas la pollution. Si Exp est diminuée et les Nr aussi, alors l'urbanisation et la pollution prennent le pas. Si Exp est diminuée pour augmenter les ressources naturelles, sa surface diminue et /ou peut-être la pollution.			
NaturalResource (Nr)	**Objectif 1** Si Nr est améliorée, alors Pm, O et Eh vont en prendre soin ou l'exploiter davantage. Si Nr est identique, alors Pm, O et Eh vont en prendre soin ou l'exploiter davantage. Si Nr est détériorée, alors Pm, O et Eh vont en prendre soin ou l'exploiter davantage. **Objectif 2** Si des espèces de Nr sont réintroduites, les Nr vont augmenter et / ou être de meilleure qualité. Si des espèces de Nr sont réintroduites, les Nr peuvent diminuer si sa qualité diminue.	N : 10 D : / U : 10	Forte (car les RN sont nécessaires) : positive Faible (si détériorer) : négative	CI / CS

	Objectif 3 Si Nr est préservée en parallèle d'un développement et d'une urbanisation en augmentation, la pollution et la pression environnementale augmentent. Si Nr est préservée en parallèle d'un développement et d'une urbanisation en diminution, la pollution et la pression environnementale diminuent. Si Nr reste identique en parallèle d'un développement et d'une urbanisation qui reste identique, la pollution et la pression environnementale restent stables. Si Nr est détérioré en parallèle d'un développement et d'une urbanisation en augmentation, la pollution et la pression environnementale augmentent. **Objectif 4** Si les nuisibles, la déforestation, la destruction d'espèces, les feux, la sécheresse et les catastrophes naturelles augmentent, alors Pm, O, et Eh vont agir ou pas pour la restauration. Si les nuisibles, la déforestation, la destruction d'espèces, les feux, la sécheresse et les catastrophes naturelles diminuent, alors Pm, O, et Eh vont agir ou pas pour la restauration.			

2) Les attributs.

La complexité de conception des agents de chaque classe vient du fait qu'il faille réussir à implémenter l'essentiel de ce qui décrit chaque agent. Dans la constitution du code de simulation, il faut donc déterminer divers attributs pour chaque agent et l'accompagner d'un descriptif de chaque groupe d'agents.

Externe : les lois, réglementations et comportements sociaux qui s'imposent aux agents.

Interne : les mœurs, traditions, les codes formels et informels qui s'imposent aux agents.

Capacité de déplacements : il s'agit du nombre maximal d'agents capables d'agir simultanément ou sur un temps déterminé (vitesse différentiée).

Intervalle moyen entre les interactions et l'action d'agents de classes différentes.

Table 17. Description des entités et des variables d'états, A.GAUDIEUX.

Operator	PEASANTS Certains paysans travaillent sur des exploitations : cultiver et exploiter les ressources qui lui sont disponibles (celles qui lui appartiennent). Ils investissent sur des terrains et ont des revenus issus des ventes et / ou des subventions. Ils connaissent peu ou moyennement les lois. Représentation au sein du code Peasants peasant Variables relatives nbPeasants

Operator	DEVIANTS Certains de ces paysans et entreprises sont des déviants. Il est possible de fixer un pourcentage de déviants. Ils s'octroient le droit d'exploiter des ressources naturelles et parcelles (privées ou domaniales) qui sont à proximité de leurs exploitations illégalement. Ils génèrent des profits issus de l'exploitation illégale. Ils connaissent peu ou moyennement les lois. Représentation au sein du code Deviants deviant
Operator	FIRMS Les entreprises exploitent les ressources naturelles, commercialisent des matières premières ou des produits finis dans le but de générer des profits (création de valeur ajoutée). Elles détiennent des titres de propriété leur permettant d'exploiter des parcelles de Ressources Naturelles Forestières et agricoles. Les entreprises peuvent acheter ou louer des droits d'exploitations auprès des communautés de base (paysans situés dans les zones gérées par des transferts de gestion). Les entreprises commercialisent les matières premières et produits environnementaux où utilisant les ressources comme composantes. Elles investissent (auto-investissent) dans l'environnement ou les processus ou technique d'exploitation environnementale (R&D). Elles ont une connaissance élevée ou moyenne des lois. Représentation au sein du code Firms firm Variables relatives PourcentageOfFirm ExploitedNaturalResources

Managers	GOVERNMENT Le gouvernement met en œuvre l'ensemble de la politique environnementale. Il peut réaliser et appliquer les lois, fixer les sanctions et transférer ces ressources à des instances décentralisées. Il est le propriétaire et le garant de la sauvegarde des ressources naturelles (forestières et agricoles). Il reçoit des fonds des gouvernements étrangers, des bailleurs de fonds, des entreprises, des citoyens et paysans via les impôts. Il octroie des fonds aux collectivités et des subventions (entreprises et paysans). Elles ont une connaissance maximale des lois. Représentation au sein du code Governments government
Managers	MINISTRIES Les ministères, dont le ministère de l'Environnement et de l'Agriculture, promulguent les lois, sanctionnent et octroient des dotations financières aux populations (peasants, basic communities) en faveur de la gouvernance environnementale. Elles ont une connaissance maximale des lois. Représentation au sein du code MinistiesOfAgriculture ministryOfAgriculture Variables relativespercentOfLaws percentOfMoney

Managers	DECENTRALIZED AUTHORITIES Toutes ces instances contrôlent la bonne gestion des parcelles et le respect de l'environnement. Ces instances perçoivent des dotations financières. Les instances ont une connaissance élevée ou moyenne des lois. Représentation au sein du code DistrictManager Township township NationalParksNationalPark IntercommunalitiesIntercommunality DecentralizedCommunitiesDecentralizedCommunity
Managers	BASIC COMMUNITIES Les jeunes et les femmes participent à la vie de la communauté de base et aux actions environnementales mises en œuvre. En principe, les communautés exploitent des parcelles familiales ou dans le cadre du métayage. Les communautés ont des dotations financières. Ils ont une connaissance moyenne ou nulle des lois. Représentation au sein du code. GroupsOfCitizens GroupOfCitizen

External help	FOREIGN GOVERNMENT Les gouvernements étrangers aident le gouvernement et les autres acteurs dans la gouvernance des ressources. Ils aident les autres parties prenantes à gérer leurs parcelles. Les gouvernements étrangers exploitent des parcelles dans le cadre des partenariats publics privés pour le compte du gouvernement ou de leurs entreprises. Ils ont une connaissance élevée des lois. Représentation au sein du code ForeignGovernments foreinGovernment Variables relatives nbForeinGovernment
External help	FINANCIAL BAKERS Les bailleurs de fonds aident l'État et les populations par la mise en œuvre de projets et de mesures de la gouvernance environnementale. Ils octroient des dotations financières aux collectivités décentralisées et aux paysans. Ils ont une connaissance maximale des lois. Représentation au sein du code FinancialBakers financialBaker Variables relatives nbProjects nbMoney

External help	COMBINATIONS Les associations aident les autres acteurs, plus particulièrement les paysans et autres citoyens, dans le respect de la gouvernance environnementale. Ils mettent en œuvre des actions en faveur de l'agriculture et des ressources naturelles. Les associations reçoivent des dotations financières diverses. Les associations distribuent l'argent reçu via des investissements dans les projets environnementaux qu'elles mènent ou via l'achat d'équipements et de matériels pour les paysans et citoyens ou en octroyant des formations à l'agriculture biologique ou durable pour les paysans. Elles ont une connaissance élevée des lois. Représentation au sein du code Combinations combination Variables relatives nbCombination
	Les agriculteurs ont plusieurs pratiques agricoles : - bio ; - conventionnelles ; - sur brûlis. Les principales cultures vivrières sont : la culture du riz, du manioc, du maïs, et de la patate douce. Les principales cultures maraîchères sont : oignons et arachides. Et les propriétaires sont identifiés par un nombre qui détermine l'ordre de création et des couleurs différentes. Nous considérons que les exploitations appartiennent aux paysans.

Plots	PLOTS Par défaut, les parcelles sont toutes des ressources naturelles. Nous considérons qu'il existe un pourcentage du niveau de détérioration de ces ressources naturelles. Nous considérons que les espaces qui ne sont pas des parcelles agricoles représentent des ressources naturelles et des forêts et n'appartiennent à aucun paysan. Représentation au sein du code Exploitations exploitation Variables relatives deteriorationLevel isOwned Parcelles agricoles Une parcelle agricole est une cellule qui appartient à un paysan. Une parcelle agricole est une cellule qui appartient aux entreprises.

Natural Resources	FORESTS Les forêts sont des espaces protégées par les contrats de Gestion Contractualisée des Forêts et la législation environnementale. La surface couverte par la forêt est déterminée par un pourcentage paramétrable. Les autres ressources naturelles (autres que les parcelles agricoles) sont encadrées par les mêmes dispositifs de protection. Certaines parcelles de forêts peuvent être exploitées par les paysans ou les entreprises. Certaines parcelles de forêts appartiennent à des entreprises. Représentation au sein du code Exploitations exploitation Variables relatives isForest forestPercentage exploitedForest OTHERS NATURAL RESOURCES Représentation au sein du code NaturalsResourcesNaturalResource

B. Les autres outils de SIEGMAS.

L'outil MASC[433]est un générateur d'environnement de simulations qui permet d'utiliser des cartes numérisées pour avoir une représentation de la zone considérée directement utilisable dans une simulation multi-agents.

L'initialisation au début de tout type de simulation est récurrente. Dans le champ des multi-agents, des environnements spatiaux sur une échelle micro ou macro, ou bien un contexte plus abstrait, comme tracer les sources d'énergie, par exemple, ont souvent besoin d'être modélisés. L'initialisation de ces environnements dans lequel les agents évoluent est généralement ardue et prend du temps dépendant de la subtilité de la maille d'un montage en cas d'une représentation spatiale 2D. Dans ce paragraphe, nous présentons MASC (Map Sectors Creator), un outil adapté au besoin qui permet l'initialisation facile à travers la création d'une méthode directement utilisable dans les systèmes multi-agents des plateformes de simulation.

Le modèle informatique représente la description formelle d'un système qui permet la manipulation d'une copie virtuelle utilisant un ordinateur. Pour obtenir cette représentation virtuelle, le modèle doit être implémenté. Il y a un passage d'un contexte théorique au plus concret, qui est la production de codes informatiques dans l'application.

Avant de gérer une simulation, l'initialisation doit être installée, incluant la configuration et le contexte de la simulation. Sachant que le contexte a un grand impact sur les procédures et les résultats de la simulation, nous fixons notre attention sur les données et l'environnement. Chaque configuration mène à une expérience presque unique dépendant des paramètres de configuration. (Gangat, et al., 2009[434])

L'optimisation du résultat du temps de travail émerge lorsque nous manipulons des systèmes complexes, particulièrement les systèmes des multi-agents ou nous préférons prêter attention

[433] Gaudieux A., Courdier R., Gangat Y., Kwan J. (2014), « MASC : MAp Sectors Creator A tool to help at the configuration of multi-agents systems for everyone », SIMULTECH 2014, Special Session on Applications of Modeling and Simulation to Climatic Change and Environmental Sciences - MSCCEC 2014, 28-30 August, 2014 - Vienna, Austria, Full Paper, pp. 836-844, 2014.

[434] Gangat, Y., Courdier, R. & Payet, D. (2009), « Démonstration : Aménagement énergétique d'un territoire - une approche par simulation multi-agents », *Journées Francophones Systèmes Multi-Agents (JFSMA)*, p. 237–240.

aux données et les différentes procédures réalisées pendant les itérations.

Pour aider à résoudre ce problème, nous proposons MASC, un outil facile qui peut fournir la base de l'environnement représenté par l'extraction de la carte. Le schéma ou le plan est une grille de domaines directement utilisable dans les plateformes de simulation multi-agents comme le NetLogo (Wilensky, 1999[435]) ou la plateforme de simulation multi-agents du Laboratoire d'Informatique et de Mathématiques de l'Université de La Réunion, GEAMAS-NG (GEneric Architecture for Multi-Agents Simulations) (Payet, et al., 2006[436]).

Donc, l'outil MASC permet de faire gagner du temps et aussi mettre au point la mise en place des modèles. De plus, l'outil MASC fournit l'expérience d'une utilisation simplifiée à travers les opportunités apportées par les développements récents dans les technologies de sites web.

[435] Wilensky, U. (1999) "NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling", *Northwestern University, Evanston, IL.*

[436] Payet, D., Courdier, R., Sebastien, N. & Ralambondrainy, T. (2006) « Environment as support for simplification, reuse and integration of processes in spatial", *MAS. IEEE International Conference on Information Reuse Integration,* p. 127–131.

1) MASC

a) Le besoin

Dans le contexte de modèles basés sur des modèles réels, nous réalisons les simulations dans lesquelles les agents opèrent sur un espace crée par la division spatiale des cartes (A. Gaudieux, et al., 2014[437]). L'approche naturelle consiste en l'utisation de GIS. Cependant, sur les territoires concernées par notre études en l'occurrence Madagascar, il n'existait pas de GIS ce qui est le cas de nombreuses régions du monde.

Des outils actuels fournissent déjà des solutions à ce problème mais ils sont seulement accessibles à des informaticiens confirmés. C'est la raison pour laquelle nous proposons une alternative automatisée d'extraction de carte pour les personnes non-initiées au codage informatique. Nous pouvons prendre l'exemple de XELOC, Langage, eXtensible Editing Language Of Configuration (David, et al., 2009[438]), qui désigne un support pour la configuration et l'initialisation des systèmes multi-agents. XELOC se base sur les principes de XML et exige la manipulation d'un langage de programmation. Un des objectifs de MASC consiste à révoquer tous ces processus d'acquisition et la manipulation d'un nouvel outil.

[437] Gaudieux A., Kwan J., Courdier R. (2014), « Study of the interactions between stakeholders by a multiagents system : application to the governance of natural resources in Miarinarivo District (Madagascar) », conference MAS 2014, Full Paper.

[438] David, D., Payet, D., Courdier, R. & Gangat, Y. (2009), « XELOC : un support générique pour la configuration et l'initialisation de systèmes multi-agents », *Journées Francophones Systèmes MultiAgents, JFSMA'09.*

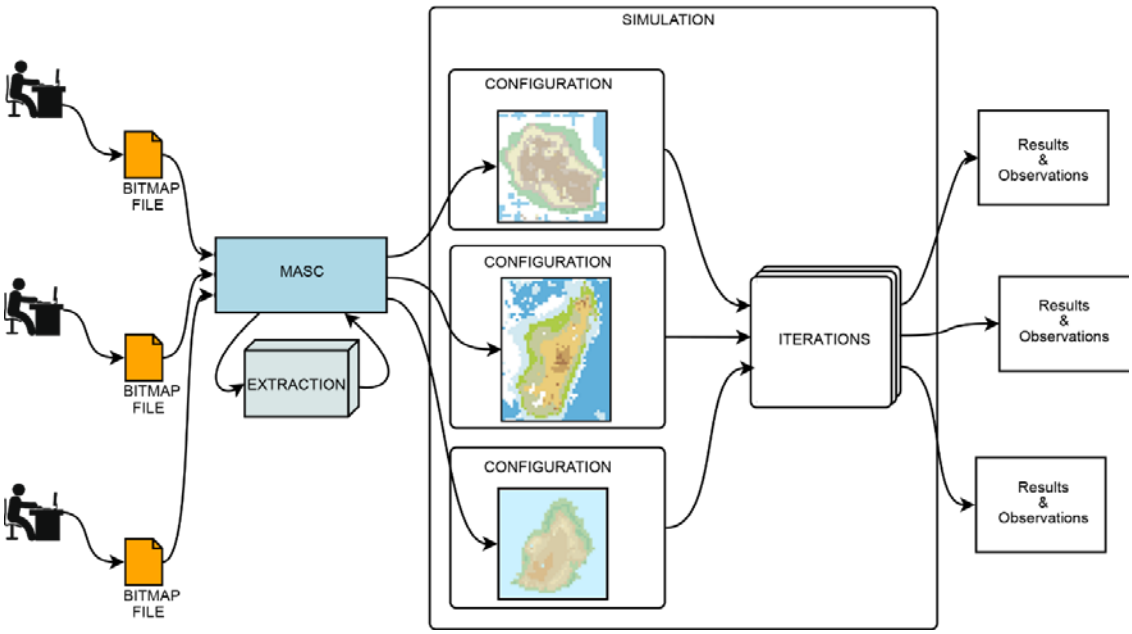


Figure 37 – Étape du fonctionnement de MASC.

Le développement d'un outil comme MASC résultent de plusieurs besoins.

Premièrement, le besoin d'un outil pour permettre l'automatisation du processus de la carte pixellisée pour réaliser les multiples simulations d'un même modèle avec des régions géographiques différentes. Il est intéressant d'intégrer la modélisation avec des configurations différentes. Des modèles peuvent mener à des résultats significatifs d'un niveau plus abstrait au moins abstrait. En outre, l'outil facilite la réalisation des tâches redondantes dans la création d'un environnement où l'agent développe des simulations différentes. Plusieurs configurations peuvent ensuite être produites plus efficacement comme on le montre dans la figure de l'interface de MASC.

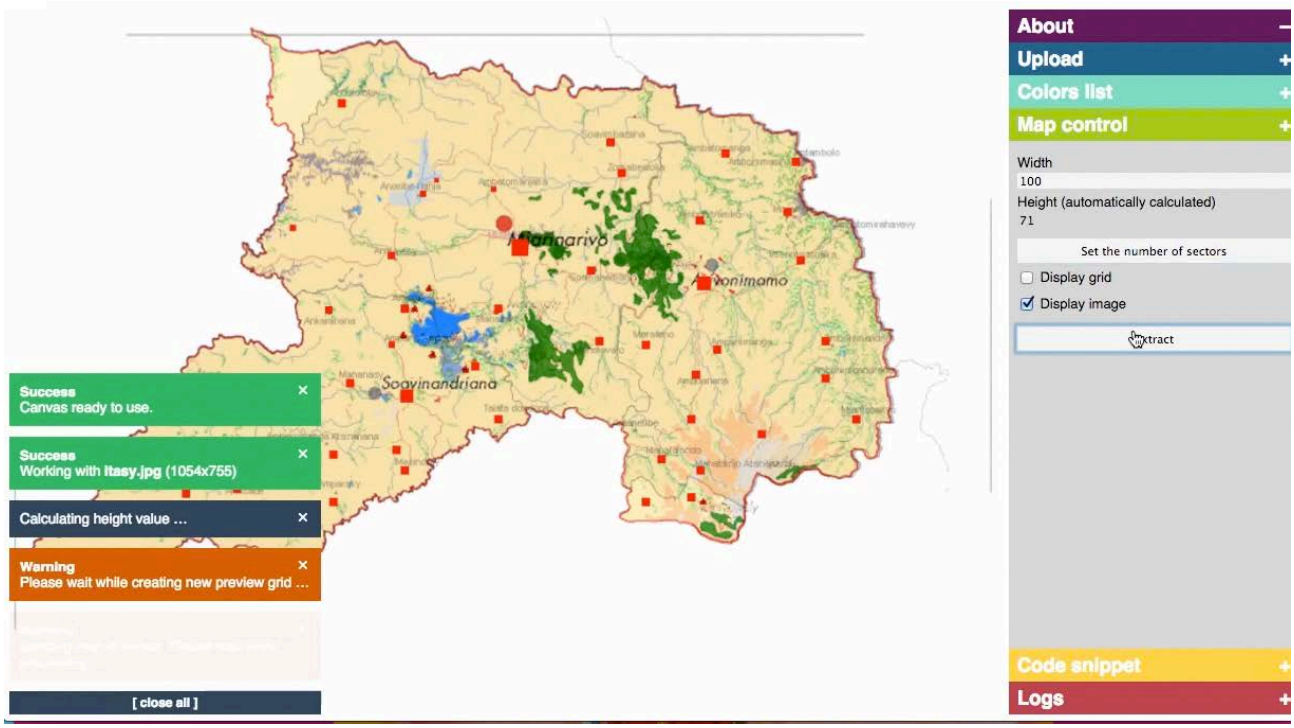


Figure 38 – Interface de MASC.

b) Le concept

MASC augmente la productivité en mettant en place un modèle fournissant l'expérience d'un utilisateur plus simplifié. C'est pourquoi l'outil est développé pour réclamer le moins d'opérations et minimum de familiarisation grâce à une interface ergonomique. Les interactions de l'utilisateur avec l'interface MASC se basent sur les opérations quotidiennes faites par des informaticiens (« drag and drop » cliquer et glisser, remplissage de forme, clic de souris). L'interface de l'utilisateur graphique se simplifie et utilise seulement ce qui est utile (cf. figure 37).

La quantité d'informations exigée pour les données est aussi gardée à un minimum, le reste étant automatiquement calculé.

Une question survient sur les types de fichiers acceptés par l'outil MASC. Les types d'images de production les plus utilisées sont les fichiers graphiques de vecteur dans le logiciel GIS ou les bitmaps pour plusieurs cartes, plans, dessins, croquis, ou autres copies numériques créées à

partir de versions papiers. Sachant qu'il est beaucoup moins restrictif de convertir une image vectorielle en un bitmap, nous avons décidé que les premières versions des outils utilisent les images bitmap.

De plus, nous avons voulu que l'outil soit utilisable à tout moment par un individu avec un ordinateur sans modifier l'espace de travail. C'est pourquoi nous avons choisi de faire une application en ligne utilisée à travers un navigateur disponible sur le lien suivant : http://lim-sca.univ-reunion.fr/masc/.

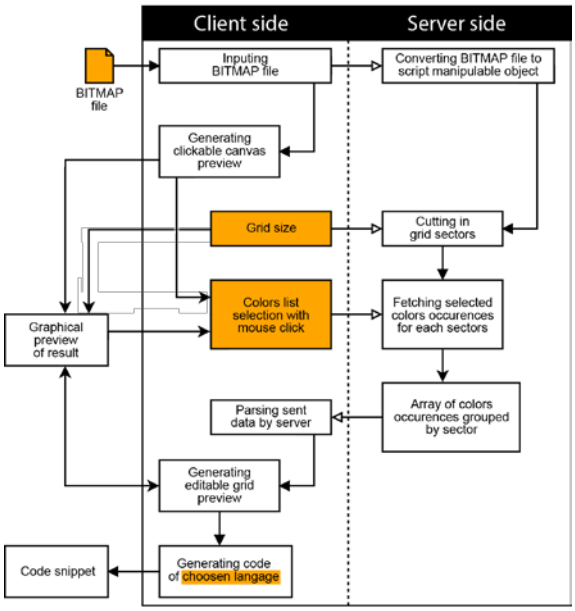


Figure 39 - Détail du workflow de MASC.

c) Présentation

Paragraphe 1 La facilité d'utiliser MASC

Pour utiliser MASC, il faut procéder en trois étapes.

La première étape consiste à demander toutes les informations nécessaires pour l'outil afin d'extraire correctement l'espace d'une grille coupée d'une image qui est présentée. Cette étape se déroule principalement envers l'utilisateur c'est-à-dire les utilisateurs du navigateur internet (cf. figure 38 sur le workflow de MASC). Les informations requises pour le bon fonctionnement de l'outil sont:

- Un fichier d'image bitmap (format JPEG, PNG, GIF, ou TIFF) désigne une représentation de l'espace ou les agents évoluent pendant les simulations.

- La taille de la grille se résume simplement par le nombre de secteurs sur la largeur de l'image. Parce que nous travaillons avec une grille dont les secteurs ont la même dimension des deux côtés, le nombre de secteurs dans la hauteur se calcule automatiquement. Il est possible de choisir ces propres dimensions pour la grille dans les onglets « Width » et « height ».

- Une liste de couleurs de l'aperçu de l'image est obtenue en cliquant dessus.

Dans une seconde étape, ces trois données sont envoyées au serveur pour qu'il puisse traiter le fichier bitmap et extraire une grille qui servira comme point de départ pour créer le code utilisé pour l'initialisation. Pour cette étape, l'utilisateur n'aura pas d'opérations à faire, ça sera uniquement au niveau du serveur.

Dans la dernière étape, de nouvelles informations résultant de l'extraction faite envers le serveur sont affichées graphiquement à l'utilisateur utilisant la zone d'aperçu de la page montrée sur son navigateur. L'utilisateur dispose d'un aperçu. Il peut légèrement modifier la grille avant la génération de code final selon le langage de programmation choisi. À ce niveau, l'utilisateur peut encore modifier la couleur des secteurs en cliquant dessus.

Si nécessaire, l'utilisateur peut changer le nombre de secteurs donnés pour changer la graduation de l'entrecroisement et puis régénérer le code.

Paragraphe 2 Les couleurs

Toujours en vue de mettre l'utilisateur au centre de l'expérience et augmentant la productivité, MASC utilise une liste de couleurs à sélectionner sur l'image. Cette liste s'utilise dans une seconde étape. Il permet aussi de filtrer certaines couleurs ou d'en masquer et éviter de garder des annotations qui se fusionnent sur l'image elle-même.

Lorsqu'on extrait les couleurs, l'image se divise en secteurs selon la grille donnée. Puis, chaque pixel sur l'image est examiné pour décider d'augmenter le nombre d'occurrences des couleurs sélectionnées pour chaque secteur. Dans ce processus, l'outil tolère un degré de nuance. Donc, les changements de couleurs apportés par la compression de l'image n'empêchent pas MASC d'extraire correctement les couleurs désirées dans chaque région.

Les couleurs formées par secteur sont sélectionnées graduellement dans l'ordre. Puis, la couleur dominante est sélectionnée pour être la couleur du secteur.

Pour permettre un certain degré de liberté et laisser le choix de couleurs, l'utilisateur peut cliquer sur la grille d'aperçu pour choisir les couleurs qui concernent celles qui sont listées dans la région sélectionnée.

d) Etude de cas

L'équipe travaille sur deux projets. SIEGMAS utilise la plateforme de simulation NetLogo et EDMMAS utilise le GEAMAS-NG. Nous aimerions tester la pertinence de MASC dans ces deux projets.

Paragraphe 1 SIEGMAS

SIEGMAS (Stakeholders Interactions in Environmental Governance by a Multi-Agent System) représente une modélisation conceptualisée pour étudier les déviances des paysans à l'encontre des ressources naturelles et forestières protégées par les transferts de gestion ou un autre texte de loi.

LE CONTEXTE

Dans le cadre de ce projet, les démarches classiques économiques étant assez biaisées pour la conceptualisation des comportements des individus et des processus de gouvernance communautaire des ressources naturelles, une démarche SMA permet des améliorations dans l'étude de ces phénomènes interactifs-cognitifs et la création d'un outil d'analyse.

Ce modèle a été conceptualisé pour étudier les déviances des paysans à l'encontre des ressources naturelles et forestières protégées par les transferts de gestion ou un autre texte de loi.

Cette simulation permet, donc, d'identifier les interactions entre les acteurs de la gouvernance prenant part aux transferts de gestion et de proposer des mesures concordantes ciblées pouvant atténuer les anomalies confluentes. Donc, le modèle révèle que la connaissance des sanctions par les agents; ce qui ne les empêchent pas d'enfreindre les mesures législatives de protection des ressources naturelles encadrées par les transferts de gestion ou situées dans quelques régions peu protégées.

Paragraphe 2 SIEGMAS

Les parties prenantes ont connaissance des sanctions octroyées en cas de déviance par le gouvernement. L'agent (qu'il soit déviant ou pas) a pour objectif de rendre son terrain et ses gains le plus rentables possibles étant donné les dépenses qu'il doit faire pour son activité ainsi que ses besoins personnels, les coûts générés par son exploitation ou son niveau de vie (coûts d'entretiens et investissements) et les gains escomptés. Ainsi, un agent peut choisir d'étendre légalement son exploitation *via* l'achat de nouvelles parcelles ou l'utilisation autorisée / contrôlée des ressources naturelles.

Ce modèle s'intéresse aux externalHelp, Manager et Operators (explicité en infra dans la présentation générale de SIEGMAS) et à leurs interactions par rapport aux ressources naturelles et forestières ainsi qu'aux ressources produites sur les exploitations agricoles.

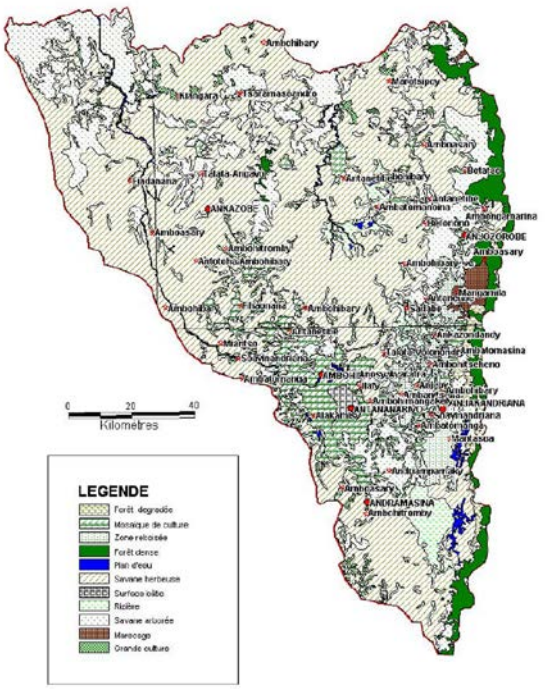


Figure 40 - Carte de la Région de Analamanga (Madagascar).

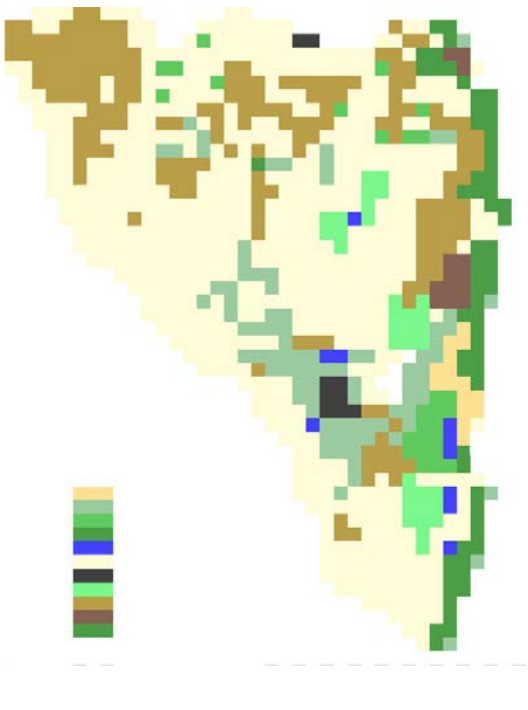


Figure 41 - Carte de Analamanga après génération des patches.

Le modèle SIEGMAS a été implémenté sous la plateforme de programmation Netlogo. Les agents peuvent respecter ou transgresser la législation envers la protection des ressources naturelles. Les transgressions peuvent être identifiées par les contrôles ou la dénonciation. Les autorités octroient des sanctions individuelles aux déviants. Ainsi, aucune sanction collective n'impacte les agents respectueux de la législation. Outre les lois étatiques pour l'environnement, les lois et règlements coutumiers sont très importants pour les territoires étudiés. Les agents se fixent pour objectif d'accroître leur rendement et de perpétuer la confiance que leur octroient les autorités étatiques et envers les autres agents s'ils sont rationnels (ou d'éviter les sanctions à tout en ayant un contexte avoisinant favorable à leur activité (Wade, 1987[439]).

Pour les sanctions, les déviants vont vouloir exploiter aléatoirement les terrains se trouvant autour de ses exploitations, même ceux qu'ils ont créés illégalement. À chaque itération, le gouvernement relève un nombre aléatoire de terrains illégalement exploités et cherche qui a créé l'exploitation. Après avoir lancé plusieurs fois la simulation avec différentes valeurs de configurations, il apparaît en observant la variation du taux de déviants que si le gouvernement contrôle bien les transferts de gestion, les sanctions sont bien appliquées. La présence des déviants engendre plus de détérioration des terrains. Certains déviants évitent les sanctions et gèrent des revenus non imposables. Toutefois, l'application d'une sanction aux déviants rééquilibre le système afin que les déviants n'obtiennent pas de gains dans la pratique illégale de l'agriculture ou de l'exploitation des ressources naturelles. Donc, les comportements individuels impacteront les comportements collectifs si un agent connaît les agissements de son voisinage. L'agent accorde sa confiance à son voisin lorsque qu'il ne s'agit pas d'un déviant. Par contre, s'il connaît les actes de déviance de son voisin, il sera plus suspicieux à son encontre et le dénoncera ou pas.

[439] Wade, R. (1987), "The management of common property resources: collective action as an alternative to privatisation or state regulation", *Cambridge Journal of Economics*, Volume 11, pp. 95-106.

MASC AVEC SIEGMAS

Dans cette étude de cas, nous essayons de modéliser les interactions entre les parties prenantes dans une zone géographique précise. Donc, nous devons créer une représentation d'une région dans une plateforme de simulation. Dans cet exemple spécifique, pour la région d'Analamanga (Madagascar) les données cartographiques sont très difficiles à trouver. Donc, nous allons à partir d'une carte extraite d'un document numérique qui nous est fourni faire une extraction (cf. figures 39 et 40). Sans MASC, nous devons entrecroiser l'image en logiciel en cours et puis sélectionner manuellement et estimer la couleur de chaque secteur de la grille. Grâce à MASC, ces tâches se font simplement et nous obtenons le fichier de l'image, le nombre de secteurs à couper dans la direction en largeur et une palette de couleur que nous avons simplement prise de la légende de la carte. Après, on nous montre un aperçu. Donc, nous décidons de mettre en priorité les couleurs des secteurs ou non et générer le code informatique et le fichier final en fonction du langage de programmation choisi : Xeloc ou NetLogo.

```
;Permit to create a representation of the map
to create-world
clear-all
set-patch-size 20
resize-world 0 39 0 50
ask patch 0 50 [set pcolor
[186 158 74]]
ask patch 1 50 [set pcolor
[186 158 74]]
ask patch 2 50 [set pcolor
[255 252 217]]
ask patch 3 50 [set pcolor
[255 252 217]]
[...]
ask patch 36 0 [set pcolor
[255 255 255]]
ask patch 37 0 [set pcolor
[255 255 255]]
ask patch 38 0 [set pcolor
[255 255 255]]
ask patch 39 0 [set pcolor
[255 255 255]]
end
```

MASC sillonne plus ou moins finement la carte pour rassembler les données à différentes échelles sans effort et faciliter le déploiement des différentes cartes de base pour différentes configurations.

Utiliser MASC pour générer un extrait de code XELOC nécessite pas d'envoyer l'image au serveur comme pour le traitement d'avant. Dans ce cas, MASC est juste le rassembleur de couleur qui permet de générer le code snippet XELOC comme output. Nous notons aussi que si nous avons besoin de réutiliser cette carte pour NetLogo, nous devons juste changer le choix de langage et régénérer code snippet qui permet d'avoir une carte équivalente dans les patches de NetLogo.

Le problème redondant de la représentation d'un espace dans les systèmes multi-agents nous mène à trouver des outils utiles pour être plus productive. Nous utilisons souvent les cartes du logiciel GIS, les supports papier et d'autres documents électroniques, que nous voulons installer dans nos simulations.

Dans ces paragraphes, nous avons présenté, MASC, un outil de support pour configurer les systèmes multi-agents basés sur les informations extraites des couleurs des images bitmap. MASC a pour but de fournir des services simplifiés faciles à utiliser pour l'acquisition des codes snippet prêts à utiliser avec les systèmes multi-agents des plateformes de simulation. De cette façon, créer de multiples configurations pour un même modèle peut être fait rapidement et facilement, en permettant aux utilisateurs de mettre au point les données et les résultats de simulation. De plus, MASC permet de créer sans effort plusieurs cartes entrecroisées délicatement pour observer l'évolution des agents sur différentes échelles précises.

Le but de MASC n'était pas d'apporter la possibilité d'automatiser une partie de la mise en œuvre d'un modèle, mais plutôt de souligner le manque d'outil utilisable et adapté pour simplifier l'initialisation d'une simulation, avec laquelle nous nous confrontons dans les précédents exemples et présentons pour le public une solution plus adéquate pour les non informaticiens.

e) Présentation de résultats d'observations de simulations

Le modèle multi-agents de SIEGMAS a été implanté sur la plateforme NetLogo qui offre un certain nombre de fonctionnalités d'observation de résultats de simulation sommaires pour la mise au point du système.

Cependant, seuls quelques résultats peuvent être exprimés alors que compte tenu de la masse d'informations générées au cours d'une simulation de nombreuses formes d'interprétations peuvent être offertes et construites de façon interactive par un économiste.

Nous avons donc externalisé le maximum de données issues de séries de simulations afin que celles-ci soient exploitables « en différé » par des outils de gestion de tableaux de bord interactifs qui sont des outils très prisés par les acteurs de l'économie[440]

Il s'agit d'offrir aux décideurs plusieurs axes de vue pour les données calculées. En effet, il y a toujours des difficultés de choisir la « chaîne » de données à suivre pendant le déroulement de la simulation et conduisant à la mise en valeur de phénomènes observables. L'approche mise en œuvre, fournit la possibilité de visualiser la simulation dans plusieurs directions, axes et aussi autorise à extraire les observations sans relancer les calculs plusieurs fois. De plus, il fournit également une chronologie pour avancer ou rembobiner la visualisation de résultats.

À ce niveau, une application est réalisée avec l'environnement d'un tableau de bord nécessitant quelques connaissances informatiques pour la gestion et présentation interactive de données complexes. Les tableaux de bord accompagnés de modèles multi-agents conceptualisent un systèmes d'analyse de la cognition et des interactions. Les expérimentations sont réalisées avec des outils de type « *data-driven* », utilisés pour la présentation de grandes quantités de données et utilisés dans le contexte Big Data[441].

---

[440] Nachet B. et Adla A. (2014), « Conception Multi-Agents des Systèmes d'Aide à la Décision Collective », ed. Editions Universitaires Européennes.

[441] Bibliothèque Data-Driven Document http://d3js.org

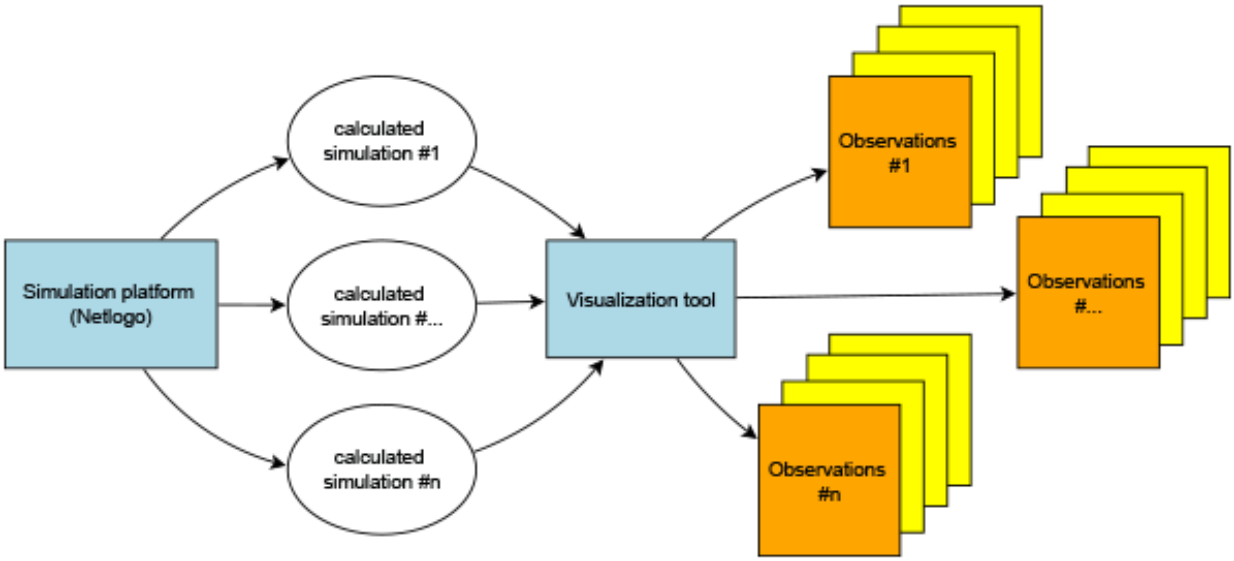
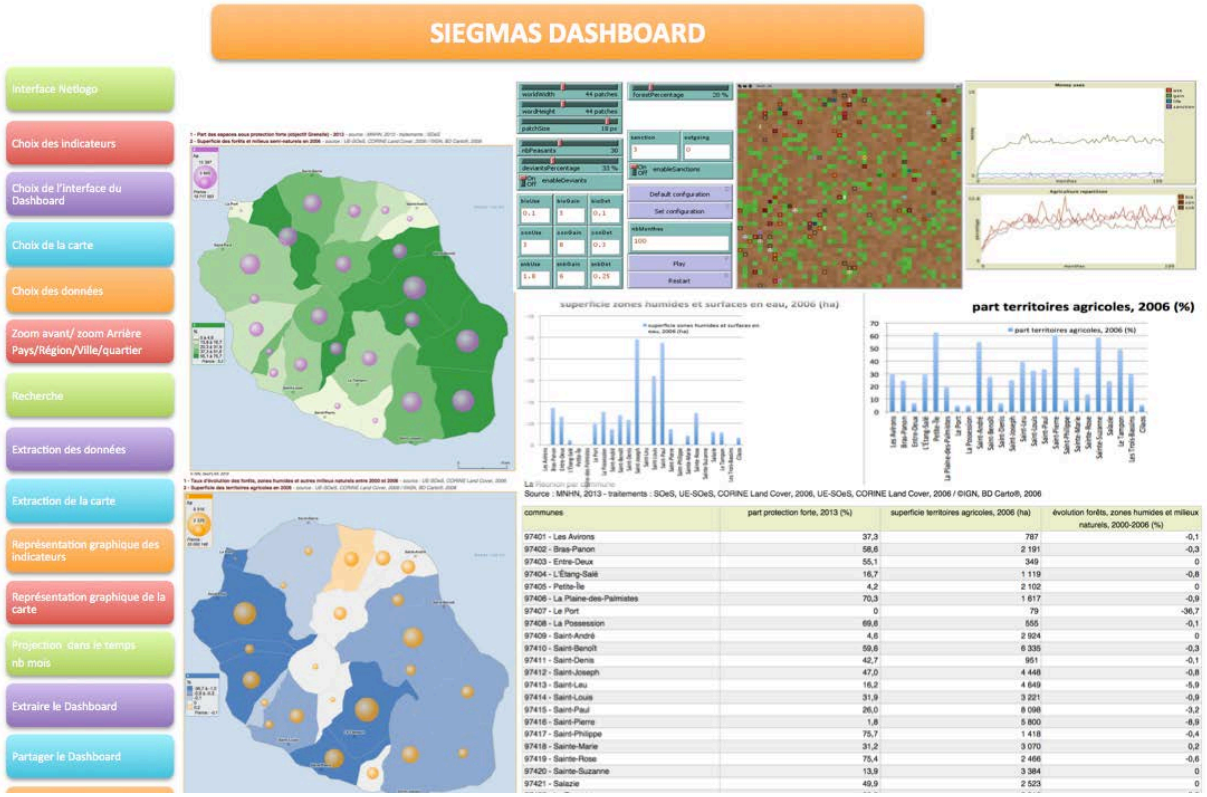


FIGURE 42 – SIEGMAS, un outil d'aide à la décision de simulation utilisant des tableaux de bord dynamiques.

2) Les tableaux de bord envisagés



communes	part protection forte, 2013 (%)	superficie territoires agricoles, 2006 (ha)	évolution forêts, zones humides et milieux naturels, 2000-2006 (%)
97401 - Les Avirons	37,3	787	-0,1
97402 - Bras-Panon	58,6	2 191	-0,3
97403 - Entre-Deux	55,1	349	0
97404 - L'Étang-Salé	16,7	1 119	-0,8
97405 - Petite-Île	4,2	2 102	0
97406 - La Plaine-des-Palmistes	70,3	1 617	-0,9
97407 - Le Port	0	79	-36,7
97408 - La Possession	69,8	555	-0,1
97409 - Saint-André	4,6	2 924	0
97410 - Saint-Benoît	59,6	6 335	-0,3
97411 - Saint-Denis	42,7	951	-0,1
97412 - Saint-Joseph	47,0	4 448	-0,8
97413 - Saint-Leu	16,2	4 649	-5,9
97414 - Saint-Louis	31,9	3 221	-0,9
97415 - Saint-Paul	26,0	8 098	-3,2
97416 - Saint-Pierre	1,8	5 800	-8,9
97417 - Saint-Philippe	75,7	1 418	-0,4
97418 - Sainte-Marie	31,2	3 070	0,2
97419 - Sainte-Rose	75,4	2 466	-0,6
97420 - Sainte-Suzanne	13,9	3 384	0
97421 - Salazie	49,9	2 523	0

Figure 43 – Exemple de tableau de bord dynamique construit sur la base de multiples simulations.

Un tableau de bord désigne un outil de visualisation des données. Depuis de nombreuses années les tableaux de bord se multiplient. Les tableaux de bord fleurissant ces dernières années proposent une analyse dynamique des données en temps réel. L'affichage des résultats est ainsi plus pratique et l'analyse gagne en maniabilité et performance (figure 43).

Nous obtenons un fichier .csv avec une grande masse d'informations à la fin de la simulation Netlogo.

Plusieurs tableaux de bord interactifs possibles. Nous en retiendrons quelques-uns.

a) D3. Js

D3.JS a été inventé par Mike Bostock. Cette bibliothèque JavaScript permet la présentation de données en s'appuyant sur les éléments d'une page web via HTML ou SVG (figure 44).

Le navigateur a pour avantage d'avoir une large bibliothèque d'outils de visualisation. http://d3js.org.

Il s'agit une fois ces données récoltées d'utiliser un code source pour la visualisation.

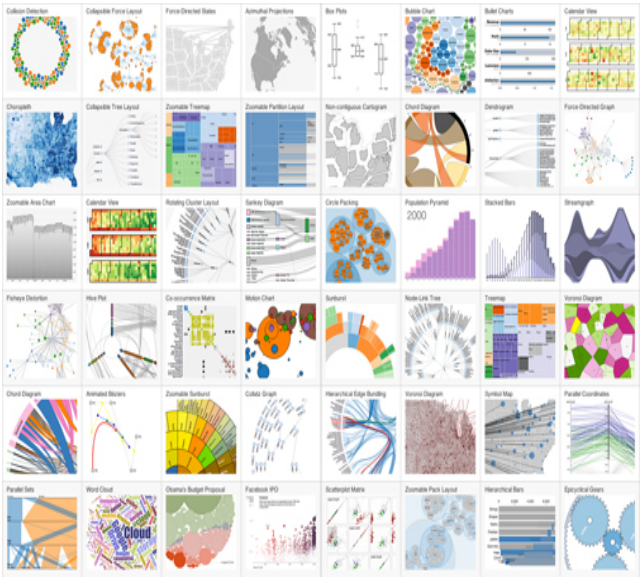


Figure 44 - Bibliothèque D3.js.

b) Tableau de bord public / Kibana

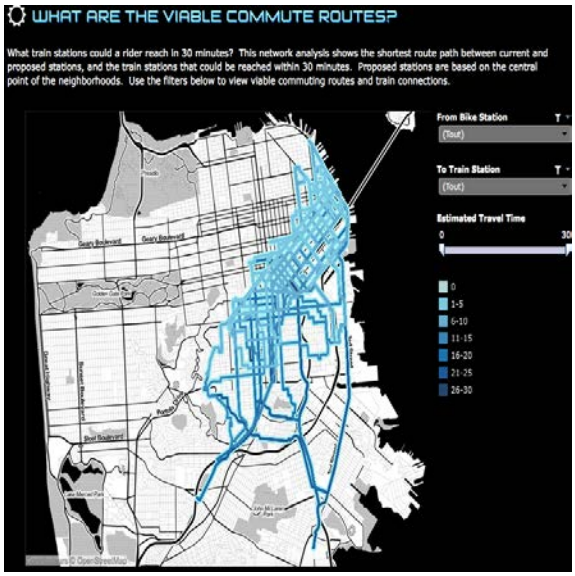


Figure 45 – Capture d'écran de tableau de bord public.

D'autres tableaux de bord ont également été étudiés en vue du choix optimal pour le cadre de cette thèse.

« Tableau public »[442] représente une application de visualisation (figure 45). L'utilisateur crée, enregistre et stock ses réalisations dans son espace personnel. Une galerie en ligne propose une sélection de visualisation créée avec tableau Public. Des tutoriels et des articles ainsi que le blog facilite l'apprentissage. Toutefois, l'utilisation requière des connaissances en programmation informatique.

Kibana[443] est également outil de visualisation des données avec une interface intuitive et des tableaux de bord en temps réel que nous avons découvert par le biais de l'OBSUN[444] Observatoire des Usagers du numérique de l'Université de La Réunion avec qui nous travaillons dans le cadre de la réalisation de ce Dashbord (figure 46). Tout comme Kibana, l'apprentissage se fait en ligne et l'outil nécessite des compétences informatiques poussées.

[442] Tableau de bord interactif http://www.tableau.com/public/

[443] https://www.elastic.co/products/kibana

[444] http://obsun.univ-reunion.fr/

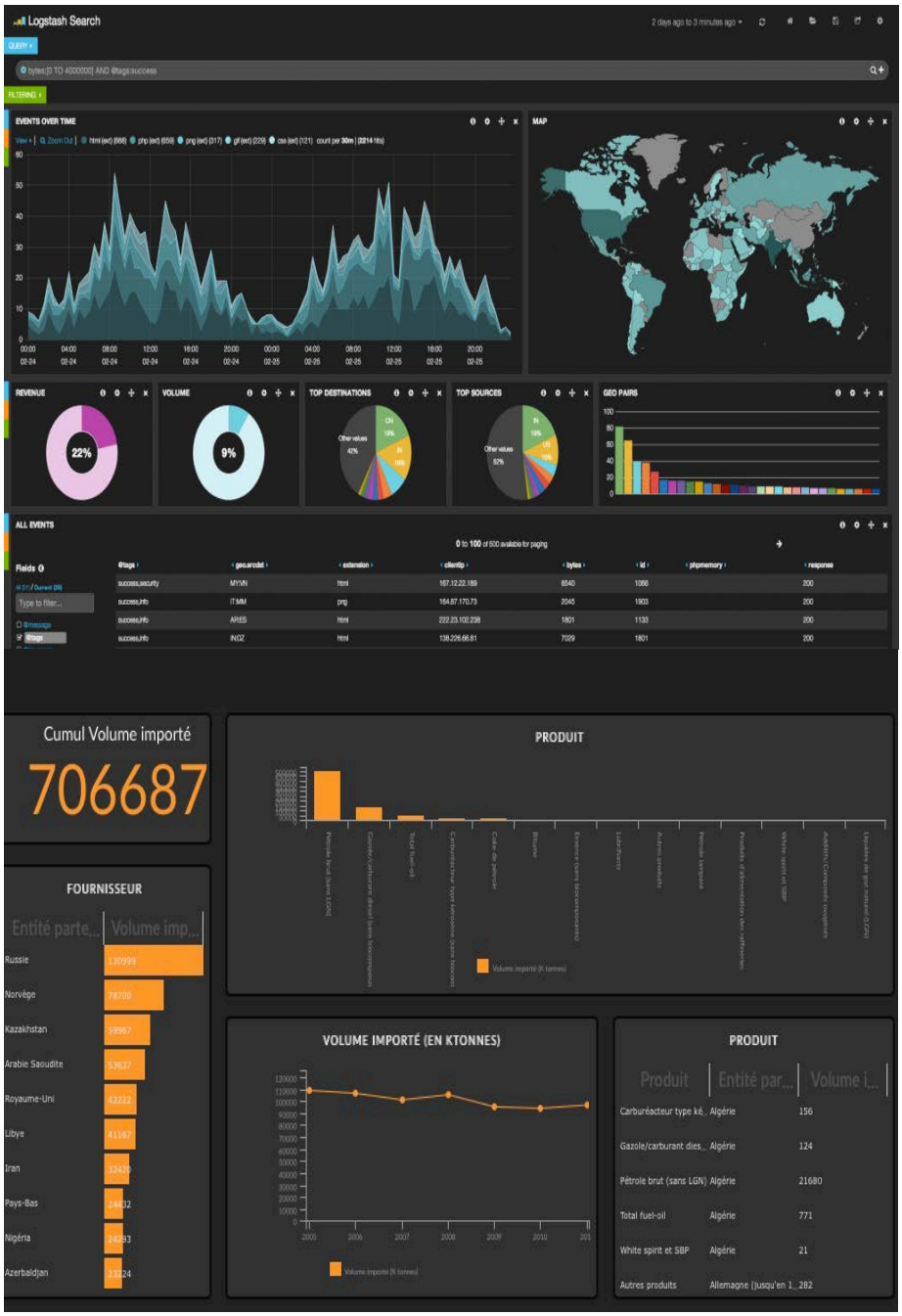


Figure 46 – Interface dynamique de Kibana.

c) Prompto

Prompto [445] désigne un tableau de bord en temps réel créé par la société Réunionnaise Datarocks.OI (fugure 47).

Le tableau de bord est actuellement expérimenté par plusieurs services de l'Université de La Réunion dont l'OBSUN[446]. Après quelques réunions avec Christophe Porlier le Directeur de l'OBSUN, Véronique Sébastien, ingénieure de recherche en informatique à l'OBSUN et une rencontre avec les concepteurs de la plateforme, Datarocks, les concepteurs du logiciel nous ont accordé une autorisation pour expérimenter cette plateforme dans notre étape 3.

Prompto a été utilisé par l'OBSUN pour la réalisation de l'enquête sur les usagers du numérique à l'université : les étudiants et le personnel.

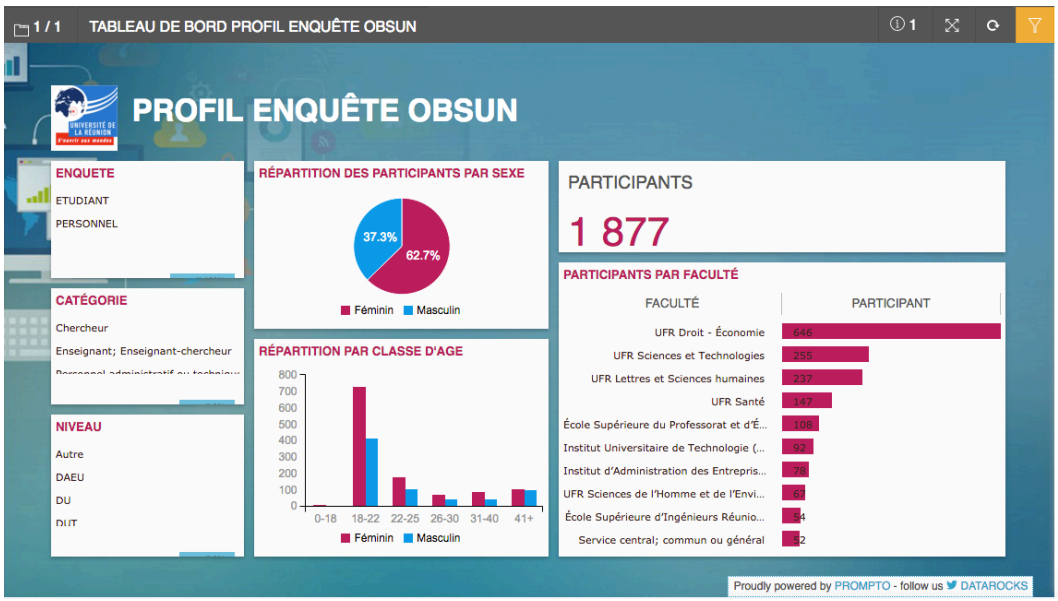


Figure 47 – Interface du profil de l'enquête OBSUN.

[445] http://www.datarocks.io/

[446] L'Observatoire des Usages du Numérique de l'Université de La Réunion.

Divers filtres peuvent être appliqués rapidement et permettre de visualiser différemment les données en quelques minutes (figure 48).

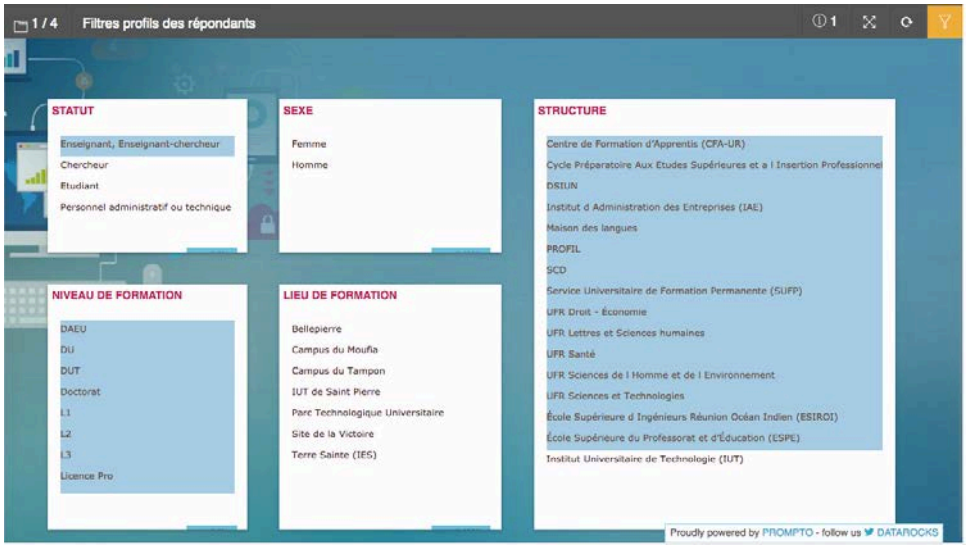


Figure 48 – Capture d'écran des filtres des profils des répondants.

Grâce à des simulations prospectivistes, le système SIEGMAS devrait favoriser des actions d'anticipation sur la gestion de ressources naturelles et aider dans la poursuite d'un comportement proactif des acteurs impliqués dans l'ensemble des niveaux de la chaine de décisions. Prompto a été retenu pour la réalisation des tableaux de bord dans la troisième étape de SIEGMAS après la réalisation des simulations avec une carte pixellisée par MASC.

Conclusion du quatrième chapitre

La réalisation d'un outil d'analyse pluridisciplinaire pour la gouvernance communautaire, SIEGMAS, apporte une réponse à l'étude des interactions dans ce domaine, en complément des méthodes économiques traditionnelles. Grâce à SIEGMAS nous avons pu montrer que cette démarche permettait d'obtenir un modèle générique transposable à différents territoires, en considérant trois régions de l'Océan Indien: Analamanga et Itasy (Madagascar) et l'île de La Réunion. Dans cette section, nous avons détaillé et argumenté l'intérêt d'un modèle multi-agents. Nous avons également enrichi notre proposition en spécifiant un cadre complet de définition d'une architecture informatique adaptée à la problématique de SIEGMAS en tirant profit des propriétés de l'approche des systèmes multi-agents.

Dans le chapitre suivant, nous allons expérimenter l'outil pour trois territoires de l'Océan Indien afin de démontrer que l'outil est générique et peut être réutilisé pour d'autres études avec des objets et problèmes différents.

Chapitre 5 Analyse des Résultats du traitement des données avec SIEGMAS[447]

« Une idée ne vaut rien si elle n'est pas mise en œuvre ».

Thomas Edison.

Dans ce chapitre quatre, nous appliquons l'outil crée dans le cadre de cette thèse SIEGMAS à trois territoires pour démontrer la générique et l'ergonomique de la méthode.

Ainsi, tout chercheur ou décideur qui souhaite mener à bien une étude peut utiliser la simulation et traiter ses données de manière interactive. Les tableaux de bord interactifs permettent une visualisation dynamique des données et offre une ergonomie de travail.

L'objectif de l'utilisation d'un tableau de bord dans SIEGMAS permet aux décideurs (chercheurs, chef d'entreprise,…) de prendre des décisions rapidement grâce à un traitement des données rapide et avec une interface interactive. Il s'agit donc de rendre moins fastidieux le traitement des données statistiques en réduisant le détail de traitement mais également en facilitant l'accès aux tableaux de bord interactifs aux sciences humaines. De plus, un très grand nombre de données peuvent être traitées par le tableau de bord tout en ayant une interface

[447] A. Gaudieux, V. Sébastien and R. Courdier (2016), Stakeholders Strategies' in Common Pool Resources. Experimentation of a help tool to the decision with Multi-Agent Based Simulation for Indian Ocean, Long poster paper in 15th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (IEEE ICCI*CC), 9 pages, SCITEPRESS Digital Library [to be published], Stanford University, California, on Aug. 22-23 2016.

A. Gaudieux, J.D Cazal., D. Grondin, V. Sébastien et R. Courdier (2016), « SIEGMAS : un simulateur multi-agents pour l'étude des territoires de l'Océan Indien », 11ème congrès du Réseau International de Recherche sur les Organisations et le Développement Durable (RIODD). https://riodd2016.sciencesconf.org/113243.

Rakotobe D'Alberto N., Gaudieux A. et Bonardin-Cadet A., Sous Dir., (2016), « Perception, représentation, compréhension », « travaux et documents n°50 », p. 158.

composée d’onglets délimitant des sous-composantes dans l’organisation des résultats allégeant la présentation, la visualisation et la lecture des résultats.

La méthode proposée rend plus aisée le traitement des données pour des individus qui doivent réaliser des analyses dans un temps optimisé.

L’outil permet donc de communiquer plus facilement sur ces données auprès d’un public aux compétences variées grâce à la navigation et aux requêtes qui peuvent être lancées en temps réel.

Notre contribution a été de proposer une méthode de conceptualisation de ressources naturelles à base de simulation à base d’agent

Pour démontrer sa viabilité, expérimentons la suite d’outils sur trois territoires. Pour ce faire, nous traitons l’ensemble des résultats d’extraire les cartes, de lancer les simulations avec NetLogo puis de réaliser la conceptualisation des nombreuses données avec Prompto.

Ce chapitre présente, dans une première section, l’outil les résultats obtenus dans l’étape 1 et 2 avec MASC et NetLogo. Puis, dans une seconde section, nous nous focaliserons sur la présentation du Dashboard Prompto et les résultats obtenus en fonction de l’angle thématique territorial afin de démontrer l’étendu des possibilités de présentation des données dans Prompto (étape 3).

Section 1. Le principe du traitement des données à travers l’étape 1 et 2 de la méthode SIEGMAS.

Dans une première section, nous présentons le traitement des résultats réalisés pour les territoires d’Analamanga, Itasy (Madagascar) et de La Réunion (France) avec notre méthode à base d’agents en utilisant notre suite d’outils MASC, notre extracteur de carte (étape 1) et les simulations que nous réalisons avec NetLogo (étape 2) pour ces territoires.

A. Point de départ du traitement des données avec MASC

MASC

Dans l'étape 1, nous réalisons une pixellisation d'une carte de base d'occupation des sols (figures 49 à 54).

ETAPE 1 : DONNEES ET PIXELLISATION DE LA CARTE AVEC MASC (MAP SECTORS CREATOR).

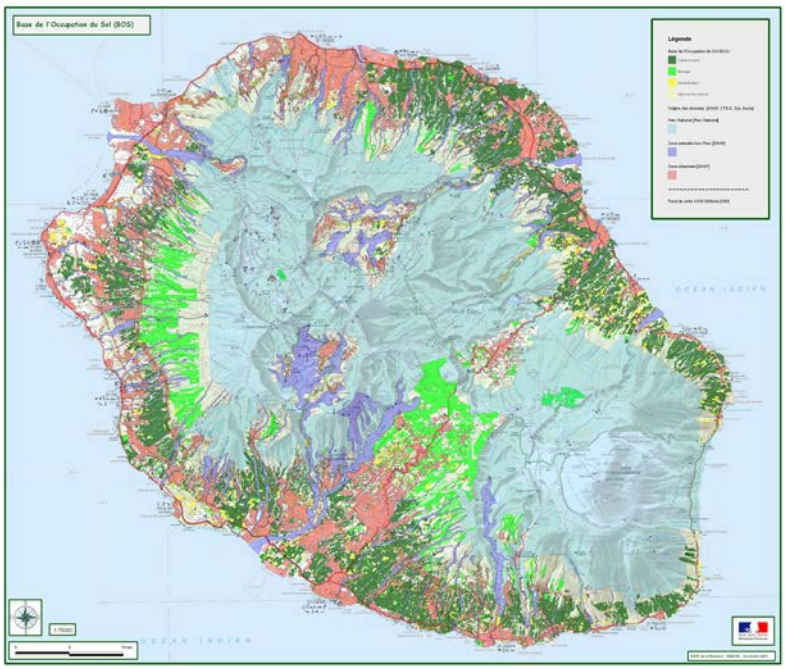




Figure 49 - Base d'Occupation des Sols de l'Ile De La Réunion.

La carte choisie sera pixellisée dans MASC au lien suivant :

http://lim-sca.univ-reunion.fr/masc/

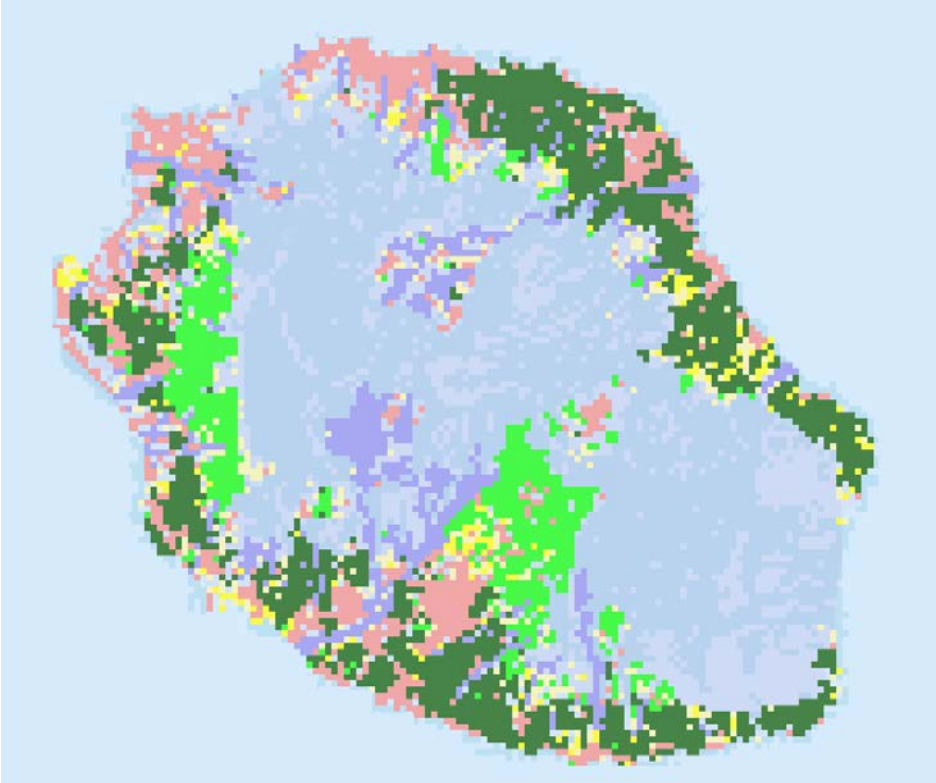


Figure 50 – Carte de la base d'occupation des sols de La Réunion pixellisée par SIEGMAS, A. GAUDIEUX.

L'opération est également réitérée pour les deux régions de Madagascar.



Figure 51 – Base d'occupation des sols de Analamanga



Figure 52 – Carte de la base d'occupation des sols de Analamanga pixellisée

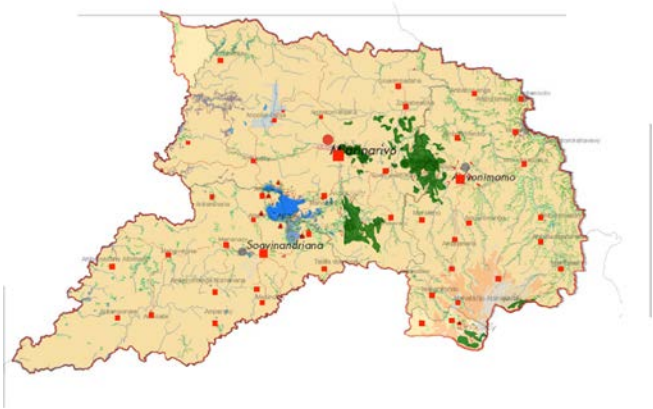


Figure 53 – Base d'occupation des sols de Itasy.

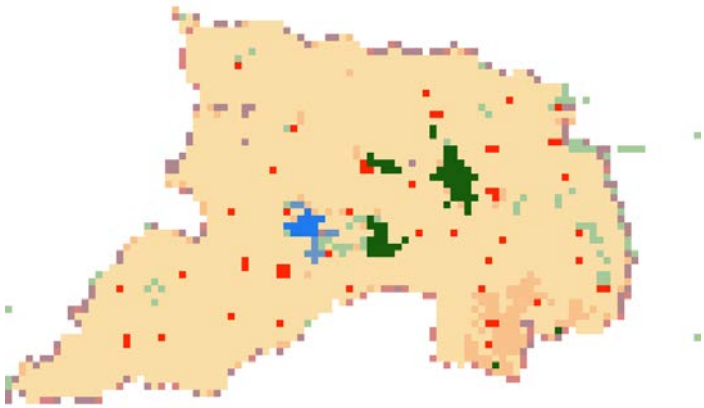


Figure 54 – Carte de la base d'occupation des sols de Itasy pixellisée.

Comme nous l'avions démontré dans le chapitre 4, à présent une personne voulant avoir un fonds de carte pour l'utiliser dans une plateforme de simulation à base d'agents peut pixelliser sa carte automatiquement grâce à MASC sans avoir besoin de connaissance en code informatique et sans conceptualiser un code informatique.

Nous démontrons donc que MASC permet donc de démocratiser l'accès spatial et cartographique aux plateformes de simulations agents contrairement aux anciennes tentatives comme XELOC (David, D., Payet, D., Courdier, R. & Gangat, Y.) qui nécessitaient des connaissances très pointues en codage. De plus, dans XELOC l'utilisateur devait recréer un

code à chaque fois qu'il voulait avoir une carte pixélisée pour une plateforme à base d'agents. La méthode est simple pratique et utile à la communauté scientifique car nous comptons déjà une bonne croissance du nombre d'utilisateurs de la plateforme MASC ce qui démontre donc son utilité.

B. Réalisation des simulations avec le langage et la modélisation NetLogo.

ETAPE 2 : REALISATION D'UNE SIMULATION AVEC NETLOGO

Une fois la carte pixellisée, nous enregistrons la carte et le fichier Netlogo à télécharger dans un même dossier pour l'implémenter dans la simulation de SIEGMAS.

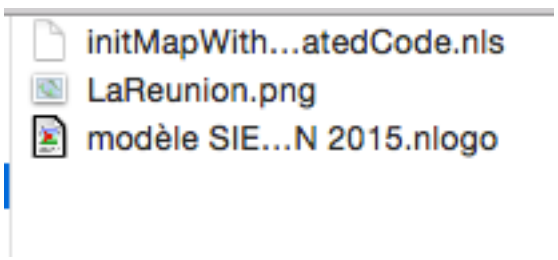


Figure 55 – Les fichiers nécessaires pour l'ouverture du modèle NetLogo.

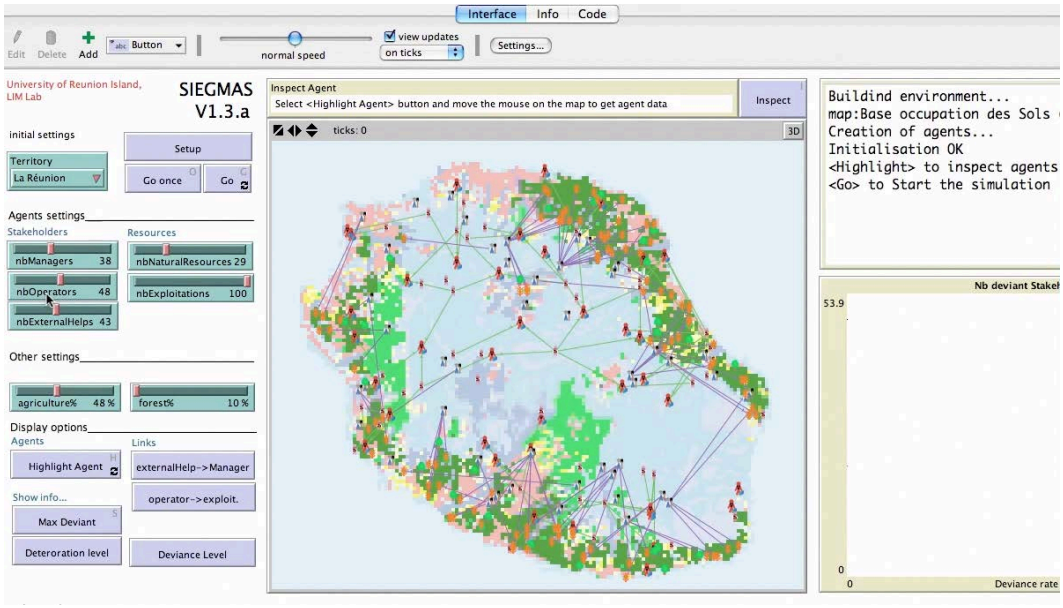


Figure 56 – Interface de Netlogo pour La Réunion, A. GAUDIEUX.

On obtient des données sous forme de base de données et .CSV. Il s'agit, ici des bases de données issues de nos enquêtes de terrains sur les trois régions de notre objets d'étude et des données collectées via les bases de données accessibles en ligne ou collectées auprès des instances rencontrées dans le cadre de nos enquêtes. Pour des raisons de confidentialités, nous présenterons dans ce chapitre uniquement des données publiques et diffusables. Ces bases de données on été injectées dans notre modèle SIGEMAS sur NetLogo. Nous fixons également toutes une palette de paramètres au fil de nos diverses simulations qui nous permettent de récolter des données dans ce fichier.CSV une fois l'extraction faite (figure 55).

Au préalable nous avons créer une UML de notre modèles SIEGMAS dans MySQL afin de nous permettre de classer les informations des bases de données (figure 56). En effet, cette UML nous permet d'interroger la caractéristique et la catégorie d'agents que nous voulons réprésenter dans une simulation (figures 57 et 58).

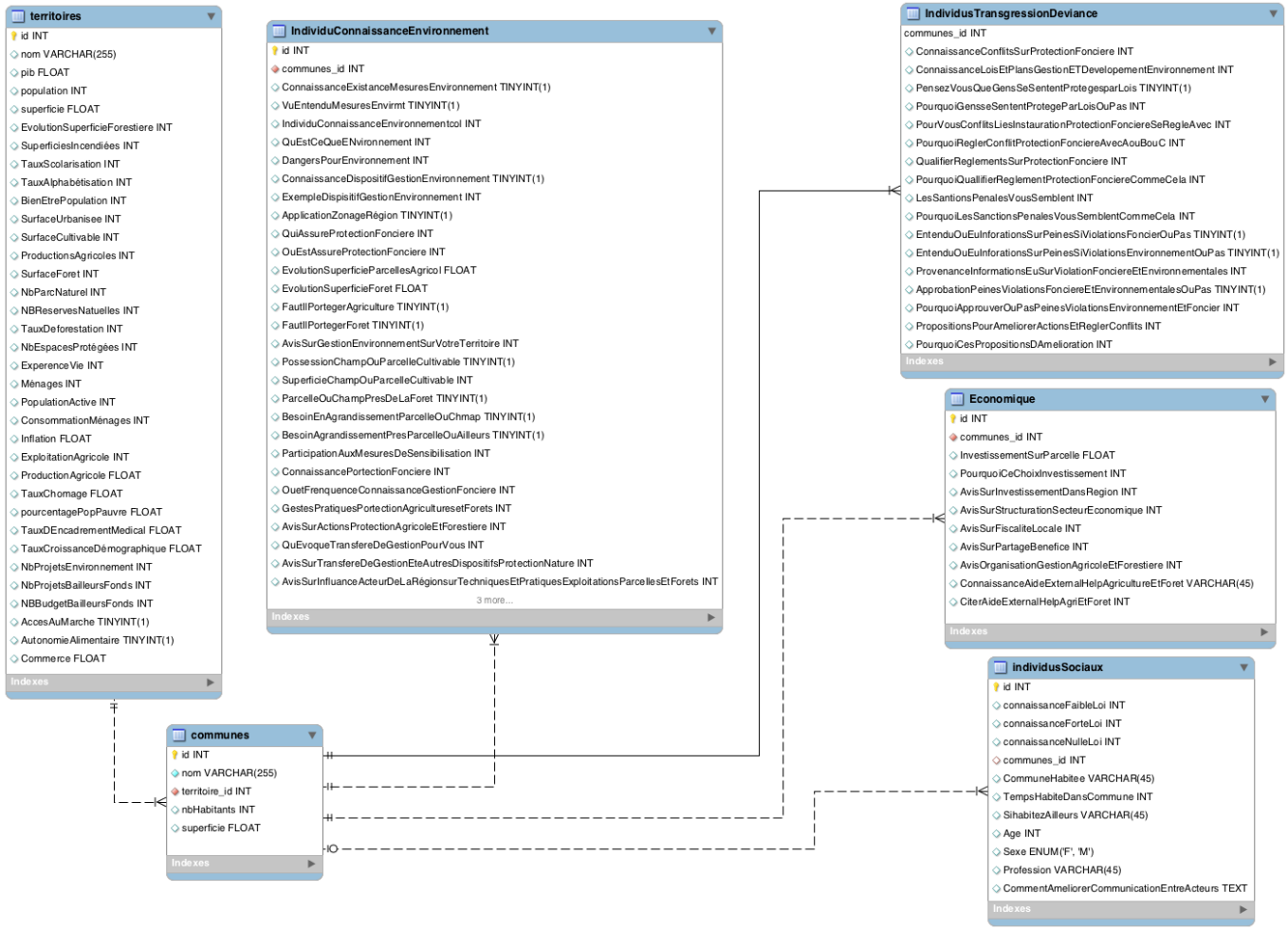


Figure 57 – UML de l'interface de MySQL de notre modèle, A. GAUDIEUX.

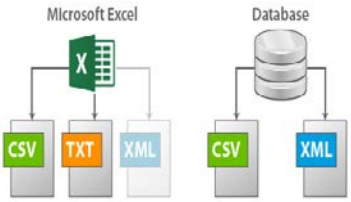


Figure 58 – Format des documents Excel et ceux compatibles avec une base de données.

Nous réalisons nombreuses simulations. Nous procédons à une instanciation (programmation informatique qui se base sur des exemples existants en l'occurrence dans notre cas nous partons de notre prototype comme point de départ [448]) du modèle de base commune avec des différentiations mineures. Nous désirons expérimenter un ensemble de règles. De ce fait, nous accentuions notre choix sur l'étude des connaissances de l'environnement.

Puis, nous modifions le modèle en ajoutant également une variable « knowledge ». Nous obtenons ainsi le modèle 1.4.B. La variable « knowledge » représente la connaissance des mesures de protection de l'environnement par les agents. Dans la version 1.5, nous avons ajouté d'autres variables : « influence », « money », « rentability ».

Nous implémentons des comportements pour relier la déviance et les comportements.

Des notes de 1 à 4 sont identifiées pour des variables comme le « niveau de connaissance des mesures de protection » dans le modèle 1.4.B. Puis, dans le modèle 1.5 les notes sont réajustées pour être plus réalistes : nous donnons des notes de 1 à 10.

L'objectif final consiste à identifier 5 à 6 règles communes de comportement global en se basant sur les enquêtes dans le temps imparti dans cette thèse. Bien sûr si nous disposions de plus de temps nous aurions pu implémeter une multitude de comportement qui se base sur un mayage complexe d'interrelations issues des tables 7, 8, 9, 14 et 15.

[448] A. Gaudieux, R. Courdier, J. Kwan, (2014), " Multi-agents model for the study of interactions between the stakeholders in the common pool resources : application to the district of Miarinarivo (Madagascar), 8th International Conference on Multi-Agent Systems and Simultion (MAS&S'2014), September 07/10/2014, Warsaw, Poland, pp. 12.

Une fois la modélisation terminée, nous réalisons 3 simulations de deux modèles : du modèles 1.4.a et du modèle 1.4.b. Puis, une simulation du modèle 1.5.

VERSION 1.5 DU MODELE NETLOGO

Intéressons-nous à présent à la variable « knowledge » dans la version 1.4.b de SIEGMAS.

Dans le modèle 1.4.B, les ajouts concernant la variable « knowledge » sont multiples, intéressons-nous en détails à ses ajouts.

* Une variable connaissance (« knowledge ») de l'environnement est ajoutée au modèle[449].

```
; -------------------------------------------------------------------------
; Agents Specification (adding custom turtles variables)
turtles-own [
  devianceLevel       ; Integer between 0 to 100
  subtype             ; for example "ForeignGovernments" for an externalHelp

knowledge             ; knowledge of environment protection policies (integer between
0 and 4)
```

Dans la partie initialisation de l'agent, pour les parcelles, nous avons au minimum 2 managers, 2 operators et 2 external helps pour limiter la déviance envers les ressources naturelles.

[449] Le terme « manager » désigne ici le terme de « public manager ».

```
        ; set agents to plot (2 managers, 2 operators and 2 external helps) -> no
    deviance for natural resources !!
        set g_agentIdToPlot1 one-of Managers
        set g_agentIdToPlot2 one-of Managers
        set g_agentIdToPlot3 one-of Operators
        set g_agentIdToPlot4 one-of Operators
        set g_agentIdToPlot5 one-of ExternalHelps
        set g_agentIdToPlot6 one-of ExternalHelps
```

** Dans la procédure d'initialisation des agents, nous associons des pourcentages à la connaissance de l'environnement pour chacune de nos trois catégories d'agents.

Prenons l'exemple des pourcentages déterminés pour la connaissance des managers (« managers'knowledge »).

80% des managers ont une connaissance compris centre 2 et 4.

10% des managers ont une connaissance inférieure à 2.

Et 10% des managers ont une connaissance supérieure à 2.

```
; set managers'knowledge : 80% have a knowledge = 2/4, 10% > 2, and 10% < 2
let rand random 10;
ifelse (rand = 0)
    [set knowledge random 2 ]
    [ifelse (rand = 1)
      [set knowledge (random 2) + 3]
      [set knowledge 2]
```

```
]
```

Si la connaissance de l'agent atteint un niveau inférieur à 2, les agents ayant moins de connaissance sont plus assujettis à la déviance.

Si la connaissance de l'agent est égale à 0 ou 1, le taux déviance est supérieur à 60%.

Si la connaissance de l'agent est égale à 3 ou 4, le taux de déviance est inférieur à 10%.

Nous espérons que la moitié des autres agents peuvent être des « operators » légèrement déviants.

Nous espérons que les autres « operators » adoptent un respect total de l'éthique morale.

```
ifelse (knowledge < 2) ; agents with less knowledge are more prone to deviation
    [set devianceLevel ((random 40) + 60) ] ; kowledge = 0 or 1 -> deviance > 60%
    [ifelse (knowledge > 2)
      [set devianceLevel random 10] ; knowledge = 3 or 4 -> deviance < 10%
      [ifelse (random 2 = 1)
        [set devianceLevel random 30] ; 50% of knowledge = 2 -> 0% < deviance < 30%
        [set devianceLevel (random 30) + 30] ; 50% of knowledge = 2 -> 30% <
    deviance < 60%
      ]
    ]


;   ifelse (random 10 = 1) ; we expect that only 1/10 of opertors can be strongly deviant
;     [set devianceLevel ((random 25) * 4) ]
;     [ifelse (random 2 = 1) ; we expect that only 1/2 of the others can be slightly
    deviant opertors
;       [set devianceLevel random 50]
;       [set devianceLevel 0] ; we expect that the others opertors have a total respect of
    moral ethics
```

```
;          ]
```

*** Concernant le comportement des agents, les ajouts de code concernent, dans un premier temps, les connaissances des agents et la diminution de la déviance proportionnellement à sa connaissance. Prenons l'exemple de l'agent « Operator ».

```
; ============================ Agents Behavior
=========================================

; ------------------------ operatorBehavior Main Behavior ------------------------
to operatorBehavior

  ask operators [


    ; if this operator is knowledgeable, his deviance slightly decreases proportionnally to his knowledge.
    if (knowledge > 1)
    [
      set devianceLevel max list (devianceLevel - random 3 * knowledge) 0
    ]
```

**** Dans la modélisation, les agents peuvent se former pour améliorer leurs connaissances (Effet d'apprentissage).

Si le «public manager » se forme en apprentissage, sa déviance diminue légèrement proportionnellement à sa connaissance.

Si le « manager » opte pour un comportement totalement éthique, cela pourrait changer en raison de sa mauvaise expérience personnelle ou un évènement économique principal (à l'instar de difficultés financières).

Si un « manager » n'est pas totalement éthique, son niveau de déviance peut simplement évoluer légèrement de +/- de 10 % au cours du temps.

Parfois les « managers » font des formations et acquièrent des connaissances.

De temps en temps (c'est-à-dire à chaque 10 tick), les « managers » rencontrent les « operators » et leurs transmettent leurs connaissances. Ainsi, 2/3 des « operators » sont réceptifs si le « manager » est informé et autrement pour les 1/3.

```
; if this manager is knowledgeable, his deviance slightly decreases proportionnally to his knowledge.
if (knowledge > 1)
[
 set devianceLevel max list (devianceLevel - random 3 * knowledge) 0
]
ifelse (devianceLevel = 0)
 ; if this manager is totally Ethic, this may change due to personal bad experience or major economic event
 [ if (random 15 = 0) [set devianceLevel random 101]] ; regularly people change !
 ; if this manager is NOT totally Ethic, his devianceLevel can just slightly evolve +/- 10 % during time
 [ ifelse (random 2 = 0)
   [set devianceLevel min list (devianceLevel + random 8) 100 ]
   [set devianceLevel max list (devianceLevel - random 10) 0]
```

```
  ]

  ; sometimes managers go to trainings and gain knowledge
  if (random 5 = 0 and knowledge < 4) [set knowledge knowledge + 1]

  ; once in a while (i.e. each tick which is a multiple of ten), managers meet their operators and transmit their knowledge : 2/3 of the operators are receptive if the manager is knowledgeable, 1/3 otherwise
  if (ticks != 0 and ticks mod 10 = 0) [
   ifelse (knowledge > 2)
   [
    ask link-neighbors [
     if (random 3 != 0 and knowledge < 4)
     [set knowledge knowledge + 1]
    ]
   ]
   [
    ask link-neighbors [
     let myrand random 3
     if (myrand != 0 and myrand != 1 and knowledge < 4)
     [set knowledge knowledge + 1]
    ]
   ]
  ]
```

***** Nous étudions également la déviance des agents sur une parcelle. Un pourcentage de déviance est fixé en fonction de la gravité de la déviance.

```
;     set g_agentIdToPlot1 turtle #_agent_plot1  ;-> agents to follow were randomly defined at the begining of the simulation
;     set g_agentIdToPlot2 turtle #_agent_plot2
;     set g_agentIdToPlot3 turtle #_agent_plot3
;     set g_agentIdToPlot4 turtle #_agent_plot4
;     set g_agentIdToPlot5 turtle #_agent_plot5
;     set g_agentIdToPlot6 turtle #_agent_plot6



    if (is-turtle? g_agentIdToPlot1) [
       set-current-plot "Agent ID1 Deviance Level (%)"
       set-current-plot-pen "deviance"
       ifelse (is-externalHelp? g_agentIdToPlot1)
          [set-plot-pen-color yellow]
          [ ifelse (is-manager? g_agentIdToPlot1) [set-plot-pen-color red] [set-plot-pen-color green]]
       ask g_agentIdToPlot1 [plot devianceLevel]
    ]
    if ( is-turtle? g_agentIdToPlot2) [
       set-current-plot "Agent ID2 Deviance Level (%)"
       set-current-plot-pen "deviance"
       ifelse (is-externalHelp? g_agentIdToPlot2)
```

```
            [set-plot-pen-color yellow]
            [ ifelse (is-manager? g_agentIdToPlot2) [set-plot-pen-color red] [set-plot-pen-color
green]]
        ask g_agentIdToPlot2 [plot devianceLevel]
    ]
    if ( is-turtle? g_agentIdToPlot3) [
        set-current-plot "Agent ID3 Deviance Level (%)"
        set-current-plot-pen "deviance"
        ifelse (is-externalHelp? g_agentIdToPlot3)
            [set-plot-pen-color yellow]
            [ ifelse (is-manager? g_agentIdToPlot3) [set-plot-pen-color red] [set-plot-pen-color
green]]
        ask g_agentIdToPlot3 [plot devianceLevel]
    ]
    if( is-turtle? g_agentIdToPlot4) [
        set-current-plot "Agent ID4 Deviance Level (%)"
        set-current-plot-pen "deviance"
        ifelse (is-externalHelp? g_agentIdToPlot4)
            [set-plot-pen-color yellow]
            [ ifelse (is-manager? g_agentIdToPlot4) [set-plot-pen-color red] [set-plot-pen-color
green]]
        ask g_agentIdToPlot4 [plot devianceLevel]
    ]
    if ( is-turtle? g_agentIdToPlot5) [
        set-current-plot "Agent ID5 Deviance Level (%)"
        set-current-plot-pen "deviance"
```

```
        ifelse (is-externalHelp? g_agentIdToPlot5)
            [set-plot-pen-color yellow]
            [ ifelse (is-manager? g_agentIdToPlot5) [set-plot-pen-color red] [set-plot-pen-color
green]]
        ask g_agentIdToPlot5 [plot devianceLevel]
    ]
    if ( is-turtle? g_agentIdToPlot6) [
        set-current-plot "Agent ID6 Deviance Level (%)"
        set-current-plot-pen "deviance"
        ifelse (is-externalHelp? g_agentIdToPlot6)
            [set-plot-pen-color yellow]
            [ ifelse (is-manager? g_agentIdToPlot6) [set-plot-pen-color red] [set-plot-pen-color
green]]
        ask g_agentIdToPlot6 [plot devianceLevel]
    ]
```

VERSION 1.5 DU MODELE NETLOGO

Par la suite, à l'aide de deux étudiants de Master 1 informatique (Jean-Daniel Cazal et Damien Grondin), nous implémentons plus amplement la variable « knowledge », « influence », « rentability », « money ». D'autres améliorations sont également apportées à notre modèle NetLogo. Notre rôle consiste à créer intégralement ses variables et à choisir les caractéristiques. Une fois implémentée, nous vérifions et réajustons nos variables pour la finalisation du modèle.

LES MODIFICATIONS DU CODE NETLOGO

Utilise une boucle pour gérer plusieurs Tracés

Nous utilisons des « Plots » afin de faire des tracés dans NetLogo. Nous les identifions par leurs noms “Agent ID**X** Deviance Level (%)”. Dans le modèle SIEGMAS, nous traçons le niveau de déviance des agents **X** de 1 à 6.

Nous utilisons une boucle d’incrémentation de la variable index pour ne pas répéter les mêmes lignes de code.

Nous obtenons le nom du tracé « plot » grâce à la concaténation d’une partie du nom de l’agent et de la variable index.

Intéressons-nous à présent à un extrait du code de la fonction “to plotAgents ”:

```
let lindex 0                          ; variable local index
 foreach g_listAgentToPlot [          ; boucle parcourant la liste des agents à tracer
   set lindex lindex + 1              ; incrémentation de la variable index
   if (is-turtle? ?)[                 ; Test pour confirmer que l'agent est une tortue
     ; Met le nom construit à partir de la concaténation dans une liste)
     set g_listPlotName lput (word "Agent ID" lindex " Deviance Level (%)") g_listPlotName
     ; Sélectionne le tracée actuel correspondant dans la liste
     set-current-plot (item (lindex - 1 ) g_listPlotName)
     ; sélectionne le stylo "deviance"
     set-current-plot-pen "deviance"
 ]
```

Fichiers de sorties de tracés “plotX.csv”

Nous générons plusieurs fichiers « plots » pour généraliser le code d’intégration en base de données.

Nous utilisons la date et l'heure de la simulation pour nommer les fichiers afin de rendre les fichiers identifiables à une simulation.
Étant donné que nous disposons de plusieurs tracés ("plot"), nous pouvons utiliser une boucle "foreach" et "export-plot". Voici un extrait du code NetLogo :

```
let i 0
  foreach g_listAgentToPlot [
    set i i + 1
...
    export-plot ;; ici le code pour sélectionner l'agent et nommer le fichier avec la variable i
  ]
```

Pour y arriver nous repérons où se situe le début des informations à mettre en base.

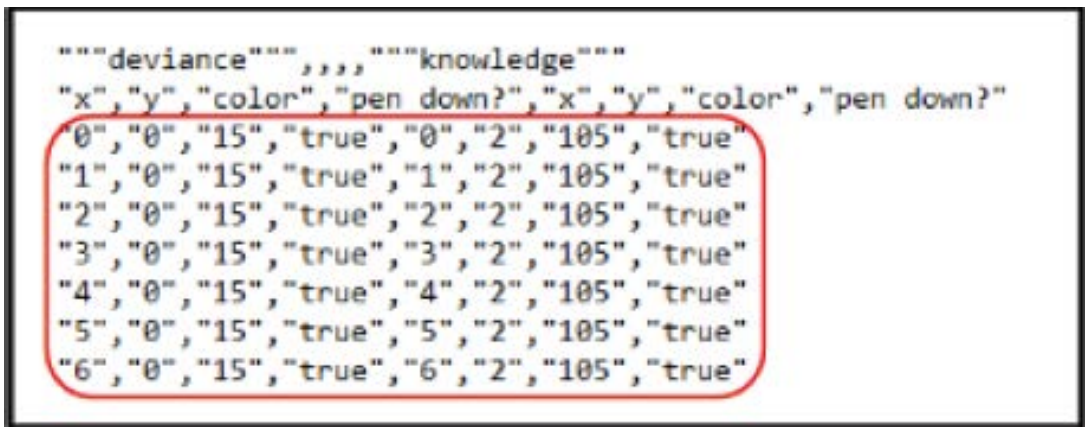


Figure 59 – Données à modéliser.

Ci-dessus (figure 59) une image montrant uniquement les données que l'on souhaite mettre en base.

Influence de la variable "knowledge" des opérateurs sur les managers

Le code de départ contenait plusieurs incohérences que nous devions corriger.

En effet, nous remarquons suite à diverses simulations que la variable « knowledge », dont nous parlions à la section précédente n'évoluait pas pour les opérateurs. Il gardait leur « knowledge » fixé au départ et ce tout le long de la simulation.

Alors que dans le code, les opérateurs devaient voir leur "knowledge" augmenter selon la "knowledge" des managers avec lesquels ils se lient.

Le problème venait d'une mauvaise définition de la nature du lien.

Voici un schéma caractérisant très simplement les liens dans NetLogo (figure 60).

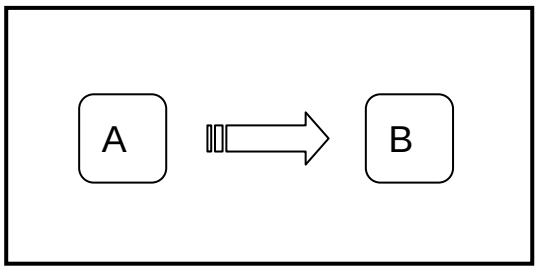


Figure 60 – Liens dans notre modèle NetLogo.

On dit que B représente un lien sortant pour A et inversement, A décrit un lien entrant pour B.

Dans notre modèle NetLogo, on pourrait retranscrire ceci grâce au schéma suivant (figure 61).

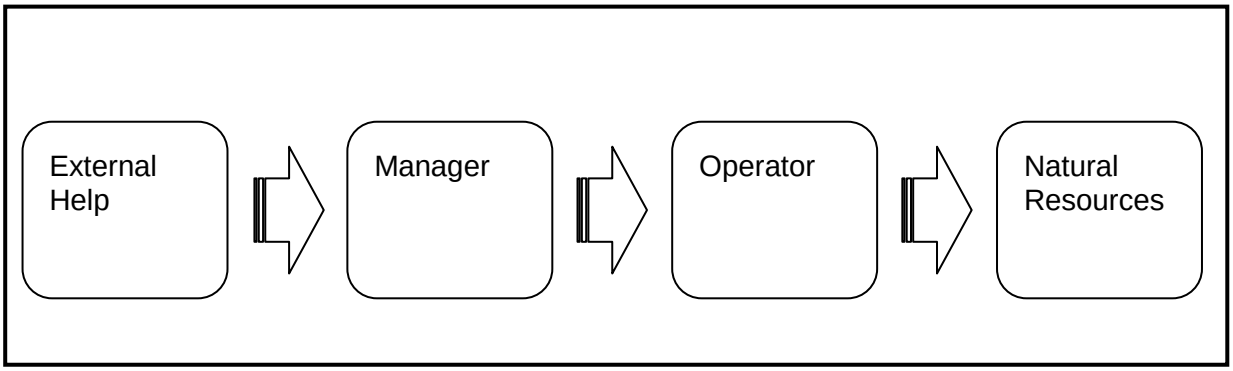


Figure 61 – Liens entrant et sortant dans notre modèle NetLogo.

En effet, dans le code NetLogo, nous définissons le lien comme étant sortant ou entrant. En l'occurrence dans notre cas, il fallait demander aux managers d'interroger leurs liens sortants, c'est à dire les opérateurs.

Nous fixons ce problème. Les opérateurs eux aussi peuvent augmenter leurs "knowledge" à présent.

Ralentissement de l'apprentissage des managers

Une autre modification que nous apportons au code NetLogo consiste à ralentir l'apprentissage, la « knowledge » des managers.

Nous remarquons que la "knowledge" de tous les managers augmentait d'une manière fulgurante à chaque début de simulation (environs 10 "ticks" pour atteindre la valeur maximum).

Dans le code NetLogo cela se traduisait par une ligne :

if (random 5 = 0 and knowledge < 4) [set knowledge knowledge + 1]

Cette ligne donnait une chance de 5 à chaque manager d'augmenter leurs "knowledge" de 1 **à chaque ticks (figure 62)**.

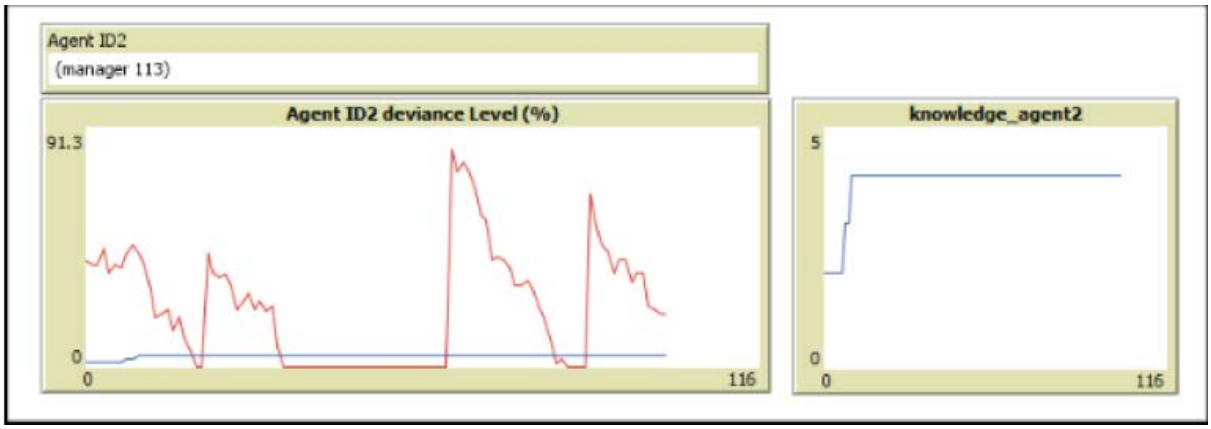


Figure 62 – « Knowledge » des managers.

Afin de rendre le modèle plus "réaliste", nous jugeons indispensable de freiner cet apprentissage trop rapide. Nous modifions le code en ajoutant ces quelques lignes.

if ((ticks != 0) and (ticks mod 20 = 0)) [
if (random 2 = 0 and knowledge < 4) [set knowledge knowledge + 1]
]

À présent, les managers possèdent certes plus de chance d'augmenter leur "knowledge" (1 chance sur 2). Cependant, ils ne peuvent le faire qu'une fois tous les 20 "ticks" (figure 63).

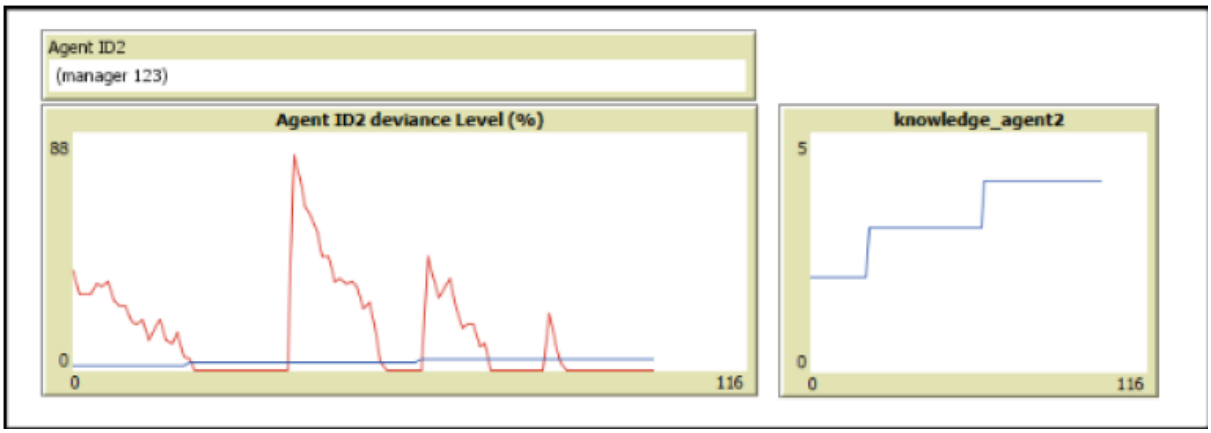


Figure 63 - « Knowledge » des managers ajustée.

Modification de la base de données SIEGMAS

La base de données possédait une structure se basant sur un système de “key/value”.

C’est-à-dire que pour chaque variable (la déviance par exemple) que l’on voulait visualiser, la colonne “key” prend la valeur “deviance” (la chaîne de caractère), et “value” la valeur de la deviance (de 0 à 100 en %) de chaque tick, comme le montre la capture ci-dessous (figure 64).

id	idSimu	idEntity	tick	correspondingDate	key	value
1647	8	19	30	0000-00-00	deviance	49
1648	8	19	31	0000-00-00	deviance	52
1649	8	19	32	0000-00-00	deviance	56
1650	8	19	33	0000-00-00	deviance	62

Figure 64 – Structure Key/value.

Cette structure de base de données présente un léger inconvénient, pour une seule variable que l’on ajoute à la base (“knowledge”), le nombre de lignes ajoutées est multiple du nombre de “ticks”. Ce qui par conséquent double la taille et donc le poids de cette base de données.

Nombre de lignes de la table plots = nombre de variables x nombre de ticks

Nous avons donc émis une proposition consistant à modifier légèrement la base de données.

- Suppression des colonnes “key” et “values”.
- Ajout des colonnes “value1” (valeurs de la déviance) et “value2” (valeurs de knowledge) et ainsi de suite.

De ce fait, il y aurait eu autant de colonne value que de variables à faire sortir (figure 65).

id	idSimu	idEntity	tick	correspondingDate	value1	value2
22817	42	228	91	0000-00-00	52	0
22818	42	228	92	0000-00-00	51	0
22819	42	228	93	0000-00-00	47	0
22820	42	228	94	0000-00-00	45	0

Figure 65 – Modification de la structure Key/value.

Cette structure ajoute une colonne en comparaison à notre modèle de base. Toutefois, le nombre de lignes reste identique quel que soit le nombre de variables ce qui fait que la base est moins volumineuse.
L’inconvénient de cette structure, est qu’à chaque ajout d’une variable, la base de données doit être modifiée. Hors, lorsque le modèle SIEGMAS était encore en cours de modification, cette solution était problématique. Ainsi, cette idée a été abandonnée et nous sommes revenus à la structure de base précédente.

Pour avoir une plus grande flexibilité, les bases de données de type “Big Data” NoSQL pourraient permettre un compromis.

Ajout de la variable “knowledge” dans la Base de données

Par la suite, nous avons décidé d’intégrer dans la base de données la variable “knowledge”.

Afin d'y arriver, nous traçons les valeurs de « knowledge » sur le même moniteur que celui de la variable déviance (figure 66).

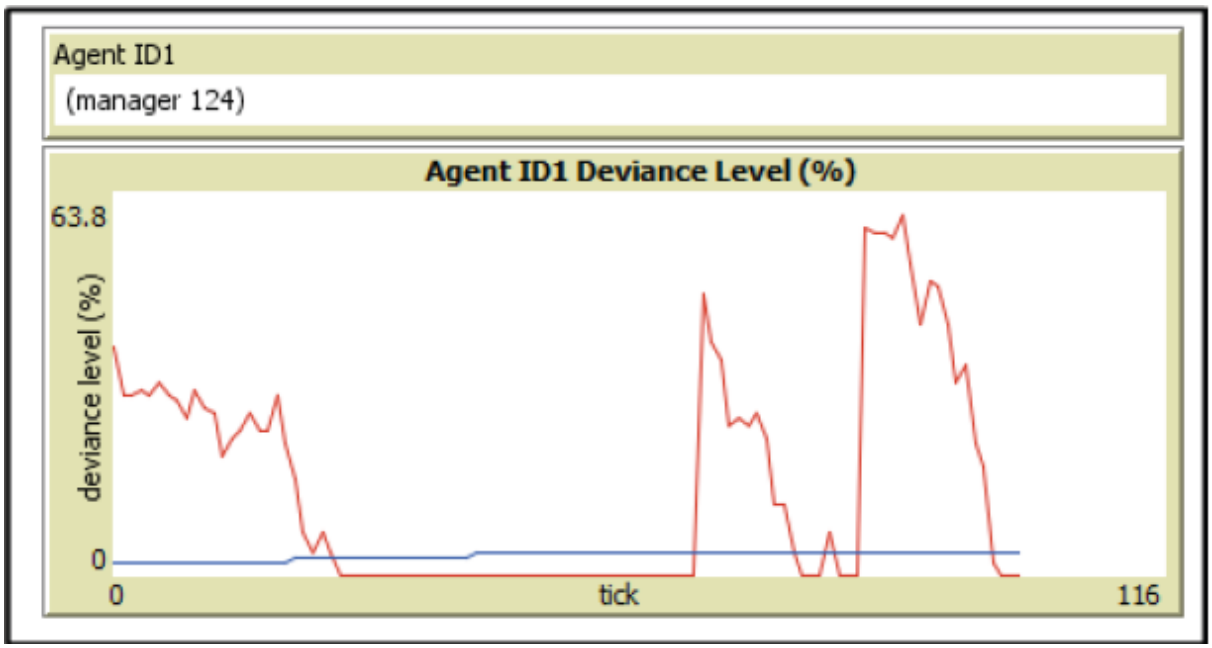


Figure 66 – Courbes de la variable « knowledge ».

```
set-current-plot-pen "knowledge"
    set-plot-pen-color blue
    ask ? [plot knowledge]
```

Le morceau de code ci-dessus s'intègre dans la boucle *"foreach"* qui tracera la déviance des agents.

Généralisation du script d'extraction python

Nous avons modifié le script python de la version 1.4.B afin de prendre en compte les différents fichiers de tracés correspondant à la même simulation.
Pour faciliter l'utilisation, nous avons ajouté quelques lignes de code pour que l'utilisateur sélectionne le dossier contenant les résultats de simulation via une boite de dialogue.
Tous les fichiers présents dans le dossier seront alors insérés en base de données.

L’utilisation de « dictionnary » python nous permet d’associer un mot clé et une valeur.

Extrait de code python :

```
print('Choisir le répertoire contenant les fichiers résultats de simulations')
Tk().withdraw()
path = askdirectory()
os.chdir(path)

outputFilesList = [fcsv for fcsv in os.listdir(path) if os.path.isfile(os.path.join(path, fcsv)) and (os.path.splitext(fcsv)[1] ==".csv") ]

dicSimu_id={}          #dictionary for the simu_id
dicFile={}      #dictionary for recognize the simulation already in simulation table
```

En effectuant des simulations, nous constatons que la “knowledge” des managers finissait toujours à 4 (maximum) et même qu’ils atteignaient ce maximum plutôt rapidement (en 10 ticks environs).

Preuve à l’appui avec le graphe suivant (figure 67).

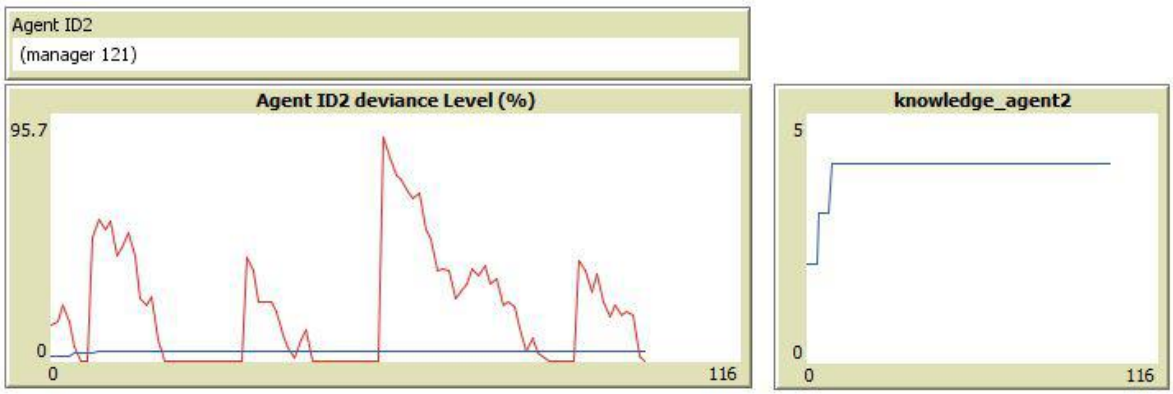


Figure 67 – Problèmes de variation de la « knowledge » des managers.

C'est la raison pour laquelle, dans le code, un manager peut à chaque tick avoir 20% de chance d'accroître sa knowledge de 1.

```
;sometimes managers go to trainings and gain knowledge
if (random 5 = 0 and knowledge < 4) [set knowledge knowledge + 1]
```

Nous augmentons par la suite l'écart de temps des formations des managers (environ une fois tous les 20 ou 30 ticks). Ce qui augmente également son gain potentiel en « knowledge » qui était de 20 % de chance à 50% ou 60 % de chance. Cela correspond mieux à la réalité.

Ajout de nouvelles variables dans le modèle

Puis, nous ajoutons d'autres variables « influence », « rentability » et « money ».
Nous ne disposons pas de chiffres sur la production vendue pour rendre cette indicateur réaliste (absence de données, divergences des données d'une instance à l'autre à Madagascar et manque de récoltes régulières de données), nous procédons donc à une estimation de la rentabilité se rapprochant au plus près du marché, bien que nous sommes conscients que l'absence de cette information biaise les résultats.

Résultat d’exploitation = Produits d’exploitation - charges d’exploitation

```
;;;;;;;;;;;; TOTAL PRODUITS D'EXPLOITATION ;;;;;;;;;;;

let pro_stock random 2000 * nb_exploi                          ;;; Production stockée :
let pro_immo (random 5 * 100000)                               ;;; Production immobilisée : Marchandises supérieur à 100 000
let subvention 4000 * nb_exploi                                ;;; Subventions : 4000 € fois le nombre d'exploitation
let other_pro_exploi (random 5000 + 1500) * nb_exploi          ;;; Achat divers et ponctuel de l'operator

let sum_pro_exploi pro_stock + pro_immo + subvention + other_pro_exploi      ;;; PRODUIT D'EXPLOITATION = SOMME DE TOUTES LES VALEURS CI DESSUS


;;;;;;;;;;;; TOTAL CHARGES D'EXPLOITATION ;;;;;;;;;;;;;

let buy_stuff random 3 * 100000 * nb_exploi                    ;;; Achat divers et variés ( 0, 100 000 ou 200 000 € ~ variable très random)
let salary_to_pay (random 5 + 1) * 1500 * nb_exploi            ;;; Les salaires à payer ( augment en fonction du nombre d'exploitation que l'operator possède
let social_cotisation (revenu * (33 / 100))                    ;;; Les cotisation sociales => 33 % du revenu
let impots (revenu * (20 / 100))                               ;;; Les Impots => 20 % de ton revenu

let sum_charges_exploi buy_stuff + salary_to_pay + social_cotisation + impots      ;;; CHARGES D'EXPLOITATION = SOMME DE TOUTES LES VALEURS CI DESSUS
```

Variable « rentability »

$$\frac{Résultats\ d'exploitations - Impots}{Somme\ des\ capitaux\ net\ d'exploitation}$$

```
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;; CALCUL DE LA RENTABILITE ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;

set rentability (result_exploi - impots) / money                ;;; RENTATILITE = ( RESULTATS D'EXPLOITATION - IMPOTS ) / SOMMME DES CAPITAUX


;;;;;;;;;;;; CALCUL DU REVENU ;;;;;;;;;;;;;;;;;;

set money random 80000 + 20000                          ;;; Capital de départ entre 20 000 et 100 000

let nb_exploi (count out-link-neighbors + 1)            ;;; calcul du nombre d'exploitation possédé par un operator (nombre de lien sortant + le sien)
let salary 1500                                         ;;; salaire moyen que touche un agriculteur (tout du moins pour la Réunion
let chiff_aff ((random 4 + 1) * salary)                 ;;; calcul du chiffre d'affaire => entre une et cinq fois plus que le salaire
let taxes ((nb_exploi * 90) + (chiff_aff * (20 / 100)))  ;;; calcul des taxes => 20 % du chiffre d'affaire + 90 multiplié par le nombre d'exploitation
let amende (100 * devianceLevel)                        ;;; Plus l'operator est déviant plus il va payer des amendes

set revenu (salary + chiff_aff - taxes - amende)        ;;; REVENU = SALAIRE + CHIFFRE D'AFFAIRE - TAXES - AMENDES
```

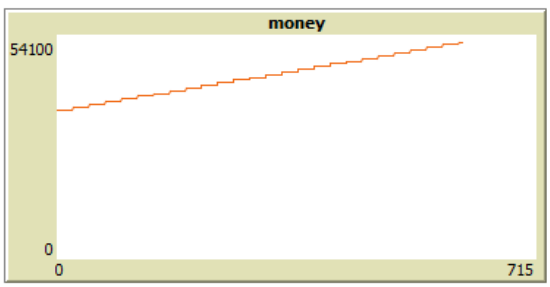


Figure 68 – Augmentation de la variable « money ».

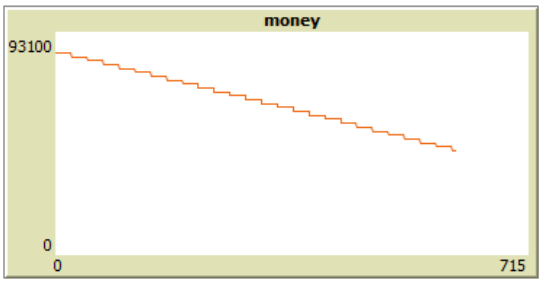


Figure 69 – Diminution de la variable « money ».

Voici des exemples d'évolution des variables dans la modélisation v1.5. Sur la figure 68, il s'agit d'une simulation au cours de laquelle la variable « money » s'est accrue grâce à une bonne conjoncture économique, sociale et environnementale combinées aux choix et interactions de l'agent et inversement (sur les figures 69 à 71).



Figure 70 – Variation des variables « deviance », « knowledge » et « influence ».

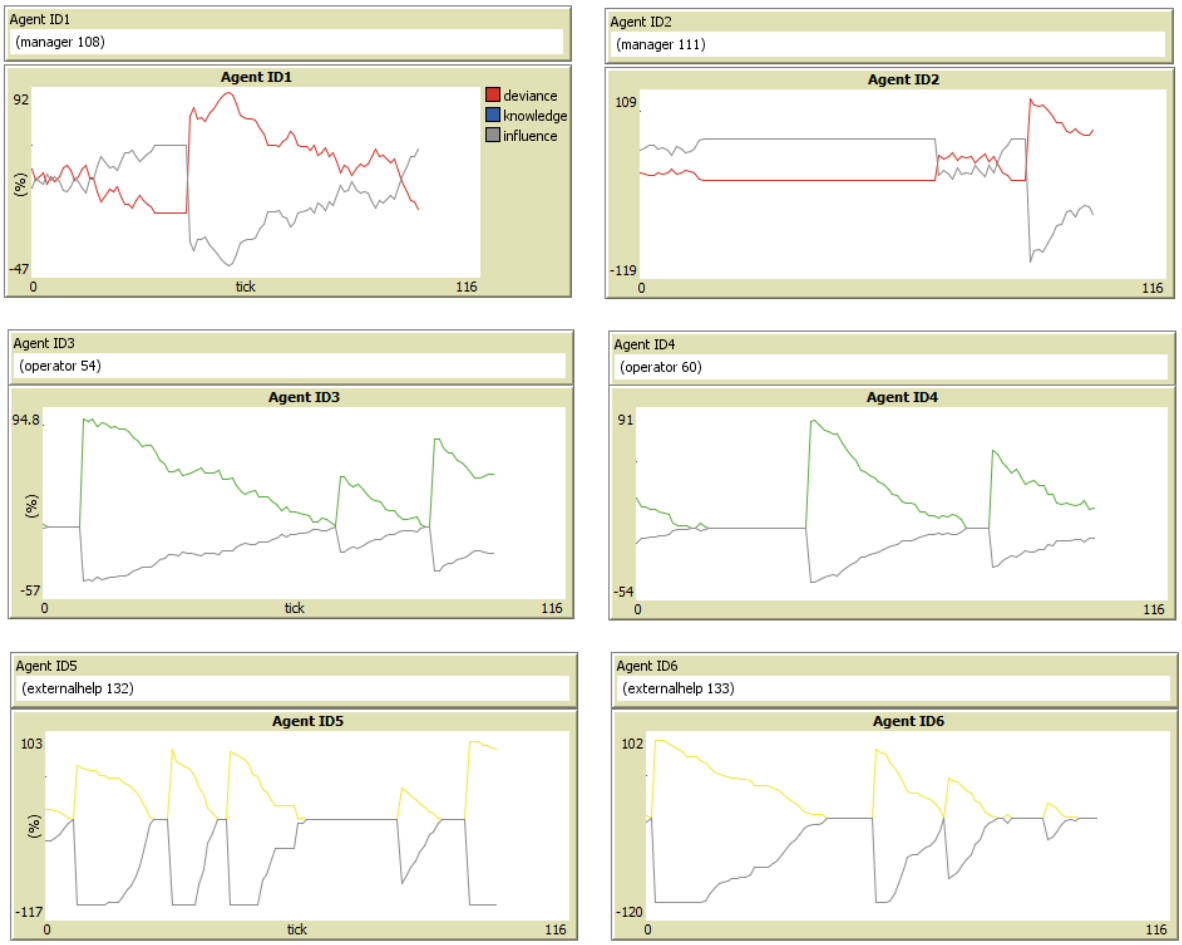


Figure 71 - Variation des variables « deviance », « knowledge » et « influence » 2.

Vérification du fichier de résultats

Nous améliorons le script adapté aux fichiers de sorties de SIEGMAS. La version actuelle est valable pour plusieurs plots. Les changements du script reposent sur la définition de fonctions (readSimuInfo(), readAgentInfo(), readEntityFile()) et la vérification de la présence des pattems correspondant aux fichiers SIEGMAS.

Sorties traçables dans NetLogo

Nous utilisions un seul moniteur par agent pour toutes les variables. Nous activons et désactivons le tracé[450] avec les instructions “pen-down” et “pen-up”.

[450] Un tracé désactivé est toujours présent sur le fichier “plot.csv” de sortie.
Le moniteur contenant toutes les variables devra être renommé (actuellement Agent IDx Deviance Level (%)).

Création d'un fichier complémentaire

La création d'un fichier complémentaire facilite l'ajout des valeurs indisponibles par les tracés "plot" ou "allplot" de NetLogo.

```
let nameFilesEntity (word nameFilesComposite "entity.csv")
file-open nameFilesEntity
file-print (word "\"entityType\",\"name\",\"simuType\",\"role\",\"xPos\",\"yPos\"")
```

Le nom du fichier commence par le numéro de la simulation.

- "file-open" pour ouvrir le fichier.
- "file-print " juste après "file-open" met le fichier en mode écriture.

Valeurs position des agents

Le code pour le fichier complémentaire avec les positions des 6 agents est le suivant.

```
let i 0
let xposition 0
let yposition 0
foreach g_listAgentToPlot [
  set i i + 1
  ask ? [
      set xposition [xcor] of ?
      set yposition [ycor] of ?

      output-print ( word "Agent ID" i " is : " ? " x,y = " xposition "," yposition )
      file-print (word "\"agent\",\"Agent ID" i "\",\""  ?  "\",\"0\",\"" xposition "\",\"" yposition "\"" )
    ]
```

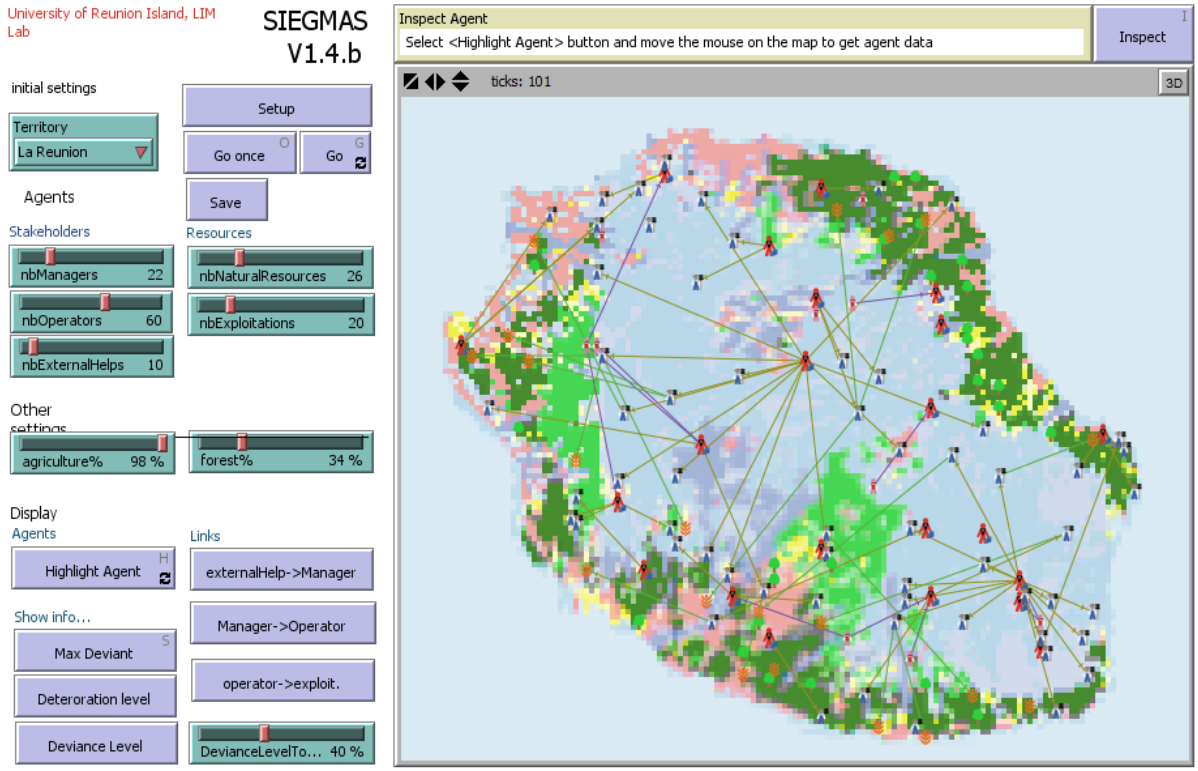


Figure 72 – Interface de SIEGMAS pour La Réunion.

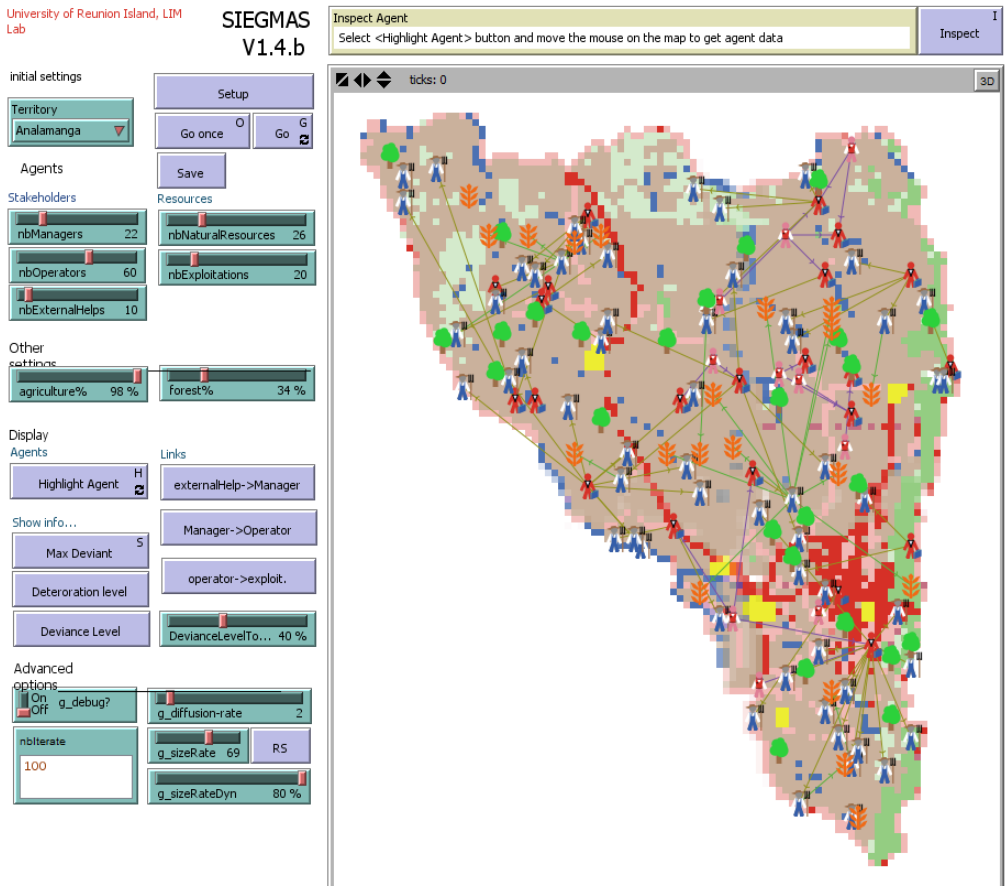


Figure 73 – Interface de SIEGMAS pour Analamanga.

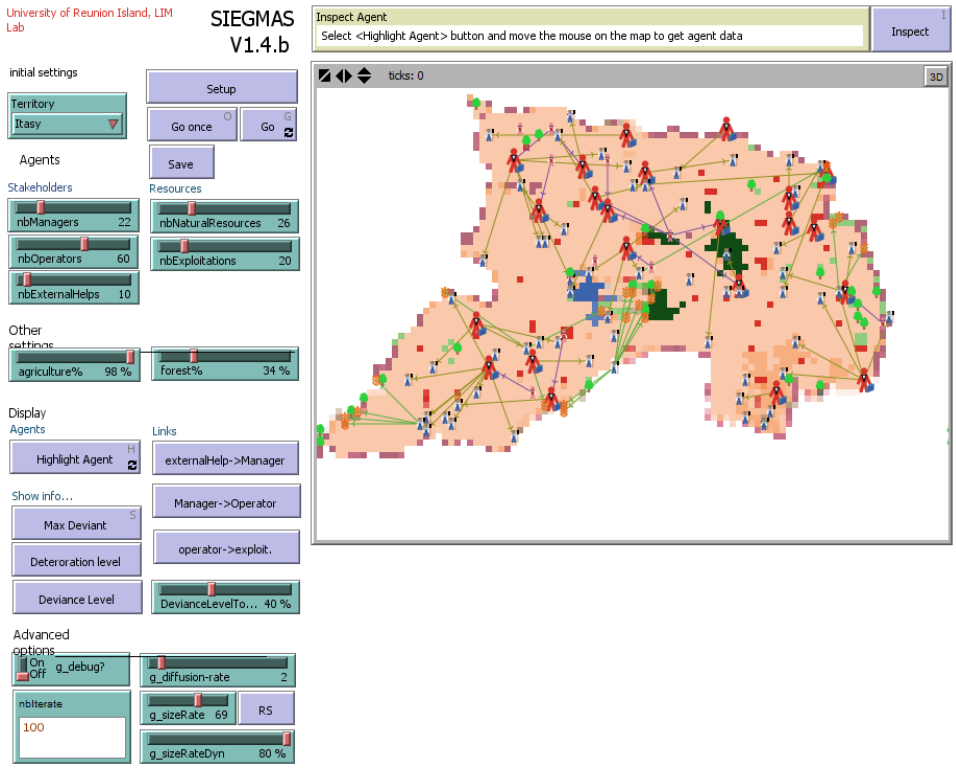


Figure 74 – Interface de SIEGMAS pour Itasy.

Les figures 72 à 74 représentent des interfaces de SIEGMAS pour les trois régions d'étude dans la plateforme de simulation NetLogo.

Section 2. Le principe du traitement des données à travers l'étape 3 de la méthode SIEGMAS.

La représentation interactive des données de simulations.

Les techniques de représentation interactive des données, ou data visualisation (dataviz), connaissent depuis quelques années un fort développement sur le support Internet, grâce aux fonctionnalités nouvelles apportées par le standard HTML5 et la manipulation d'objets vectoriels au format SVG. Des bibliothèques de fonctions JavaScript permettent de rendre accessible la création de ce type de graphismes interactifs sur Internet, en simplifiant la manipulation des objets graphiques et des données. Le projet consiste à exploiter ces bibliothèques afin de visualiser de manière interactive des résultats issus d'une application de simulation dans le domaine de la gestion de ressources collectives sur un territoire.

Dans un premier temps, nous souhaitions utiliser cet outil mais comme nous avions pu négocier un partenariat avec la start-up Datarocks (http://www.datarocks.io/) grâce à l'OBSUN (l'Observatoire des Usagers du Numériques de l'Université de La Réunion), nous avons choisi de réaliser cette étape avec le Dashboard Prompto dont les fonctionnalités sont plus ergonomiques et intuitives. De plus, cette collaboration permet des interactions avec directes avec l'OBSUN et Datarocks. Ce qui est très porteur dans le cadre d'une thèse.

Prompto est un outil d'analyse et de visualisation des données également exploré dans un paragraphe précédent.

ETAPE 3 : TRAITEMENT DES DONNEES DANS PROMPTO.

Dans un premier temps, revenons sur les étapes du traitement des données dans le Dashboard.

A. Fonctionnalités de Prompto

À ce stade, pour traiter les données il faut :

1. Définir l’environnement.
2. Identifier les objectifs.
3. Réaliser le tableau de bord.
4. Choisir les indicateurs.
5. Lancer les requêtes.
6. Présenter les résultats du tableau de bord.

Les attributs des agents vont permettre de construire différents graphes et servir de filtre.
Par exemple, en distinguant les fermiers et les firmes au sein des agents operators, nous allons pouvoir construire un graphe représentant la différence de déviance entre ces deux populations au cours du temps.
Par conséquent, tout dépend de ce que nous souhaitons avoir sur notre tableau de bord, mais aussi des données disponibles dans les simulations.
Par exemple, si nous voulons construire le graphe ci-dessous, il faut que l'information soit quelque part dans le fichier plot 1.csv :
agent_plot_3 "operator" "farmer"
agent_plot_1 "operator" "firm"
etc...
Du coup, pour que nous puissions terminer dans les temps le travail et pour des raisons financières, nous nous limitons à un petit nombre d'attributs qu'on peut facilement récupérer à partir des simulations (exemple : une colonne "rôle" de l'agent, une colonne "position" de l'agent, éventuellement une table permettant de représenter les relations entre agents ("exploite", "finance", etc... ; figures 75 à 77).



TABLE SIMULATION	id	timecreated	model	nbexternalhelps	nboperators	nbmanagers	nbnaturalresources	nbexploitations	forestrate	agriculturerate	territory	devianceleveltoshow	nbiterate	g_debug	sourceFile
Modifier Éditer en place Copier Effacer	1	2015-10-26 14:41:25	modèle SIEGMAS V1.4.a SEP 2015.nlogo	15	45	26	53	76	33	100	La Reunion	20	100	0	plots 1.csv
Modifier Éditer en place Copier Effacer	2	2015-10-26 15:02:17	modèle SIEGMAS V1.4.a SEP 2015.nlogo	15	45	26	21	76	60	100	La Reunion	0	100	0	plots 4.csv

Figure 75 – Table de simulation.

TABLE PLOT	id	idSimu	idEntity	tick	correspondingDate	key	value
Modifier Éditer en place Copier Effacer	203	1	1	0	NULL	deviance	8
Modifier Éditer en place Copier Effacer	204	1	1	1	NULL	deviance	5
Modifier Éditer en place Copier Effacer	205	1	1	2	NULL	deviance	0
Modifier Éditer en place Copier Effacer	206	1	1	3	NULL	deviance	0
Modifier Éditer en place Copier Effacer	207	1	1	4	NULL	deviance	0
Modifier Éditer en place Copier Effacer	208	1	1	5	NULL	deviance	0
Modifier Éditer en place Copier Effacer	209	1	1	6	NULL	deviance	0
Modifier Éditer en place Copier Effacer	210	1	1	7	NULL	deviance	0

Figure 76 – Table Plot.

TABLE ENTITY	id	entityType	name	simuType	role	xPos	yPos
Modifier Éditer en place Copier Effacer	1	agent	agent_200	externalHelp	NULL	NULL	NULL
Modifier Éditer en place Copier Effacer	2	agent	agent_180	manager	NULL	NULL	NULL
Modifier Éditer en place Copier Effacer	3	agent	agent_30	operator	NULL	NULL	NULL
Modifier Éditer en place Copier Effacer	4	agent	agent_90	operator	NULL	NULL	NULL
Modifier Éditer en place Copier Effacer	5	agent	agent_7	operator	NULL	NULL	NULL
Modifier Éditer en place Copier Effacer	7	agent	agent_109	operator	NULL	NULL	NULL

Figure 77 –Table entity, V. Sébastien et A. Gaudieux.

SIEGVIEW [451] : un tableau de bord interactif pour l'interprétation des résultats

Nous avons conçu l'outil de SIEGVIEW pour permettre aux économistes et aux décideurs de parcourir des données de simulation à travers un tableau de bord dynamique et interactif.

[451] A. Gaudieux, V. Sébastien et R. Courdier, “SIEGVIEW: un outil de visualisation des décisions à base de système Multi-Agents appliqué à la gouvernance des ressources “ Actes du Forum des Jeunes Chercheurs “Perception, représentation, compréhension”. Travaux et documents n° 50 la Faculté des lettres et sciences humaines de l’Université de La Réunion, octobre 2016. ISSN 1247-1194.

L'interface proposée permet aux utilisateurs de mieux comprendre les effets de différents paramètres du système simulé sur les résultats observés. En effet, l'utilisateur peut choisir le filtre à appliquer et à travers diverses données provenant de différentes simulations par simple interaction avec le tableau de bord. Cela permet à des experts en économie et politique de se concentrer sur l'exploitation et l'interprétation des résultats plutôt que sur les questions de l'informatique et des bases de données connexes. Le tableau de bord peut être consulté à partir d'un simple navigateur Web pour permettre à plusieurs experts de travailler à distance chaque fois qu'ils le souhaitent.

Le tableau de bord SIEGVIEW proposé est construit sur une Extract-Transform-Load (ETL) méthodologie qui transpose le modèle de données SIEGMAS initiale à un nouveau adapté à la conception de tableaux de bord. La figure 78 détaille cette méthodologie. Le script ETL lit les fichiers de sortie de simulation afin d'extraire et de transformer les données requises. Ce dernier comprend les principaux paramètres de simulation, les propriétés des entités (agents et ressources) et l'évolution de variables choisies (parcelles). Les traitements consistent essentiellement dans le choix des données dans les fichiers de sortie, attribuer un nom et le type de chaque colonne de données (le schéma de modèle) et charger les données résultantes dans la base de données de l'outil de visualisation. Le tableau de bord correspondant se met alors automatiquement à jour avec les nouvelles données, permettant aux utilisateurs de travailler toujours avec les données des plus récentes simulations. Ainsi, cette méthodologie permet la décorrélation du processus de simulation et le processus d'observation des résultats.

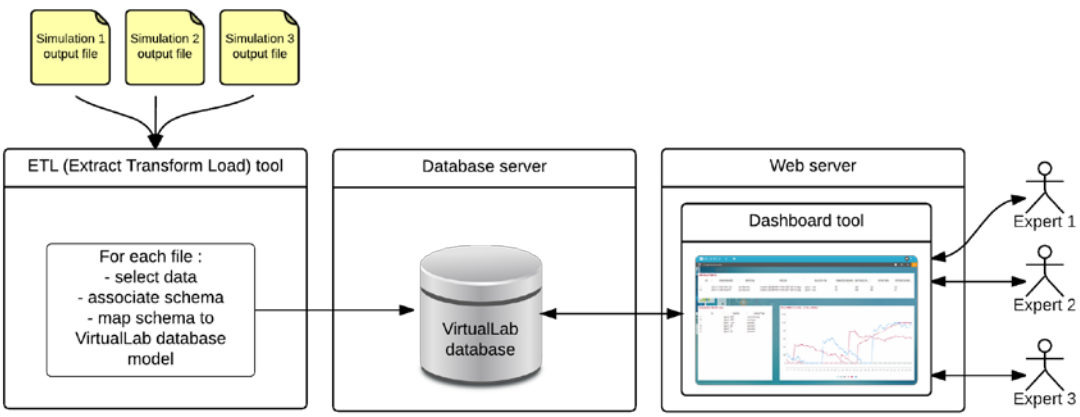


Figure 78 – Conception du tableau de bord, V. Sébastien et A. Gaudieux .

Le modèle de base de données SIEGVIEW est décrit dans la figure 79. Le modèle a été conçu pour être expressif et flexible, de façon à maximiser la diversité des représentations de données possibles. Le tableau de simulation répertorie toutes les simulations disponibles et leurs paramètres respectifs. La table de l'entité contient les informations sur toutes les entités impliquées dans les simulations. Les entités peuvent être des agents ou des ressources et posséder différents attributs (position initiale, le type, profil, etc.). Le tableau « interactsWith » spécifie les relations existantes entre les entités (la possession, les responsabilités, les influences, etc.) ainsi que les interactions entre les entités ponctuelles (la coopération, de l'influence, etc. à un tick donnée de la simulation). Enfin, la table de « hasPlot » décrit l'évolution d'une variable numérique d'une entité dans une simulation au cours d'une période de temps. Pour ce faire, chaque tick de simulation s'associe à une date réelle, permettant au concepteur de tableau de bord pour associer toute mesure avec une échelle de temps réel.

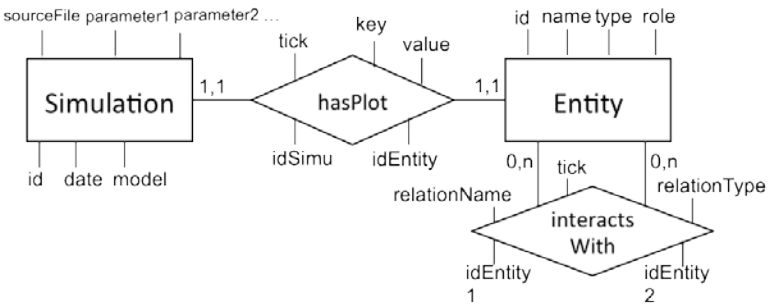


Figure 79 – Le modèle de base de données SIEGVIEW, V. Sébastien et A. Gaudieux.

Enfin, le tableau de bord peut être édité avec l'aide de champs experts à travers une interface graphique adaptée, afin de proposer les cartes pertinentes. Plusieurs onglets peuvent être créés pour présenter différents points de vue sur les résultats des simulations, des vues (environnemental, social et économique).

En fin de compte, cette méthode peut être étendue à toute simulation multi-agents. La section Expérimentations détaille une mise en œuvre du tableau de bord SIEGVIEW et ses résultats.

Modélisation aspects structurels dans SIEGMAS

L'outil de SIEGVIEW décrit précédemment se compose de trois étapes: le choix d'un outil de tableau de bord, l'élaboration de la base de données du tableau de bord (voir la figure 79), l'élaboration du script ETL pour injecter la sortie des simulations dans la base de données du tableau de bord. Nous avons retenu les technologies suivantes pour notre mise en œuvre.

- Outil de tableau de bord : nous utilisons Prompto, un outil de conception de tableau de bord intuitif et puissant créé par Datarocks, une jeune entreprise de l'île de La Réunion. Contrairement à d'autres outils de tableau de bord, comme Kibana, Prompto interagit avec de nombreux systèmes de bases de données différentes, y compris MySQL. En outre, son environnement de conception de cartes est entièrement graphique et accessible à tout utilisateur après une courte formation. L'application web Prompto se consulte par tout utilisateur authentifié. Des tableaux de bord autonomes s'exportent afin de les rendre plus largement disponibles.

- Outil de base de données : Nous construisons une base de données MySQL selon le modèle décrit dans la figure 80. Nous choisissons ce système de base de données pour sa simplicité et l'expressivité, compte tenu de la quantité de données générée par les simulations SIEGMAS.

- Script ETL : nous utilisons le langage Python pour mettre en œuvre cette partie.

1) Le traitement des données avec Prompto

Les tableaux de bord[452] sont des outils de plus en plus employés par les décideurs pour prendre des décisions stratégiques, suivre des variables, prendre des décisions et évaluer les risques.

La performance des tableaux de bord ne cesse de croitre depuis ces dernières années.

Les tableaux de bord donnent une interprétation de grandes quantités de données issues du Big Data afin d'étudier de manière interactive et précise les données à analyser.

La simulation répond à des questions posées par un observateur sur un monde réel qu'il ne peut étudier directement pour des raisons de temps, de coûts ou de faisabilité. La simulation produit comme résultat une qualité d'informations dont la taille dépend de quatre principaux facteurs : i) la taille du système représenté ; ii) La précision de représentation du système ; iii) La complexité des entités du système ; iv) La richesse et la variété des interactions entre les entités. L'étape se focalise sur la compréhension les interactions entre les nombreux acteurs au sein de leur environnement et dont l'évolution s'avère sensible à des conditions environnementales et non prévisibles a priori. La complexité de cette étape tient au fait que la complexité des situations réelles représentées produit une masse de résultats qu'il est paradoxalement aussi difficile à observer et analyser que le système réel initial. Nous proposons pour cette étape d'utiliser des techniques de représentation interactive de données riches et complexes ou data visualization (dataviz). D'une part, la solution mise en œuvre consiste du point de vue structurel à séparer la génération des données / résultats de simulation de leurs visualisations. D'autre part, du point de vue conceptuel, la démarche s'appuie sur les résultats des solutions basées sur les techniques de graphismes interactifs par la proposition d'outils dédiés à la présentation de données économiques en rapprochant dynamiquement la présentation de graphiques à des contextes sociaux / spatiaux et en simplifiant l'exploitation et des données aux travers de tableaux dynamiques croisés.

[452] Fernandez A. (2013), « Les nouveaux tableaux de bord des managers », ed. Eyrolles.

2) Les fonctionnalités de Prompto adaptés au modèle.

Dans l'onglet où se trouvent les filtres par simulation, décrivons les différentes catégories (figure 80) :

FILTER BY SIMULATION

	id	timecreated	territory	model	sourceFile	nbexploitations	agriculturerate	forestrate	nbnatura
23		2016-01-12 11:16:...	La Reunion	modèle SIEGMAS V...	plots26.csv	45	50	70	70
24		2016-01-12 11:16:...	La Reunion	modèle SIEGMAS V...	plots27.csv	45	50	70	70

Figure 80 – Filter by simulation.

Id : désigne le numéro des 35 simulations sous .csv importées dans le Dashboard (figure 81).

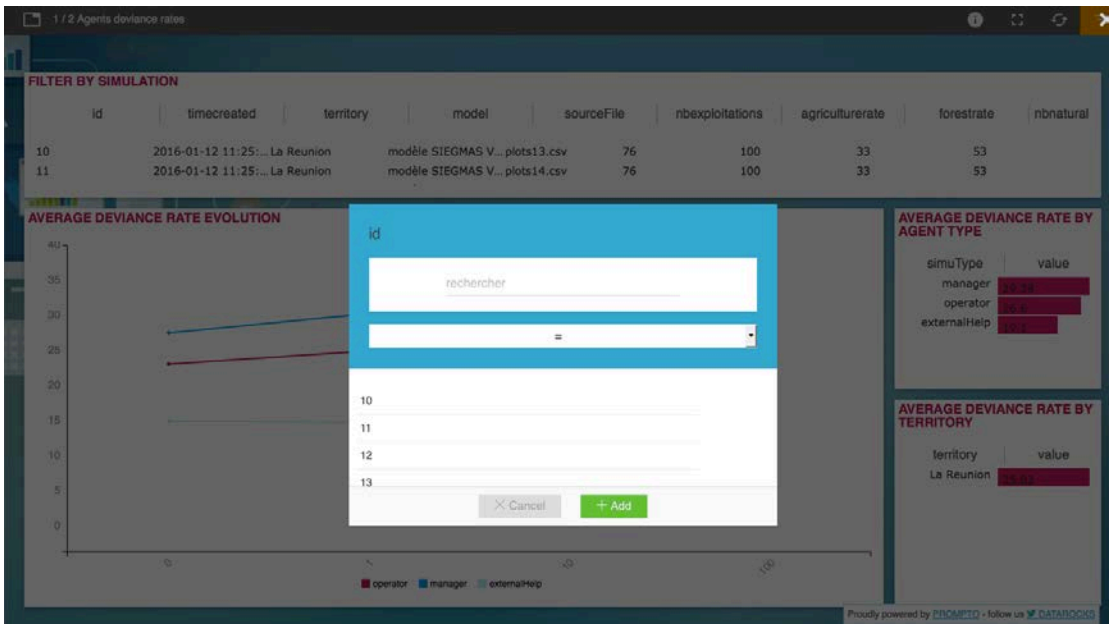


Figure 81 – Interface Id.

Timecreated : désigne la date de création du fichier (figure 82).

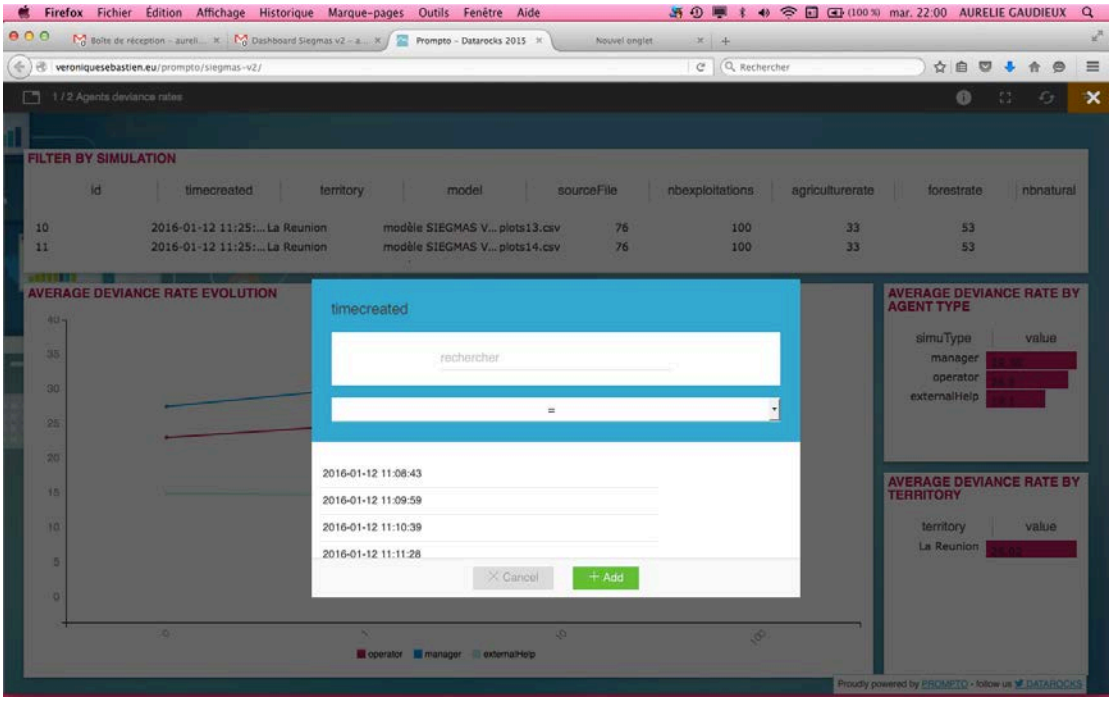


Figure 82 – Interface Timecreated.

SourceFile : indique la provenance des fichiers (figure 83).

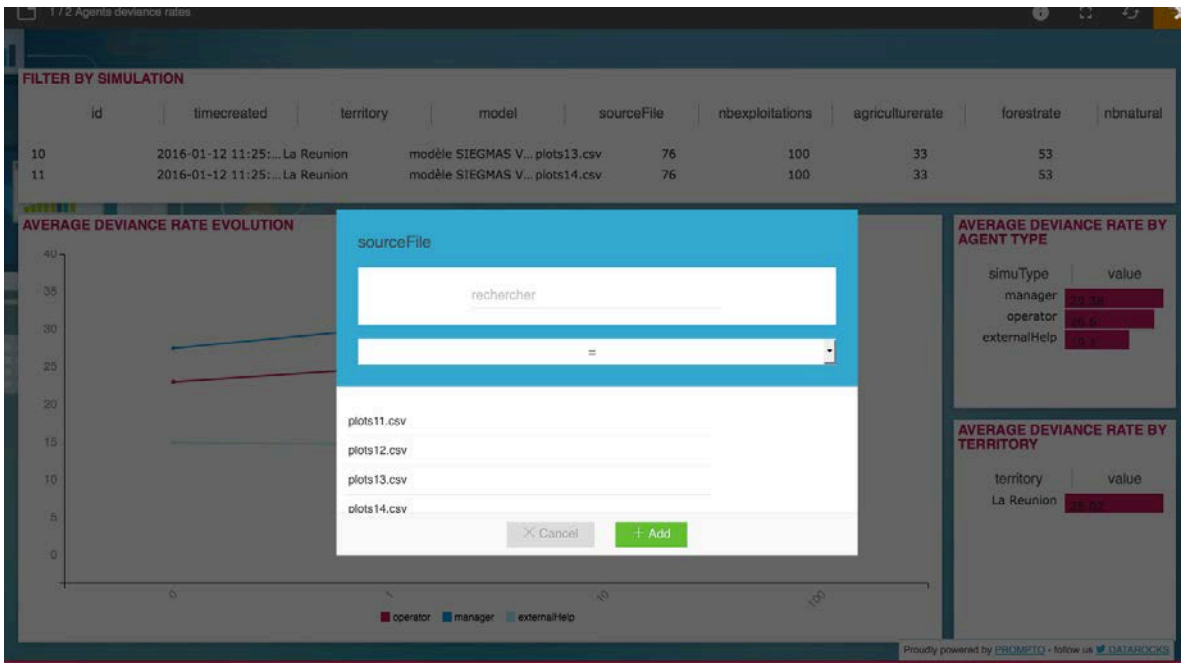


Figure 83 – Interface SourceFile.

SimuType désigne la catégorie de la simulation (figure 84).

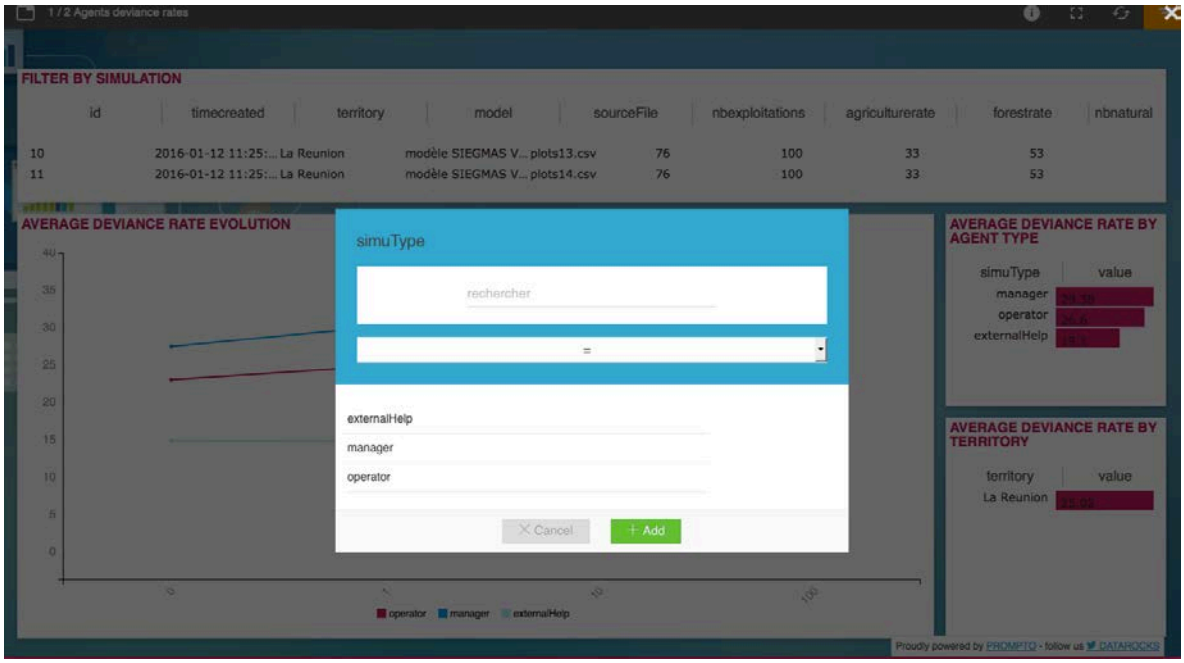


Figure 84 – Interface SimuType.

Territory : désigne le territoire étudié, en occurrence La Réunion dans notre cas d'étude (figure 85).

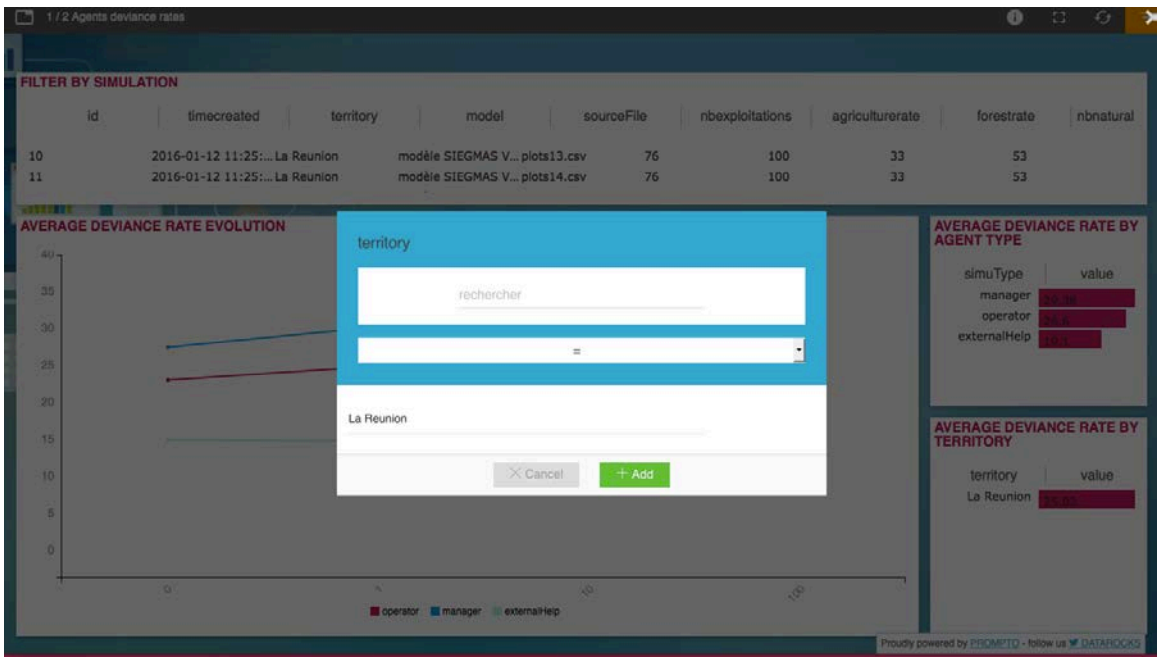


Figure 85– Interface Territory.

Model : désigne le modèle, la simulation n° x sur les 25. Les fichiers « plots » sont au nombre de 35 (figure 86).

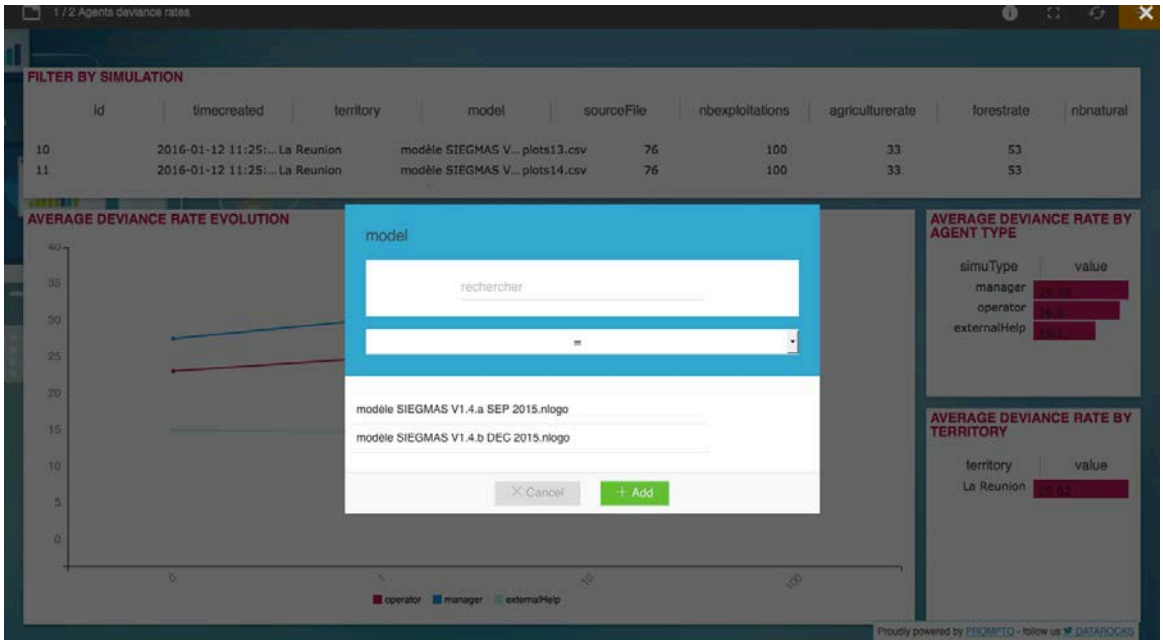


Figure 86 – Interface Model.

Un tick désigne une semaine dans le modèle SIEGMAS (figure 87).

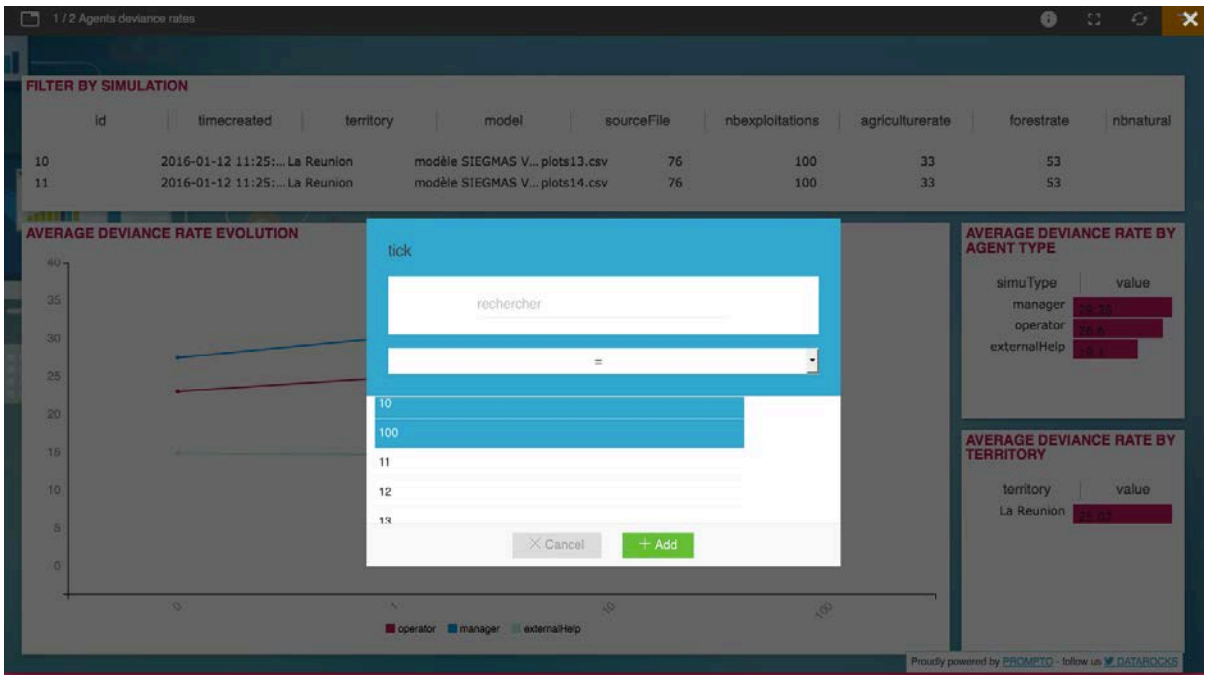


Figure 87 – Interface Tick.

Nbexploitations : désigne le nombre d’exploitations.

Agriculturate : désigne le taux d’agriculture.

Forestrate : désigne le taux de forêt.

Nbnature : désigne le taux d’espace naturel sur un territoire.

B. Analyse des données avec Prompto et perspectives

Ce paragraphe présente la thématique environnementale issue des simulations pour l'île de La Réunion.

Nous réalisons une version du tableau de bord émanent de ces 35 simulations dont 20 résultant du modèle v1.4.a et 15 du modèle v1.4.b. Puis, une seconde version avec la simulation v1.5.

35 simulations sorties ont été absorbées dans notre outil de SIEGVIEW. 20 sorties ont été calculées à partir SIEGMAS v1.4a et 15 à partir d'un modèle expérimental de v1.4b SIEGMAS. Le modèle de 1.4b inclut une variable "de la connaissance» (« knowledge ») pour les agents, représentant leur connaissance des mesures de protection de l'environnement, y compris donc une dimension sociale dans le modèle simulé comme indiqué les simulations qui suivent. Ce modèle "de la connaissance" a été dérivé à partir d'enquêtes de terrain à Madagascar et La Réunion. Dans le modèle v1.5, nous disposons de 11 simulations pour les trois régions : La Réunion, Itasy et Analamanga. Le modèle 1.5 inclut la variable « knowledge », « influence », « money » et « rentability ».

1) Analyse du traitement des données par thématique

a) Analyse des résultats dans Prompto des modèles v1.4a et v1.4b

Le tableau de bord s'organise en différents onglets. L'onglet présenté dans la figure 92 est centré sur la comparaison des modèles de simulation. Ici, l'utilisateur peut facilement remarquer l'influence des agents connaissances sur le taux de la déviance, qui a été mis en œuvre dans le modèle 1.4b et non dans 1.4a. Les tableaux complémentaires permettent d'explorer cette influence plus en détail, en distinguant les rôles des agents (cadres, aide les opérateurs ou

externe). Tout paramètre peut être utilisé comme un filtre pour dériver de nouvelles cartes et ainsi étudier les différents aspects des modèles. Par exemple, un filtre sur les territoires permet de centrer l'étude sur les aspects géographiques, un filtre sur le taux de la forêt implique une étude environnementale, l'un sur le nombre d'aide externe implique une approche plus socio-économique.

Rappelons que nous actualisons le tableau de bord en quelques clics sans effectuer de calcul ou de manipulations complexes.

Les modélisations par acteur permettent de vérifier de manières plus ou moins fines une large palette d'indicateurs étudiés dans le cadre de notre modèle.
Sur la figure 87 nous pouvons observer diverses informations :

- Dans le champ "FILTER BY SIMULATION, il y a la liste de toutes les simulations classées par id. Nous pouvons cliquer sur une simulation en particulier pour avoir uniquement les informations concernant cette dernière.

- Dans le champ "AVERAGE DEVIANCE RATE EVOLUTION" nous pouvons voir un graphe représentant le niveau moyen de déviance des trois agents du modèle : les Managers, les Operators ainsi que les ExternalHelps. Ce niveau moyen se calcule en fonction du ou des simulations sélectionnées plus haut.

- Dans le champ "AVERAGE DEVIANCE RATE BY AGENT TYPE", nous pouvons observer le taux moyen de déviance en pourcentage. Ce taux se détermine lui aussi en fonction du ou des simulations sélectionnées.

- Dans le champ "AVERAGE DEVIANCE RATE BY TERRITORY ", nous pouvons voir le taux de deviance en pourcentage mais cette fois-ci en fonction des différents "pays".

Les données des enquêtes de terrains sont implémentées dans la modélisation Netlogo.

Voici des exemples de données issues des enquêtes de terrain interprétées pour l'implémentation dans SIEGMAS.

Résultats des moyennes de déviance.



Figure 88 – Graphe de moyenne de déviance.

Sur la figure 88, nous observons, pour le modèle 10, l'évolution de la moyenne des taux de déviance des operators, des managers et des externalHelps pour La Réunion. Le taux de déviance moyen sur le territoire s'élève à 27,63%, sur les 100 itérations.

En moyenne, sur les 100 itérations, la moyenne des taux de déviance des managers s'élève à 30,39 %, contre 29,11 % pour les operators et 23,38% pour les externalHelps.

Sur les 100 itérations, la moyenne de déviance des externalHelps varie 15% à 22%, soit une légère augmentation sur la période.

Sur les 100 itérations, la moyenne de déviance des operators varie de 22 % à 30 %, soit une légère augmentation sur la période.

Sur les 100 itérations, la moyenne de déviance des managers varie de 27 % à 26 %, soit une légère baisse de la moyenne sur la période.

En général, les moyennes restent relativement stables sur la période, bien qu'elles connaissent de nombreuses fluctuations.

Résultats de la moyenne de déviance par agent : exemple de la moyenne des « operator ».

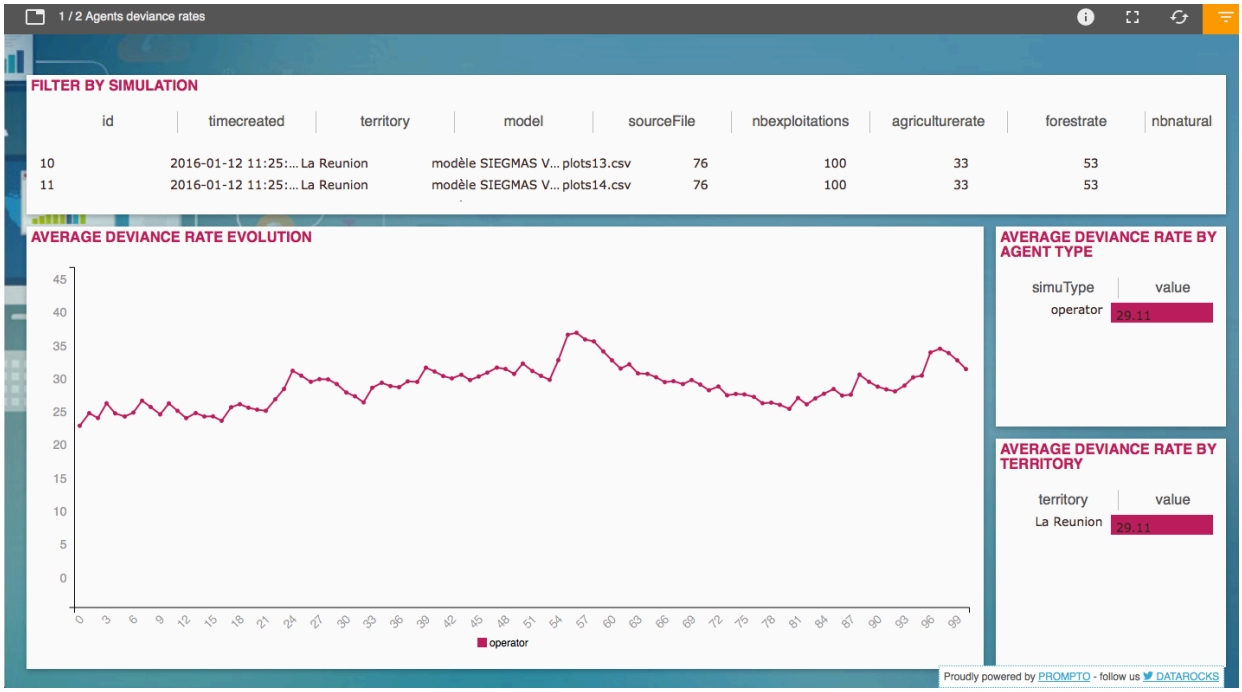


Figure 89 – Graphe de moyenne de déviance des operator.

En cliquant sur un acteur sous le graphique, nous pouvons afficher une seule catégorie d'acteurs (Figure 89).

Ainsi, nous pouvons étudier plus finement les caractéristiques des variations de l'évolution de la moyenne du taux de déviance. Par exemple, au bout de 25 itérations, la moyenne du taux de déviance des operators atteint les 30%. Cette moyenne atteint les 35 % à la 55 ème itération.

Résultats des comparaisons de déviance par agent : exemples des modèles 1.4A et a.4.B.



Figure 90 – Sélection de la vue 2 (Models comparaison).

La figure 90 montre un menu disponible pour sélectionner les différentes vues qui ont été éditées avec Prompto.

Sur la vue de la figure 90, les résultats issus des différents modèles SIEGMAS peuvent être comparés.
La table en haut à gauche permet de sélectionner les critères à retenir.

Résultats des comparaisons de déviance pour les modèles 1.4A et a.4.B.

Sur la figure 91 en cliquant sur forestrate 100, on obtient la comparaison de deux simulations. Ainsi, nous voyons les différences d'évolution des courbes de déviances des deux modèles.
Lorsqu'un critère a était sélectionné dans la deuxième vue, nous verrons dans la première vue les résultats correspondants. Les critères sélectionnés s'actualisent sur les deux vues en même temps.
Par exemple, comparons à présent l'évolution de la moyenne du taux de déviance des operators dans le modèle v1.4.a et v1.4.b.
Dans le modèle V1.4.a., la moyenne du taux de déviance des operators atteint les 60 % au bout de la 55ème itération, alors qu'il avoisine les 5 % dans le modèle v1.4.b. au bout du même nombre d'itérations.



Figure 91 – Vue 2 comparaisons des modèles.

Résultats des comparaisons de déviance pour les modèles 1.4A et a.4.B : exemple de l'agent « operator ».

Le tableau de bord étant interactif, un clic sur l'un des trois agents écrit en dessous du graphe permet de masquer les autres agents afin de faire une comparaison sélective et ciblée, voir figure 92.



Figure 92 – Sélection de l'agent Operator.

Pour la simulation 10 qui concerne le territoire de La Réunion, nous obtenons une moyenne du taux de déviance de 20 % au bout de la 1ère itération dans le modèle v1.4.a contre une moyenne de 25 % pour la même itération dans le modèle1.4.b.

Résultats des comparaisons de déviance pour les modèles 1.4A et a.4.B.

Il faut également procéder à un traitement des données des modèles par simulations comme sur la figure ci-dessous (figure 93). Dans cet exemple, nous avons choisi d'étudier l'évolution des Operators dans la simulation 10 du modèle 1.4.a.



Figure 93 – Agent deviant rate, simulation 10.

b) Présentation des résultats dans Prompto du modèle v 1.5

Une autre version du modèle a été réalisée en collaboration avec Damien Grondin et Jean-Daniel Cazal étudiant en Master 1 informatique dans le cadre de leur Travaux d'Étude et de Recherche (TER).

Résultats des comparaisons de l'aspect environnemental des interactions et de la cognition du modèle 1.5.

La figure 94 représente une vue des aspects environnementaux des interactions et de la cognition.

Sur la Figure 93, l'évolution de la variable « Kownledge » sur les 100 itérations. La courbe connaît une légère augmentation en passant de 51 % à % 63 % au bout de la 100ème itérations. La connaissance environnementale a donc légèrement augmentée sur la période.

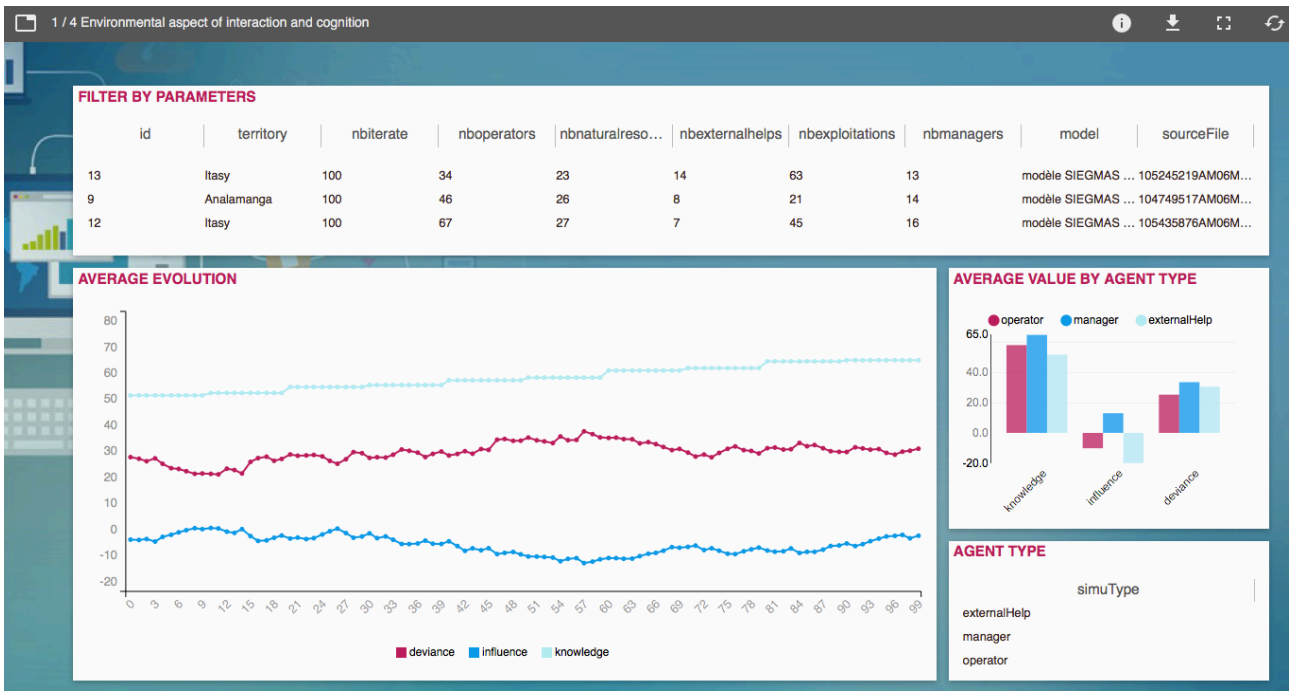


Figure 94 – Aspect environnemental des interactions et de la cognition

Par exemple, sur la figure ci-dessous, nous nous focalisons sur des simulations concernant seulement La Réunion.

Résultats de l’évolution des moyennes des valeurs par agent pour la déviance, l’influence et la connaissance environnementale.

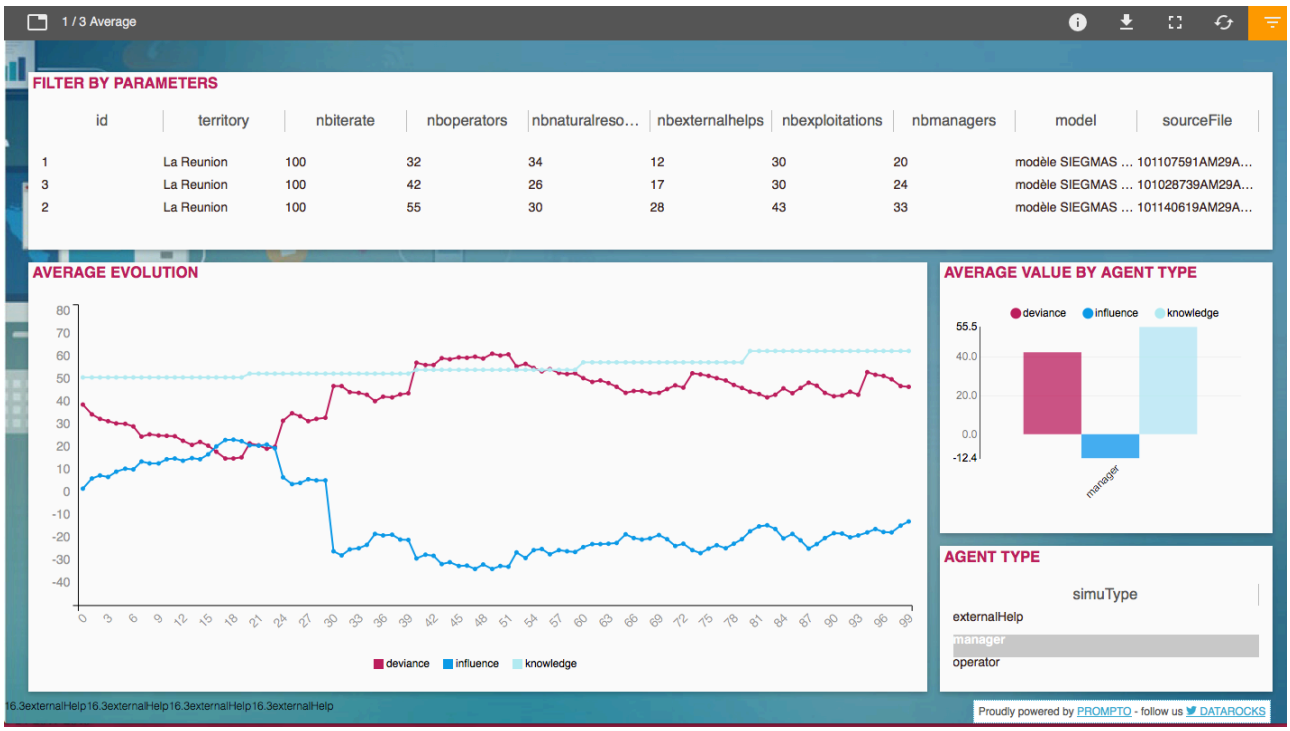


Figure 95 – Evolution des moyenne des valeurs par agents pour la déviance l’influence, et la knowledge.

En observant la moyenne des valeurs par agents pour les trois variables : knowledge, influence et deviance, on observe que le taux de déviance des managers avoisine les 42%, le taux d’influence les -12,4 % et celui de la knowledge les 55,5 % (figure 95).

Résultats de l’évolution par agent de la variable déviance.

Voici un exemple des évolutions par agent pour la variable déviance.



Figure 96 – Evolution par agent.

La Figure 96 décompose plus finement la variable deviance, influence et knowledge.

Résultats de l’aspect environnemental de l’interaction et de la cognition pour Analamanga.

Voici également une capture de l’interface Prompto représentant une simulation de la région d’Analamanga. Par exemple, pour la simulation 9, concernant le territoire d’Analamanga, la moyenne de la knowledge des opérateurs s’élève à 68,3% (figure 97).



Figure 97 – Aspect environnemental de l’interaction et de la cognition pour Analamanga.

Résultats de la représentation des variables étudiés pour les trois territoires (Analamanga, Itasy et La Réunion) par agent

La figure 98 est une capture de l'interface Prompto représentant une simulation de la région d'Itasy. La money connait une forte croissance durant les 100 itérations.

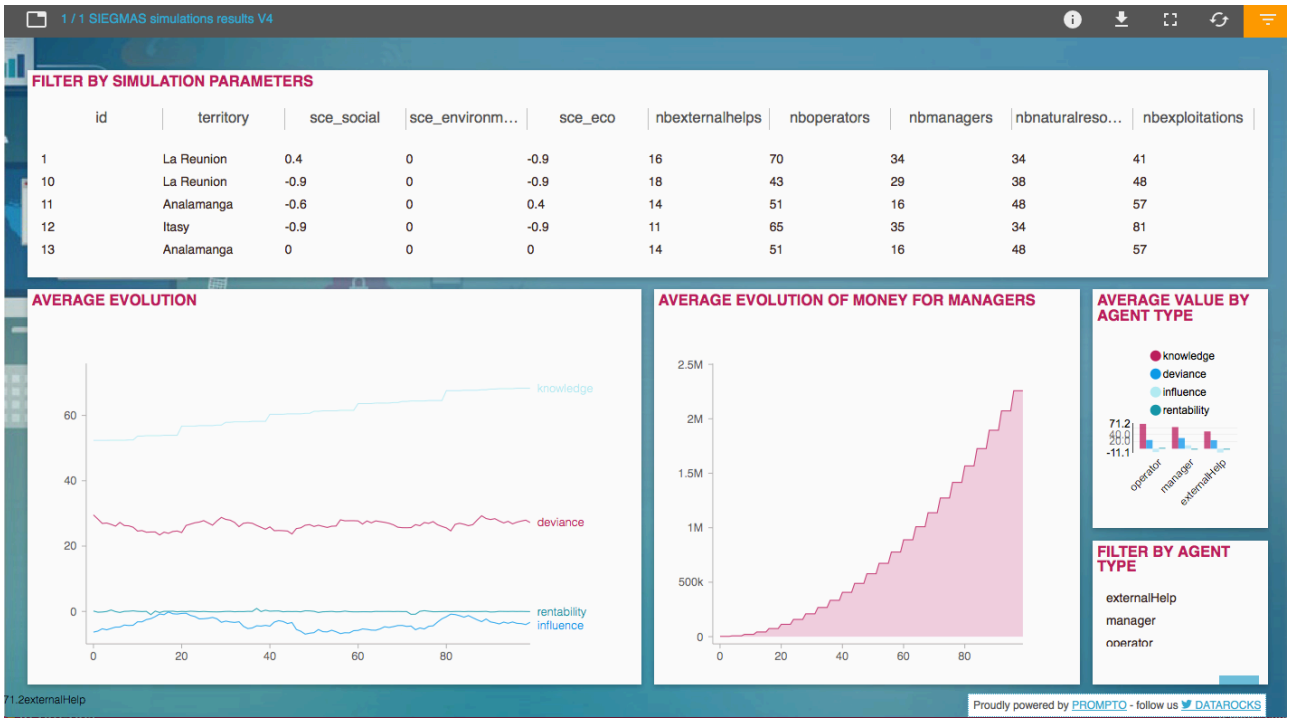


Figure 98 – Variables pour les interactions pour les territoires étudiés par agent.

Sur la figure 98, nous représentons une capture d'écran des 5 variables et de l'évolution de la money pour les trois régions et les trois acteurs étudiés.

Résultats des scénarios économique, social et environnemental.



Figure 99 – Variables « money » et « rentability ».

Nous avons créé des scenarios économiques, sociaux et environnementaux qui peuvent être négatif, neutre ou positif. Il est possible de faire une combinaison de ces trois scénarios (figure 99).



Figure 100 – Exemple de scénarios positifs économiques et les scénarios socio-environnementaux correspondants.

Par exemple, sur la figure 100, nous choisissons pour la région d'Analamanga et pour la catégorie d'agents « manager » l'ensemble des scenarios économiques positifs. En sélectionnant l'ensemble de ses scenarios économiques qui nous intéresse, Prompto actualise automatiquement l'ensemble des scénarios sociaux et environnementaux correspondants.



Figure 101 – Exemple de scénario social et environnemental correspondant au scénario économique.

Sur la figure 101, nous sélectionnons le scenario économique avec pour valeur 0,4 (scénario positif). Prompto actualise instantanément le scénario social qui y correspond -0,6 (scénario négatif) et le scénario environnemental y correspondant 0 (scénario neutre).

Limites de nos résultats.

Nous sommes conscients que nos résultats comportent certaines limites.

En effet, nous disposons de bases de données très conséquentes contenant des milliers de données. Nous sommes donc conscients que nous avons dû sélectionner que quelques-unes d'entre elles pour notre présentation de résultats afin d'être conscrit. Alors que nous pourrions développer des milliers de résultats en lançant des milliers de simulations si besoin. Ainsi, nous avons démontré que le modèle qui fait ses preuves et répond à notre problématique de recherche.

Concernant certaines variables, nous n'avons pas de données fiables d'une région à l'autre ou nous disposons de données incomplètes selon les instances ou bien les sources. Les autorités compétentes devraient inciter les instances à réaliser une publication des chiffres de manière fiables et régulière Toutefois, cette limite d'équivalence ou d'absence des données démontrent que les instances sont prêtes à coopérer et s'intéressent à de tels outils d'aide à la décision. En effet, nous nous sommes aperçus que certaines données diffèrent pour Madagascar pour un même indicateur d'une instance à l'autre à cause du manque de transparence dans les la communication entre instances ou l'absence de communication. A ce stade nous insistons bien sur le fait que certaines données pour Madagascar sont des estimations que nous tenterons d'affiner dans un prochain projet de recherche. Ainsi, nous n'avons pas pu avoir de données sur les productions vendues auprès des instances des régions d'études.

Par ailleurs, nos enquêtes de terrain nous permettent de créer une base de données très riche car nous les combinons avec des données institutionnelles. Pour nos échantillons par quotas, nous avons tenté d'être le plus représentatif possible afin que nos résultats puissent se rapprocher de la réalité. Malgré cette tentative louable, nos résultats ne restent que des estimations biaisées par une marge d'erreur de 5%.

Nous souhaiterions remplacer ces données récoltées par la génération de base de données issues de l'open data. Pour ce faire nous tenterons plus loin de définir les concepts de notre enquête de terrain (connaissance environnementale, ..). Toutefois, concernant certaines données en open data, les instances Réunionnaises commencent à mettre en œuvre des données en open data comme la Cinor pour les trajets plus verts alors que des pays comme Madagascar tentent encore de fiabiliser et de régulariser leurs données.

VALIDATION DES HYPOTHESES DU MODELE SIEGMAS.

Grâce aux différentes variables implémentées dans notre modèle NetLogo représenté avec Prompto nous avons pu étudier les hypothèses suivantes. Nous avons choisi les cinq premiers facteurs qui se dégagent de nos enquêtes de terrain et de notre revue de la littérature.

La création de données sur la cognition des individus à travers ces différentes hypothèses s'est révélée être un exercice ardu. En effet, actuellement il n'existe pas de données sur de nombreux indicateurs de notre étude comme les interactions environnementales, la cognition environnementale ou bien la connaissance environnementale Nous avons donc tenté de créer ces indicateurs se rapprochant au plus près de la réalité.

H1 : Les interactions et la cognition influencent les aspects environnementaux.

Variable « influence ».

L'hypothèse une démontre que les interactions entre les individus sur la région d'Analamanga, d'Itasy et de La Réunion influencent les choix et le mode de vie de membres de ces sociétés.

Dans la région d'Analamanga, nous observons que les interactions et la cognition environnementale influence les actions des citoyens.

Ainsi, si un citoyen décide d'exploiter illégalement une ressource pour sa survie, les autres citoyens auront tendance à en faire de même ou bien à ne pas le dénoncer. En effet, la lutte contre la pauvreté passe avant la loi pour les malgaches dans bien des cas.

Le comportement des instances de l'Etat aux collectivités décentralisées démontrent également que les plans et schémas directeurs ne sont que du papier. Ainsi, nous avons par exemple pu constater des décharges à ciel ouverte juste devant des bureaux éminents sans que l'autorité compétente ne réagit ou sanctionne. Il y a une certaine tolérance contre les dégradations : on observe et on laisse faire.

A Itasy, nous observons que les interactions et la cognition environnementale relèvent se fondent davantage sur un système basé sur les connaissances coutumière des villes et villages (fokantany et fokonolona). Ainsi, le système coutumier influence les pensées des citoyens. Les citoyens, les communautés autochtones et les communautés de base coïncidèrent que les

ressources naturelles sont une richesse concédée à l'homme pour garantir sa survie et sa prospérité. Ainsi, ces individus ne comprennent pas toujours l'intérêt des réglementations et l'intérêt de les respecter face à la loi coutumière et informel qui les autoriser à la gérer comme bon leur semble.

A La Réunion, les instances locales appliquent au mieux les lois nationales par leur déclinaison locale même si nous pouvons observer des anomalies. Les citoyens ont une bonne influence sur l'environnement bien que les déchets restent la nuisance principale selon nos résultats. De nombreuses associations et démarches individuelles émergence en vue d'accentuer la protection environnementale.

Le système Français comme dans le cas des emplois fictifs savent se prémunir de certaines représailles malgré une corruption avérée ou vécue par les citoyens.

Dans ces trois cas de figures, les individus adoptent tous des comportements stratégiques afin de se prémunir. Les individus avouent être sensibles aux actions de leurs congénères s'ils dévient à la règle ou à la morale. Nous pouvons donc affirmer notre hypothèse, les interactions et la cognition influencent les aspects environnementaux.

H2 : Plus il y a de contrôle et de sensibilisation, moins il y a de déviance.

Variable « deviance ».

L'hypothèse deux a montré que les conditions financières et les conditions de vie des populations déterminent leur choix d'être déviant ou pas

A Analamanga, la déviance se traduit davantage par des sanctions pénales bien qu'après une enquête approfondie auprès du bureau foncier du ministère et du ministère de la justice nous constatons que dans des affaires de conflits fonciers l'instance corrompu donne gain de cause au plus fort « au plus riche » dans le cas de désaccord de zonage ou de sécurisation foncière ou bien tout simplement de propriété foncière. La déviance se traduit aussi par des actions environnementales retombées douteuses corrélées avec une corruption à toutes les échelles de l'Etat, des collectivités, jusqu'aux citoyens. Ainsi, la corruption, à l'instar des délits envers la gestion des ressources ne se traduisent de très rarement par des sanctions à cause du manque de contrôle ou de la corruption des instances de contrôle. La population connait plus ou moins les mesures environnementales dans son ensemble du fait de la concentration des instances et

de leur proximité avec la Capital du pays. La corruption généralisée des instances influence les mauvais comportements des populations jusqu'à l'échelle du citoyen. La sensibilisation n'a que peu d'effet sur les citoyens et entités (entreprises, organismes, collectivités) plus préoccupés par la survie dans un contexte de sous-développement.

A Itasy, la corruption se traduit davantage par l'exploitation illégale de ressources forestières au profit du braconnage ou de l'agriculture. Les déviances doivent faire face à des sanctions pénales bien que peu courantes ainsi qu'à des sanctions morales de la part des sociétés encore basées sur les mœurs et traditions locales. En effet, bien que les lois existent pour sanctionner les déviants, les instances peuvent davantage avoir recours au dine (chapitre 1) pour régler leur conflits d'intérêt ou sanctionner.

A La Réunion, la protection des ressources forestières par l'instauration d'un parc national et des aires protégées n'empêche pas le braconnage bien que ses pratiques sont moindres grâce au bon encadrement des autorités de protection. Concernant, les déviants, par exemple s'il émet de la pollution, nous observons d'avantage, l'effet Schelling[453] où le voisinage localisera les déviants et s'ils ont à proximité, le voisinage voudra soit qu'il cesse ces déviances ou bien s'en éloigner le plus possible au cas où la pollution perdurerai. Nous observons un phénomène de dépôt sauvage à proximité de certaines zones protégées à plusieurs endroits de l'île ou bien concernant les émanations olfactives des pesticides pour le voisinage d'exploitation.

Il y peu de déviance à La Réunion comparée aux deux régions de Madagascar grâce aux contrôles.

Plus il y a de contrôle sur une région moins il y a de déviance sur un territoire.

Nous pouvons donc affirmer notre hypothèse.

[453] Schelling T. C. (1971), « Dynamic Models of Segregation », *Journal of Mathematical Sociology*, pp. 143-186.

H3 : la connaissance environnementale[454] influence la déviance.

Variable « knowledge »

La connaissance environnementale désigne une « une combinaison de connaissances sur divers volets de la protection environnementale. La connaissance environnementale se compose de la connaissance des mesures et principes pour l'environnement, la connaissance des instances œuvrant pour l'environnement, la connaissance de la protection foncière et de la connaissance des réglementations environnementales ». A. GAUDIEUX, 2016.

A Analamanga, nous observons que les individus ont une bonne connaissance des instances et des mesures de protection environnementale, une connaissance assez mitigées de la protection foncière et des réglementations environnementales.

A Itasy, nous résultats démontrent que les individus ont une connaissance plus ou moins mitigée des instances de protection environnementale, des instances, de la protection foncière. Mais qu'ils connaissent bien les réglementations environnementales dans leur ensemble qu'ils se jugent insuffisants dans leur application.

A La Réunion, les individus ont une connaissance moyenne de la protection foncière et des instances en charge de la protection environnementale. Les individus ont une connaissance assez mitigé des réglementations environnementales et des mesures environnementales qu'ils perçoivent comme excessifs dans certains cas bien qu'ils avouent aimer vivre dans une île où il faut bon vivre grâce aux retombées de la protection environnementale.

Les individus sont déviants car ils méconnaissent certaines lois mais dans beaucoup de car sur les trois régions étudiés. De plus, les individus avouent approuver ou comprendre la déviance des autres individus bien qu'ils connaissent la loi car le système n'est pas toujours efficace et juste.

Selon l'hypothèse trois, la connaissance environnementale influence donc la déviance et plus encore le choix des acteurs.

La connaissance environnementale influence la déviance de deux manières. D'une part, si la connaissance environnementale s'accroit, l'individu peut faire le choix de ne pas ou de ne plus être déviant. La connaissance environnementale va avoir un effet boule de neige en permettant la bonne diffusion des pratiques auprès de son groupe d'appartenance (famille, amis, travail, …) et inversement elle peut entrainer un cercle vicieux si les mauvaises

[454] Cf. Définition page 378.

pratiques se diffusent.

D'autre part, le manque de connaissance environnementale des instances en charge de son application peut également ralentir ou empêcher les bonnes pratiques environnementales de s'installer.

Nous pouvons donc affirmer cette hypothèse.

H4 : Les acteurs gagnent à choisir une gestion environnementale optimale générant des gains

Variable « money »

Les individus gagnent donc à choisir une gestion environnementale optimale si les gains sont au rendez-vous, sinon ils préfèreront privilégier la rentabilité de leur affaire au détriment de l'environnement sur les trois régions étudiées.

Ainsi, nous obtenons approximativement les mêmes résultats pour Analamanga et Itasy. Les individus choisissent peu de gestion environnementale mais préfère un plan de développement assurant leur survie ou leur rentabilité. L'absence ou le manque de contrôle laissent beaucoup d'opportunité de dérive aux acteurs malgaches tout comme la corruption.

A La Réunion, les individus l'application assidues des lois et réglementations environnementales ne laissent pas le choix aux acteurs qui sont contraints bien que mal d'appliquer les mesures environnementales. Ils ne sont pas vraiment motivés par les subventions bien qu'elles constituent un réel apport pour leur activité dans bien des cas.

Pour l'hypothèse quatre, nous ne pouvons pas dire que les acteurs gagent à choisir une gestion environnementale optimale générant des gains. Nous pouvons donc infirmer cette hypothèse.

H5 : Le choix d'un mode d'agriculture ou de protection des ressources naturelles augmente la rentabilité

Variable « rentability »

Nous avons étudiés pour Analamanga, Itasy et La Réunion trois modes d'agriculture : l'agriculture conventionnelle, l'agriculture sur brûlis et l'agriculture biologique.

Nous observons des tendances similaires pour la région d'Analamanga et d'Itasy. L'agriculture sur brûlis est choisie pour son faible coût dans un contexte de pauvreté. Dès que l'agriculteur ou l'exploitation a les moyens, ils lui préfèrent l'agriculture conventionnelle avec usage de pesticides ou d'autres produits. L'agriculture biologique n'a pas vraiment de marché (niche de marché pour la population riche) et est utilisée pour l'autoconsommation ou bien dans une logique de vente sur les marchés sans affichage du caractère « bio » du produit.

A La Réunion, l'agriculture conventionnelle domine. Bien que les produits biologiques sont de plus en plus demandés (labels, exploitations bio). L'agriculture sur brûlis n'est pas bien perçus à cause des connaissances de ces méfaits tout comme ceux des produits dans l'agriculture extensive (conventionnelle). L'agriculture extensive est privilégiée dans une logique de rentabilité et de suffisance d'offre sur le marché.

Nous affirmons donc que le choix du mode d'agriculture ou de protection des ressources naturelles augmente la rentabilité. Notre hypothèse est donc vérifiée.

Approbation et préconisation

- Approbation envers la protection foncière, les mesures pour l'environnement, les mesures pour l'agriculture. Dans son ensemble, les mesures sont bien connues mais les citoyens ne détiennent bien souvent que de fragments de connaissance qui les poussent vers des nuisances ou des dérives environnementales.
- Préconisation pour l'amélioration des actions et pour régler les conflits seraient de poursuivre des études sur les ressources naturelles (forestières, minières, …) à partir de simulation à base d'agents pour permettre de réagir en temps réel ou de faire de la prospective sur les interactions et la cognition. Certes, il est bien de faire des lois et règlements mais si la population ne les connaissent pas ou n'adhérent pas à ces principes peut être que les instances gagneraient à étudier davantage la cognition et les interactions pour optimiser leurs actions et dépenses au lieu de se contenter d'informer.

PROPOSITIONS DE DEFINITIONS DES CONCEPTS CREES DANS SIEGMAS (A. GAUDIEUX 2016, 2017[455])

Connaissance environnementale

Nous définissons la connaissance environnementale comme une combinaison de connaissances sur divers volets de la protection environnementale. La connaissance environnementale se compose de la connaissance des mesures et principes pour l'environnement, la connaissance des instances œuvrant pour l'environnement, la connaissance de la protection foncière et de la connaissance des réglementations environnementales. A. GAUDIEUX, 2016.

Connaissance des mesures environnementale

- Connaissance des mesures de protection de l'environnement dans la commune, quartier et région vu vécu et entendu
- Connaissance des dispositifs de gestion de la forêt et de la flore sur le territoire ou à proximité de son domicile
- Connaissance du zonage des ressources (délimitation des ressources dans un périmètre de protection et de son application dans votre région, district, commune?
- Connaissance des zones d'application de la protection foncière
- Connaissance de l'évolution de la superficie des forêts et des parcelles agricoles
- Nécessité de protection de la forêt

Connaissance des instances environnementales ou œuvrant pour l'environnement

- Connaissance des instances assurant la protection foncière (Etat, commune, .. ;)
- connaissance de l'environnement et des parties prenantes
- connaissance des mesures de sensibilisation et participation à ces mesures (connait, a déjà participé ou pense participer : sensibilisation, réunion ou reboisement ou autres.

[455] Publication à paraitre courant 2017 d'un ouvrage sur l'ensemble de ces concepts.

Connaissance de la protection foncière

- connaissance des mesures de protection foncière. /Acquisition des mesures de protection foncière (médias : radio et télé, journaux, travail, bouche à oreille.
- Connaissance des protections agricoles et forestières
- Connaissance des gestes de protection de l'agriculture
- Connaissance des gestes de protection des forêts.
- Connaissance des transferts de gestion (un transfert de désigne la gestion des forêts et de l'environnement par les collectivités et les citoyens)
- Connaissance des pratiques de chaque partie dans les transferts de gestion
- Connaissance des dispositifs de protection de nature
- Connaissance des investissements et de son utilisation
- Connaissance de la structuration économique du secteur environnemental (efficace, suffisant et diffusé
- Connaissance de la fiscalité locale environnementale (efficace, suffisante et diffusée

Connaissance de la réglementation en faveur de l'environnement

- Connaissance des textes de lois ou des plans de gestion/ développement pour l'agriculture et l'environnement
- Connaissance des sanctions pénales en faveur de l'environnement
- Connaissance des peines et délits encourus en cas de violation de la propriété foncière
- Connaissance des peines et des délits encourus en cas de violation de l'environnement. (réunion, radio, TV, Journal, Bouche à oreille, Séminaire / colloque, Ecole/ travail, Famille/ amis et autres)
- Connaissance des aides extérieurs à l'agriculture
- Connaissance des aides à la protection et conservation des forêts

Perception environnementale

La perception environnementale désigne la vision d'un individu ou d'un groupe d'individu d'une combinaison de facteurs environnementaux dont la perception des mesures et principes pour l'environnement, la perception des mesures des instances œuvrant pour l'environnement, la perception des mesures de la protection foncière et de la perception de la portée des réglementations environnementales. A. GAUDIEUX, 2017

Perception des mesures environnementales

- Perception de l'environnement par les acteurs

Perception des instances environnementales ou œuvrant pour l'environnement

- Perception de la gestion environnementale de votre commune
- Perception des agriculteurs ou employés agricoles de la superficie dont il dispose et des besoins en terres ainsi que de sa proximité avec les commodités.
- Perception du respect des mesures de transfert de gestion par l'Etat, les collectivités territoriales, les entreprises, les bailleurs de fonds, les agriculteurs, les citoyens et autres
- Perception des techniques et pratiques d'exploitation des parcelles et espaces de forêt dans votre commune et région.
  Etat / CT/ Entreprises / bailleurs de fonds / agriculteurs / Citoyens / autres
- Perception du partage des bénéfices (efficaces, suffisants et diffusés
- Perception de l'organisation et de la gestion du territoire (efficaces, suffisantes et diffusées
- Perception de la communication entre acteurs

Perception de la protection foncière

- Perception des règlements sur la protection foncière

Perception de la réglementation en faveur de l'environnement

- Perception de la protection apportée par les lois aux individus

- Perception des problèmes ou conflits (exploitation illégales de terres appartenant à d'autres citoyens, à l'Etat, …) liés à la mise en place de la protection foncière devraient être réglé par le droit coutumier (informel, le droit étatique, autres)
- Perception de l'efficacité et de la diffusion des sanctions pénales pour l'environnement
- Perception de l'efficacité et de la diffusion des peines et délits encourus en cas de violation de la propriété foncière
- Perception de l'efficacité et de la diffusion des peines et des délits encourus en cas de violation de l'environnement

L'influence environnementale

L'influence environnementale se définit comme l'influence qu'un individu ou qu'un groupe d'individu peut avoir sur les actions et pensées d'un autre individu ou d'un autre groupe d'individu dans le domaine environnemental, foncier, réglementaire et envers les instances oeuvrant pour l'environnement.

A l'instar de l'Influence des acteurs sur le taux d'équipement, de l'Influence des acteurs sur la gestion des forêts ou bien de l'Influence des acteurs sur la gestion agricole.

Fréquence des contacts de la population avec les acteurs

La fréquence des contacts de la population avec les acteurs responsables de l'agriculture, de l'environnement et des forêts se définit par la somme des rencontres annuelles d'un individu avec l'ensemble des acteurs de l'environnement (Etat, Collectivités territoriales, entreprises, bailleurs de fonds, agriculteurs, citoyens et autres).

La déviance environnementale

La déviance environnementale se définit comme une entrave ou un non-respect par un individu ou un groupe d'individus d'une ou de plusieurs des mesures environnementale (mesures environnementale (déforestation, braconnage, corruptions diverses, vol et fraude fonciers, non-respect des lois et réglementation en faveur de l'environnement) s'accompagnant d'une sanction morale de la part des concitoyens ou / et d'une sanction pécuniaire ou pénale.

2) Perspectives d'évolution des outils de SIEGMAS

Actuellement nous travaillons sur plusieurs améliorations de l'outil qui seront disponibles en juin 2016.

Etape 1

Des solutions d'amélioration de l'outil MASC sont envisagées.

- La création d'un fichier.
- La possibilité d'effacer des zones sélectionnées en fonction de la carte produite par l'extracteur une fois le traitement effectué. Notamment avec la possibilité d'effacer la cellule ou une zone entière en sélectionnant deux points de la carte rectangulairement.
- Le déploiement de l'outil MASC sur le web via l'amélioration de l'interface pour rendre l'affichage encore plus allégé.

Dans un premier temps, l'outil généré automatiquement un fichier *.nls avec des informations de la carte générées (figure 102).

```
; Permit to create a representation of a map
; Original file: C:\fakepath\56451adb58c4215f2f19990826958b335b89208b.jpg
; Generated from: http://lim-sca.univ-reunion.fr/masc/index.php
; Date: Tue, 22 Mar 2016 11:09:31 +0100
; Map size: 100 x 120
; Patch size: 10
; There are 6 colors in the map:
;    . pcolor [128 128 128]
;    . pcolor [0 255 255]
;    . pcolor [0 0 255]
;    . pcolor [0 255 0]
;    . pcolor [165 42 42]


;globals[g_defaultColor]

to initmap
    clear-all
    set g_defaultColor [128128128]
    set-patch-size 10
    resize-world 0 100 0 120
    import-pcolors-rgb "2016-03-22_11-09-31_156f119db4dfc1.png"
end
```

Figure 102 – Fichier *nls avec les informations de la carte générée.

Nous souhaitons apporter des informations complémentaires sur la carte générée (nom, couleur par défaut, taille de la cellule taille de la carte et nom du fichier; figure 103).

```
; Permit to create a representation of a map
; Original file: Base de l'Ocupation des Sols (BOS) de La Re´union .jpg
; Generated from: http://localhost/lim-sca/masc/index.php
; Date: Tue, 09 Jun 2015 09:16:13 +0400
; Map size: 150 x 126
; Patch size: 8
; There are 8 colors in the map:
;    . pcolor [214 235 252] (default color)
;    . pcolor [190 224 243]
;    . pcolor [71 132 72]
;    . pcolor [241 167 168]
;    . pcolor [167 168 243]
;    . pcolor [246 243 192]
;    . pcolor [71 250 73]
;    . pcolor [250 250 72]

to initmap
  clear-all

    ; @RC a rajouter SVP dans génération de code

    ifelse (Territory = "La Reunion" )
    [
      set g_mapContext "Base occupation des Sols (BOS) de La Re´union" ; @RC a rajouter
      set g_defaultColor [214 235 252]
      resize-world 0 150 0 126
      import-pcolors-rgb "LaReunion.png"
    ]
    [ ifelse (Territory = "Analamanga" )
      [
        set g_mapContext "Analamanga"
        set g_defaultColor [255 255 255]
        set-patch-size 6
        resize-world 0 100 0 120
        import-pcolors-rgb "Analamanga.png"
      ]
      [ ifelse (Territory = "Itasy" )
        [
            set g_mapContext "Analamanga"
            set g_defaultColor [255 255 255]
            set-patch-size 6
            resize-world 0 100 0 71
            import-pcolors-rgb "Itasy.png"
        ]
        [Beep output-print (word "ERR2: Map not found") Stop ]
      ]
    ]
end
```

Figure 103 – Fichier *nls avec les informations de la carte générée dans notre version modifiée.

L’ajout de fonctionnalités diverses comme le zoom sur la carte et amélioration de l’interface notamment en allégeant les fenêtres qui se superposent à gauche de la figure ci-dessous. L’ajout d’une fonctionnalité zoom permettra de distinguer plus facilement les cellules de la grille et notamment celles à effacer comme sur la figure ci-dessous (figure 104).

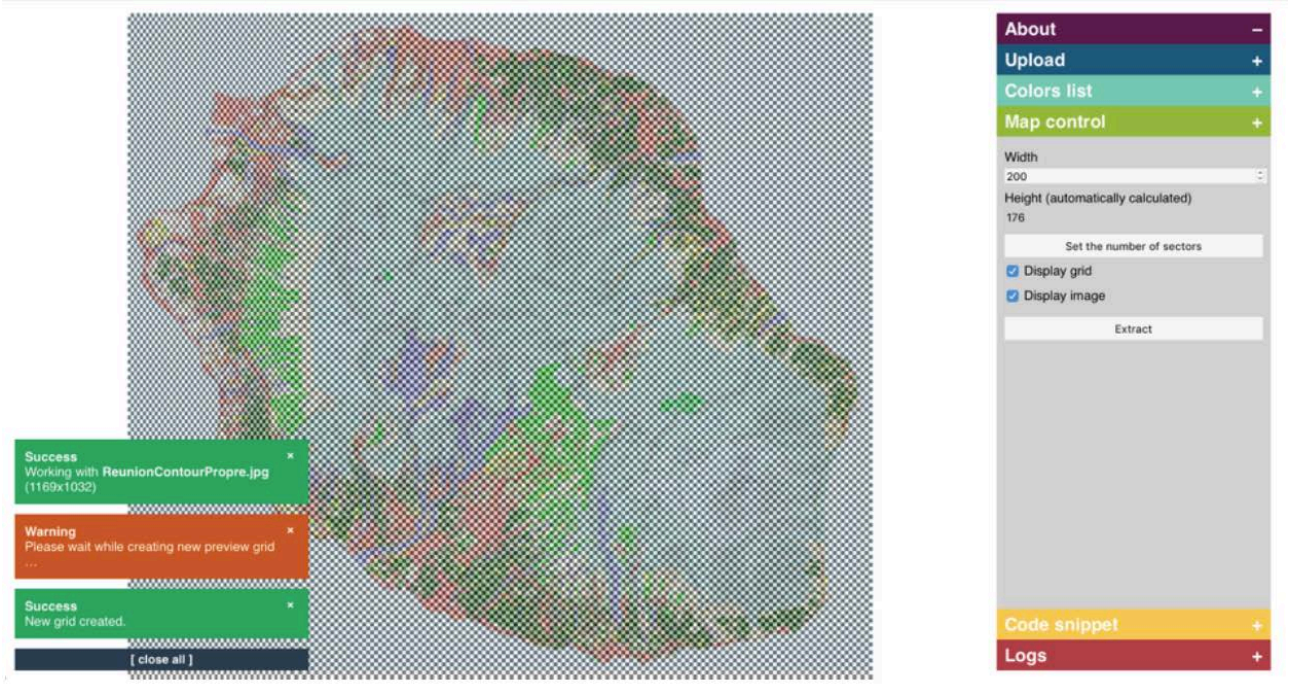


Figure 104 – Grille carte de MASC.

Nous désirons intégrer un tutoriel de MASC sous forme de vidéos décrivant les étapes à exécuter dans l’onglet « about » et la partie « how to use » (figure 105).

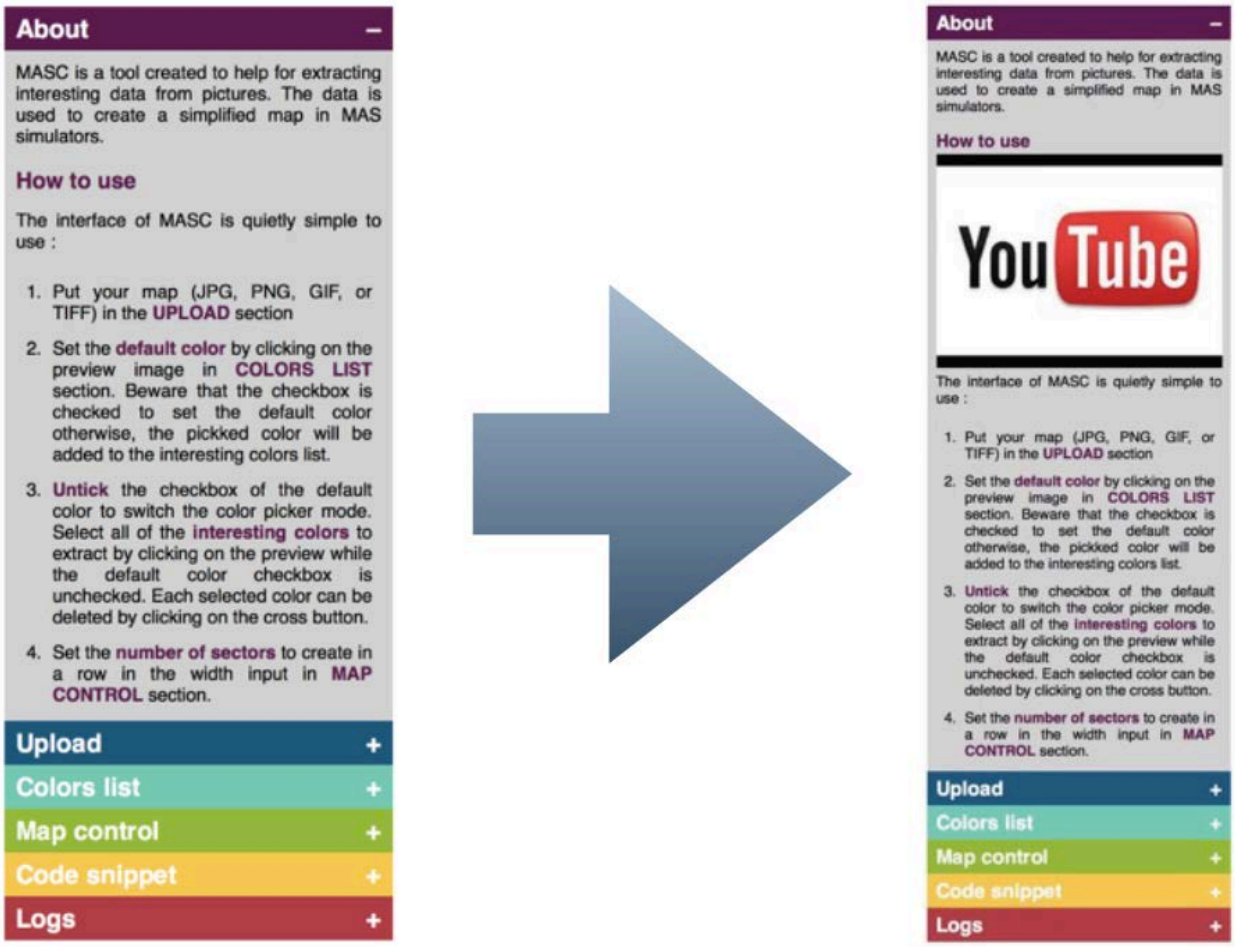


Figure 105 – Modification de l'onglet « About » de MASC en ligne.

Etape 2

Concernant la modélisation NetLogo, nous travaillons actuellement sur l'amélioration des scénarios, économique, social et environnemental, qui par la suite viendront incrémenter le Dashboard Prompto. Nous avons déjà créé les onglets sur l'interface NetLogo (figure 106).

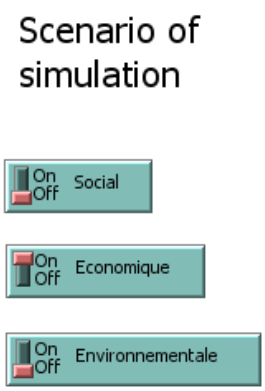


Figure 106 –Scenarios de Simulation NetLogo.

Nous pensons également différencier davantage les différents agents pour plus de finesse dans notre modélisation.

Manager ⇒ État propre, instance régionale, commune.

Operator ⇒ Entreprise, coopérative, agriculteur.

ExternalHelp ⇒ État étranger, bailleurs de fonds, association.

Nous souhaitons également dans cette étape :

- Affiner le comportement des agents grâce à nos règles logiques générales.
- Finaliser la mise en place des scenarios.
- Utiliser un fichier de configuration contenant les paramètres de simulation.

Etape 3

Concernant l'étape 3, nous travaillons actuellement avec la start-up Datarocks sur l'ajout de fonctionnalité de spatialisation pour 2017 (figure 107).

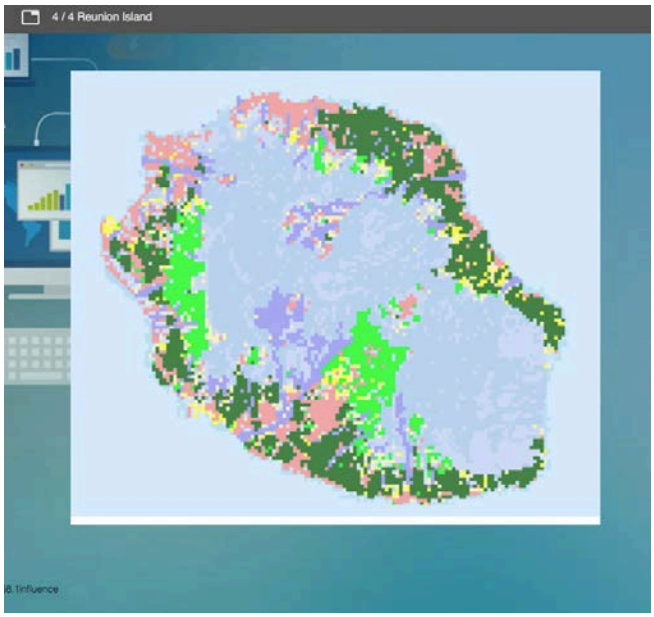


Figure 107 – Spatialisation dans Prompto.

Conclusion du cinquième chapitre

Dans ce chapitre, nous avons démontré que le modèle SIEGMAS que nous proposons via une suite d'Outils à destination de la communauté scientifique, se caractérise par son aspect novateur et judicieux pour l'étude de la cognition et des interactions.

SIEGMAS permet de traiter dans sa troisième étape les données à travers un tableau de bord interactif des résultats de simulation dans le domaine de la gestion des ressources communes sur un territoire déterminé.

Prompto a été choisi comme tableau de bord car l'outil développé par une start-up locale Datarocks était en cours d'expérimentation par l'Université de La Réunion suite à l'achat de ce logiciel et notamment par l'Observatoire des Usagers du Numériques de l'Université de La Réunion (OBSUN). Une autorisation d'exploitation de Prompto dans le cadre de cette thèse a été négociée par l'équipe de l'OBSUN pour la représentation des données de SIEGMAS.

L'utilisation d'un tableau de bord comme Prompto pour la représentation des données offre à l'utilisateur une meilleure ergonomie et un accès plus simple aux différents résultats représentés à travers les onglets.

L'interface obtenue permet une représentation des questions posées dans les différentes thématiques et en fonction de chaque territoire.

Nous avons choisi de représenter les données assez rapidement dans un premier temps et étant donné que cet outil a été gracieusement prêté pour une durée déterminée de quelques mois. De plus, le traitement des données dans un tel outil nécessite un temps de familiarisation avec le tableau de bord et un temps de conceptualisation. Les améliorations seront disponibles en mai 2017 dans une version v.1.6.

Les résultats des simulations démontrent des dysfonctionnements dans la gestion environnementale dans les deux régions de Madagascar : Analamanga et Itasy. Malgré une

tendance et des démarches louables des acteurs pour améliorer la gouvernance des ressources naturelles.

À La Réunion, de bonnes démarches ont déjà été entreprises mais des progrès notoires sont encore à faire compte tenu des problématiques de démographie et de gestion d'un territoire insulaire où le foncier se raréfie.

Nous envisageons à posteriori d'incrémenter les résultats avec la partie sociale, économique pour avoir une analyse complète de tous les volets évoqués et de toutes les données obtenues.

D'autres Dashboards peuvent se substituer à Prompto dans le cadre d'autres expérimentations futures. À l'instar de D3.js, Kibana, Tableau public ou d'autres plateformes disponibles.

Il est également envisagé d'améliorer l'architecture informatique adaptée à la problématique de gouvernance des « Common Pool ressources » en tirant profit des propriétés de l'approche système multi-agents grâce à la réalisation d'étude pour les autres régions de l'Océan Indien Mayotte, Comores, Seychelles et Maurice.

L'objectif sera de réaliser des données en travaillant avec d'autres Dashboards géo-référencés : tableau public, D3.js, (…).

Il est aussi envisagé de travailler avec des intercommunalités locales qui réalisent des récoltes de données en open data pour aller vers une modélisation pour les villes intelligentes.

Actuellement, des dossiers de financements pour le montage d'une équipe de travail pour poursuivre ces axes sont en cours de réalisation. Il s'agirait de créer une équipe de travail entre des universités de la zone Océan Indien et des universités européennes pour développer ces axes à travers SIEGMAS et obtenir des résultats de plus en plus pointus.

La portée des résultats et l'apport pour les économistes / décideurs.

Bien que les indicateurs contiennent des biais en termes de finesse étant donné la nouveauté de la méthode et de nos définitions, ils permettent de donner un aperçu au plus près de la réalité des tendances de ces indicateurs.

Ces indicateurs, variables étudiés constituent un outil d'aide à la décision pouvant aider les économistes et décideurs dans leurs prises de décisions ou être combiné à leurs outils actuels dans la création d'une analyse.

Cette démarche de modélisation à base d'agents permet à un économiste ou à un décideur de reproduire les processus naturels en y incorporant au plus près de la réalité les interactions et la cognition individuelle et collective en temps réel.

Les simulations des processus naturels constituent de bons outils pour identifier, analyser et anticiper un ou des phénomènes au sein d'une société.

Cette méthode à travers à création d'un modèle de simulation doit permettre de tester l'efficacité des mesures en y incluant l'influence et l'importance de l'aspect cognitif et interactif sur les mesures préventives, correctrices et la portée de ces mesures sur différentes périodes.

Le fait de pouvoir faire des analyses sur des milliers et des milliers d'individus est essentiel pour le décideur et l'économiste dans un monde où le big data et l'open source pourrait dans un avenir proche se généraliser.

De plus, cette méthode pourrait grâce à un affinage dans un projet de recherche devenir un référentiel de gestion et de suivi en temps réel de variables et d'indicateurs croisé avec de l'open data.

Il nous semble donc indispensable de poursuivre le développement de cette méthode pour que la caractérisation de l'influence, la connaissance environnementale, la déviance et la perception environnementale ne se basent pas seulement sur des statistiques mais sur des modèles à base d'agents capables de reproduire le comportement cognitif et interactions d'un agent ou de milliers d'agents en temps réel.

CONCLUSION DE LA THÈSE

Dans un premier chapitre, nous présentons, deux hots spots de la biodiversité mondiale, La Réunion et à Madagascar de l'apparition des prémisses de mesures environnementales à nos jours. L'analyse des régions de La Réunion et de Madagascar démontre que malgré quelques points communs, de grandes disparités proviennent de leurs caractéristiques et de leur situation.

Dans un second chapitre, nous nous intéressons à l'allocation des ressources rares à travers la présentation des méthodes et des définitions essentielles. Nous démontrons qu'adopter la méthode des systèmes multi-agents ouvre la réflexion sur un champ qui n'a pas encore été exploré avec notre problématique.

Dans un troisième chapitre, nous axons notre développement sur le cheminement de la conception de notre outil SIEGMAS à travers la méthode multi-agents. Nous démontrons que l'outil répond à notre problématique et qu'il est porteur pour la communauté scientifique.

Dans un quatrième chapitre, pour confirmer la généricité de l'outil, nous l'appliquons aux trois régions étudiées pour chacune des étapes. Nous réalisons une visualisation dynamique de nos résultats pour les acteurs, à travers les variables étudiées et à travers des scénarii socio-économiques et environnementaux.

La réalisation d'une méthode à la décision pluridisciplinaire pour la gouvernance communautaire, SIEGMAS, apporte une réponse à l'étude des interactions dans ce domaine, difficilement modélisable par des méthodes économiques traditionnelles. Dans cette thèse, nous avons pu montrer que cette démarche permettait d'obtenir des résultats prometteurs, transposables à différents territoires, en considérant trois régions de l'Océan Indien : Analamanga, Itasy (Madagascar) et l'île de La Réunion. Dans cette thèse, nous avons détaillé et argumenté l'intérêt d'un modèle multi-agents. Nous avons également enrichi notre proposition

en spécifiant un cadre complet de définition d'une architecture informatique adaptée à la problématique de gouvernance des « Common Pool ressources » en tirant profit des propriétés de l'approche des systèmes multi-agents.

Cela n'a pas été possible durant la thèse de développer l'outil sous tous ces aspects et de développer l'ensemble des milliers de résultats contenus dans notre base de données.

En effet, nous démontrons que cet outil est porteur pour la communauté des économistes et les instances car l'utilisation des systèmes à base d'agents se généralisent dans toutes les disciplines bien qu'aucune méthode comme la nôtre n'ait été créée à ce jour:

- à travers une dizaine de publications dont quatre publications internationales le modèle est viable et intéressant pour la démocratisation des méthodes informatiques aux sciences humaines dont l'économie.
- Bien que nous avons été contraints de nous former tout au long du temps imparti à la réalisation de cette thèse au sein du LIM aux différents outils informatiques pour la réalisation de l'outil SIEGMAS. Outre le fait que cette thèse n'ai pas un format classique d'une thèse en économie, son originalité est de présenter le modèle sous une forme accessible tant aux économistes, aux informaticiens et à la communauté des utilisateurs ou futurs utilisateurs de simulations à base d'agents en proposant une méthode accessible à toutes disciplines (définitions dans plusieurs disciplines et explications en gris des parties du code fondamentale dans le chapitre 4).
- Nous metterons nos outils développés dans ce modèle en ligne pour une utilisation libre par la communauté scientifique.
- Le véritable apport pour un économiste réside dans la force des systèmes à base d'agents dans l'étude des phénomènes spatialisés, temporels pour les ressources en temps réel et en prospective des interactions d'un ou de milliers d'agents. L'économiste doit bien être conscient que nous ne lui demandons par d'abandonner ces méthodes classiques mais que dans cette problématique de dynamiques complexes et émergeantes pour la cognition et les interactions et l'introduction de nos concepts, le système à base d'agents convient le mieux pour la création de notre méthode.
- La méthode et les définitions que nous avons créées peuvent aider le décideur dans la conceptualisation d'une étude. Certes, mettre en place des mesures sur d'anciens

schémas comme actuellement est louable mais si ses mesures ne conviennent pas ou n'assure pas à la population des bonnes conditions de vie / ou les détériorent, il faudrait davantage que les instances se concentrent l'aspect interactif et cognitif d'un acteur quel que soit sa catégorie pour en comprendre le fonctionnement et anticiper ses actions (même intra instance où désapprouver une mesure peut entrainer un comportement contre-productif par l'agent).

- La méthode et les définitions peuvent également aider dans l'analyse économique et être combinées à des modèles économiques couramment utilisés dans la communauté scientifique. Il ne suffit plus dans un monde régit par des dynamiques complexes et émergentes de dire que cela ne pourrait pas convenir, pas convaincre ou que l'on continue à faire comme on fait au rejet des nouveaux modèles basés sur des méthodes alternatives qui bien que ces méthodes peuvent permettre des avancées pour l'ensemble de la société moyennant un affinage et une résolution des quelques biais. Nous constations que les systèmes à base d'agents se multiplient dans les thèses, les analyses institutionnelles et les projets de recherche. De plus, il ne suffit pas de prôner l'action commune et la participation de tous et puis se cantonner sur ses acquis et ses méthodes ou de rester dans le conflit des écoles de pensées prônant la supériorité de telle ou telle méthode mais bien de songer à l'intérêt de la société dans son ensemble (macro, méso, micro). L'économiste qui étudie la société devrait donc étudier les interactions et la cognition des individus et aller dans le futur vers ces modélisations à base d'agents en intégrant ses principes et modèles aux modélisations à base d'agents.

Nous avons également pu :

- **Concevoir et proposer un modèle de représentation la gestion des ressources naturelles dans la zone Océan Indien en considérant tout spécialement les dérives**

1 publication internationale et 2 publications revues Université de La Réunion

- 10th International Conference of the European Society for Ecological EEEI, 2013.
- Conférence Règles, exceptions et transgressions (cas d'Itasy) Revue travaux et documents, n°41, 2012.

- Conférence « les textes et les pratiques traditionnelles malgaches ». Revue Travaux et Documents n°47, 2014.

- **Créer des règles différenciées en fonction des interactions à différents endroits afin d'apporter des informations et identifier les impacts spatialisés**

1 publication en conférence internationale et 1 publication recueil

- 8th International Conference on MAS&S'14, Poland, pp.12, 2014.
- Publication de MAPS du CNRS juillet 2014.

- **Proposer un système computationnel simulable du modèle proposé**

3 publications en conférence internationale, 1 en conférence nationale et 1 revue Université de La Réunion

- 8th International Conference on MAS&S'14, Poland, pp.12, 2014.
- Rencontres de Jeunes Chercheurs en I.A., Plateforme PFIA'15, Rennes, 2015.
- International conference SIMULTECH 2014. ISBN: 978-989-758-038-3.
- Conférence internationale Images et Savoir, juin 2017.
- Conférence "Perception, représentation, compréhension". Travaux et documents n° 50, octobre 2016.

- **Proposer cadre méthodologique pour initialiser et exploiter les résultats du modèle simulé adapté à la prise de décisions pour un économiste**

2 publications en conférence internationale

- 15th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (IEEE ICCI*CC),, Stanford University, California, 2016.
- 11ème congrès du Réseau International RIODD, 2016.

Outre ces contributions une restitution a été faite auprès de certaines parties prenantes et une synthèse technique est actuellement en cours de préparation à destinations des autres parties prenantes n'ayant pas encore eu d'informations sur cette restitution.

Dans l'avenir, nous comptons affiner notre modèle multi-agents et nos différents outils au travers d'expérimentations menées sur d'autres territoires insulaires de l'Océan Indien (Seychelles, Mayotte, Comores et Maurice). Il s'agira alors de créer des synergies positives résultantes de la valorisation des ressources naturelles pour améliorer les politiques de gouvernance communautaire des ressources naturelles dans un contexte communautaire international.

Grâce à des simulations prospectivistes, un tel système devrait favoriser des actions d'anticipation sur la gestion de ressources naturelles et conduire à un comportement proactif des acteurs impliqués dans l'ensemble des niveaux de la chaine de décisions.

En effet, il s'agit d'un aspect qui n'a pas encore était traité dans les îles de l'Océan Indien et qu'il serait porteur d'étendre à d'autres territoires. Nous travaillerons sur un outil d'extraction de connaissances à partir de carte géo-référencées pour permettre une plus grande pertinence dans nos simulations pour démontrer la transposabilité du modèle dans d'autres îles de l'Océan Indien.

Il est également envisagé d'employer d'autres tableaux de bord : tableau public, D3.js, (…), pour faire une classification des tableaux de bord à utiliser selon le niveau informatique par l'utilisateur et de proposer tant des solutions en open source que des outils payants.

Nous souhaiterions aussi introduire des data par un processus d'open data comme dans les modélisations multi-agents pour les villes intelligentes. L'open data désigne des ressources d'informations qui sont accessibles à tout public grâce à un serveur qui peut être interrogé.

Divers plateformes permettent d'utiliser de l'open data, à l'exemple de Repast.

Repast[456] (Recursive Porous Agent Simulation Toolkit) est un outil de modélisation et de simulations d'agents qui part de l'open data pour faire des simulations agents spécialisées pour les villes en sciences sociales. Une fois la simulation réalisée dans Repast, les résultats sont obtenus sous fichier .csv ou .kml (qui peut fonctionner avec Google earth).

[456] http://repast.sourceforge.net/repast_3/

Une fois ces données extraites, son exploitation dans des tableaux de bord dynamiques serait une piste à explorer. Pour ce faire, nous envisageons de créer un équipe de travail utilisant d'autres plateformes de travail avec le Laboratoire d'Informatique et de Mathématiques et peut être Imperial College of London qui travaille déjà en collaboration sur la plateforme REPAST ou le CIRAD.

Il est aussi possible d'utiliser d'autres plateformes comme CORMAS, GEAMAS NG, GAMA. Ou de travailler avec des organismes intéressés par ces recherches.

L'objectif consiste à collecter les informations données par les acteurs de la simulation, grâce aux adhésions de personnes à ce système. Puis, l'ensemble d'informations collectées sera remonté et centralisé. Ces informations permettront de faire des simulations réalistes et de surcroît des scenarii conforment au système d'informations. Ainsi, la prospective se basera sur des statistiques et des données en temps réel.

À terme, nous souhaiterions qu'une personne x qui possède des données et des cartes exploite l'outil informatique SIEGMAS et traite ses données avec une méthode alternative grâce à la mise en ligne de l'outil sur le serveur du LIM gratuitement ou moyennant une souscription forfaitaire.

Outre l'amélioration de l'outil d'autres perspectives s'offrent à nous grâce au fait que cette thèse a pu se réaliser dans un cadre unique au sein d'une équipe de travail au LIM. En effet, nous avons dû lors de notre arrivée au LIM en 2014 apprendre dans un premier temps à maîtriser les ontologies et les ULM dans un lapse de temps très restreint afin de créer un prototype tout en se formant aux systèmes multi-agents. Ainsi, nous avons pu améliorer nos compétences en modélisation, ontologies et UML.
Se confronter à l'inconnu dans le cadre d'une thèse en sortant du cadre de l'économie s'est avéré être un projet ardu. L'appui et le soutien apporté par le LIM et l'OBSUN ont été capitaux dans finition de l'outil présenté en l'état.

Le développement d'une expertise dans le domaine des systèmes multi-agents et dynamiques durant ces années de thèse nous a permis de découvrir que de nombreux chercheurs en sciences sociales avaient déjà franchis le pas en hexagone et à travers le monde dans diverses structures.

Au sein du LIM et du CEMOI se fut la première fois qu'une économiste a pu intégrer une équipe de travail en informatique et mener à bien une thèse basée sur les systèmes multi-agents.

Dans cette thèse, nous avons pu émettre quelques réflexions sur l'utilisation d'un système multi-agents pour améliorer notre compréhension de phénomènes économiques et environnementaux.

Cette expertise sera utile pour deux projets basés sur les Systèmes multi-agents et de l'économie que nous réalisons actuellement.

L'objectif de l'un de ses projets sera de poursuivre sur la création des tels outils destinés aux sciences humaines. Ainsi, les décideurs et les chercheurs pourraient à terme avoir accès à d'autres outils encore plus performants et simplifier leurs recherches via la simulation, et cela assez rapidement sans avoir beaucoup de compétences dans le domaine..

D'autre part, l'objectif du second projet sera de pouvoir apporter plus d'expertise en économie dans la constitution d'une étude basée sur la gestion d'une ressource bien identifiée en économie.

Ces projets à venir démontrent d'autant plus la nécessité de créer d'avoir créé SIEGMAS et la portée pour les économistes de réutiliser cette méthode pour la combiner soit avec des objets d'étude économique ou des méthodes économiques couramment utilisées pour enlever les biais.

La poursuite de ces divers projets nécessite encore un apprentissage de l'informatique et une étroite collaboration avec les parties prenantes locales avec qui nous avons tissé des relations durant ces dernières années.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS **6**

SOMMAIRE **7**

Introduction **9**

CHAPITRE 1 MADAGASCAR ET LA REUNION DEUX HOT SPOTS AUX SITUATIONS ENVIRONNEMENTALES DIFFERENTES **21**

Section 1. Emergence d'une réelle juridiction pour l'environnement à Madagascar. 23
Contexte à Madagascar 24
Contexte territorial : cas d'Analamanga. 27
Contexte territorial : cas d'Itasy. 32
A. Historique de la situation environnementale des ressources à Madagascar du IXème siècle à nos jours. 39
1) Le système juridique du IXème siècle à l'ère précoloniale. 39
2) La transposition du système juridique français. 40
B. Gestion communautaire des ressources de l'indépendance à nos jours. 44
1) La loi Gélose. 47
a) Structuration du transfert de gestion. 47
b) Parties prenantes au transfert de gestion. 49
2) La Gestion Contractualisée des Forêts. 51
a) Structuration du transfert de gestion. 51
b) Les parties prenantes au transfert de gestion. 52
Section 2. Gestion des ressources naturelles à La Réunion. 61
A. La Réunion un hot spot environnemental dans l'Océan Indien 61
B. La Réunion, un territoire marqué par son histoire 69

Conclusion du premier chapitre **80**

CHAPITRE 2 POSITIONNEMENT PAR RAPPORT AUX TERMES DE NOTRE PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE **85**

Section 1. Acteurs déviants, interactifs et stratégiques 86
A. Acteurs et déviance 86
1) Les acteurs 87
2) La déviance 93
a) Déviance des institutions nationales et internationales 94
b) La déviance des entreprises et des citoyens 98
B. Interaction et stratégie 99
1) L'interaction 99
2) La stratégie 101
a) La théorie des jeux classiques et le dilemme du prisonnier 107
b) La coopétition 107
c) Les jeux non coopératifs 109
Section 2. La gouvernance des ressources un outil pour l'allocation des ressources 113
A. La bonne gouvernance et pays en développement 115
B. Ressources communes et en libre accès. 119

Conclusion du deuxième chapitre **156**

CHAPITRE 3 L'ALLOCATION DES RESSOURCES RARES : CARREFOUR DE PLUSIEURS METHODES **159**

Section 1. Des méthodes traditionnelles aux méthodes environnementales 161
A. L'allocation des ressources rares : coeur des méthodes d'évaluation 162
1) les analyses relatives à la valeur du marché 164
2) Les charges de productivité 169
3) La valeur actuelle ou les dépenses potentielles 173
a) La méthode des coûts de remplacement 173
b) Les coûts d'effectivité 173
c) La méthode d'allocation des coûts 174
d) le Modèle d'Équilibre Général Calculable (MEGC) 176
B. Les méthodes environnementales 178
1) l'analyse multicritère 178
2) les mesures compensatoires ou restauratoires 179
a) Les mesures compensatoires 179
b) Les mesures restauratoires 180
3) l'éco-certification et l'éco-potentialité 182
a) L'éco-certification 182
b) L'éco-potentialité 182
4) Les méthodes de l'économie écologique 183
a) Les indicateurs de biodiversité et de bio-évaluation 183
b) L'Empreinte Écologique (EF) 186
c) Les indicateurs d'interactions utilisés dans la comptabilité nationale 186
Section 2. Les systèmes multi-agents 195
A. De l'intelligence artificielle aux Systèmes multi-agents 204
1) Les principes généraux 207
2) Les agents 212
3) L'environnement 213
4) Les interactions 214
B. Les plateformes de simulation 218
1) Netlogo 222
2) Descriptif et présentation d'un patch 226

Conclusion du troisième chapitre 231

CHAPITRE 4 CONCEPTUALISATION D'UNE CHAINE D'OUTILS A BASE DE SYSTEMES MULTI-AGENTS ET APPLICATIONS AUX TERRITOIRES DE LA REUNION ET DE MADAGASCAR..... 236

Section 1. Le protocole de recherche 240
A. De la modélisation au terrain d'application 242
1) Les objectifs de la modélisation pour ces études de cas 242
a) Aspects uniques et innovants de cette thèse 243
b) La question scientifique 245
c) L'échelle spatio-temporelle et la granularité 247
2) Le terrain d'application 248
a) Enquête de terrain du Région d'Analamanga et d'Itasy 249
b) Enquête de terrain du Région Réunion 249
B. Hypothèses, échantillon et Questionnaires. 250
1) Les hypothèses 250
2) L'échantillon 252
3) Le questionnaire 255
Section 2. La modélisation Multi-agents SIEGMAS, un système en trois étapes. 260
A. Modèle agent SIEGMAS 262
1) Modélisation: aspects structurels 262
a) Modélisation : aspects spatio-temporels 267
b) Modélisation : aspects comportementaux 268
2) Les attributs. 278
B. Les autres outils de SIEGMAS. 286
1) MASC 288
a) Le besoin 288
b) Le concept 290

c) Présentation 292
d) Etude de cas 294
e) Présentation de résultats d'observations de simulations 299
2) Les tableaux de bord envisagés 300
a) D3. Js 302
b) Tableau de bord public / Kibana 303
c) Prompto 305

Conclusion du quatrième chapitre 307

CHAPITRE 5 ANALYSE DES RESULTATS DU TRAITEMENT DES DONNEES AVEC SIEGMAS 308
Section 1. Le principe du traitement des données à travers l'étape 1 et 2 de la méthode SIEGMAS 309
A. Point de départ du traitement des données avec MASC 310
MASC 310
B. Réalisation des simulations avec le langage et la modélisation NetLogo. 313
Utilise une boucle pour gérer plusieurs Tracés 326
Fichiers de sorties de tracés "plotX.csv" 326
Influence de la variable "knowledge" des opérateurs sur les managers 327
Ralentissement de l'apprentissage des managers 329
Modification de la base de données SIEGMAS 331
Ajout de la variable "knowledge" dans la Base de données 332
Généralisation du script d'extraction python 333
Section 2. Le principe du traitement des données à travers l'étape 3 de la méthode SIEGMAS 342
A. Fonctionnalités de Prompto 343
1) Le traitement des données avec Prompto 348
2) Les fonctionnalités de Prompto adaptés au modèle. 349
B. Analyse des données avec Prompto et perspectives 354
1) Analyse du traitement des données par thématique 354
a) Analyse des résultats dans Prompto des modèles v1.4a et v1.4b 354
b) Présentation des résultats dans Prompto du modèle v 1.5 361
2) Perspectives d'évolution des outils de SIEGMAS 381

Conclusion du cinquième chapitre 387

CONCLUSION DE LA THÈSE 390

TABLE DES MATIERES 397

BIBLIOGRAPHIE 401

Annexes 434
ANNEXE 1 Plans et schémas directeurs à Madagascar et à La Réunion 435
Instauration des plans et schémas directeurs à Madagascar (Analamanga et Itasy) 435
1) Plans d'actions et Schémas Nationaux 435
a) Le Madagascar Plan Action (MAP) pour le développement durable 435
b) La « Vision Madagascar Naturellement » 2020 437
c) Madagascar vision 2030 : plan stratégique de développement 437
2) Plans d'actions Régionaux à Analamanga 439
a) Le Plan Régional de Développement d'Analmanga (2005) et le Tableau de Bord Environnemental d'Ananamanga (2012) 439
b) Le Programme Régional de Développement Rural (PRDR, 2007). 447
c) Plans d'actions Régionaux à Itasy. 450
Perspective environnementale via les schémas directeurs à La Réunion. 461
ANNEXE 2 Données sur les ressources agricoles et forestières à Madagascar et à La Réunion 466
ANNEXE 3 Données et cartes sur les transferts de gestion à Analamanga et à Itasy 473
ANNEXE 4 : Situation des contrats de transferts de gestion évalués à Analamanga et à Itasy (Complément annexe 2) Source: Direction Régionale de l'Environnement et des Forêts. 491

ANNEXE 5 : Données, Documents et cartes sur la Région d'Analamanga....499
ANNEXE 6 Données et cartes sur la Région d'Itasy....516
ANNEXE 7 Méthodologie des enquêtes de terrain....525
ANNEXE 8 : Les plateformes de simulation multi-agents....535
ANNEXE 8 : SIEGMAS....554
Programmation NETLOGO....554
ANNEXE 9 Les acteurs rencontrés dans le cadre du terrain de la thèse....558

BIBLIOGRAPHIE

Acciaioli G. (2006), Environmentality Reconsidered: Indigenous To Lindu Conservation Strategies and the Reclaiming of the Commons in Central Sulawesi, Indonesia, Mimeo, University of Western Australia.

Aghion P. et Howitt P. (2000), « Théorie de la croissance endogène », ed. Dunod.

Agrawal A. (1994), "Rules, Rules Making and Rules Breaking: Examining the Fit Between Rule Systems and Resource Use", In E. Ostrom, R. Gardner et J. Walker (eds), *Rules, Games and Common-Pool Resources*, Ann Arbor: University of Michigan Press.

Agrawal A. (2003), « Sustainable Governance of Common-Pool Resources : Context, Methods, and Politics ». Annu. Rev. Anthropol. , 2003-32-243-262, University of Toronto.

Agrawal A. (2005), "Environmentality: Community, Intimate Government and the making of Environmental Subjects in Kumaon, India", *Current Anthropology*, 46 (2), pp. 161-190.

Ahn H. J. and Park S. J. (2003), « Modeling of a Multi-agent System for Coordination of Supply Chains with Complexity and Uncertainty ».

Sous la direction de Aknin A., Froger G., Geronimi V., Méral P., Schembri P.(nov 2005), « Quel développement durable pour les pays en voie de développement? », Gemdev , Cahier n° 30, Paris.

Akoun A., Ansart P. (1999), « Dictionnaire de sociologie », ed. Le Robert Seuil.

Albarello L. (2007), « Apprendre à chercher: l'acteur social et la recherche scientifique », De Boeck.

Alden Wily L. (2004), « Can we really own the forest ? A critical examination of Tenure development in community forestry in Africa », Paper 251d, Tenth Biennial Conference, International Association for the Study of Common Property (IASCP), Oaxaca, Mexico, August 9-13, 2004.

Alesina A. and Rodrik D. (1991), « Distributive Politics and Economic Growth », working paper series n° 3668, March 1991, p. 33.

Allais M. (1945), « Économie pure et rendement social », Ed. Sirey.

Allais M. (1948), « Le problème de la coordination des transports et de la théorie économique », Revue d'Économie politique, mars-avril 1948, p. 212-271.

Amblard F. Phan D. (2006), « Modélisation et simulation multi-agents applications pour les sciences de l'Homme et la société », ed. Lavoisier.

Ancharaz, Vinaye D. (2003), « Determinants of Trade policy reform in Sub-saharan Africa », journal of African economies, vol 12, issue 3.

Andriananja H. et Raharinirina V. (2004), « quels enjeux pour la durabilité et la gouvernance des ressources naturelles et forestières à Madagascar ? », Monde en développement, 2004/3 n° 127, p. 75 à 89.

Andriamananoro M. et Raheliarivelo Z.H. (2013), « La gouvernance et la gestion communautaire des ressources naturelles, gage du développement durable », Rôle et place des transferts de gestion des ressources naturelles renouvelables dans les politiques forestières actuelles à Madagascar, CIRAD- 00933944, version 1- 21 Jan 2014.

Andriamasinoro F. et Courdier R. (2001), « Un modèle dynamique de comportement agent à base de besoins ».

Arborio A-M, Fournier P. (2005), « L'observation directe », 2ème édition. Armand Colin.

Archambault E., Desaigues B., Cancela da Fonseca J.P, Passet R., Robin J., de Rosnay J., Thèze N. (1980), « Une Approche multidisciplinaire de l'environnement », Economisa / Cahier du centre Economie Espace, Environnement N° 2.

Ardilly P. (2004), « Échantillonnage et méthodes d'enquêtes », ed. Dunod.

Arndt, C. and Oman, C. (2006), « Uses and abuses of governance indicators » Paris, ed OECD Development Centre.

Aubert S. (2002), « La gestion patrimoniale des ressources forestières à Madagascar : limites et perspectives d'une révolution par le haut », p. 24.

Aubert S., Razafianrison S., Bertrand A. (2003), "Déforestation et systèmes agraires à Madagascar : les dynamiques des tavy sur la côte orientale", Montpellier; Antananarivo: CIRAD ; CITE : FOFIFA.

Bajracharya K. (2012), « Comparaison of three Agent-Based Plateforms on basis of a simple epidemiological model ». Proceedings of the Symposium on theory of modeling & Simulation - DEVS Integrative M&S Symposium, San Diego, Callifornia, April 7-10, 2013, ISBN : 978-1_62748_032_1.

Bakam I. et Bousquet F. (1998), « Modèles multi-agents pour la gestion des ressources renouvelables : vers un couplage simulations et approches formelles de modélisation ».

Ballet J. et Guillon R. (2003), « Regards croisés sur le capital social », l'Harmattan.

Ballet J. (2007), « La gestion en commun des ressources naturelles : une perspectives critique », développement durable et territoire, P.17.

Ballet J. et Randrianalijaona M. (2011), « Vulnérabilité, insécurité alimentaire et environnement à Madagascar », ed. Harmattan.

Banos A., Lang C. et Marilleau N. (2015), « Agent-Based Spatial Simulation with Netlogo», ed. Elsevier.

Barro R. (1998), « Notes on Growth accounting », Harvard University.

Bates D.G. And J. Tucker (2010), « Human Ecology : contemporary research and practice », ed. Springers, p. 273-279.

Battista Dagnino G., Le Roy F., Yami S. (2007/7), « La dynamique des stratégies de coopétition », ed. Revue Française de gestion, n°176, pp. 87-98.

Bayon D., Flipo F. et Schneider F. (2010), « la décroissance, 10 question », ed. La découverte.

Beaud S. Weber F. (2010), « Guide de l'enquête de terrain », ed. La Découverte.

Beaujard P, (1998), « Dictionnaire Malgache-français », L'Harmatthan, p. 260.

Beat Bürgenmeier (2004), « Politiques économiques du développement durable », De boeck, p.16.

Becker G. (1974), «crime and punishment : an economic approach », p.1-54 in *essays in economics of crime and punishment.* http://www.nber.org/chapters/c3625

Becker G. (1993), « Human Capital », ed. University of Chicago.

Bengtsson M., Kock S. (1999), « Cooperation and competition in relationships between competitors in business networks », Journal of Business and Industrial Marketing, vol. 14, n° 3, pp. 178-190.

Benhaim J. (1993), « Choix du taux d'actualisation social et environnement », *revue Française d'Economie*, vol.8, n° 3, pp.111-147.

Berle A. A. et Means G. C. (1932), « The Modern Corporation and Private Property », New York, ed. Macmillan.

Berle A. A. et Means (1983), « the literature of economics: The case of Berle and Means » de GJ Stigler, C. Friedland, dans Journal of law and Economics .

Berr E. et Combarnous F. (2000), « L'impact du Consensus de Washington sur les pays en développement : une évaluation empirique », centre d'économie du développement, université de Bordeaux IV, p. 24.

Berthier N. (2004), « Les techniques d'enquête », Colin A.

Bertile W. (2006), « La Réunion, Département français d'outre-mer, Région européenne ultrapériphérique », Océan ed. GREGUR.

Bertrand A., (1999) « La gestion contractuelle, pluraliste et subsidiaire des ressources renouvelables à Madagascar (1994-1998), African Studies Quarterly, Volume 3, Issue 2, Fall 1999, p.7.

Birdsall N. and Nellis J. (2003), « Winners and losers: Assessing the Distributional Impact of Privatization », Center for Global Development, Washington, DC, USA, Pergamon, 1617 – 1632.

Bishop R. C. and. Heberlein T.A. (1979), « Agricultural & applied economics association », American Journal of Agricultural Economics, Vol. 61, No. 5, Proceedings Issue (Dec., 1979), pp. 926-930.

Bissardon M. et Guibal L. (2003), « CORINE biotopes », Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF).

Blanc-Pamard C., Rakoto Ramiarantsoa H. (2007), « Normes environnementales, transferts de gestion et recompositions territoriales en pays betsileo (Madagascar) », Nature Sciences Sociétés, p.16.

Blanchet A. et Gotman A. (2007), « L'entretien », Armand Colin, 2ème édition.

Blumer H. (2004), « Les problèmes sociaux comme comportements collectifs », Politix, vol. 17, n° 67, pp.185-199.

Boiteau P. (1948), « La situation Matérielle et morale des travailleurs malgaches », esprit, n° 142, fév. 1948, pp. 240-256.

Bojin J. et Schoettl J-M. (2005), « Les outils de la stratégie », ed. Editions d'Organisation.

Bommel P. Bonaudo T., Barbosa T., Bastos da Veiga J. Viera Pak M. et Tourrand J-F. (2010), « La relation complexe entre l'élevage et la forêt en Amazonie brésilienne : une approche par la modélisation multi-agents », Cahier Agri., Vol. 19, n°2, mars-Avril 2010.

Bommel P., Bah A., Etienne M., Leclerc G., Monteil C. Toure I. (2010)., Vers un métamodèle pour analyser les systèmes d'élevage extensifs et leurs interactions avec les territoires », Cahier Agri., Vol. 19, n°2, mars-Avril 2010.

Bonnieux F., Desaigues B, (1998), « Economie et politique de l'environnement », ed. Dalloz.

Bontems P., Rotillon G. (2007), « L'économie de l'environnement, ed. Repères.

Bosserelle E. (2010), « Dynamique économique », 2ème édition, collection Gualino; p 113.

Bouchaud J-P. (2015), « Sciences économiques : Il faut passer à des modèles de troisième génération », Réflexions et débats, n°456, octobre 2015.

Boudon R. (2003), « Raisons, bonnes raisons », ed. PUF, Paris.

Boudon R. (2007), « Essais sur la théorie générale de la rationalité », ed. PUF, Paris.

Bourdieu P. (1980), « Le sens pratique », ed. de Minuit.

Bourdieu P. (1986), « Habitus, code et codification », Actes de la recherche en sciences sociales », vol. 64, n° 64, pp. 40-44.

Bourdieu P. (2000), « Les structures sociales de l'économie », Paris, ed. Le Seuil.

Bourdieu P. (2002), « Raisons pratiques sur la théorie de l'action », ed. Du Seuil.

Bousquet F., Bakam I., Proton H. Le Page C. (1998), « Cormas : Common-Pool Resources and Multi-agent Systems », Lecture Notes in Computer Science. LNAI. Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1416 : p. 826-837.

Bousquet F., Barreteau O., Mullon C. et Weber J. (2001), « Modélisation d'Accompagnement : Système Multi-Agents et gestion des ressources renouvelables », in. Actes du colloque International : Quel environnement au 21ème siècle ? Environnement, maîtrise du long terme et démocratie. Ed. Germes.

Boyer, R., and Lordon, F. (1995). « L'ad hoc en Économie: La Paille de la Poutre », in A. D'Autume and J. Cartelier (eds.)

Brown M. (2000), “The History of Madagascar”, p. 109.

Bruno M. and Easterly W. (1998), « Inflation crises and long-run growth », journal of Monetary Economics 41, p. 26.

Bühlera E.A., Cavaillé F. et Gambino M. (2006), Le jeune chercheur et l’interdisciplinarité en sciences sociales. Des pratiques remises en question, « Natures Sciences et Sociétés », (2004/4) vol.14.

Bürgenmeiner B. (2008), «Politique économiques du développement durable », ed. De Boeck.

Buttoud G. (2001), « Gérer les forêts du Sud. L’essentiel sur la politique et l’économie forestières dans les pays en développement », ed. l’Harmattan, Paris.

Caccomo J-L. (2002), « L’analyse économique de la pollution : les permis de polluer », extrait du québécois libre N°108, 2002 (Organe de presse se présentant comme défendant la liberté individuelle, l'économie de marché et la coopération volontaire).

Caillou P. (2010), « Génération et analyse automatique de simulations multi-agents ». https://hal.inria.fr/inria-00545251/document

Caires L., Italiano G.F., Monteiro L., Palamidessi C. Yung M. (2005), « Automata, Languages and programming », ed. Springer.

Cambridge (juin et août 2006), « Environment and development economics », vol 11 part 3 and 4.

Caresche C., Guibert G., Szynkier D., (2010), « le bonheur est-il dans la décroissance ? », ed. Jean Jaurès Fondation.

Carlsson L. (2000), « Policy networks as collective action », Policy studies Journal, n° 28/3, pp. 502-520.

Cavagnac M. (2006), « Théorie des jeux », ed. Gualino éditeur.

Chaib-draa B., Jarras I. et Moulin B. (2001), « Systèmes multi-agents : Principes généraux et applications », in Briot J. P. et Demazeau Y. « Agent et systèmes multi-agents », Hermès.

Chandler A. D. (1972), « Stratégies et structures de l’entreprise », Paris, ed. Organisation.

Chandler A. D. (1988), « Une réponse des firmes américaines aux nouvelles normes de la concurrence » Revue Française de gestion, n°70, sept./Oct. 1988.

Chambers R. (1997), « Editorial : responsible well-being – A Personal Agenda for development », World Developement, vol. 25, n° 11, pp. 1743 – 1754.

Charbonneau S. (2005), Réflexion d'un juriste sur l'enfermement disciplinaire, « Natures Sciences Sociétés », 13, 1, 58-61.

Charlier J-E et Moens F. (2006), « Observer, décrire et interpréter », ed. Institut National de la Recherche Pédagogique.

Clausewitz C. (1999), « De la guerre » ed. Perrin.

Coase R. (1960), « The problem of social cost », Journal of Law and Economics, Vol. 3 Oct. 1960, pp. 1-44.

Coase R. (2005), « L'entreprise, le marché et le droit », éd. D'Organisation.

Coleman J. S. (1998), « Foundations of Social Theory », ed. Bleknap Press.

Combeau Y. Eve P., Fuma S. Maestri E. (2002), « Histoire de La Réunion de la colonie à la Région », Nathan.

Combeau Y. et Jauze J-M, (2004), « Eléments pour la connaissance de l'histoire et la géographie » Travaux et documents vol 1.

Combeau Yvan (2009), « L'île de La Réunion dans le XXème siècle, un itinéraire français dans l'Océan Indien », CRESOI, p.350.

Combessie J-C, (2007), « la méthode en sociologie », ed. La Découverte.

Crozier M., Friedberg E. (1981), « L'acteur et le système », ed. du Seuil.

Crozier M., Friedberg E. (1981), « Les contraintes de l'action collective », ed. Du Seuil.

Cumming R.G., Brookshire D.S., Schultze W.D. (1986), « Valuing public goods : the contingent valuation method », ed. Rowman and Allanheld Publishers.

Cyert et March (1963), « A Behavioral Theory of the Firm », seconde édition 1992, ed. Blackwell Publishers Ldt.

Dales J. H. (1968), « Pollution, property and prices », Toronto : University of Toronto Press.

Davis L.E. et North D. (1971), « Institutional change and american economic growth », Cambridge University Press.

David D. (2010), « Prospective Territoriale par simulation orientée agent », Thèse de Doctorat, Université de La Réunion, p. 25.

David, D., Payet, D., Courdier, R. & Gangat, Y. (2009), « XELOC : un support générique pour la configuration et l'initialisation de systèmes multi-agents », Journées Francophones Systèmes Multi-Agents, JFSMA'09.

Davis L.E. et North D. (1971), « Institutional change and american economic growth », ed. Cambridge University Press.

Deffuante G., Amblard F. et Weisbuch (2015), « Confronting the relative agreement model to social psychology experiments on opinion radicalisation ».

Delay E ., Reulier R., Gaudieux A., Thierry H., Amalric M., Debonlini M ., «Modèle SISBIO », 5ème éditions sur les Modélisations Multi-Agents des Phénomènes Spatialisées, Publication de MAPS du CNRS juillet 2014.

Delecroix F., Morge M. et Routier J-C (2013), « Négociation Bilatérale pour la recherche d'un compromis ».

http://www.lifl.fr/~fabien.delecroix/delecroix13jfsma.pdf

Derveeuw J. (2008), « Simulation Multi-Agents de marchés financiers », thèse de Doctorat en Informatique, Université de Lille.

De Singly F. (1992), « L'enquête et ses méthodes : le questionnaire », ed. Nathan Université.

De Singly F. (2005), « Le questionnaire », Colin A., 2ème édition refondue.

Desjeux D. (1979), « La question agraire à Madagascar », l'harmattan, p. 195.

Dixit A., Skeath S. (2009), « Games of strategy », 3ème éd. Paperback.

Dixon J.A. (1997), « Economic analysis of environmental impacts », ed. earthscan.

Downs R.M. (1975), « La perception de l'environnement », ed. Annales de géographie, n° 466, pp. 727-728.

Dragun A.K. and Jakobsson K.M. (1996), « Contingent valuation and species : methodological issues and applications », ed. Wallace e. Oates.

Dreyfus H., Rabinow P., Foucault M. (1992), « Un parcours philosophique au-delà de l'objectivité », ed. Gallimard, Paris.

Drogoul A., Vanbergue D. et Meurisse T. (2003), « Multi-agents Based Simulation : Where are the Agents ? » in. Proceedings of MABS'02, Multi-agents Based Simulation, Bologna, Italy, July 2002, LNCS, Springer-Verlag.

Drogoul A., Treuil J-P., Zucker J.D. (2007), « Modélisation et simulation à base d'agents », Dunod.

Drogoul A., Huynh N. Q., Truong Q. C., (2016), « Coupling Environmental, Social and Economics models to Understand Land-use Change Dynamics in the Mekong Delta », frontiers in environmental science.

Dubet F. (1994), «Sociologie de l'expérience », ed. Seuil.

Duran P., (1998), « Gouvernance », In: Politiques et management public, vol. 16 n° 1, La gouvernance urbaine. pp. 3-4.

Edison H. (2003), « Qualité des institutions et résultats économiques, un lien vraiment étroit? Ed. Parution finance et développement.

Etienne M. (2014), « Companion Modelling : a participatory approach to support sustainable development », ed. Springer.

Facal J. et Mazouz B. (2013), « L'imputabilité des dirigeants publics », revue française de gestion, 2013/8, N°237, pp. 117-132, ed. Lavoisier.

Fama F.et Jensen M.C. (June, 1983), « Separation of ownership and control », Journal of Law and Economics, vol.26, N°2, p. 301-325.

Farmer J.D. et Foley D. (2009), « The economy needs agent-based modelling », Nature International weekly journal of science, n° 460, pp. 685-686.

Farolfi S., Erasmus L., Le Page C. and Bommel P. (2008), « Combining multi-agent simulations and cost-benefit analysis to evaluate policy options for the management of livestock effluents in Reunion Island », African Journal of Agricultural Research Vol. 3 (10), pp. 650-666.

Fenneteau H. (2002), « Enquête : entretien et questionnaire », ed. Dunod.

Ferber J. (1995), « Les systèmes multi-agents - vers une intelligence collective», ed. interEditions, isbn: 272960572X.

Fernandez A. (2013), « Les nouveaux tableaux de bord des managers », ed. Eyrolles.

Fernandez A. (2013), Les nouveaux tableaux de bord des managers, Le projet Business Intelligence clés en main, Eyrolles, 6e édition, ISBN 978-2-212-55647-6.

Flahault F. (2011), « Où est passé le bien commun ? », ed. Essai Mille et une nuits.

Foucault M. (2001), « L'herméneutique du sujet », Gallimard, Paris.

Fischhoff B. and Furby L. (1988), « Measuring values: A Conceptual Framework for Interpreting Transactions », Journal of Risk and Uncertainty, I 147-184.

Foucault M. (2001), « L'herméneutique du sujet », Gallimard, Paris.

Fougeyrollas A., Le Mouël P., Zagamé P., (2002) « Les nouvelles théories de la croissance en application: l'évaluation des politiques structurelles, le cas du protocole de Kyoto », Ecomod, International Conference on Policy Modeling, Brussels.

Friedland C., Stigler GJ. (1983), « The literature of economics: The case of Berle and Means », Journal of law and Economics.

Froger G., Van Den Hove S., Haake J., A. Le Dars (2001), « Gouvernance I Gouvernance et Développement durable », Helbing et Lichtenhahn.

Froger G., Méral P. (2002), « Gouvernance II – Action collective et politiques d'environnement », Helbing et Lichtenhahn.

Froger G., Méral P., Herimandimby V. (2004), « The expansion of participatory governance in the environmental policies of developing countries: the example of Madagascar », *International Journal of Sustainable Development,* 7 (2).

Gabrié H. (2001), « La théorie williamsonne de l'intégration verticale n'est pas vérifiée empiriquement », Revue économique.

Gacône L. (2009), « Prolog, programmation par l'exemple », Hermann,p.7.

Ganascia J-G (1993), « L'intelligence artificielle », ed. Dominos Flamarion, p. 33.

Gangat, Y., Courdier, R. & Payet, D. (2009), « Démonstration : Aménagement énergétique d'un territoire - une approche par simulation multi-agents », Journées Francophones Systèmes Multi-Agents (JFSMA), p. 237–240.

Gangat, Y. (2013), « Architecture Agent pour la modélisation et simulation de systèmes complexes multi-dynamiques : Une approche multi-comportementale basée sur le pattern "Agent MVC »", Saint-Denis: s.n.

Gardner R., Ostrom E., Walker J.M. (1990), « The Nature of Common-Pool Resource Problems. », Rationality and Society 2, no. 3 (1990): 335.

Gaudieux A. (2012), La gouvernance communautaire des ressources naturelles à Madagascar : Règles, exceptions et transgressions (cas d'Itasy), « Actes de colloque du forum Règles, exceptions et transgression », p. 20. Paru dans « travaux et recherche » n° 41

de la Faculté des lettres et sciences humaines de l'Université de La Réunion, ISSN 1247-1194

Gaudieux A. (2013), Communication Poster « Evaluation des interactions entre les parties prenantes dans la gouvernance communautaire des ressources naturelles à Madagascar : cas d'Analamanga », 10th International Conference of the European Society for Ecological Economics on Ecological Economics and Instututional Dynamics (Bruxelles-Lille 18 - 21 juin 2013).

Gaudieux A., Courdier R., Kwan J. (2014), Multi-agents model for the study of interactions between the stakeholders in the common pool resources : application to the district of Miarinarivo (Madagascar), 8th International Conference on Multi-Agent Systems and Simulation (MAS&S'14), September 07-10 2014, Warsaw, Poland, pp.12.

Gaudieux A., Kwan J., Gangat Y., Courdier R. (2014), MASC : MAp Sectors Creator - a tool to help at the configuration of multi-agents systems for everyone., SIMULTECH 2014. ISBN: 978-989-758-038-3.

Gaudieux A. et Ramiaramanana J. (2014), Gouvernance et ressources naturelles à travers les fokontany et les fokonolona : les textes et les pratiques traditionnelles malgaches. Travaux et Documents n°47 de la Faculté des lettres et sciences humaines de l'Université de La Réunion, septembre 2014. ISSN 1247-1194

Gaudieux A., Kwan J. and Courdier R. (2015), Les stratégies d'acteurs pour la Gouvernance Communautaire des Ressources Naturelles : Expérimentation d'un outil d'aide à la Décision à base de Systèmes Multi-Agents appliqué à l'Océan Indien (RJCIA'15), Rencontres de Jeunes Chercheurs en I.A., Plateforme PFIA'15, Rennes, France, lundi 29 juin -1er juillet 2015.

Gaudieux A., Cazal J-D., Grondin D., Sébastien V. et Courdier R. (2016), « SIEGMAS : un simulateur multi-agents pour l'étude des territoires de l'Océan Indien », 11ème congrès du Réseau International de Recherche sur les Organisations et le Développement Durable (RIODD). https://riodd2016.sciencesconf.org/113243

Gaudieux A., Sébastien V., Courdier R. (2016), "Stakeholders Strategies' in Common Pool Resources. Experimentation of a help tool to the decision with Multi-Agent Based Simulation for Indian Ocean", Long poster paper in 15th IEEE International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing (IEEE ICCI*CC), 9 pages, SCITEPRESS Digital Library [to be published], Stanford University, California, on Aug. 22-23 2016.

Gaudieux A., Sébastien V. et Courdier R. (2016), “SIEGVIEW: un outil de visualisation des décisions à base de système Multi-Agents appliqué à la gouvernance des ressources “ Actes du Forum des Jeunes Chercheurs “Perception, représentation, compréhension”. Travaux et documents n° 50 la Faculté des lettres et sciences humaines de l’Université de La Réunion, octobre 2016. ISSN 1247-1194

Gavard-Perret M-L., Gotteland D., Haon C., Jolibert A. (2008), « Méthodologie de la recherche : réussir son mémoire ou sa thèse en sciences de gestion, ed. Pearson Education.

Georgescu-Roegen N. (1979), « La décroissance Entropie – Écologie – Économie, ed. Sang de la terre.

Gérad G. (2009), « Histoire de l’île de La Réunion », Azalées Editions, p. 361

Ghiglione R. et Matalon B. (1998), « Les enquêtes sociologiques : théories et pratique », ed. Colin A.

Gibson C. C., Anderson K., Ostrom E. and Shivakumar S. (2005), « The samaritan’s dilemma : the political economy of development aid., ed. Oxford University Press.

Gilbert N. and Troitzsch K. G. (1999), « Simulation for the social scientist », 2ème ed. University Press.

Gislin-Le Strugeaon E., Mandiau R., Péninou A. (2002), « Organisation et applications des SMA », ed. Lavoisier.

Glaser B. G., Strauss A. (2010), « La découverte de la théorie ancrée. Stratégies pour la recherche qualitative », ed. Armand Colin, cool. « individu et société ».

Goldberger A. (1972), « Maximum likelihood Estimation of Regressions Containing Unobservable independent variables », International Economic Review, 13 :1-15.

Goffman E. (1969), « Strategic interaction. Philadelphia », University of Pennsylvania Press.

Goffman E. (1974), « Les rites d’interaction », ed. de Minuit.

Gondran N. et Boutaud A. (2009), *Empreinte écologique : comparer la demande et l’offre de ressources régénératives de la biosphère*, « l’encyclopédie du développement durable », chapitre 6, ed. des récoltes, n°105, décembre 2009.

Goold M., Campbell A et Alexander M. (1994), « Corporate level strategy », ed. Wiley.

Gordon H. S. (1954), « Analyse d’un groupe de pêcheurs homogènes », J. Pol. Econ., 62 (2) : 124-142.

Granger G. G. (1955), « Méthodologie économique », Paris, PUF.

Gruber T. R. (1993), “A translation approach to portable ontologies”. Knowledge Acquisition, 5(2):199-220.

Grossman G. M. , Krueger A. B. (1994), « Economic Growth and the environment », NBER Working paper n° w4634. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=227961

Guerrien B. (1995), « La théorie des jeux », ed. Economica.

Guerrien B. (1996), « Dictionnaire d’analyse économique », ed. La découverte.

Guyot P. et Honiden S. (2006), « Agent-Based participatory simulations : merging multi-agent systems and role-playing games », Revue JASSS. http://jasss.soc.surrey.ac.uk/9/4/8.htm

Hägerstrand T. (1965), « A Montecarlo Approach to Diffusion », Archives européennes de sociologie, 6, 1, pp.43-67. En ligne : doi : http://dx.doi.Org/10.1017/S0003975600001132

Halley Paule (2001), « Le droit pénal de l'environnement : l'interdiction de polluer », Yvon Blais.

Hamel G. et Prahalad C.K. (1996), « Competing for the future », ed. Harvard Business School Press.

Hamel J. (1995), L‘interdisciplinarité. Fiction de la recherche scientifique et réalité de sa gestion contemporaine, « L’homme et la société », vol. 116. pp.59-71.

Hamill L. et Guilbert N. (2016), “Agent-based modelling in Economics”, ed. Wiley.

Hamilton J, Suslow V. (2006), « Guide de l’étudiant en microéconomie », 6ème édition Pearson Education, pp.389-406

Hardin G. (1968), « The tragedy of the Commons», Science, vol. 162, n° 3859, p. 1243-1248.

Harrod R.F. (1936), « The trade cycle », The Economics Journal, Vol. 46, No. 184 (Dec., 1936), pp. 691-693.

Harrod R.F. (1948), « Toward a dynamic Economic », The American Economic Review, vol. 39, No. 2 (Mar., 1949), pp. 497-499.

Harrod R.F. (1959), « Domar and Dynamic Economics», The Economics Journal, Vol. 69, No. 275 (Sept., 1959), pp. 451-464.

Hart O. (1995), Firms, Contracts and Financial Structure, Oxford, Clarendon Press.

Hax A.C., Wilde D.L. (2001), « The Delta Projecte : Discovering new sources of profitabillity in a new sources of profitability in a networked economy », ed. Palgrave.

Hayek F. (œuvre de 1967 réédité en 1980), « Studies in Philosophy, Politics and Economics », ed. University of Chicago Press.

Hayek F. (1973), « Law, legislation and liberty », vol. 1 Rules and order, University of Chicago Press.

Helfer, J-P (2006), « Management : stratégie et organisation », Paris, Vuilbert.

Henkels D. M. (1999), « Une Vue de Pres du Droit de l'Environnement Malgache », Article, African Studies Quarterly.

Hirshleifer J., Glazer A. et Hirshleifer D. (2009), « Microéconomie : théorie et applications. Décisions, marchés, formation des prix et répartition des revenus », 7ème édition De Boeck.

Hoehn J.P., Randall A. (1987), « A satisfactory benefit cost indicator from contingent valuation », Journal of Environmental Economics and Management, 14, 3, 226-247.

Hofbauer J. and Karl Sigmund K. (1998), « Evolutionary Games and Population Dynamics », Cambridge University Press.

Hollard G. et Sene O. (2010), « Elinor Ostrom et la gouvernance économique », revue d'économie politique 2010/3 (vol. 120) p. 441-452.

Hudon P-A. , Mazouz B. (2014), « Le management public entre «tension de gouvernance publique » et « obligation de résultats » : Vers une explication de la pluralité du management public par la diversité des systèmes de gouvernance publique », Gestion et management public, 2014/4, vol 3 n°2, ed. AIRMAP.

Hugon P. (1989), « Incidences sociales des politiques d'ajustement », revue tiers-monde col 30, n° 117, p. 59-84.

Hugon P. (1999), « Le consensus de Washington en questions », tiers monde tome 4à n° 157, pp. 11-36.

Imperial M.T (1999), « Institutional analysis and ecosystem-based management: the institutional analysis and development framework », Environmental management, n° 24/4, pp. 449-465.

Iqbal, K. and Shah, A. (2008), « How do the Worldwide Governance Indicators measure up? »

Jakobsson K.M.and.Dragun A.K (1996), « Contingent Valuation and endangered species : methodological issues and applications », pp. 100-102

Jevons W. S. (1872), « Theory of political economy », ed. Macmillan and co..

Jennings N.R., Sycara K. et Wooldridge M. (1998), « A roadmap of agent research and development », Int. Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, vol.1, n°1, p. 7-38.

Jensen M. et Melking W. (1976), « Theory of the firm : Managerial behavior, agency costs, and capital structure », Journal of Financial Economics, VOL. 3. pp. 305-360.

Jensen (december 2000), "A theory of the firm : governance, residual claims and organization forms, Harvard University Press, Journal of Financial Economics, Vol.3, No. 4, 1976.

Johnson G., Scholes K., Whittington R. et Fréry F. (2008), « Stratégique », 8ème ed. Pearson Education.

Juergen W. (1995), « Weibull. Evolutionary Game Theory », Cambridge, MA : The M.I.T. Press.

Julien- Laferrièrre, F. (1994), Les Institutions de la IIIe République Malgache, Revue du Droit Public et de la Science Politique en France et à l'Etranger (R.D.P. 3-1994 Mai-Juin) pp. 635-673, 644.

Kaufmann, D., Kraay, A. & Zoido-LobatÛn, P. (1999a), « Aggregating Governance Indicators», World Bank Policy Research Working Paper No. 2195, Washington, D.C.

Kaufman S. (2000), “Investigations”, Oxford University Press.

Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M. (june 2008), « Governance Matters VII: Aggregate and Individual Governance Indicators 1996-2007 », world Bank, p. 103.

Kaufmann J-C (1992), « L’entretien compréhensif », 3ème édition Armand Colin.

Kaufmann J-C. (2011), « L’entretien compréhensif », 3ème ed. A. Colin.

Karpe P. (2007), « L'indispensable restructuration du droit environnemental malgache », études rurales 178, quel développement à Madagascar, éditions de l’école des hautes études en sciences sociales, p.124 à 125.

Karsenty A. (1998), « Entrer par l'outil, la loi, ou les consensus locaux », in Lavigne Delville (ed.) Quelles politiques foncières pour l'Afrique rurale ? , ed. Karthala.

Karsenty (1999), « Les instruments économiques de la forêt tropicale, CIRAD.

Kellert S., Longino H. et Waters K. (2006), « Scientific pluralism », University of Minnesota press. Ces auteurs recommandent le pluralisme scientifique dans l'analyse scientifique.

Kiser, Larry L., and Ostrom. E. (1982), "The Three Worlds of Action: A Metatheoretical Synthesis of Institutional Approaches.", ed. Strategies of Political Inquiry.

Kiss A.C. (1989), « Droit international de l'environnement », ed. A. Pedone.

Klein, J. (2004), "Interdisciplinarity and complexity: an evolving relationship", E :CO, 6, 1-2, 2-10.

Knack, S. (2006), « Measuring corruption in Eastern Europe and Central Asia: A critique of the crosscountry indicators », ed. Washington DC: World Bank.

Koerner Francis (1969), « Décolonisation et économie de plantations. Situation des propriétés Européennes à Madagascar », annales de géographie; vol. 78, n° 430, pp. 654-679.

Kondratiev N. (1928), « Les grands cycles de la conjoncture », ed. Economica, réédition de ces travaux 1992.

Kreps D., 1992, « Théorie des jeux et modélisation économique », Dunod.

Krugman P. (2009), « Microéconomie », ed. De Boeck, p. 800.

Krugman P., Wells R. (2013), « Microéconomie », 2ème édition, De Boeck, p. 794

Kurtz, M. and Schrank, A. (2006), « Growth and governance: Models, measures and mechanisms », ed. Journal of Politics 69(2): 538–554.

Kurtz, M. and Schrank, A. (2007), « Growth and governance: A defense », ed. Journal of Politics 69(2): 563–569.

Labbani O. (2003), « Comparaison des théories des jeux pour l'étude des comportements des agents », mémoire de DEA sous la Direction de Mathieu P. et Beaufils B.

Labiouse C. (1998), « L'évolution de la coopération : Modélisation par le dilemme du prisonnier itératif », Publication Interne L446, Université de Liège, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education.

Lacroix I. et St-Arnaud P-O. (2012), « la gouvernance : tenter une définition », cahiers de recherche en politique appliquée, vol. IV, n° 3.

Lado A., Boyd N.G., Hanlon S.C., (1997), « Competition, cooperation, and the search for economic rents: A syncretic model », Academy of Management Review, vol. 22, n° 1, p. 110-141.

Laferrière, J F., « Les Institutions de la IIIe République Malgache », Revue du Droit Public et de la Science Politique en France et à l'Etranger (R.D.P. 3-1994 Mai-Juin) pp. 635-673, 644.

Latour B. (1999), « On recalling ANT », in Law J. & J. Hassard (eds), Actor Network and After, Oxford, Blackwell, pp. 15-25.

Latour B. (2005), « Re-assembling the social. An Introduction to Actor-Network Theory », Oxford, Oxford University Press.

Laval C. et Tassi R. (2004), « L'économie est l'affaire de tous. Quelle formation des citoyens ? », ed. Syllepse.

Laville F. (1999), « La dimension cognitive des organisations économiques », document de travail, Paris, EHESS.

Laville F. (2000), « La cognition située, une nouvelle approche de la rationalité limitée ». Revue économique, vol. 51, n° 6, pp. 1301-1331.

Laville J-L. (2014), « Faire de la sociologie économique avec Pierre Bourdieu» , Revue française de socio-économie.

Le Roy E. (2015), Les appropriations de terres à grande échelle et les politiques foncières au regard de la mondialisation d'un droit en crise. « Droit et société » n° 89, 2015/1.

Lévêque C., Mounolou J-C (2001), « Biodiversité : Dynamique biologique et conservation », Dunod.

Levitt B. et March JG. (1988), « Organizational learning », (Department of Sociology and Graduate School of Business, Stanford University, Stanford California), dans le magazine « annual review of sociology ».

Liair W. (2011), « Modélisation dynamique de systèmes complexes pour le calcul de grandeurs fiabilistes et l'optimisation de la maintenance ».

Lloyd W.F. (1977), « On the checks to population », Managing the commons, ed. G. Hardin et J. Baden, pp. 8-15, Freeman.

Lucas R. E. (1988), « On the mechanics of economic development », Journal of Monetary Economics, vol.22, issue 1, pp. 3-42.

Mahieu F.R. (2001), *Ethique économique*, Paris, L'Harmattan.

Malthus R. (1798, réédition 1992), « An essay on the principle of population », réimpression, Cambridge Press.

Manzo G. (2014), « Potentialités et limites de la simulation multi-agents : une introduction ». Revue Française de sociologie, vol 55, n° 4, octobre-décembre 2014, pp. 653-688.

Maunier R. (1931), « Code des 305 articles de Madagascar » édiction demat-montchrétien.

Martin O. (2012), « Analyse quantitative des données », ed. Arman Colin, 3ème Édition.

Marx K. (1848), « Le Capital » livre 1, création de la plus-value absolue et relative et l'opposition Prolétaire et Capitaliste, lutte des classes Marx K. (1848.), « le manifeste du parti communiste ».

Marx K. (1867), « Le capital livre III », réédition Folio Essais 2008.

Marx K. (1867), « Le capital », Réimpression, Editions Sociales, 8 vol. 1978).

Mathieu P., Picault S. (2012), "Intérêt de la simulation centrée interactions pour les sciences humaines et sociales", Revue des nouvelles technologies de l'information, pp. 15-30.

Meadows D.H. (1972), « Halte à la croissance ? Enquête sur le club de Rome », ed. Fayard.

Meinhardt H. I. (2002), « Cooperative Decision Making in Common Pool Situations », ed. Springer.

Mendras H. et Oberti M. (2000), « Le sociologue et son terrain : trente recherches exemplaires », ed. Colin A.

Menger C. (1871), « Principles of Economics», ed. Paperback.

Méral P. (2004), *Indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion*, Service de Coopération et d'Action Culturelle, Ambassade de France, Madagascar.

Merton R. K. (1968), « Social Theory and Social Structure », ed. Free Press.

Merton R. K. (1968), « Social Theory and Social Structure », ed. Free Press.

Merton R.K. (1997), « Elements de théorie et de méthode sociologique, Armand Colin.

Meunié A. (2004), « Controverses autour de la courbe environnementale de Kuznets », Document de travail 107, Groupe d'Economie du développement de l'Université de Montesquieu Bordeaux IV.

Mill, J. S. (1836), « On the Definition of Political Economy, and on the Method of Investigation Proper to It », London and Westminster Review,. Essays on Some Unsettled Questions of Political Economy, 2nd ed. London: Longmans, Green, Reader & Dyer, 1874, essay 5, paragraphs 38 and 48.

Mill J.S. (1865), « A system of logic ; ratiocinative and inductive », Londres, Longmans Green.

Mills C.W. et Clinquart P. (1967), « L'imagination sociologique », ed. F. Maspero.

Minsky M. L. (1965), « Matter, Mind and Models », ed. Published in Proc. International Federation of Information Processing Congress 1965, vol. 1, pp. 45-49.

Mintezberg H. (1999), « Safari en pays Stratégie», ed.Village Mondial.

Mintezberg H. (2004), « Grandeur et décadence de la planification stratégique », ed. Dunod.

Müller J-P. et Aubert S. (2012), « Formaliser les rôles et les territoires par les systèmes multi-agents institutionnels », actes du JFSMA 2012 (Honfleur, France), Cépaduès, pp. 13-22.Murphre M.W. (2001), « Community, council and client. A case study of ecotourism development from Mahenye, Zimbabwe, Oxford.

Murphre M.W. (2001), « Community, council and client. A case study of ecotourism development from Mahenye », Zimbabwe, ed. Oxford.

Myers N. (1983), « A wealth of Wild species », Strorehouse for human Welfare. Ed. Boulder, Westview Press.

Nachet B. et Adla A. (2014), « Conception Multi-Agents des Systèmes d'Aide à la Décision Collective », ed. Editions Universitaires Européennes.

Nalebuff B., Brandenburger A. (1996), « La co-opétition, une révolution dans la manière de jouer concurrence et coopération », Village Mondial, Paris.

Neumann R. P., (1998), « Imposing Wilderness: struggles over livelihood and nature preservation in Africa », ed. Berkeley: University of California Press.

Nikolai C. and Madey G. (2009), « Tools of the trade : a survey of various Agent Based Modeling Platforms », Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS), vol. 12, n° 2 2, http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/2/2.html.

Nugent J.B. (1993), "Between State, Markets and Households : a Neoinstitutional Analysis of Local Organizations and Institutions", *World Development*, 21 (4), pp.623-632.

Olson M. (1965), « The logic of collective action. Public goods and the theory of groups », Cambridge, Massachusetts, ed. Harvard University Press.`

Ostrom V., Ostrom E., (1977) "A Theory for Institutional Analysis of Common Pool Problems." Managing the Commons, (1977): 157-172.

Ostrom E. (1990) « Governing the commons : the evolution of institutions for collective action », Cambridge University, press, 1990.

Ostrom E. Gardner R. and Walker J. (1994), « Rules, Games and Common-Pool Resource Problem », ed. University of Michigan Press.

Ostrom E. (1994), « Institutional Analysis, Design principles and threats to sustainable community governance and management of commons ».

Ostrom, Elinor. (1999), "Institutional Rational Choice: An Assessment of the IAD Framework". In Paul Sabatier, ed. Theories of the Policy Process. Boulder, CO: Westview Press,

Ostrom E. (2010), « Gouvernance des biens communs », De Boeck.

Parsons T. (1937), The Structure of Social Action, New York, McGraw-Hill.

Parsons T. and Al. (1957), « Toward a General Theory of Action », Cambridge, Harvard University Press.

Payet D., Courdier R., Sebastien N. & Ralambondrainy T. (2006) « Environment as support for simplification, reuse and integration of processes in spatial", MAS. IEEE International Conference on Information Reuse Integration, p. 127–131.

Piaget J. (1993), « la psychologie de l'enfant », ed. Que sais-je ?.

Pigé B. (2008), « Gouvernance, contrôle et audit des organisations », ed. Economica.

Pigou A.C. (1920), « The Economics of Welfare », Macmillan, p. 510.

Pornon H. (2011), « SIG, la dimension géographique du système d'information », ed. Dunod.

Porter M. (1986, édition Française 2003), « L'avantage concurrentiel. Comment devancer ses concurrents et maintenir son avance », ed. Dunod.

Posner R (1972), « Economic analysis of law », Boston : Little Brown, p. 415.

Pretty J. et Ward H. (2001), "Social Capital and the Environment", *World Development*, 29 (2), 209-227.

Prou M. (1987), «Malagasy : le royaume de Madagascar au XIXème siècle », tome 1 : de 1783 à 1894, l'harmattan, p .19 à 36.

Quivy R. et Van Campenhoudt L. (2006), « Manuel de recherche en sciences sociales », 3ème édition, ed. Dunod. p. 61

Raboteur J. et Rodes M-F. (2006), « Application de la méthode d'évaluation contingente aux récifs coralliens dans la Caraïbe : étude appliquée à la zone de Pigeon de la Guadeloupe », VertigO, La revue électronique en sciences de l'environnement, vol. 7, n° 1, avril 2006.

Radjou N. et Prabhu J. (2015), « L'innovation frugale : comment faire mieux avec moins », ed. daiteino.

Rakotoarivelo Andrinajoro R., Razafimanahaka Julie H., Rabesihanaka Sahondra, Jones Julia P.G. and Jenkins Richard K.B (juin 2011), « Lois et réglements sur la faune sauvage à Madagascar : progrès accomplis et besoins du futur », Madagascar conservation and development, volume 6, june 2011, pp. 37 à 44.

Rakotobe D'Alberto N., Gaudieux A. et Bonardin-Cadet A., Sous Dir., (2016), « Perception, représentation, compréhension », « travaux et documents n°50 », p. 158.

Rakotoninindrina N. (1999), « Dina et Communauté de Base », Atelier vers la mise en place du droit effectif de l'environnement à Madagascar ».

Rakotoson L. (2003), *The legal transplant and its integration with the customary law of Madagascar*, Comparative Legal System , Golden Gate University School of Law, Fall.

Ralambondrainy T., Médoc J.-M., Courdier R., Guerrin F. (2007), "Tools to visualise the structure of multi-agents' conversations at various levels of analysis, International Congress on Modelling and Simulation" (MODSIM07), Christchurch, New Zealand, Dec. 10-13.

Randrianarisoa P., Razafimahefa A. L. (1991), « Madagascar d'une république à l'autre (1958-1982), tome 1, S.A. Papeterie de Madagascar, p.260.

Rasmussen E. (1994), « Jeux et informations », Basil Blackwell.

Rawls J. (1971), « Théorie de la justice », ed. DU Seuil.

Raynaud Emmanuel, Sauvée Loïc (2000), « Signes collectifs de qualité et structures de gouvernance », économie rurale, n° 258, pp. 101-112.

Razafindrakoto, M. and Roubaud, F. (2006), « Are international databases on corruption reliable? A comparison of expert opinion surveys and household surveys in Sub-Saharan Africa », ed. Paris: DIAL.

Razafindrakoto R. (Aout 2006), « Développement rapide et durable de Madagascar "est-ce une utopie?" », IPA imprimerie.

Redes OI (2001), « Informations sur les ressources en environnement dans les îles de l'océan indien », CITE.

Rejeb L. (2005), « Simulation multi-agents de modèles économiques : vers des systèmes multi-agents adaptatifs », thèse de doctorat, Université de Reims Champagne-Ardennes.

Resweber J-P. (2011), « les enjeux de l'interdisciplinarité », questions de communication, vol.19, pp. 171-200.

Ricardo D. (1817), « Les principes de l'économie politique et de l'impôt », réimpression champs Flamarion, 1977).

Ridker R. G. and Henning J.A. (1967 May), « The Determinants of Residential Property Values With Special Reference to Air Pollution », Revue. Economics St. 49. (2).

Rifkin J. (2014), « La nouvelle société du coût marginal zéro », ed. Babel.

Roche Catherine (juillet 2006), « Droit de l'environnement », Gualinon éditeur.

Rodrik .i (August 2002), « After neoliberalism, what ? », Harvard University, p. 14.

Rodrik D. (Juanary 2006), « Goodbye Washington consensus, hello Washington confusion? », Harvard University, p. 29.

Rodrik Dani (Juanary 2006), « Goodbye Washington consensus, hello Washington confusion ? », Harvard University, p. 29.

Rodrik D. (2008) « Nations et mondialisation », la Découverte.

Romer P. (1994), « The Origins of Endogenous growth », Journal of Economics Perspectives, vol. 8, n° 1, pp.3- 22.

Rostow WW. (1956), « The Take-off into self-sustained growth », the Economic Journal, vol 66, n° 261, p. 25 -4 6.

Rostow WW.(1959), « The stages of economic growth », The Economic History Review, Wiley Online Library.

Rostow W.W., DU Rouret M-J. (1963), « Les étapes de la croissance économique », ed. Le seuil, Paris. Cf. l'étape de la consommation de masse.

Rotillon G. (2005), « Economie des ressources naturelles », ed. La Découverte.

Roux V. (2010), « Economie Politique », ed. Ellipses.

Rudd M.A. (2004), « An institutional framework for designing and monitoring ecosystem-based fisheries management policy experiments », Ecological Economics, n°48/1, pp. 109-124.

Russell S.J., (1997), « Rationality and intelligence », Artificial Intelligence, Vol. 94, 1997. p.57-77.

Sabourin Erci, Antona Martine (2003), « Action collective et développement », séminaire permanent action collective.

Sagoff (2008), «The Economy of the Earth : Philosophy, Law, and the Environment », Cambridge University Press (2ème Édition).

Saint- Paul (1997), « Business cycles and long-run growth », Oxford Review of Economic Policy, Oxford University Press, vol. 13 (3), pp. 145 – 153.

Samuelson P. A. (1954), "The pure theory of Public Expenditure", Review of Economics and Statistics, MIT Press, n° 36 (4), pp. 387-389.

Santos M. (1975), « Sous-développement et pôles de croissance économique et sociale », Tiers Monde, vol. 15, pp.271-286.

Savaresse E. (2006), « Méthode des sciences sociales », ed. Ellipses.

Schelling, T.S. (1971), "Dynamic Models of Segregation" ; *Journal of Mathematical Sociology*, pp. 143-186.

Schumpeter J.A. (1939), « Business cycles, a theoretical historical and statistical Analysis of the Capitalist Process », Mac Gray Hill.

Sellami Z., Camps V., Gleizes M-P., Rougemaille S. (2010), "Système multi-agent pour la construction et l'évolution d'ontologie", In M. Occello and L. Rejeb (Eds.), Systèmes Multi-Agents, Défis Sociétaux, Toulouse, pp. 151-160. Cépaduès.

Seppecher P. (2008), « Modélisation multi-agents d'une économie monétaire de production », thèse de doctorat en Sciences Économiques, Université de Nice Sophia Antipolis.

Shannon R. E. (1998), « Introduction to the art and science of simulation », Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, D.Js. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan, eds.

Shoham Y. (1993), « Agent-oriented programming. Artificial Intelligence », 60 :51-92.

Shoham Y. et Leyton-Brown K. (2009), « Multi-agent Systems : Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations », ed. Cambridge University Press.

Dir. par Silem A. (2010), « Lexique d'Economie », ed. 11ème ed. Dalloz.

Simon H.A. (1969), "The Sciences of the Artificial", Cambridge (Mass.), MIT Press.

Simon H.A. (1997), « Allen Newell: A Biographical Memoir », Biographical Memoirs (vol. 71). Washington, DC: The National Academy of Sciences.

Simon P. (2014) "The Visual Organization: Data Visualization, Big Data, and the Quest for Better Decisions",1st ed. Wiley Publishing.

Simons H. C. (1936), « Rules versus Authorities in monetary », Journal of Political Policy, n° 44, pp. 1 -30.

Simons H. C. (1938), « Personal income taxation : the definition of income as a problem of fiscal policy », University of Chicago Press.

Simons H. C. (1942), « Hansen on fiscal policy », The journal of Political Economy, vol. 50.

Simons H. C. (1943), « Postwar Economic policy : some traditional liberal proposals », American Economic review.

Simons H. C. (1944), « Economic stability and antitrust policy », University of Chicago Law review, vol. 11, n° 4, June 1944.

Simon H. et Gabrié H. (2001), « La théorie williamsonne de l'intégration verticale n'est pas vérifiée empiriquement », Revue économique.

Sloman J. et Wride A. (2011), « Principes d'économie », ed. Pearson, p.341

Smith A. (réédition de la version de 1776 en 2000), « Recherche sur la nature et les causes de la richesse des nations », ed. Economica.

Smith R. J. (1981), « Resolving the tragedy of the Commons by creating private property rights in wildlife », CATO Journal, 1, p. 439-468.

Solow R. M. (1956), « A Contribution to the Theory of Economic Growth », Quarterly Journal of Economics, vol. 70, no 1, p. 65–94

Sloman J. et Wride A. (2011), « Principes d'économie », ed. Pearson.

Stiglitz J., (1998), « More instruments and Broader Goals: moving toward the post-Washington Consensus », the 1998 Wider annual lecture (Helsinki, Finland).

Stiglitz J. E. (2002), « La grande désillusion », ed. Fayard.

Strauss A. (1978), « Negociations, varieties, contexts, processes and social order », San francisco: Jossey-Bass.

Thiétart R-A, Xuereb J-M. (2009), « Stratégies : concepts, méthodes, mise en œuvre », ed. Dunod.

Thomas M.A (june 2008), « What do the worldwide governance indicators measure ? ».

Touraine A. (1984), « Le retour de l'acteur », ed. Fayard, Paris.

Treuil J-P, Drogoul A. et Zucker J –D (2008), « Modélisation et simulation à base d'agents », Dunod.

Trichet J-C. (2010), Reflections on the nature of monetary policy non-standard. Speech by the Former President of the ECB, Opening Address at the ECB Central Banking Conference, Frankfurt.

Tucker A. W. and Kuhn H. W., (1953), « Contributions to the theory of games », ed. Princeton University Press.

Trout J. et Al Ries (1981), « Le positionnement : la conquête de l'esprit », ed. édiscience Inetrnational.

Vaxelaire D. (2004), « Le grand livre de L'histoire de La Réunion », Orphie.

Vaxelaire D. (2009), « L'histoire de La Réunion. Des origines à 1948 », Orphie, p. 199.

Von Neumann J. and Morgenstern O. (1944), « Theory of Games and Economic Behavior », Princeton University Press.

Wade R. (1987), « The management of common property resources : collective action an alternative to privatisation or state regulation », Cambridge Journal of Economics 1987, 11, pp. 95 – 106.

Waldeck R. (2014), « Complexité et systèmes sociaux : de l'expérimentation vers la modélisation agents », Habilitation à Diriger les recherches, Université de Strasbourg.

Waldrop M. M. (1992) « Complexity -the emerging science at the edge of order and chaos », ed. Simon & Shuster.

Walras L., (1874), « Éléments d'économie politique pure », ed. Economica.

Weber J. (1995), « Gestion des ressources renouvelables : fondements théoriques d'un programme de recherche ». http://cormas.cirad.fr/pdf/green.pdf.

Weitzman M. (1993), « What to preserve : an application of diversity theory to crane conservation », Quarterly Journal of Economics, 1993; 108(1):157-183.

Welch W. P. (1983), « The political feasibility of full ownership property rights: the case of pollution and fisheries », Policy sciences, 16, p.165-180.

Wilensky, U. (1999) "NetLogo. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling", Northwestern University, Evanston, IL.

Wilensky U. et Rand W. (2015), « An Introduction To Agent-Based Modeling : Modeling Natural, Social and Engineered Complex Systems with Netlogo »,ed. MIT Press books

Williamson O. (1985), « The economic institutions of capitalism », The free Press, New York.

Williamson J. (1990), « What Washington means by policy reform », 1990, chapter 2 « Latin American adjustment: How much has happened ? ».

Williamson John (1990), « The Washington Consensus as policy Prescription for Development », chapter 3 from « Development challenges in the 1990s: leading policymakers speak from experience ».

Williamson O. (1996), « The mechanisms of Governance », Oxford University Press, New-York &Oxford.

Wooldridge Michael (2005), « An introduction to multi-agent systems », ed. John Wiley & sons, ltd.

Rapports.

- Andrianarivo C., Rabevohitra R., Rakotaniaina N., Rakotovao B. Rakouth Z., Ramamonjisoa B. S., Ramamonjisoa L., Rapanarivo S. et Ratsimiala Ramonta I. (2003), « Situation des ressources génétiques forestières de Madagascar », Service de la mise en valeur des ressources forestières, Division des ressources forestières Document de travail FGR/54F, Département des forêts FAO, Rome, Italie.

- Banque Mondiale (19 Mars 1990), « Implementation completion report on a credit in amont of US$ 30 million to Madagascar for the environment program phase II project », rapport n° 29 309, décembre 2003, p. 61.

- Banque Mondiale (1990), « Rapport d'évaluation, République Démocratique de Madagascar, Programme Environnemental », rapport n° 8348-MAG, p.138.

- Banque Mondiale (avril 1992), « Governance and Development », rapport n° 10650, p. 61.

- Banque Mondiale (30 juin 2003), « Étude de la gestion des dépenses publiques », république de Madagascar, report n° 27432, p.72.

- Banque Mondiale (30 octobre 2003), « Programme environnemental phase 3 », RP 240, p. 13.

- Banque Mondiale (décembre 2003), « Madagascar, Revue du secteur Rural et Environnement, volume I : rapport principal », rapport n° 26106 -MG18 p. 70.

- Banque Mondiale (2003), « Madagascar decentralization », rapport n° 25 793 – MAG, p.93.

- Banque Mondiale (april 20, 2004), « Project Appraisal document on a proposed IDA grant in the amount of SDR $ 26, 8 million and a grant from the global environment facility trust fund in the amount of $ 9.0 million to the Republic of Madagascar for third environment program support projec »t, rapport n° 27 353- MAG, p. 84 – 98.

- Banque Mondiale (juin 2004), « Réduction de la pauvreté et gestion économique », n° 31 052, p. 6.
- Banque Mondiale (juin 2007), « Project performance assessment report, Madagascar Environment II », report n° 39 860, p. 54.
- Banque Mondiale, (décembre 2010), « Analyse d'économie politique de la gouvernance à Madagascar », Revue de la gouvernance et de l'efficacité du développement, p. 20.
- Beuret Jean Eudes (2003), « Madagascar : vers une gestion locale des ressources forestières », fiche générale de Madagascar, p. 6.
- Borrini-Feyerabend Grazia, Dudley Nigel (juillet 2005), « Les aires protégées à Madagascar, bâtir le système à partir de la baser », p.50.
- C3EDM (2003), « INTRAG », p.90.
- C3EDM (mai 2005), « Indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion », p.60.
- C3EDM (mai 2005), « Indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion, rapport final », p.60.
- C3EDM (juin 2005), « Indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion, maquette d'ouvrage technique (rapport de synthèse final », p.90.
- C3EDM, (mai 2005), « Indicateurs économiques pour l'évaluation des transferts de gestion, maquette d'ouvrage technique », p.60.
- C3EDM (2010), « Les différents types de contrat de transfert de gestion des ressources forestières », p.2.
- C3EDM (octobre 2010), « Rapport de mission Anja : capitalisation des acquis sur la GGCDRN », p.9.

- Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire (2 février 2011), « les modes de financements et de gouvernance des associations de protection de la nature et de l'environnement », assemblée nationale, p.87.

- Conseil supérieur du Notariat et l'association du notariat francophone (17 au 21 mai 2010), « Mission d'audit du foncier à Madagascar », p. 65.
- Consortium SAGE/DELC/C3EDM (octobre 2010), « Rapport de missions sur la capitalisation à la base de la gestion communautaire des ressources naturelles », p.39.

- Dabiér Atamana Bernard, (2003), « Quelle gouvernance pour les ressources forestières ? Cadre réglementaire et institutionnel », actes de congrès XII Congrès forestier mondial, Québec City, Canada.

- Dalleau Laurent (février 2010), « Analyse des différents types de contrat de transfert de gestion des ressources forestières à Madagascar », p.10.

- DELC (centre de recherche sur les aspects juridiques de la GGCDRN, 2010), « Matrice d'influence d'analyse de la participation des acteurs par rapport au transfert de gestion des ressources naturelles (TGRN) », p.4.
- DELC (2010), « Matrice d'influence », p.4.
- Ferguson Barry (5th November 2009), « REDD in Madagascar : An overview of progress », p. 47.

- GIP (Groupe d'intérêt public, 2010) DELC/SAGE/C3EDM, « Canevas pour une proposition d'orientations stratégiques pour la gouvernance et la gestion communautaire Durable des Ressources Naturelles », p.4.

- GIP (Groupe d'intérêt public, octobre 2010) DELC/SAGE/C3EDM, « Rapport de missions sur la capitalisation à la base de la gestion communautaire des ressources naturelles, p.37.

- Lohanivo A. (2014), « *Evaluation quantitative de la mise en œuvre de la loi GELOSE : le recensement des Transferts de Gestion dans 13 régions de Madagascar* », émet un état des données recensées du 13 juin 2012 au 14 juin 2014

- Méral Philippe et Requier-Desjardins Denis (C3ED de Paris, Juillet - Octobre 2006,), « la gestion durable de l'environnement à Madagascar : enjeux, opportunités et contraintes », p.6.

- Ministère de l'environnement, des eaux et forêts (Novembre 2009), « Données statistiques environnementales de Madagascar », p. 24.

- Ministère de l'environnement, des eaux et forêts, direction générale des eaux et forêts, commission SAPM (Février 2009), « Guide de création des aires protégées du système des aires protégées de Madagascar (SAPM) », p.26.

- Ministère de l'environnement, des eaux et forêts, direction générale des eaux et forêts, commission SAPM (Avril 2009), « capitalisation des expériences et acquis en matière de gouvernance des aires protégées en cogestion et des aires protégées communautaires à Madagascar », p. 22.

- Ministère de l'environnement, des eaux et forêts, direction générale des eaux et forêts, commission SAPM (Mai 2008), « Guide pour l'élaboration des plans de sauvegardes sociales », p. 43.

- Ministère de l'Environnement et des Forêts de Madagascar (2007), « Stratégie Nationale du Mécanisme de développement Propre à Madagascar », p. 13.

- Ministère de l'Environnement et des forêts de Madagascar (2010), « la stratégie nationale de développement durable », p.32.

- OCDE (2008), « Déclaration de Paris sur l'efficacité de l'aide au développement et programme d'action d'Accra », p.9.

- ONESF, (janvier 2011), « État des lieux des transferts de gestion de ressources naturelles forestières, rapport final », p. 91.

- PNUD (2003), « Les objectifs du millénaire pour le développement : progrès, revers et défis », p.17.

- Radison R.C., Ramananarivo R., Ramananarivo S. (june 28-30, 2010), « Strategy for sustainable development by land in the central highlands of Madagascar: territorial

approach for sustainable development by land in the central highlands region in Madagascar », ISDA Montpellier, p. 15.

- Randrianarivelo G. et Razafindrianilana N. (2009), « Guide d'utilisation durable des ressources naturelles dans les aires protégées à Madagascar », p.142.
- Ravaloson J. (1994), « Transition démocratique à Madagascar », l'harmattan, p. 175.
- République de Madagascar (2005), « Programme National de Développement Rural », p.29.
- République de Madagascar (2007), « Programme Régional de Développement Rural Analamanga, p. 105.
- République de Madagascar (2007), « Programme Régional de Développement Rural », p. 105.
- Roubaud F. (2000), « Identités démocratique : l'exception malgache ? », éditions l'harmattan, p. 21 à 54.
- Vivier J-L. (2007), « Madagascar sous Ravalomanana : la vie politique malgache depuis 2001 », l'harmattan, p. 165.
- Winterbottom B., (juin 2001), « Réflexions sur l'amélioration de la Gestion des Ressources Forestières à Madagascar », p. 32.
- World Bank (2002), « Building Institutions for Markets », report n° 22 825.

Webographie

http://cormas.cirad.fr/fr/outil/outil.htm

http://cormas.cirad.fr/ et http://cormas.cirad.fr/fr/applica/applica.htm

Netlogo bibliothèque : http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/

Bibliothèque Data-Driven Document http://d3js.org

http://www.datarocks.io/

https://www.elastic.co/products/kibana

http://obsun.univ-reunion.fr/

http://repast.sourceforge.net/repast_3/

http://perso.telecom-bretagne.eu/rogerwaldeck/data/enseignement/Resum%C3%A9ConcpetNetlogo.pdf

http://srv2.lemig.umontreal.ca/donnees/geo3532/Introduction/Introduction_a_NetLogo.pdf

http://sourceforge.net/projects/geamas-ng/

https://code.google.com/p/gama-platform/

Tableau de bord interactif http://www.tableau.com/public/

http://www.mt-archive.info/ALPAC-1966.pdf

http://thekaufmannpost.net/

http://www.uneca.org/eca_resources/publications/books/agr/agrfr.pdf

http://www.un.org/fr/globalissues/governance/

http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Project-and-Operations/ADF-BD-IF-99-266-FR-MADAGASCAR-RAP-PROGRAMME-DAJUSTEMENT-STRUCTUREL-PHASE-I.PDF

http://www.transparency.org/

http://thekaufmannpost.net/

http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000223114

https://www.marxists.org/francais/engels/works/1895/05/fe_18950500a.htm

http://www.next-finance.net/Enron-ou-l-histoire-d-une-faillite

http://reseauculture21.fr/wp-content/uploads/2012/05/RapportBrundtland.pdf

http://www.universalis.fr/encyclopedie/halte-a-la-croissance/

http://www.manicore.com/fichiers/Turner_Meadows_vs_historical_data.pdf

http://cms.unige.ch/isdd/IMG/pdf/Limitstogrowth30yearsUpdate.pdf

http://www.un.org/french/events/rio92/rio-fp.htm

http://www.un.org/french/events/wssd/

http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/IMG/pdf/declaration_finale_Rio_20_cle0c85b4.pdf

http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/IMG/pdf/ratifications.pdf

http://www.commissionoceanindien.org/accueil/

http://hdr.undp.org/en

http://www.banquemondiale.org/fr/country/madagascar/overview#1

www.1upinfo.com

http://www.insee.fr/fr/regions/reunion/default.asp?page=conjoncture/tableau_bord/tableau_bord.htm

http://ylang.gasikara.free.fr/Historama.htm

http://www.alternatives-economiques.fr/Dictionnaire_fr_52__def49.htm

http://www.onf.fr/la-reunion/sommaire/onf/chiffres_cles/@@index.html

http://www.un.org/fr/globalissues/governance/

Annexes

ANNEXE 1 Plans et schémas directeurs à Madagascar et à La Réunion

Instauration des plans et schémas directeurs à Madagascar (Analamanga et Itasy)[457]

1) Plans d'actions et Schémas Nationaux

a) Le Madagascar Plan Action (MAP) pour le développement durable

Ce plan d'action quinquennal pour Madagascar (2007-2012) définit les objectifs stratégiques de croissance des réductions des fléaux sociaux. Il se conforme aux « *objectifs du Millénaire pour le développement* » et à la « *vision Madagascar Naturellement* ».

Ce plan se décline en 8 engagements :

- Instaurer une gouvernance responsable;
- Développer les infrastructures reliées;
- Transformer le système éducatif;
- Promouvoir le monde rural;
- Améliorer la santé, l'accès au planning familial et lutter contre le VIH/SIDA;
- Rétablir un système économique basé sur une forte croissance;

[457] Ministère de l'environnement, des eaux et forêts (Novembre 2009), « Données statistiques environnementales de Madagascar », p. 24.

Ministère de l'environnement, des eaux et forêts, direction générale des eaux et forêts, commission SAPM (Février 2009), « Guide de création des aires protégées du système des aires protégées de Madagascar (SAPM) », p.26.

Ministère de l'environnement, des eaux et forêts, direction générale des eaux et forêts, commission SAPM (Avril 2009), « capitalisation des expériences et acquis en matière de gouvernance des aires protégées en cogestion et des aires protégées communautaires à Madagascar », p. 22.

Ministère de l'environnement, des eaux et forêts, direction générale des eaux et forêts, commission SAPM (Mai 2008), « Guide pour l'élaboration des plans de sauvegardes sociales », p. 43.

Ministère de l'Environnement et des Forêts de Madagascar (2007), « Stratégie Nationale du Mécanisme de développement Propre à Madagascar », p. 13.

Ministère de l'Environnement et des forêts de Madagascar (2010), « la stratégie nationale de développement durable », p.32.

– Préserver l'environnement;
– Assurer la solidarité nationale.

Lors de l'élaboration de ce plan, des réformes transformationnelles avaient été programmées. Elles concernent les finances publiques (1), l'accroissement des investissements (2), l'environnement et l'agriculture (3), la santé et la planification familiale (4), la sécurité publique (5) et le système judiciaire (6) (figure 108).

INDICATEURS DES GRANDS OBJECTIFS

DENOMINATION INDICATEURS	2003	2004	2005	2006	2007		2012	2015	Périodicité	Sources de vérification	Observations
					Objectif	Réalisation	Objectif SNISE	Objectif OMD			
Taux de croissance économique(%)	9,8	5,3	4,6	5	5,6	6,3	7 à 10		annuelle	MECI/DEEM	
Esperance de vie à la naissance	53,8	54,2	54,7	-	-	-	-	-	Tous les 10 ans	RGPH/INSTAT	Cadre intermédiaire estimé par l'INSTAT
Taux d'alphabétisation (%)	-	73,1	73,1	73,1	-	-	-	100		INSTAT	
Taux net de scolarisation du primaire(%)	82,2	96,8	98,2	98,5	97	96,4	98,7	100	annuelle	MENRS	
Taux brut de scolarisation(tous niveaux confondus)	56,3	64,65	68,95							INSTAT	
Ratio revenu estimé Hommes/Femmes	1,39	1,39	1,36	-	-	-	-	-		INSTAT	
IDH	0,505	0,514	0,527	-	-	-	-	-		INSTAT	
ISDH	0,503	0,513	0,524	-	-	-	-	-		INSTAT	
Esperance de vie des femmes	54,7	55,1	55,6	-	-	-	-	-		INSTAT	
Esperance de vie des hommes	52,8	53,2	53,7	-	-	-	-	-		INSTAT	
Taux d'achèvement de l'enseignement primaire (%)	-	47	57	57	53	54,3	85	100	annuelle	MENRS	
Taux d'alphabétisation des adultes (hommes)	75,2	75,2	75,2	-	-	-	-	100		INSTAT	
Classement climat des investissements (Banque mondiale)	-	-	131/155	149/175	-	149	80	-		MAP/Doing business 2006	
Indice de perception de la corruption de Transparency International (base 10)	-	-	2,8	-	3,3	3,2	5	-	annuelle	BIANCO	
Pourcentage des exploitants ruraux ayant des titres ou certificats fonciers (%)	-	-	10	10	15	10,42	75	-	Trimestrielle	MAEP	
Flux net d'IDE (millions de DTS)	9,1	35,7	58	150,5	-	652,1	-	-	annuelle	BCRM	
RATIO de PAUVRETE(%)	73,6	72,1	68,7	67,5	-	66,3	50	35	EPM tous les 3 ans	INSTAT	
Part du cinquième le plus pauvre de la population dans la consommation(%)	-	6,4	7,3	6,7	-	-	-	-	Tous les 2 ans	OMD	

Figure 108 - Rétro-Planning des indicateurs en fonction des objectifs du MAP. Source : Bilan du MAP, Janvier 2009.

b) La « Vision Madagascar Naturellement » 2020

Ce plan découle du Madagascar Plan Action. Il se traduit par la mise en place du système de gouvernance environnementale et sociale. Ce système repose sur :

- une gestion efficace grâce à la normalisation et le déploiement de moyens notamment pour les produits issus de la biodiversité;
- une bonne gouvernance;
- une bonne protection de l'homme de ses droits (l'équité, l'égalité, la réduction de la pauvreté, le droit du travail et l'accès au travail, à l'éducation);
- un aménagement du territoire permettant le développement rural et de réduire le clivage ville - campagne;
- une mise en place des aires protégées[458] et une protection des paysages.

c) Madagascar vision 2030 : plan stratégique de développement

Ce plan stratégique se compose de scénarii de prospective de développement durable pour Madagascar. Rédigé durant « *l'atelier de formation aux techniques de la prospective organisé du 20 novembre 1995 au 15 décembre 1995* », et suite aux Etudes Nationales de Perspectives à Long Terme (NLTPS, 1996), ce plan stratégique établit deux scénarii.

(1) un scénario I nommé « *paquebot de croisière* » est un scénario positiviste. Il préconise la poursuite de la bonne gouvernance et des facteurs économiques. La croissance économique rapide dans un premier temps, puis, durable doit accompagner la réduction des causes du sous-développement et des problématiques environnementales. Ce scénario distingue plusieurs périodes. La première, allant de 1996 à 2000[459], constitue une phase de renaissance et de mise en route de la bonne gouvernance; elle se caractérise par une situation excédentaire tant au niveau économique, social (…) pour la nation, impulsée par les réformes et un budget connexe en conséquence. La seconde, allant de l'an 2000 à 2010 recommande d'atteindre une croissance de 10 % et de stabiliser les

[458] Randrianarivelo.

[459] L'objectif est d'atteindre un taux de croissance de plus de *« 4% dans le secteur agricole, d'environ 10% dans le secteur industriel, de plus de 6% dans le secteur de services et de plus de 6% au niveau global »* tout en préservant l'environnement et développant le pays.

facteurs économiques, sociaux et environnementaux. Enfin, la troisième phase de scénario allant de 2011 à 2030, prône l'amélioration des revenus et du développement durable afin de devenir une économie développée afin que le pays devienne une puissance régionale.

(2) Le scénario II, nommé « *le boutre* » ayant une vision négative pour la gouvernance Malgache. Il s'appuie sur la même division en trois phases caractérisées par une dégradation progressive des facteurs économiques, environnementaux et sociaux. À cette situation déjà alarmante, s'ajoutent les problèmes politiques, démocratiques, juridiques (décentralisation), ainsi qu'un déclin de la participation des citoyens de par leur mécontentement généralisé. En outre, les appuis des bailleurs de fonds et des instances nationales diminueront inexorablement face à cette instabilité conjoncturelle.

(3) Le scénario III, « *la Goélette* » dépeint une gouvernance constante durant ces trois phases. Avec l'adoption d'un système de responsabilisation sociale et de développement durable de 1996 à 2000. Puis, de 2001 à 2010, une phase de réformes et un accroissement du Produit Intérieur Brut en terme réels assureront la poursuite des objectifs. Durant la dernière phase, les stratégies solidifieront tous les piliers du développement.

La gouvernance démocratique [460] et une gouvernance du développement durable [461] internationale sont les deux leviers à impulser pour la réussite de ces scénarii.

Ces plans ont été rétablis suite à une situation relativement détériorée après la crise politique de 2002. [462]Depuis sa mise en vigueur, les actions des entreprises financées par les bailleurs de fonds et l'Etat Malgache avaient permis de nettes améliorations. Cependant, la crise géopolitique de 2009 entraînant une détérioration de l'économie et de facteurs sociaux ne permet plus aux acteurs locaux et aux bailleurs de fonds d'atteindre les objectifs escomptés. En effet, dès 2009, les bailleurs de fonds internationaux, principaux financeurs de plan ont fermé les lignes budgétaires en 2009. Ces lignes sont ré-ouvertes progressivement mais dans une moindre mesure depuis 2011.

---

[460] La gouvernance démocratique repose sur l'instauration d'un contrat social, d'un cadre juridique, de la transparence et de l'équité, d'une administration efficiente, de la décentralisation, de la sécurité, de la légitimité des représentants politiques et des élections et de l'harmonisation du système politique national par rapport au droit international.

Randrianarivelo Roubaud F. (2000), « Identités démocratique : l'exception malgache ? », éditions l'harmattan, p. 21 à 54.

[461] La gouvernance du développement du développement durable repose sur la croissance, l'innovation, les finances, la monnaie, les nouvelles technologies, le commerce mondial, l'ouverture, la coopération régionale et internationale, l'environnement, le développement.

[462] OCDE, « Déclaration de Paris sur l'efficacité de l'aide au développement programme d'action d'Accra », 2008, p.9.

2) Plans d'actions Régionaux à Analamanga

Toutes les problématiques nationales sont traitées à l'échelle infra régionale.

Cette région est régie par le Plan communal de développement (1994) et la loi n° 93-005 du 26 janvier 1994[463]. La gouvernance régionale repose sur le développement économique et territorial, la réduction de la pauvreté et la sauvegarde des ressources. Outre, les lois de décentralisation concernant la gestion communautaire des ressources naturelles, en 2004, le processus de décentralisation a été intensifié à Analamanga. Ainsi, un plan régional de développement a été édicté pour cette région en 2005 ainsi qu'un Plan Régional de développement rural (PRDR) en 2007.

a) Le Plan Régional de Développement d'Analmanga (2005) et le Tableau de Bord Environnemental d'Ananamanga (2012)

Le Plan Régional de Développement d'Analamanga (2005), dont la mission première est d'instaurer une bonne gouvernance, se base sur trois rapports de référence au niveau national (le rapport Mondial sur le Développement Humain, 2003; le Document de Stratégies pour la Réduction de la Pauvreté (DSRP) de la Banque Mondiale, 1999; et l'Initiative pour les Pays Pauvres Très Endettés (IPPTE) dont Madagascar (2000) afin de :

- promouvoir la bonne gouvernance;
- réduire de 50 % la pauvreté d'ici 2015;
- de résoudre les problèmes sociaux;
- de sauvegarder l'écosystème.

II se fixe également l'objectif de stimuler la croissance économique en :

[463] La loi n° 3-005 du 26 janvier 1994 a été révisée par la loi n° 94-039 du 03 janvier 1995 « sur l'orientation générale de la politique de décentralisation à Madagascar ». Cette loi stipule que le développement économique et social, territorial nécessite la participation des citoyens dans la « gestion des affaires publiques », une coordination législative et participative des organes institutionnelles et des citoyens rendue possible par l'attribution de la personnalité morale tant à la commune qu'à la communauté de base. Aménagement du territoire, dynamisme et croissance en sont les axes clés.

- instaurant un cadre politique et administratif favorable au développement des populations et à l'économie locale (développement du commerce favorisé par son aéroport international Ivato et des filières d'activités porteuses, ...);
- valorisant et préservant sa richesse écologique.

Analamanga retient 4 principes directeurs pour y parvenir d'ici 2015.

- « la participation active citoyenne »: les districts et les communes auront un rôle primordial dans la gestion des ressources de par la désignation des communes et des communautés de base[464] en tant que membre actif de la gouvernance des ressources.

- « l'intégrité des actions »: la bonne gouvernance et la lutte anti-corruption permettront de pérenniser les actions.

- « la création d'un environnement favorable » à l'économie, aux populations et à la gouvernance stimulera le cheminement vers la dynamisation de ce territoire et la croissance.

- « le partenariat » tant avec les acteurs locaux, nationaux, internationaux que public ou privé impulsera l'économie régionale grâce à l'action concertée des dirigeants locaux.

Cette stratégie se décline en trois axes.

- Axe 1 : « restaurer un Etat de droit et une société bien gouvernancée».
- Axe 2 : « susciter et promouvoir une croissance économique à base sociale ».
- Axe 3 : « susciter et promouvoir des systèmes de sécurisation humaine, matérielle et de protection sociale équitable ».

Le plan régional de développement identifie les règles et devoirs des régions en vertu du décret n° 2004- 859 du 17 septembre 2004. Chaque région est assujettie au système législatif et administratif national. Puis, au niveau régional, chaque collectivité se verra décerner des problématiques à résoudre dans le cadre du Plan Régional de Développement.

[464] Confer loi Gélose n°96 055 du 30 septembre 1996 et le décret sur la Gestion Contractualisée des Forêts N°2001/122 du 14 février 2001.

Le Tableau de Bord Environnemental de La Région Analamanga contient diverses informations sur l'Etat de la biodiversité et de la couverture végétale (figure 109 à 113).

Indicateur	Description, valeur et unité	Valeur de référence / Norme	Situation			Observations Tendance	Informations détaillées
			Efforts à poursuivre	Alarmante	Critique		
B1.1 Superficie des écosystèmes / habitats naturels	Superficie en ha Année 2000 : 92 161ha (5,28%) Année 2010 : 74 584 ha (4,27%) Savanes en 2010 : **92,61**% de la superficie de la Région	Superficie écosystèmes naturels en 2005 (Réf Atlas) : 17 519 400ha soit (29,59% du territoire) Les formations herbacées : 38 418 700 ha (64,90%) - Objectif PE3 : Maintien de la superficie des zones humides à 1,7 Mo d'hectares.		X		Résultat de traitements d'image satellite landsat 7 (période 2000, 2005 et 2010) Les types d'écosystèmes sont : forêts humides et plans d'eau Principale menace sur les écosystèmes : feu	- Tableau : Evolution de la superficie des écosystèmes / habitats naturels de la Région - Carte des écosystèmes naturels de la Région
B1.2 Espèces endémiques	Flore : 439 espèces endémiques dont 14 espèces endémiques de la Région Faune : 88 espèces endémiques dont 6 espèces endémiques de la Région	Objectif PE3 : maintien du taux d'endémisme Flore : Champignon : 4% Bryophytes : 47% Lichens : 100% Ptéridophytes : 43% Gymnospermes : 5% Angiospermes : 48 Faune : Poissons d'eau : 32% Reptiles : 90% Amphibiens : 98% Mammifères : 97% Oiseaux : 51% Invertébrés : nd		X			- Liste des espèces végétales endémiques inventoriées dans la Région - Liste d'espèces animales endémiques inventoriées dans la Région
B1.3 Espèces menacées	Faune (situation 2012) CR : 1 EN : 3 VU : 2 Flore (situation 2012) EN : 22 VU : 28 CR : 12	Faune 2004 / 2007 / 2008 CR 38 / 37 / 40 EN 86 / 88 / 106 VU 133 / 137 / 209 Flore 2004 / 2007 / 2008 CR 61 / 62 / 62 EN 98 / 101 / 102 VU 117 / 117 / 117		X		Selon la liste rouge UICN	Liste des espèces menacées selon les critères de l'UICN
B1.4 Espèces phares	Non disponible	24 espèces phares identifiées pour 17 sites dans le cadre du projet AZE Nombre d'espèces cibles de conservation au niveau du réseau des parcs nationaux de Madagascar : 166				Espèces phares : permet de suivre l'état de santé de l'écosystème	

Figure 109 - Biodiversité à Analamanga, 2012.

<table>
<tr><th rowspan="2">Indicateur</th><th rowspan="2">Description, valeur et unité</th><th rowspan="2">Valeur de référence / Norme</th><th colspan="3">Situation</th><th rowspan="2">Observations Tendance</th><th rowspan="2">Informations détaillées</th></tr>
<tr><th>Efforts à poursuivre</th><th>Alarmante</th><th>Critique</th></tr>
<tr><td>B2.1 Espèces envahissantes</td><td>Flore : 5
Faune : 5</td><td>Plante : 8 espèces
Mollusques : 2 espèces
Echinodermes : 1 espèce
Poissons : 2 espèces
Insectes : 3 espèces</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Liste des espèces envahissantes dans la Région Analamanga</td></tr>
<tr><td>B2.2 Espèces introduites</td><td>Non disponible</td><td>Plantes : 14
Mollusques : 3
Oiseaux : 2
Poissons : 9
Insectes : 6</td><td></td><td></td><td></td><td>Sont considérées ici les espèces introduites entraînant la dégradation de l'environnement et disparition des espèces autochtones</td><td>Liste des espèces introduites dans la Région Analamanga</td></tr>
<tr><td>B2.3 Cataclysmes naturels autres que météorologiques</td><td>Maladie phytosanitaire depuis 2008 :
Plantes attaquées : pomme de terre, tomate, cyprès, eucalyptus, flamboyant</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Attaque de criquets : aucune
Maladie des pommes de terre et tomate : Andramasina et Manjakandriana</td><td>- Tableau : Maladie phytosanitaire</td></tr>
<tr><td>B2.4 Exploitation de la biodiversité DREF</td><td>Délits forestiers
Année | Nb délits forestiers | Nb PV
2008 | 5 | 6
2009 | 11 | 11
2010 | 13 | 13
2011 | 7 | 7
7 espèces de tortues saisies depuis 2003 au nombre de 756
19 espèces de Reptiles vivants saisis à Ivato en 2008 au nombre de 388</td><td>National
Année | Nb délits forestiers | Nb PV
2007 | 27
Objectif 2008 (PGE) :
Nb d'exportations illicites de bois précieux : 0
Nb de trafiquants appréhendés et sanctionnés : 20</td><td></td><td></td><td></td><td>Défrichement
Exploitation illicite de produits principaux des forêts
Exploitation illicite et exportation illicite d'animaux protégés
Feu de végétation
Exploitation et exportation illicites de produits principaux des forêts
Délits à Anjozorobe et Angavokely
Les tortues proviennent des autres Régions
Les reptiles ont été remis à PBZT. La majorité n'ont pas survécu</td><td>Tableaux :
Evolution du nombre de délits forestiers verbalisés dans la Région
Evolution du nombre de tortues saisies dans la Région
Nombre de reptiles saisis à Ivato en 2008</td></tr>
<tr><td>B2.5 Quantité de pesticides importés / utilisés</td><td><u>Nature des pesticides :</u>
Insecticides, fongicides, herbicides, acaricides, pesticides mixtes, biopesticides, régulateurs
2007 : 197,535 Tonnes
2009 : 203,839 Tonnes
2011 : 364,945 Tonnes</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Comité d'homologation des pesticides avant leur utilisation
Origine : Afrique du sud Chine , Inde,France Royaume Uni, Brésil, Allemagne , Maurice, USA</td><td>Tableau : Evolution de l'importation de produits Insecticides, fongicides, herbicides, acaricides, pesticides mixtes, biopesticides, régulateurs</td></tr>
</table>

Figure 110 - Biodiversité à Analamanga (suite), 2007.

Indicateur	Description, valeur et unité	Valeur de référence / Norme	Situation			Observations Tendance	Informations détaillées
			Efforts à poursuivre	Alarmante	Critique		
B3.1 Conventions internationales et / ou protocoles d'accord internationaux relatifs à l'environnement ratifiés (CDB)	10 intervenants mettant en œuvre la CDB 21 recherches inventoriées en 2010 effectuées par 6 centres de recherche et 2 institutions de conservation	17 conventions relatives à l'environnement ratifiées				La Région met en œuvre la CDB à travers les programmes thématiques et les questions sectorielles	Détails sur les interventions
B3.2 Superficie des Aires protégées (SAPM)	Superficie du Système d'Aires Protégées : 57 800 ha	2003 : 1 700 000 ha Objectif 2007 (PGE) : 1 000 000 ha supplémentaires d'aires protégées dotées de statut Objectif 2012 (MAP) : 6 000 000 ha					- Tableau : Superficie du Système d'Aires Protégées de Madagascar dans la Région - Carte : Systèmes des Aires protégées
B3.3 Superficie des écosystèmes naturels / habitats représentés dans les Aires protégées	Superficie : 19 316 ha (26%) d'écosystèmes naturels protégés 1% de savanes protégées	Superficie des écosystèmes protégées (2005) Site MNP : 1 705 259 ha NAP : 5 756 056 ha Nb d'écosystèmes protégés : 16 MAP : Taux de représentation de l'habitat dans le système d'aires protégées Objectif 2012 : 87%				Les écosystèmes protégés sont : forêts humides et plans d'eau	Tableaux : - Superficie des écosystèmes représentés dans les aires protégées
B3.4 Espèces menacées présentes dans les Aires Protégées	Flore : EN : 2 VU : 2					Espèces menacées présentes dans la RS Ambohitately et selon la catégorisation de l'UICN	Tableau : Liste des espèces végétales menacées inventoriées dans la réserve spéciale Ambohitantely
B3.5 Gestion des Aires Protégées	IEG RS Ambohitantely 2007: 0,69 2008: 0,71 2009: 0,75 2010: 0,74 2011: 0,75					Les autres Aps n'ont pas encore cette valeur	Tableau : Evolution de l'IEG de la RS Ambohitantely
B3.6 Espèces conservées dans les banques de gène	Informations non disponibles					graines collectées par espèce par année (SNGF)	

Figure 111 – Espèces menacées et conservation pour la région Analamanga, 2012.

Indicateur	Description, valeur et unité	Valeur de référence / Norme	Situation			Observations Tendance	Informations détaillées
			Efforts à poursuivre	Alarmante	Critique		
F1.1 Couverture forestière	Superficie de la couverture forestière: 2000 : 121 029 ha (6,93%) 2010 : 92 667 ha (5,31%) Superficie de la forêt naturelle : 2000 : 87 634 ha 2005 : 71 543 ha 2010 : 70 786 ha	National (1994) : 13 378 113 ha Selon Atlas de la végétation de Madagascar en 2005 : 16 965 500 ha Objectif 2012 : maintien de la superficie de forêt (15%)					- Tableaux : Evolution de la superficie (ha) de la couverture forestière par district dans la Région entre 2000 et 2010 - Carte : Couverture forestière en 2010
F1.2 Typologie des formations végétales	Formations végétales 2000 : 1 727 704 ha 2010 : 1 719 519 ha Les grandes surfaces de plantation : Oignon à Anjozorobe Orange à Ambohijafy et Fiadanana Pomme de terre à Andramasina	National Selon Atlas de la végétation de Madagascar en 2005 : 57 736 400ha					- Tableau et carte : Evolution de la superficie des types de formation végétale de la Région Analamanga
F1.3 Classification des sols	Types de sol : sols ferralitiques bruns jaunes développés sur les surfaces d'aplanissement, ou bruns rouges formés à partir des glacis	Domaine du socle cristallin : 8 types de sol : 189 560 km^2 Domaine sédimentaire : 12 types de sol : 191 608 km^2 Domaine volcanique : 7 types de sol : 18708 km^2 Domaine alluvial et colluvionnaire : 5 types de sol : 71 424km^2					Tableau : Superficie par type de sol Carte : type de sol
F1.4 Erosion	24 sur les 133 communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2006 (18%) ont des lavaka très important	National 178 sur les 1546 communes ayant fait l'objet d'enquêtes ont des lavaka très important				Enquête focus group effectuée en 2006	Tableau et carte : Estimation de la proportion de lavaka dans les communes de la Région en 2007
F1.5 Susceptibilité des sols à l'érosion et perte en terre						Etude de cas Ambatomanga	Tableau : Estimation des sédiments partants des cultures sur tanety (cas d'Ambatomanga)
F1.6 Ensablement des rizières et terrains de culture	28 sur les 133 communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2006 (21%) ont des très importants problèmes d'ensablement	National 269 sur les 1546 communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2006 ont des très importants problèmes d'ensablement				Kelimantsina Anjozorobe : 5 000 ha Alasora	- Tableaux : Perception du problème d'ensablement au niveau communal en 2007 - Carte : Ensablement des rizières
F1.7 Fertilité du sol	17 sur les 133 communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2006 (13%) ont une baisse de fertilité importante	National 222 sur les 1546 communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2006 ont une baisse de fertilité importante					- Tableau : Evolution de la baisse de fertilité au niveau

Figure 112 - Sols et couverture végétale à Analamanga, 2012.

<table>
<tr><th rowspan="2">Indicateur</th><th rowspan="2">Description,
valeur et unité</th><th rowspan="2">Valeur de référence
/ Norme</th><th colspan="3">Situation</th><th rowspan="2">Observations
Tendance</th><th rowspan="2">Informations
détaillées</th></tr>
<tr><th>Efforts à poursuivre</th><th>Alarmante</th><th>Critique</th></tr>
<tr><td rowspan="6">F1.8 Situation foncière</td><td>Terrains titrés
51 sur les 133 communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2006 (38%) ont plus de 50% de terrains cadastrés

108 sur les 133 communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2006 (81%) ont moins de 10% de ménage ayant des terrains titrés</td><td>National
97 sur les 1546 communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2006 ont plus de 50% de terrains cadastrés

1395 sur les 1546 communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2006 ont moins de 10% de ménage ayant des terrains titrés</td><td></td><td rowspan="6"></td><td></td><td>Les services topgraphique et du domaine sont opérationnels dans les 13 districts de la Région</td><td>Tableau : Pourcentage de commune avec terrain cadastrés en 2007 - Pourcentage de ménage ayant des terrains titrés par district en 2007
:</td></tr>
<tr><td>Réserves Foncières
RFRs :
Réserve foncière pour le reboisement : aucune</td><td></td><td></td><td></td><td>Tableau : Résultat des activités des services topographique et du domaine (2009 à 2011)</td></tr>
<tr><td>Certificats fonciers délivrés
Année | Nb. certificats | Superficie
2011 | 1956 | 3297 ha
2012 | 1990 | 3393 ha</td><td></td><td></td><td></td><td>Tableau : Evolution des certificats fonciers délivrés</td></tr>
<tr><td>Pourcentage superficie selon le mode de faire-valoir (2004 - 2005)
Type | % | %
Propriétaire avec titre | 12,29 | 8,58
Propriétaire sans titre | 63,64 | 78,09
Fermage | 4 | 3,20
Métayage | 10 | 3,50
Occupation gratuite | 10 | 6,93</td><td>National (2004 -2005)</td><td></td><td></td><td>Tableau : superficie physique des exploitations agricoles selon le mode de faire-valoir (2004 - 2005)</td></tr>
</table>

Figure 113 - Sols et couverture végétale à Analamanga (suite), 2012.

Analamanga se divise en trois zones dont :

- une zone urbaine avec deux axes commerciaux: Antananarivo et Renivohitra;
- une zone périphérique avec les communes aux alentours de deux axes commerciaux;
- une zone de production avec les districts en charge du développement agricole et de la biodiversité de la faune et de la flore.

La répartition des objectifs du PRD est relative à ces trois zones (figure 114).

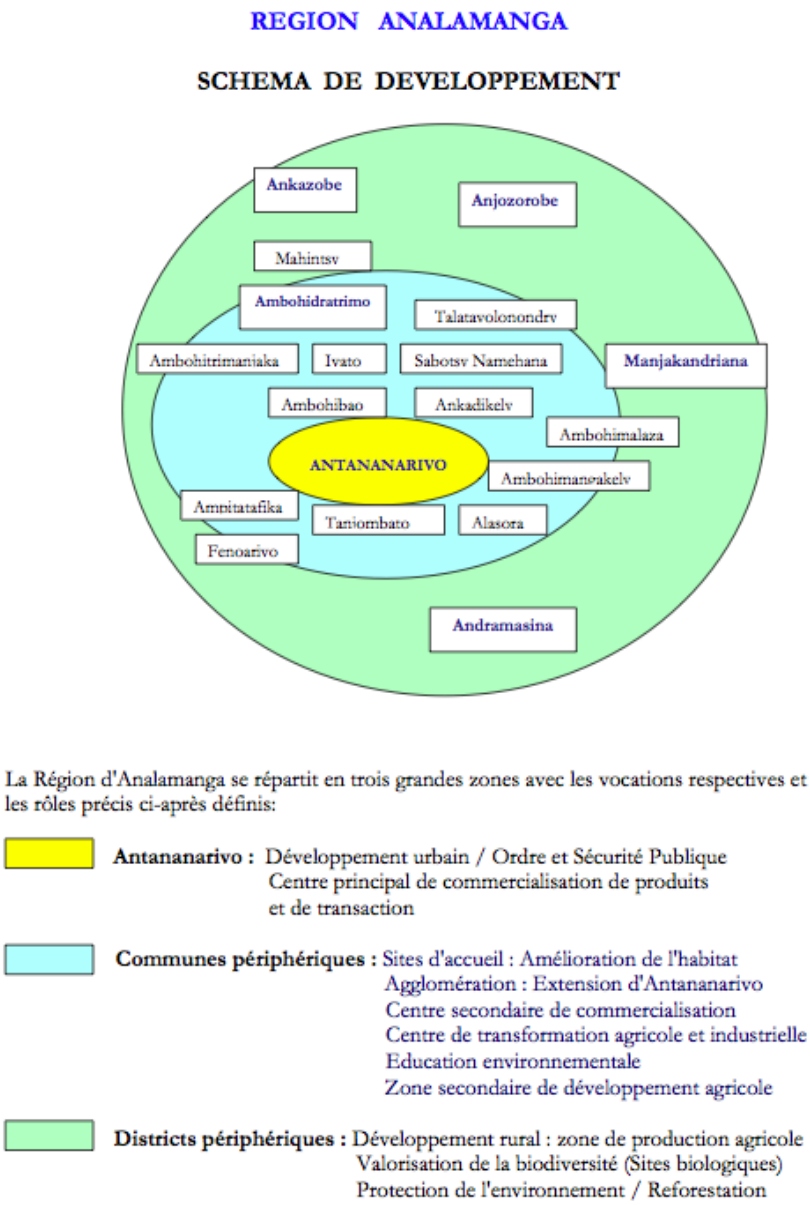


Figure 114 - Répartition des objectifs du Plan Régional de Développement entre collectivités locales.

b) Le Programme Régional de Développement Rural[465] (PRDR, 2007).

Le Programme Régional de Développement Rural explicite les orientations stratégiques à suivre et coordonne les modalités de réalisation du programme.

Le plan d'action global comporte 5 orientations stratégiques[466] :

- rendre le cadre institutionnel efficace;
- faciliter l'accès au capital et aux facteurs de production;
- améliorer la sécurité alimentaire, augmenter la production et la transformation agricole;
- valoriser les ressources naturelles et préserver les facteurs naturels de production;
- développer les marchés et organiser les filières.

Table 18. Les défis à relever.

Défis.	Bonne gouvernance.	Production.	Sécurité alimentaire.	Valorisation des ressources naturelles et préservation des facteurs naturels de production.	Développement des marchés et organisation des filières.
Enjeux.	- appliquer la législation et le Plan de Développement Régional, communiquer, développer les services.	- gérer et développer les infrastructures. - financer le monde rural. - améliorer l'accès aux équipements. -électrifier les zones rurales.	- accroitre la productivité agricole. - transformer les produits. - diversifier la production et l'amélioration. - assurer l'approvisionnement alimentaire. - anticiper et former aux urgences.	- gérer durablement les écosystèmes et la biodiversité. - gérer les eaux et les sols. - gérer les ressources forestières. - gérer durablement les espaces ruraux. - investir dans l'environnement et instaurer un marché de l'environnement.	- former et valoriser avec les divers acteurs. - développer les exportations. - accentuer le marketing et la communication. - élaborer des normes et des labels.

[465] République de Madagascar (2007), « Programme Régional de Développement Rural », p. 105.

[466] Confer annexe 1 : matrice des orientations, axes stratégiques et Programmes retenus par la région, extrait du PRDR.

Par la suite, les parties prenantes et les initiatives sont identifiées.

Pour la région Analamanga, les principaux organes de coordination sont les suivants.

Le groupe des cinq Faritany[467], la région de Analamanga, La Tranoben'ny[468] de la Direction Régionale du Développement Rural et le Groupe de Travail de Développement Rural).

Le Rapid Results Initiatives (instance qui prévoit de régler chaque thématique dans un délai de 100 à 150 jours).

Le Projet de Soutien au Développement Rural (le PSDR cible les petites infrastructures agricoles, les filières de l'élevage et l'artisanat pour réduire la pauvreté, améliorer les revenus tout en assurant un développement durable).

Le Centre de Coordination de Projet de Relance Economique et des Actions Sociales (le CCPREAS) intervient dans le domaine de l'assainissement, l'entretien du réseau hydraulique, les activités agricoles, la construction et la réhabilitation).

Le Fonds d'Intervention pour le Développement (le FID) en partenariat avec le Fonds d'Intervention pour le Développement intervient dans la construction et la réhabilitation des districts.

Le Centre de Service Agricole (le CSA) de Manjakandriana et d'Anjozorobe sont des Organisations Non Gouvernementales aux services des communautés de base, de leur organisation promouvant les secteurs agricoles.

L'Office National de Nutrition et le Programme de Sécurité Nutritionnelle (l'ONN et le PSN) octroie une aide alimentaire et assure une intervention dans les domaines similaires à la Cellule de Coordination des Projets de Relance Economique et d'Actions Sociales (CCPREAS).

Le programme SAHA Imerina (ou Sahan'Asa Hampandrosoana ny Ambanivohitra lutte contre la pauvreté en accompagnant l'agriculture, l'artisanat, la construction, accentuant les capacités et la gouvernance locale).

---

[467] *Faritany* désigne une province en malgache.

[468] Chambre de la DRDR.

L'Ombona Tahiry Ifampisamborana Vola (l'OTIV attribue des prêts pour 1 an avec un taux d'intérêt mensuel de 2,5 %).

Le CECAM finance les crédits liés aux diverses activités du PRDR.

Le Malagasy Professionnel de l'élevage à cycle court (le MPE soutient la filière de l'élevage dans son intégralité).

Ainsi, 6 filières sont considérées comme prioritaires :

- le riz irrigué (afin d'inverser la tendance et de rendre cette production excédentaire);
- le riz pluvial;
- les cultures maraîchères (avec des projets de labellisation et l'instauration de normes);
- les oignons (ayant pour projet de concurrencer les autres régions du pays et les îles de l'Océan Indien);
- la sériculture (avec la culture du ver à soie et son exportation).
- Les poules pondeuses (avec pour objectif la maîtrise de la filière et la labellisation).

L'opposant politique de M. Ravalomanana, Andry Rajoelina, monte un mouvement de protestation contre Ravalomanana[469] qui riposte en contraignant les activités personnelles de Rajoelina.

Suite aux émeutes[470] et contestations généralisées de 2009, M. Ravalomanana se voit contraint de démissionner en mars 2009. Andry Rajoelina (maire d'Antananarivo lors des faits) se voit conférer les pouvoirs de président le 17 mars 2009. Ce dernier a contribué au déclin du régime en exerçant une gouvernance désastreuse à Antananarivo. Depuis cette date, les membres du gouvernement de transition[471] se sont succédés. Les objectifs entrepris par les plans et les schémas directeurs n'ont pas été atteints. Car comme la communauté internationale ne reconnaît pas le régime de transition, les bailleurs de fonds et financeurs privés se sont désengagés en fermant les lignes budgétaires connexes aux objectifs. De surcroît, la conjoncture économique et sociale, continue à se dégrader. Andry Rajoelina sera président de la troisième république du 17 mars au 17 novembre 2010. Andry Rajoelina sera également chef d'Etat de la république de Madagascar de du 17 novembre 20110 au 25 janvier 2014 date à laquelle Hery Rajaonarimampianina devient son successeur. Le 26 Mai 2015, l'Assemblée Nationale vote la destitution de Hery Rajaonarimampianina de ses fonctions ce qui accentue la crise. La Haute

[469] Vivier J-L. (2007), « Madagascar sous Ravalomanana : la vie politique malgache depuis 2001 », l'harmattan, p. 165.

[470] L'émeute du Lundi 7 février 2009 est la plus sanglante. Des civils qui manifestent, seront tués par l'armée.

[471] Ravaloson J. (1994), « Transition démocratique à Madagascar », l'harmattan, p. 175.

cour constitutionnelle rejette ce vote le 13 juin 2015 qualifiant cette décision juridiquement infondée.

c) Plans d'actions Régionaux à Itasy.

Intéressons-nous à présent aux plans et schémas directeurs à Itasy. Le tableau de Bord Environnemental (TBE) de 2007 et la monographie de la région datant de février 2013 sont à ce jour les deux documents d'analyse de la région Itasy les plus récents.

TABLEAU BORD ENVIRONNEMENTAL (TBE, 2007)[472]

[472] Cf. Annexes 7.

Indicateur	Description, valeur et unité	Valeur de référence / Norme	Situation			Observations Tendance	Informations détaillées
			Efforts à poursuivre	Alarmante	Critique		
B1.1 Superficie des écosystèmes/habitats naturels	Superficie en ha (terrestre) sans formation herbacée Année 1994 : 12 748 ha (1,94%) 2005 : 12 638 ha (1,93%) Dont savanes et/ou pseudosteppes : 49,15%	- Superficie écosystèmes naturels national en 2005 : 17 519 400 ha soit (29,59% du territoire) Les formations herbacées : 38 418 700 ha (64,90%) - Objectif PE3 : Maintien de la superficie des zones humides à 1,7 Mo d'hectares.				Résultats de traitement d'image ONE (1994 – 2005) Forêt sclérophylle - plans d'eau - savanes et/ou pseudosteppe	- Tableau des superficies des écosystèmes / habitats naturels - Carte des écosystèmes / habitats naturels de la Région
B1.2 Espèces endémiques	Nombre espèces endémiques : - Espèces floristiques : 6 endémiques nationales - Espèces faunistiques : Oiseaux : 7 Lémurien : 1 Reptile : 1	Objectif PE3 : maintien du taux d'endémisme Flore : 2 463 (83%) Palmier : 90% Plantes à fleur : 80% Faune : Reptiles : 95% Amphibiens : 99% Primates : 93% Micromammifères : 97% Carnivores : 89%				Résultats de compilation bibliographique des recherches et inventaires effectués dans la Région Insuffisance d'inventaire effectué dans la Région notamment pour le cas des Mammifères	Tableaux : Liste des espèces végétales endémiques de la Région Itasy ; Liste des espèces animales endémiques de la Région Itasy
B1.3 Espèces menacées	Nb espèces et statut UICN Flore : aucune espèce menacée inventoriée Flore : Amphibien : aucune espèce menacée inventoriée Reptile : aucune espèce menacée Oiseaux : Vulnérable : 2 En danger : 1 Poissons : 3 espèces	- Objectif SNGDB : réduction des menaces National (Nb espèces) Faune *Oiseaux :* En danger critique : 3 En danger : 12 Vulnérable : 21 Eteint : 1				Selon la liste rouge UICN 2007	Espèces animales menacées
B1.4 Espèces phares	Flore : 12 Faune : 5					Espèces phares : permet de suivre l'état de santé de l'écosystème	Tableaux : liste des espèces végétales « phares » de la Région Itasy Tableau : liste des espèces animales « phares » de la Région Itasy

Figure 115 - Biodiversité à Itasy, 2007.

<table>
<tr><th rowspan="2">Indicateur</th><th rowspan="2">Description, valeur et unité</th><th rowspan="2">Valeur de référence / Norme</th><th colspan="3">Situation</th><th rowspan="2">Observations Tendance</th><th rowspan="2">Informations détaillées</th></tr>
<tr><th>Efforts à poursuivre</th><th>Alarmante</th><th>Critique</th></tr>
<tr><td>B2.1 Espèces envahissantes</td><td><u>Flore</u> :
Cynodon dactylon
Lantana camara
Eichornia crassipes
Azolla sp.
Striga sp.

<u>Faune</u> :
Acridotheres tristis
Ophiocephalus striatus
Black bass</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Liste des espèces végétales et animales « envahissantes » de la Région</td></tr>
<tr><td>B2.2 Espèces introduites</td><td>Flore :
Eucalyptus sp.
Pinus sp.
Acacia sp.
Acacia mangium</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Liste des espèces végétales introduites de la Région Itasy</td></tr>
<tr><td>B2.3 Cataclysmes naturels autres que météorologiques</td><td>36,17% des communes de la région ont subi les maladies phytosanitaires pendant 3 ans entre 1999 et 2001</td><td>National : maladies phytosanitaires
Sur les 1 385 communes ayant fait l'objet d'enquêtes, 718 communes (51%) ont connu de maladies phytosanitaires en 3 ans entre 1999 et 2001</td><td></td><td></td><td></td><td>Perception du nombre d'année avec maladies phytosanitaires au niveau communal entre 1999 et 2001 effectuée au niveau de focus groupe
47 communes ont fait l'objet d'enquête en 2001</td><td>- Tableau et carte du nombre d'années avec maladies phytosanitaires au niveau communal entre 1999 et 2001</td></tr>
<tr><td>B2.4 Exploitation de la biodiversité</td><td>Nombre de délits forestiers en 2005 : 86</td><td>National
<table><tr><th>Année</th><th>Nb délits forestiers</th><th>Nb PV</th></tr><tr><td>2002</td><td>99</td><td>92</td></tr><tr><td>2003</td><td>212</td><td>266</td></tr></table>Objectif 2007 (PGE) :
Nb contrôles effectués : 19
Nb délits constatés : 305</td><td></td><td></td><td></td><td>Données sur les délits de chasse, pêche et commerce illicite non disponibles</td><td>Tableau : Délits forestiers dans la Région Itasy</td></tr>
<tr><td>B2.5 Quantité de pesticides importés / utilisés</td><td>Spéculations concernées :
Haricot, riz, soja, maïs, pomme de terre, riz pluvial, fruit, ananas, arachide
Embouche bovine</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Tableau : quantité de pesticides importés / utilisés dans la Région Itasy en 2006</td></tr>
</table>

Figure 116 - Biodiversité à Itasy (suite), 2007.

Indicateur	Description, valeur et unité	Valeur de référence / Norme	Situation			Observations Tendance	Informations détaillées
			Efforts à poursuivre	Alarmante	Critique		
F1.1 Couverture forestière	Superficie en ha 1994 : 18 264 ha (2,78%) 2005 : 17 509 ha (2,67%)	National (2005) : 16 965 500 ha (Atlas de végétation de Madagascar) Objectif 2012 : maintien de la superficie de forêt (15%)			■	Forêt sclérophylle et plantation d'eucalyptus	Tableau et Carte Evolution de la superficie de la couverture forestière par district (ha)
F1.2 Typologie des formations végétales	Formations végétales 1994 : 627 385 ha 2005 : 627 385 ha	National en 2005 57 736 400 ha (97,53 %)					Tableau et carte : Evolution de la superficie des types de formation végétale de la Région Itasy
F1.3 Classification des sols	Type de sols : Sols brun eutrophes : 48 420 ha Sols hydromorphes : 37 039 ha Sols ferrallitiques : 571 089 ha						Type de sols dans la Région
F1.4 Erosion	72,34% des communes de la Région ont plus de 50 lavaka	National 247 communes sur les 1 385 ayant fait l'objet d'enquête (17,83%) ont plus de 10 lavaka			■	47 communes de la région ont fait l'objet d'enquêtes en 2001 Estimation par le focus groupe au niveau des communes.	Estimation de la proportion des lavaka dans les Communes de la Région Itasy
	Densité des lavaka des sous bassins autour du lac Itasy Nb sous bassin : 35 Superficie des sous bassins varient entre 0,04ha et 25 472,62ha Nb lavaka des sous bassins : 400 Densité des lavaka varie entre 0,06 à 2,74 Superficie des lavaka varie entre 2 ha à 270,14ha				■	Etude effectuée dans la Région (lac Itasy) en 2002 2% des lavaka sont stabilisés	Tableau : caractéristiques des sous bassins de la Région Itasy et situation des lavaka
F1.5 Susceptibilité des sols à l'érosion	Perte en terre sous bassins autour du lac Itasy varient entre 0,10 à 438,41 T/ha	l'érosion géologique normale : 0,1 à 1 t/ha/an l'érosion accélérée : 10 à 700 t/an/ha l'érosion catastrophique : 100 à 300 t/ha par jour			■	Les sols de la Région Itasy sont très vulnérables à l'érosion Relief généralement accidenté Etude effectuée dans la Région (lac Itasy) en 2002	Carte de sensibilité sectorielle de la Région Itasy Carte : Perte en terre de la Région Itasy
F1.6 Ensablement des rizières	Perception du problème d'ensablement des bas-fonds 53,19% des communes ayant fait l'objet d'enquêtes en 2001 considèrent l'ensablement des bas-fond comme important ou très important	National : 606 communes sur 1 385 (43,75%) considèrent l'ensablement des rizières comme important ou très important			■	47 communes ont fait l'objet d'enquête en 2001 dans la Région. Estimation par les focus groupe au niveau des communes.	Tableau et carte sur Perception de l'importance du problème d'ensablement des rizières au niveau communal
F1.7 Fertilité du sol	46,81 % des communes ont des rizières moins fertiles entre 1990 et 2001 dans la Région	National : 800 communes sur 1 385 (57,76%) ont des rizières moins fertiles entre 1990 et 2001		■		47 communes de la région ont fait l'objet d'enquêtes en 2001 Sols devenus moins fertiles durant les dernières années Les terrains sont devenus moins fertiles entre 1990 et 2001	Perception de l'évolution de la fertilité des rizières et des tanety au niveau communal durant les 10 dernières années (1990 et 2001) dans la Région Itasy
	53,20% des communes ont des tanety moins fertiles entre 1990 et 2001 dans la Région	National : 852 communes sur 1385 (61,52%) ont des tanety moins fertiles entre 1990 et 2001					

Figure 117 - Etat des sols et de la couverture végétale à Itasy, 2007.

Indicateur	Description, valeur et unité		Valeur de référence / Norme	Situation			Observations Tendance	Informations détaillées
				Efforts à poursuivre	Alarmante	Critique		
F1.8 Situation foncière	Situation des dossiers fonciers (2005 – 2006) Nb rural : 1 957 Superficie rural : 978,5 ha Situation des terrains titrés (2001 – 2006) : Nb rural : 23 738 Superficie rural : 11 869 ha En 2007 : Nombre titres saisies : 322 Nombre titres établies : 6 509 Situation de délivrance de certificats fonciers (2006) : Nb Commune : 2 Nb bénéficiaires : 0 Superficie : 0 ha		National (MAP) % de ménage en possession de titre ou certificat foncier Objectif 2012 : 75% Objectif Région Itasy : - Certificats : 800 - Titres : 750				Dossier foncier et terrain titré du milieu urbain non disponible Le PNF intervient à Soavinandriana En 2004 (Source ROR) : Ménages ayant des parcelles : 86% Ménages de riziculteurs non propriétaires de rizières : 39%	Tableaux : Nb de dossiers sur foncier et superficie (2001 à 2006) ; Nb de terrains titrés et superficie (2001 – 2006) ; Situation de la délivrance de certificats fonciers dans la Région Itasy
	Situation des réserves foncières pour le reboisement : 0						Les procédures ne conviennent pas aux communes	
	Pourcentage superficie selon le mode de faire-valoir (2004 – 2005)		National (2004 – 2005)				Concerne la superficie physique des exploitations agricoles	Tableau : superficie physique des exploitations agricoles selon le mode de faire-valoir (2004 – 2005)
	Type	%	%					
	Propriétaire avec titre	9,98	8,58					
	Propriétaire sans titre	72,79	80,92					
	Fermage	7,34	3,32					
	Métayage	1,90	3,63					
	Occupation gratuite	7,99	7,18					

Figure 118 - Etat des sols et couverture végétale (suite), 2007.

Indicateur	Description, valeur et unité	Valeur de référence / Norme	Situation			Observations Tendance	Informations détaillées
			Efforts à poursuivre	Alarmante	Critique		
F2.2 Déforestation	Superficie défrichée : 2004 : 655 ha 2005 : 1 133,93 ha 2006 : 543,75 ha	National (ha) 2004 : 3 871 ha 2005 : 1 687,30 ha 2006 : 905 ha				Source : - Région : CIREEF - National : DGEEF	Tableau : évolution de la superficie défrichée
	Taux de déforestation : 4,42% de défrichement entre 1994 et 2005	National Le taux de déforestation sur 7 ans (1993-2000) : 8,32% Objectif PE3 : la superficie dégradée de forêt naturelle < 20 000 ha/an					Tableau : Taux de déforestation dans la Région Itasy
F2.3 Feux de brousse	Superficie incendiée (ha) : Année / Forêt de reboisement / Tanety / Forêt 2001 : 6 / 321 / 2003 : 0,9 / 194 / 0,1 2005 : 30,5 / 1 100 / 4,5	National Objectif PE3 : La superficie annuelle brûlée < 400 000 ha Diminution de 50% des feux sauvages Objectif 2007 (PGE) : superficie incendiée < 450 000 ha Objectif 2012 (MAP) : 70% de réduction de surfaces incendiées					Tableau : Evolution de la superficie de feux sur reboisement, tanety et forêt
	Nombre de points de feux détectés en 2006 : 54 (dans forêt) ; 361 (hors forêt)	National Dans forêt : 11 230 Hors forêt : 44 280				Résultats de traitement d'images satellites Feux de brousse très importants en novembre et décembre Point de feux >50m	Tableau : Nombre de points de feux dans la Région Itasy
F2.4 Exploitation forestière	Nombre de permis de coupe en cours : 625	National Nombre autorisation de coupe délivrée en 2005 : 6 527 Nombre de permis d'exploitation en cours en 2005 : 73 (21 519 ha)				Arrêt de délivrance de permis d'exploitation en 2001. Annulation de tous les permis d'exploitations depuis janvier 2008	Tableau : nombre de permis de coupe délivré
	Production forestière / 2004 / 2005 / 2004 / 2005 Bois débité : 225 m^3 / 234 m^3 / 284 808 m^3 / 410 485 m^3 Charbon de bois : 2 390 T / 25 000T / 245 261 st / 460 991 st Bois de chauffe : 3 750 st / 855 st / 245 909 T / 111 013T Perche : 2 010 / 12 000 / 4 233 504 U / 3 031 948 U					Essences utilisées à la carbonisation : Eucalyptus	Tableau : Evolution de la production forestière
F2.5 Exploitation des terres	Superficie selon le type de riziculture (2004 – 2005) Type riziculture / Superficie (ha) Irriguée : 43 330 Tanety : 3 097 Tavy : -	National (2004 – 2005) Superficie (ha) 979 802 104 950 160 095					Tableau : Superficie rizicole totale (ha) selon le type de riziculture (campagne 2004 – 2005)
	Superficie cultivée en ha (2004 – 2005) Tubercules et racines : 28 214 Légumineuses : 9 926 Céréales non riz : 15 063	National (2004 – 2005) 561 518 156 547 254 655					Tableau : Répartition des superficies cultivées en légumineuses, céréales autres que riz, cultures industrielles

Figure 119 - Pression sur les sols et la couverture végétale, 2007.

Indicateur	Description, valeur et unité				Valeur de référence / Norme				Situation: Efforts à poursuivre	Situation: Alarmante	Situation: Critique	Observations Tendance	Informations détaillées
	Cultures industrielles temporaires		2 763		111 152								(temporaires et permanentes) – 2004 - 2005
	Cultures industrielles permanentes		181		233 905								
	Zone de pâturage : 19 233 ha en 2005				National : 6 zones de pâturage								Tableau : Localisation des zones de pâturage
	Nombre de carrés miniers (2000 à 2006)				National (1913 à 2006) :								Tableau et carte des carrés miniers octroyés
		E	PRE	R	AERP	E	PRE	R					
	Nb carrés		78	345	8	608	4 271	14 626					
	Nb exploitants		35	4	2	130	1 144	149					
	Nb de carrés miniers dans zones sensibles : E : 0 (0 exploitants) PRE : 1 (1 exploitant) R : 0 (0 exploitant)				National : nb de carrés miniers dans zones sensibles PRE : 4 074 R : 16 913							Zone forestière sensible	Tableau : Liste des exploitations dans les zones forestières sensibles
F2.6 Superficies cultivées par rapport aux surfaces potentiellement cultivables	En 2004 : Surface cultivable : 172 709 ha Surface cultivée : 101 581 ha (19,72% par rapport à surface cultivable)				National : Superficie cultivable : 6 776 859 ha Surface cultivée : 3 666 992 ha (54,11% par rapport à surface cultivable)							Aucun changement de superficie entre 2001 et 2004	Tableau des superficies cultivées par rapport aux superficies cultivables
F2.7 Quantité d'engrais utilisés													
F2.8 Rendement moyen des principales cultures	Rendement (T/ha)				National							Une parcelle de culture peut être cultivée alternativement par deux types de culture en une seule campagne	Tableau d'évolution des rendements des principales cultures par année et par district (riz, manioc, maïs, pomme de terre, patate douce, arachide, haricot)
	Type	2000	2002	2004	2002	2003	2004						
	Riz	2,63	2,66	3,18	2,14	2,30							
	Manioc	7,56	7,26	10,34	6,72								
	Maïs	1,05	1,17	2,01	0,88								
	Pomme de terre	5,92	6,16	10,06	5,96								
	Patate douce	6,73	6,89		5,22								
	Arachide	0,75	0,76	1,26	0,74	1,02							
	Haricot	0,87	0,84	0,98	0,85	0,85	0,84						

Figure 120 - Pression sur les sols et la couverture végétale (suite), 2007.

Unité : ha

District	Superficie de terrain en proie au feu de brousse	Superficie de terrain reboisée
Arivonimamo	20	98
Miarinarivo	398	120
Soavinandriana	475	66
Total	**893**	**284**

Figure 121 - Superficie de terrain en proie au feu de brousse et reboisée.

Unité : ha

District	Superficie en ha de forêt existante	Superficie en ha de forêt protégée	Superficie en ha de forêt détruite
Arivonimamo	10 360	nd	nd
Miarinarivo	5 388	nd	nd
Soavinandriana	4 890	nd	nd
Total	**20 638**		

Source : MEI/CREAM/Monographie 2009

Figure 122 - Superficie de forêt existante, protégée et forêt détruite.

L'agriculture est l'activité principale de la région. Elle occupe près de 90 % de la population d'Itasy. 84,3% des terres cultivables sont exploitées à Itasy.

District	Surface cultivable (Ha)	Surface cultivée (Ha)	Surface cultivée/cultivable
Arivonimamo	9 350	7 637	81,68 %
Miarinarivo	9 465	8 106	85,64 %
Soavinandriana	5 592	4 843	86,61 %
Total de la région	**24 407**	**20 586**	**84,34 %**
Madagascar	**10 140 964**	**5 245 237**	**51,7 %**

Source : MEI/CREAM/Monographie 2009

Figure 123 - Principales réalisations de la Direction Régionale de l'Environnement et de Forêts en 2010.

Désignation	Objectif	Réalisation	%
Reboisement (ha)	300	227	75,70
Nombre de transfert de gestion suivi et évalué	36	17	42,22
Contrôle environnemental des investissements	06	05	83,33
Quantité de bois volés mise en vente en 2010 (saisie en 2008) m^3	18	18	100

Source : DRE Itasy, Monographie Régionale Itasy Année 2010

Figure 124 - Surface cultivable et cultivée à Itasy.

L'agriculture reste assez traditionnelle dans la région d'Itasy. Ainsi, pour 60,7 % des parcelles et des superficies, aucune fertilisation n'est réalisée.

Unité : %

Mode de fertilisation	Superficie cultivée (Ha)	Pourcentage (%)
Organique	31 064	36,7
Minéral	806	1,0
Mixte	1 383	1,6
Aucune	51 385	60,7
Total	**84 638**	**100,0**

Source : MAEP : Recensement de l'agriculture, Campagne agricole 2004 – 2005, p.14

Figure 125- Répartition des superficies physiques selon le mode de fertilisation.

Les cultures sont assez variées dans la région d'Itasy. Le riz irrigué occupe le plus de superficie soit 62 284 hectares avec une production de 335 389 tonnes.

Spéculations	Superficie (Ha)	Production (t)	Rendement (t/Ha)
Riz irrigué	62 284	335 389	5,26
Riz pluvial	3 851	8 725	2,41
Manioc	22 872	237 682	10,59
Maïs	37 279	89 900	2,28
Pomme de terre	9 211	101 960	13,92
Patate douce	1 377	9 169	7,94
Haricot	12 204	12 287	0,99
Voandzou	4 836	9 106	1,83
Arachide	8 119	8 776	1,20
Ananas	3 135	41 234	16,58
Tomate	4 169	77 253	17,69
Canne à sucres	222	10 370	45,18

Source : DRE Itasy : Monographie régionale Itasy, Année 2010

Figure 126 - Cultures pratiquées dans la région Itasy.

L'artisanat prédomine à Itasy. Le textile, la confection représente 51,6% des activités de transformation de la région.

Unités : Nb

Nombre d'unités	Décortiqueries	Boisson	Transformation de produits agricoles	Menuiserie, scierie	Transformations de bois, fibres, cornes et coquillages	Textile, confection	Lapidairerie, bijouterie	Travaux métalliques	Autres
Arivonimamo	13	0	0	4	80	265	24	29	1
Miarinarivo	33	0	0	3	65	77	1	31	2
Soavinandriana	12	0	6	2	21	21	1	12	0
Total Itasy	**58**	**0**	**6**	**9**	**166**	**363**	**26**	**72**	**3**
Poids de l'unité dans les activités de transformations dans la région	**8,3 %**	**0,0 %**	**0,9 %**	**1,3 %**	**23,6 %**	**51,6 %**	**3,7 %**	**10,2 %**	**0,4 %**
Part Itasy dans le total national	**5,3 %**	**0,0 %**	**1,6 %**	**0,9 %**	**27,9 %**	**25,1 %**	**3,7 %**	**18,0 %**	**0,0 %**

Source : MEI/CREAM/Monographie 2009

Figure 127 - Activités de transformation dans la Région Itasy.

Plus de la moitié des produits sont commercialisés dans la région Itasy: 62,8%. Ce chiffre est à nuancer avec un taux de non réponse de 29,4% et un taux d'autoconsommation de 56,9%.

Unité : %

		Proportion de communes
Lieu de vente du principal produit	dans la commune	62,75
	hors de la commune	7,84
	manquant	29,41
	Total	**100,0 %**
Destination phare du principal produit	vente	43,1 %
	autoconsommation	56,9 %
	Total	**100,0 %**
Circuit commercial du principal produit	collecteur, grossiste	35,3
	intermédiaire	11,8
	consommateur	23,5
	manquant	29,4
	Total	**100,0**

Source : MEI/CREAM/Monographie 2009

Figure 128 - Circuit de commercialisation des produits à Itasy.

Perspective environnementale via les schémas directeurs à La Réunion.

Les objectifs des plans et schémas[473] sont créés en partenariat avec les instances locales à La Réunion et énoncent les défis (actions, actes) et les réalisations (projets).

DAS à privilégier pour la gouvernance et l'innovation dans le cadre d'un développement durable

Table 19. Plans et Schémas directeurs

	RIV: Réunion Île Verte, pour un développement socio-économique durable
Plans et schémas directeurs en faveur de l'innovation, de la gouvernance et du développement durable	RIV a été instauré en mars 2008 et promeut l'innovation en expérimentant les énergies propres, renouvelables, tout en palliant le gaspillage des ressources non renouvelables Maurice CERISOLA, ancien Président de l'Association pour le Développement Industriel de La Réunion (ADIR), déclara «la Réunion économique qui est une association qui regroupe entre autre la CCIR[474], le MEDEF et l'ADIR, déclara que la réunion doit donner l'exemple de la bonne gouvernance et que ce projet « *île verte est devenu une région portée par la réunion économique. A nous tous de faire vivre, avec les autres (GERRI, PR2D, et les autres plans) cette grande ambition* ».
Les DAS / projets/ défis	Les quatre domaines d'activités stratégiques concernés sont les suivants : 1. l'énergie-environnement; 2. l'agro-alimentaire, l'agro-nutrition; 3. le tourisme; 4. les TIC (**<u>Défis de RIV:</u>** – **Agro-nutrition en milieu tropical** 1. Population : 1 million de réunionnais à nourrir à horizon 2030 2. Sécurité alimentaire de la zone 3. Tropicalité et éloignement: nécessité de concilier exigences techniques (qualité, traçabilité) et valorisation d'un environnement unique (biodiversité: 200 microclimats différents, plus de 240 espèces endémiques) – **Energie & environnement** – Objectif de la Région Réunion : autonomie énergétique à 2025

[473] Étant donnée la multiplicité des plans et schémas régionaux, nous développeront ici quelques uns d'entre eux (il s'agit d'un choix arbitraire, d'autres schémas auraient pu être développés comme le PA3D du conseil général).

[474] CCIR : Chambre de commerce et d'industrie de La Réunion.

	– Gestion des déchets sur une île à 10.000 km de l'Europe – Ecosystème unique à préserver (Parc National des Hauts, parc marin) et activité économique à développer – **Tourisme durable** (1). Objectif: 1.000.000 de touristes, 18.000 lits classés, 20 000 emplois directs, 1 milliard d'€ de CA (recette export) (2). Concurrence de la zone (Maurice, Afrique du Sud, Madagascar) – **Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)** (1) objectif: catalyseur transversal au développement des 3 autres secteurs; (2) changement d'échelle obligatoire pour dépasser les limites d'un marché limité avec nécessité de réduction de la fracture numérique; (3) donner du travail à une jeunesse à former : objectif à 10 ans = 10 000 emplois; (4) Nouveaux marchés « *verticaux* » de produits purement TIC : attaque des marché du «*monde.com* »; (5) Arrivée d'une nouvelle gamme de produits/service avec l'arrivée des infrastructures; (6) Haut Débit fixes et mobiles. Taille importante du marché local et jeunesse de la population; Problème de fracture numérique, d'aménagement du territoire et de connexion de la Réunion au reste du monde encore à structurer.
Pour y parvenir:	1. respecter les principes sur les énergies renouvelables 2. capital humain 3. gouvernance d'entreprise, politique et citoyenne un système, un fonctionnement et une structure viable et de qualité pour être innovant. (création du pôle de compétitivité QUALITROPIC pour y parvenir)
Enjeux:	1. Fonctionnement et structure viable, de qualité et innovante 2. Ouverture internationale, création de synergies grâce à l'innovation
Les freins potentiels ou effets à résorber impérativement	/

	PR2D 2007
Plans et schémas directeurs en faveur de l'innovation, de la gouvernance et du développement durable	PR2D 2007 (Plan Régional de développement Durable) à l'initiative de la Région Réunion et de la SR21, en partenariat avec le conseil général et l'Etat) préconise les démarchent socio- économique à poursuivre.
Les DAS / projets/ défis	Les 8 DAS sont : **1. l'agro-nutrition en milieu tropical** (notamment par le pôle de compétitivité Qualitropic qui innove et permet l'ouverture à de nouveaux marchés); **2. la pêche** (cf. aménagements des espaces portuaires prévus à cet effet, modernisation de celle-ci et exploitation des ressources halieutiques (traitant de la pêche), la suivi de cette filière et les accords et partenariats internationaux sont essentiels); **3. l'énergie et l'environnement** (par les énergies renouvelables, hydrauliques, solaires, hydrogènes, biomasse. L'accès à celle-ci est primordial); **4. les TIC** (sont essentielles pour la croissance et le développement de nos entreprises. La qualité est, donc, un facteur incontournable à prendre en compte); **5. l'ingénierie et la formation** (le capital humain et sa valorisation); **6. le tourisme** (le tourisme durable, relèvement de la gamme de produit offert, bâtiments Haute Protection Environnemental, Haute Qualité Environnemental, simplifier l'octroi des visas); **7. la santé**;

	8. et les services à la personne.
Pour y parvenir:	Idem et l'accumulation d'un stock de connaissance assez important est indispensable (la mutualisation des connaissances et ressources, la formation) afin de créer des synergies favorables à la création de nouvelles innovations, rentes, profits). Services sanitaires et à la personne: cyclotron, formation aux risques et divers. 1. Un développement à l'échelle de l'océan indien et ouvert sur le monde (entreprises et leurs ouvertures à d'autres marchés, mobilité des hommes, infrastructures comme outils stratégiques). 2. Un territoire et une société solidaires (exclusion, précarité, illettrisme, développement (industriel, touristique, économique des pôles, tertiaires, agricoles), environnement, énergie, aménagement, développement des pôles d'intérêt régional (vocation industrielle, touristique, de structuration urbaine, environnement); 3. vers l'excellence (capital humain au service de stratégies économiques, DAS, secteurs traditionnels et innovations)
Enjeux:	1. ouverture 2. territoire et société solidaire 3. territoire d'excellence 4. perspectives opérationnelles: exigence de qualité et gisement d'innovation
Les freins potentiels ou effets à résorber impérativement	/

	GERRI[475] (le groupement d'intérêt public a été dissolu le 3 avril 2013)
Plans et schémas directeurs en faveur de l'innovation, de la gouvernance et du développement durable	GERRI 2008 (Green Energy Revolution-Réunion Island), Réunion 2030 est le grenelle de l'environnement à la Réunion avec pour objectif la réussite de l'innovation au niveau local.
Les DAS / projets/ défis	Les cinq domaines d'innovation sont privilégiés: 1. le transports-déplacements; 2. l'énergie; 3. le stockage; 4. la construction- l'urbanisme; 5. le tourisme.
Pour y parvenir:	Idem
Enjeux:	idem
Les freins potentiels ou effets à résorber impérativement	
	SAR 1995

475 http://ile-reunion.pressecologie.com/actualite/Le-projet-GERRI-c-est-fini-remplace-par-Energies-Reunion#.VTosxUurPSg

Plans et schémas directeurs en faveur de l'innovation, de la gouvernance et du développement durable	Le SAR 1995 a été instauré le 6 novembre 1995 pour 10 ans (Loi d'Orientation pour l'Outre- Mer) en cadrant les schémas de cohérence territoriale, les plans locaux d'urbanisme entre autres. Selon la loi du 2 Août 1984 est un document stratégique de planification et d'aménagement du territoire conféré aux conseils régionaux d'Outre-Mer afin de répondre aux objectifs et défis. Il fixe les orientations d'aménagement, de développement durable, de mise en valeur du territoire et protège l'environnement. Il détermine l'implantation des équipements, infrastructures et transports, la localisation des activités diverses et aires d'urbanisation. En outre, le SAR utilise l'analyse SWOT (Forces/ menaces, opportunités/ faiblesse) de l'île que ce soit au niveau régionale, métropolitain et européen.
Les DAS / projets/ défis	les défis furent les suivants: (1) protection des milieux naturels et agricoles (préserver l'équilibre écologique, les sites et les paysages, assurer le développement économique de l'île (agricole et touristique)); (2) aménagement plus équilibré du territoire (limiter les disparités entre les microrégions Nord et Ouest et le Sud/ Est qui se soit en terme de positionnement ou d'équipement) (3) densification des agglomérations existantes et une structuration en bourgs ruraux (maîtrise du foncier, urbanisation limitant la densification, préservant les espaces naturels et agricoles et créer des logements répondant aux besoins de la population, espaces publiques aménager).
Pour y parvenir:	/
Enjeux:	/
Les freins potentiels ou effets à résorber impérativement	Les conclusions de son bilan qui ont été réalisées en 2003 sont les suivantes: 1. pour le défi 1: la consommation des espaces agricoles par toutes formes d'urbanisation a été freinée. Les milieux naturels sont mieux protégés parc national et les réserves, naturelles; 2. défi 2: les disparités entre les microrégions demeures en défaveur du Sud et de l'Est et des hauts et mi- pentes, les disparités économiques demeures, les investissements publics (éducation, équipements) a favorisé un léger rééquilibrage; 3. défi 3: l'étalement urbains s'est poursuivi, la densification et les bourgs ruraux sont moindres que ceux espérés.

	SAR 2009
Plans et schémas directeurs en faveur de l'innovation, de la gouvernance et du développement durable	Le SAR 2009 **projet de SAR arrêté le 4 Août 2009 par le président du Conseil Régional** Le SAR 2009 doit permettre d'instauration d'un meilleur mode de gouvernance en palliant les manquements de son prédécesseur en incorporant de nouveaux défis en fonction des scénarii tendanciels étiquetés et permettant son application rigoureuse par tous les acteurs concernés.☐
Les DAS / projets/ défis	Le SAR a pour défis: 1. la démographie; 2. les changements climatiques; 3. les effets de la mondialisation et la libéralisation des échanges; 4. la crise énergétique et les effets structurant des nouvelles infrastructures majeures.
Pour y parvenir:	1. l'accueil d'un million d'habitants 2. La cohésion sociale 3. La rationalisation de l'espace urbanisé 4. La circulation des personnes, des biens et des informations 5. Une culture réunionnaise vivante et ouverte sur le monde 6. La préservation et la mise en valeur du patrimoine naturel, agricole et paysager 7. La gestion durable des ressources (eau, sols, énergie, matériaux, …) 8. La maîtrise des nuisances pour assurer la sécurité sanitaire et la santé publique 9. La protection des biens et des personnes face aux risques 10. Une croissance économique soutenue 11. l'emploi 12. L'ouverture de l'économie réunionnaise 13. La cohésion territoriale
Enjeux:	Idem case précédente (haut)
Les freins potentiels ou effets à résorber	/

impérativement	

	Le SDADD
Plans et schémas directeurs en faveur de l'innovation, de la gouvernance et du développement durable	**Le SDADD** (Schéma Départemental d'Aménagement et de Développement Durable) a pour vocation selon le conseil général « d'Initié en décembre 2004, ce schéma, qui n'a pas de signification juridique, est un document dont l'ambition est d'apporter la contribution du Département à la définition d'un projet de société et d'un modèle de développement pour la prochaine décennie. Il est également destiné à lui permettre, dans le cadre de ses compétences légales ou au travers des compétences volontaristes, d'assurer une plus grande cohérence et une meilleure lisibilité de son action, en interne, auprès de ses partenaires et de la population réunionnaise. Il a encore pour vocation d'affirmer le positionnement de notre collectivité dans les discussions qui sont actuellement en cours pour l'élaboration du SAR, des Programmes Opérationnels Européens, du « Contrat de Projet.
Les DAS / projets/ défis	Défis et stratégies: 1. l'égalité des chances 2. organiser un aménagement équitable du territoire 3. participer à une nouvelle dynamique économique - 4. assurer une gestion durable du territoire - 5. mettre en place une gouvernance au service du projet en rapprochant le monde politique des citoyens. <u>stratégies:</u> I. Épanouissement des Réunionnais, un accès équitable aux savoirs et à l'éducation. II. Faire la ville dont a besoin La Réunion. III. Développement économique: un «cluster» par micro région. IV. La santé publique: un enjeu prioritaire transversal d'aménagement. V. Limiter le recours aux déplacements - Doter chaque bassin d'emplois d'un système interne de déplacements performant
Pour y parvenir:	Selon les commissions il faudrait: 1. un aménagement différencié par micro régions 2. que l'homme reste au coeur du dispositif d'aménagement 3. réinventer la ville réunionnaise 4. développer le potentiel des micros régions
Enjeux:	Les 7 enjeux 1. Priorisation de l'éducation et de la formation des jeunes 2. Apprentissage de la citoyenneté active 3. Appropriation de la modernité 4. Valorisation de la culture, indispensable à l'épanouissement humain 5. Organisation du cadre de vie intégrant un espace riche mais fragile 6. Réussite de l'organisation du territoire… 7. Accompagnement de l'évolution des fondements de l'économie
Les freins potentiels ou effets à résorber impérativement	- économiques - valorisation de l'entreprise citoyenne - aide à la création et à l'installation des entreprises - le développement durable - l'environnement

ANNEXE 2 Données sur les ressources agricoles et forestières à Madagascar et à La Réunion

L'agriculture réunionnaise en quelques chiffres[476]

- **Superficie agricole utilisée :** 43 313 ha
- **Nombre d'exploitations :** 7 623
- **Nombre de chefs d'exploitation et co-exploitant(e)s** : 7 872 dont 1 269 femmes
- **Conjoints participant à l'activité de l'exploitation :** 3 529
- **Autres actifs familiaux :** 2 772
- **Salariés permanents et saisonniers :** 7 534
- **Nombre d'emplois directs liés à l'agriculture :** 21 707 emplois
- **Âge des exploitants : Moins de 40 ans :** 1 758 ; 40 à 49 ans : 2 797 ; 50 à 59 ans : 2 366 ; 60 ans et plus : 951 - 58 % des chefs d'exploitation ont moins de 50 ans

[476] Chambre de l'Agriculture de La Réunion.

- **Surface moyenne par exploitation :** 5,8 ha – Moins de 20 ha : 7 358 (96,5 %) ; de 20 à moins de 50 ha : 182 (2,4 %) ; de 50 à moins de 100 ha : 69 (0,9 %) ; de 100 à moins de 200 ha : 8 (0,1 %) ; + de 200 ha : 6 (0,1 %)

- **Occupation de la SAU[477] :** 57 % par la canne à sucre ; 10 % par les autres productions végétales ; 28 % par les productions animales ; autres (usage agricole non déterminé, jardins familiaux des exploitants, jachères…) : 5 %

- **Nombre d'exploitations en agriculture biologique :** 100

- **Mode d'exploitation** : Faire valoir direct : 52 % ; Fermage : 48 %

- **Production agricole (en valeur) :** 400 M€

Canne à sucre, huiles essentielles et plantes aromatiques : 132,7 millions d'euros

1) Autres produits végétaux (fruits, légumes, fleurs..) : 147,5 millions d'euros

Productions animales : 115,8 millions d'euros
Produits de services : 4 millions d'euros

2) **Exportation :** Près d'1 euro sur 2 de produits alimentaires exportés de la Réunion provient de l'industrie sucrière.

Le sucre, le rhum et les fruits exportés représentent au total 88,2 millions d'euros sur 286,9 millions d'euros (valeur totale des produits exportés) ; dont 79 % (des 88,2 m€) concerne le seul domaine du sucre.

[477] Surface Agricole Utile.

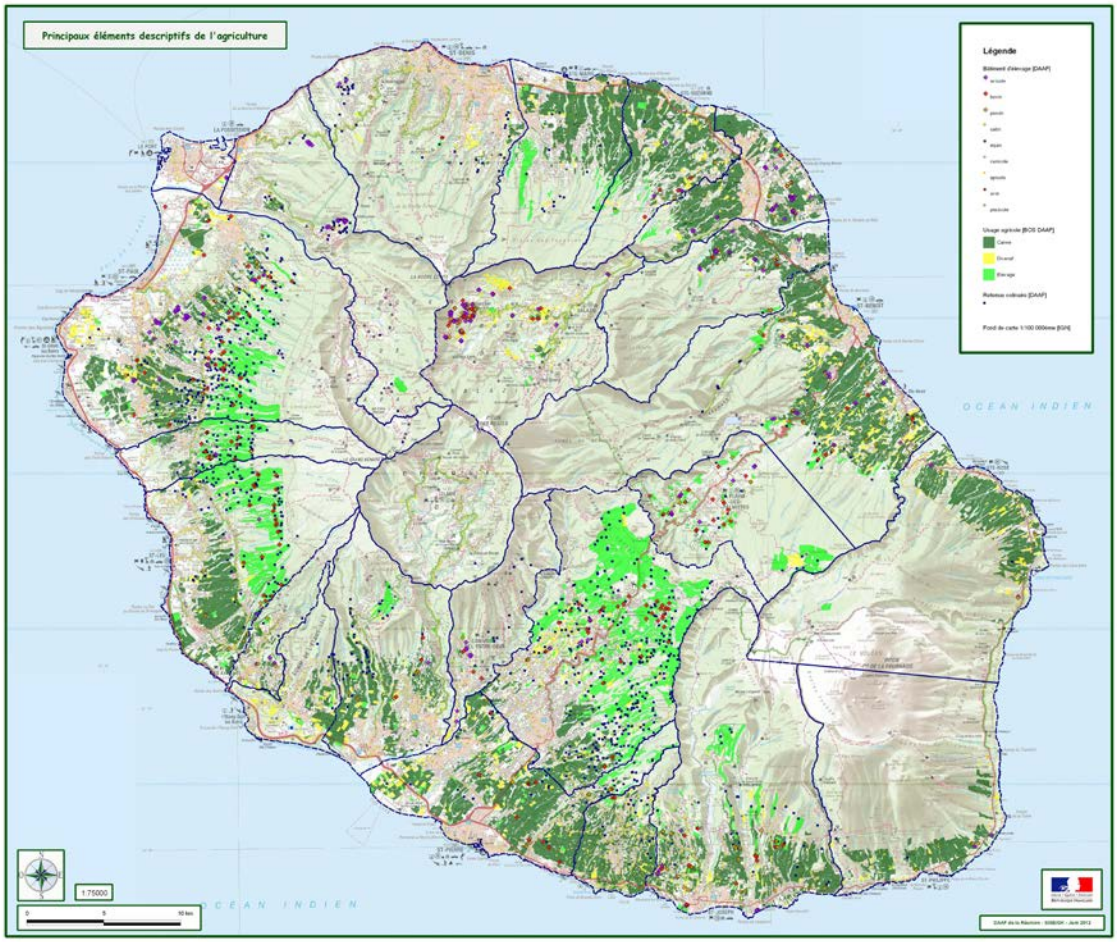


Figure 129 - La composition de l'Agriculture à La Réunion

Table 20. Espaces naturels faisant l'objet d'une protection réglementaire au 31 décembre 2013[478] [479]. Mesures de protection nationales environnementales[480].

en nombre

	Au 31 décembre 2013			
	La Réunion		France	
	Nombre	Superficie (en ha)	Nombre	Superficie (en ha)
Mesures de protection nationales				
Parcs nationaux (1)	1	105 439	10	2 560 439
Parcs naturels régionaux (2)	0	0	48	8 314 751
Réserves naturelles	2	3 962	165	559 321
Réserves naturelles régionales	0	0	114	29 900
Réserves biologiques domaniales et forestières	7	13 584	221	164 316
Espaces protégés par des arrêtés de biotope	3	1 474	782	185 011
Mesures de protection européennes ou internationales				
Sites Ramsar	0	0	37	1 045 310
Zones Natura 2000 (3)				
Sites d'intérêt communautaire (SIC)	0	0	1 367	7 245 199
Zones de protection spéciale (ZPS)	0	0	387	6 912 518

Protection des milieux naturels

(1) : la superficie est celle des cœurs des parcs nationaux.

(2) : les PNR font l'objet d'une protection contractuelle.

(3) : Natura 2000 comprend l'ensemble des ZPS et des SIC sans double compte. Les ZPS et les SIC peuvent en effet se chevaucher.

[478] http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=24&ref_id=tertc01301

[479] http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=24&ref_id=tertc01301

[480] http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=24&ref_id=20874

Sources : MNHN ; SOeS.

Le Parc National de La Réunion a été créé en mars 2007 et couvre la partie centrale de l'île, soit 42 % du territoire. Ce parc vise à concilier la protection de la nature et un développement durable exemplaire. Il est composé d'un coeur de parc de 105 500 hectares dont certaines parties sont habitées ou cultivées. Une aire d'adhésion l'entoure, qui comprend tout ou partie des territoires des communes ayant vocation à faire partie du parc national et ayant décidé d'adhérer à sa charte. Ce patrimoine naturel exceptionnel, plus particulièrement ses « pitons, cirques et remparts », ont été inscrits en juillet 2010 au titre du patrimoine mondial de l'Unesco.

La réserve de l'Étang Saint-Paul, caractéristique des zones humides et étangs littoraux de l'île, a été créée le 2 janvier 2008. En outre, 12 réserves biologiques totalisant plus de 29 500 hectares ont été créés depuis 1981. Elles servent à protéger les grands types de milieux naturels gérés par l'ONF et favorisent leur étude et leur découverte. Enfin, plus de 2 900 hectares font l'objet d'arrêtés de protection de biotope pour prévenir la disparition du pétrel de Barau dans le massif du Piton des Neiges et du pétrel noir dans le Bras de la Plaine.

Pour sauvegarder le milieu marin, une réserve naturelle marine a été créée en février 2007. Par ailleurs, l'arrêté de protection de biotope de l'île de Petite-Ile préserve la nidification des oiseaux marins. De plus, une grande partie du littoral a été classée en espaces naturels remarquables à préserver par le Schéma d'aménagement régional de 1995. Ce classement doit se traduire par un niveau de protection élevé inscrit dans les plans locaux d'urbanisme (PLU).

Table 21. Espaces faisant l'objet d'une protection réglementaire en 2011.

Espaces faisant l'objet d'une protection réglementaire en 2011

	La Réunion	
	Nombre	Surface (en hectares)
Parc national - cœur de parc	1	105 450
Réserves biologiques domaniales et forestières	12	29 527
Espaces remarquables sensibles	15	10 420
Réserves naturelles (DPM1 inclus)	2	3 972
Réserves naturelles nationales	2	3 947
Réserve marine	1	3 500

1 Domaine public maritime.
nd : non disponible.

Source : Direction de l'environnement de l'aménagement et du logement de la Réunion (Deal).

Espaces faisant l'objet d'une protection réglementaire en 2011

	La Réunion	
	Nombre	Surface (en hectares)
Espaces protégés par des arrêtés de biotope	3	2 931
Sites classés	5	nd
Surface sans double compte	///	117 400

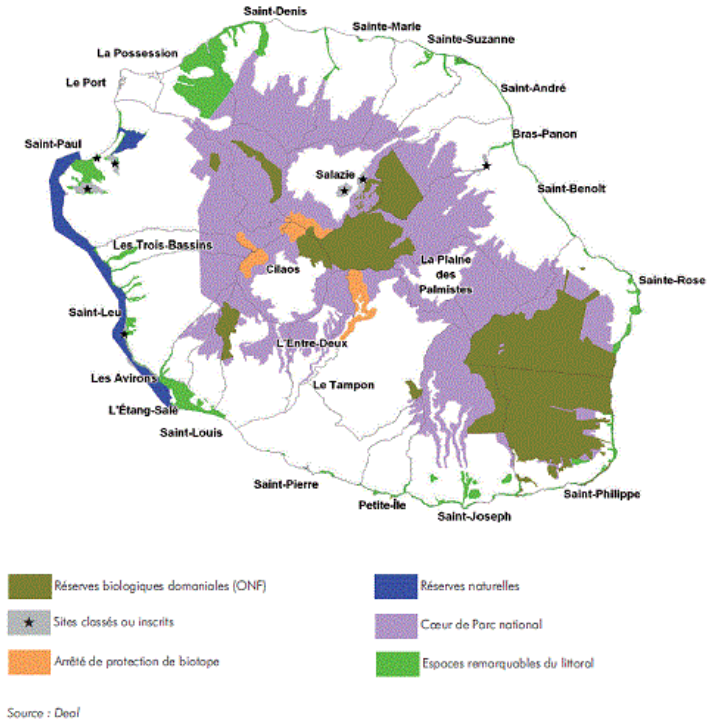


Figure 130 – Carte des cultures de La Réunion, source : INSEE.

Table 22. Données agricoles et forestières À Madagascar.

Noms des Indicateurs	2008	2009	2010	2011	2012
Machinerie agricole, tracteurs					
Consommation d’engrais (% de la production d’engrais)					
Consommation d’engrais (kilogrammes par hectare de terres arables)	4,1428125	2,266571429	2,416285714		
Terres agricoles (km carrés)	410950	413950	413950	413950	
Terres agricoles (% du territoire)	70,66581834	71,18169	71,18169	71,18169	
Terres arables (hectares)	3200000	3500000	3500000	3500000	
Terres arables (hectares par personne)	0,160587872	0,170767569	0,166037842	0,161447053	
Terres arables (% du territoire)	5,502630945	6,018502597	6,018502597	6,018502597	
Terres utilisées pour la production céréalière (hectares)	1574387	1832317	1913884	1772785	1656300
Terres cultivées en permanence (% du territoire)	1,031743302	1,031743302	1,031743302	1,031743302	
Surface forestière (km carrés)	126670	126100	125530	124960	
Surface forestière (% du territoire)	21,78182068	21,68380507	21,58578946	21,48777384	
Terres agricoles irriguées (% du total des terres agricoles)	2,16571359	2,150018118			
Hauteur moyenne des précipitations (mm par an)				1513	
Territoire (km carrés)	581540	581540	581540	581540	581540
Machinerie agricole, tracteurs par 100 km carrés de terres arables					
Production céréalière (tonnes métriques)	4355509	4978212	5162918	4740084	4411350
Indice de production des récoltes (2004 à 2006=100)	110,42	121,61	126,7	125,89	123,43
Indice de production vivrière (2004 à 2006=100)	109,17	116,21	119,94	122,03	120,15
Indice de production de bétail (2004 à 2006=100)	112,69	115,43	118,11	120,78	121,42
Superficie (kilomètres carrés)	587040	587040	587040	587040	587040
Rendement des céréales (kg par hectare)	2766,479	2716,895	2697,613	2673,806	2663,376

ANNEXE 3 Données et cartes sur les transferts de gestion à Analamanga et à Itasy

Source : ministère de l'environnement et des Forêts.

Table 23. Situation Générale des transferts de gestion à Itasy.

N°	VOI	LOCALITE	COMM	Statut de la forêt	Vocation	Type de gestion	Nb bénéficiaires	Superficie Forêts	Organisme d'appui	Activités	Date du contrat	Surface terroir
1	MITSINJO	ANTSAPANIMAHAZO	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE	241	31	SAHA	À suivre	28-avr-06	1080
2	MIAVOTRA II	ANTANETIBE SUD	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE	143	61	SAHA	À suivre	28-avr-06	904
3	VONJY	ANTSAHAMAINA	MVO II			GELOSE				À suivre		
4	MAINTSO MEVA	ANKADIBE Il	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE	45	93	SAHA	À suivre	28-avr-06	590
5	HANITRINIALA	MANAKASINA	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE	72	148	SAHA	À suivre	28-avr-06	640
6	RAVINALA	MERINANDREFANA	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE	76	185	SAHA	À suivre	28-avr-06	1948
7	MAlNTSOANALA	ANT AMBOHO	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE	29	136	SAHA	À suivre	28-avr-06	312
8	SAMPANALA	MIANTSO	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE		48	SAHA	À suivre	28-avr-06	556
9	SAHATATELY	ABATTOIR	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE		218	SAHA	À suivre	28-avr-06	620
10	ANALAMAINTSO	AMBOHIMITARONA	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE		77	SAHA	À suivre	28-avr-06	479

11	MAM	MORARANO J.	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE		92	SAHA	À suivre	28-avr-06	898
12	MITSINJOSOA	MIADANA	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE	76	85	SAHA	À suivre	28-avr-06	474
13	MITSlNJO	MANADALA	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE	87	147	SAHA	À suivre	28-avr-06	1280
14	FANOMEZANTSOA	TSARAHONENANA (MIADANA)	MVO II	Tapia	Conservation	GELOSE	70	275	SAHA	À suivre	28-avr-06	368
15	FIVOARANA	ANTSAHANANDRlANA	MANDIAVATO	Tapia	Conservation	GELOSE	75	100	SAGE	À évaluer	17-mai-04	
16	MIARINTSOA	MAHABO	MANDIAVATO	Tapia	Conservation	GELOSE	72	171	SAGE	À évaluer	10-févr-05	
17	EZAKA MEVA	ANKERANA AMBOHIBARY	MANDIAVATO	Tapia	Conservation	GELOSE	84	310	SAGE	À évaluer	10-févr-05	
18	RISIKA BELANITRA	FKT VATOLAIVY	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE			SAHA	Renouvellement en cours	12/12/03	
19	SANTATRA KIANJANARIVO	KIANJANARIVO	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	82	310	SAHA	Renouvellement en cours	17/09/01	420
20	LOVAMAHAFINARITRA	ANTANETY EST	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE			SAHA	À évaluer	17/09/01	
21	ANALAMAITSOKIANJAMARINA	VATOLAIVY	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	58	104,92	SAHA	À évaluer	12/12/03	394,25
22	FANIRY	VATOLAIVY	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE			SAHA	À évaluer	12/12/03	
23	AVOTRA	AMBODIFARlHY	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE			SAHA	À évaluer	17/09/01	
24	MEVA ANTSAPANlMAHAZO	ANTSAPANlMAHAZO	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE		120	SAHA	Renouvellement en cours	17/09/01	
25	LOVA	MAHADONGA	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	97	100	SAHA	Renouvellement en cours	17/09/01	300
26	FILAMATRA MIARADIA	FIRAVAHANA	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	147	90	SAHA	Renouvellement en	17/09/01	

										cours		
27	HERINTSOA	MERINAVARATRA	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	78	46	SAHA	Renouvellement en cours	17/09/01	
28	VATSITSOROHITRA BEMAHATAZANA	SAMBAlKARIVO	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	73	41,72	SAHA	À évaluer	12/12/03	184,32
29	SOANAVELA	ANTANETIKELY	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	188	100	SAHA	À évaluer	17/09/01	
30	LOVASOA	AMBOHIPENO	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE			SAHA	Renouvellement en cours	17/09/01	
31	FANEVANTSOAlAVOTRA	AMBOHIMANJAKA	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	177	70	SAHA	Renouvellement en cours	17/09/01	
32	TSIRY	AMBATOMITSANGANA	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	60	100	SAHA	Renouvellement en cours	17/09/01	
33	Imaintsoanala Amboniriana	ANTSAHAVORY	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	61	38,92	SAHA	À évaluer	12/12/03	705,3
34	HIARINTSOA	IMASINATSIMONDRANO	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	60	146,27	SAHA	À évaluer	12/12/03	384
35	SOANAVELANDRAZANA	AMBOHIJATOVO	AMO I	Tapia	Conservation	GELOSE	158	44,84	SAHA	À évaluer	12/12/03	870,4
36	FIAT (fikambanana iaro ny tapia)	ankalalahana Ambodifarihy	AMO II	Tapia	Conservation	GELOSE	149	272,19	SAHA	Renouvellement en cours	12/12/03	908,16
37	FIOMBONANA	Ambohibary	Antoby-est	Tapia	Conservation	GELOSE		50	SAHA	À suivre	24/04/07	875
38	MIANDRISOA	Ambohimanana	Antoby-est	lacs		GELOSE			SAHA	À suivre	24/04/07	
39	TSY VERY	Ankafotra	Antoby-	Tapia	Conservation	GELOSE		300	SAHA	À suivre	24/04/07	1200

			est									
40	HERY MIFOHA	Anosiarivo	Antoby-est	lacs		GELOSE			SAHA	À suivre	24/04/07	
41	FANAMBINANA	Antoby-est	Antoby-est	Tapia	Conservation	GELOSE		675	SAHA	À suivre	24/04/07	1950
42	AINGA VAO	Fihaonana	Antoby-est	Tapia	Conservation	GELOSE		200	SAHA	À suivre	24/04/07	875
43	MITSIMBINA	Sambaina	Antoby-est	Tapia	Conservation	GELOSE		750	SAHA	À suivre	24/04/07	1500
44	LOVA MIAMPITA	Soanierana	Antoby-est	Tapia	Conservation	GELOSE		875	SAHA	À suivre	24/04/07	1900
45	FANEVASOA	Mandrosoa	Soamah amanina	Tapia	conservation	GELOSE		152	SAHA	À suivre	09/08/07	1915
46	FIRAISANKINA	Soamahamanina	Soamah amanina	Tapia	conservation	GELOSE		453,6	SAHA	À suivre	09/08/07	5473
47	EZAKA	Bemahatazana	Soamah amanina	Tapia	conservation	GELOSE		387	SAHA	À suivre	09/08/07	1276
48	MIFAMPITSINJO	Antairoka	Soamah amanina	Tapia	conservation	GELOSE		446	SAHA	À suivre	09/08/07	2550
49	TSINJOEZAKA	Ambatomainty	Soamah amanina	Tapia	conservation	GELOSE		93	SAHA	À suivre	09/08/07	645
50	SAFIDY	Mamba	Soamah amanina	Tapia	conservation	GELOSE		497	SAHA	À suivre	09/08/07	853
51	FANEVASOA	Ambohitsoa	Soamah amanina	Tapia	conservation	GELOSE		219	SAHA	À suivre	09/08/07	563,5
52	LOVA MIRAY	Andriandahifotsy	Soamah amanina	Tapia	conservation	GELOSE		290	SAHA	À suivre	09/08/07	820

Table 24. Situation Générale des Transferts de gestion à Itasy (2).

SITUATION GENERALE DES TRANSFERTS DE GESTION A ITASY											
N°	VOI	LOCALITE	CR./DISTRICT	Statut de la forêt	Type de gestion	Nb bénéficiaires	Superficie Forêts	Surface terroir	Activités	Date du contrat	Durée ans
1	MITSINJO	Antsapanimahazo	Miarinarivo II/ MIARINARIVO	Tapia	GELOSE	241	31	1080	À suivre	28-avr-06	3
2	MIAVOTRA II	Antanetibe Sud		Tapia	GELOSE	143	61	904	À suivre	28-avr-06	3
3	VONJY	Antsahamaina			GELOSE				À suivre		3
4	MAINTSO MEVA	Ankadibe II		Tapia	GELOSE	45	93	590	À suivre	28-avr-06	3
5	HANITRINIALA	Manakasina		Tapia	GELOSE	72	148	640	À suivre	28-avr-06	3
6	RAVINALA	Imerinandrefana		Tapia	GELOSE	76	185	1948	À suivre	28-avr-06	3
7	MAlNTSOANALA	Antamboho		Tapia	GELOSE	29	136	312	À suivre	28-avr-06	3
8	SAMPANALA	Miantso		Tapia	GELOSE		48	556	À suivre	28-avr-06	3
9	SAHATATELY	Abattoir		Tapia	GELOSE		218	620	À suivre	28-avr-06	3
10	ANALAMAINTSO	Ambohimitarona		Tapia	GELOSE		77	479	À suivre	28-avr-06	3
11	MAM	Morarano		Tapia	GELOSE		92	898	À suivre	28-avr-06	3
12	MITSINJOSOA	Miadana		Tapia	GELOSE	76	85	474	À suivre	28-avr-06	3
13	MITSlNJO	Manadala		Tapia	GELOSE	87	147	1280	À suivre	28-avr-06	3
14	FANOMEZANTSOA	Tsarahonenana		Tapia	GELOSE	70	275	368	À suivre	28-avr-06	3
15	FIVOARANA	Antsahanandriana	Mandiavato/ MIARINARIVO	Tapia	GELOSE	75	100		À évaluer	17-mai-04	3
16	MIARINTSOA	Mahabo		Tapia	GELOSE	72	171		À évaluer	10-févr-05	3
17	EZAKA MEVA	Ankerana Ambohibary		Tapia	GELOSE	84	310		À évaluer	10-févr-05	3
18	RISIKA BELANITRA	Vatolaivy	Arivonimamo II/ ARIVONIMAMO	Tapia	GELOSE		167		Renouvellement en cours	12/12/03	3
19	SANTATRA KIANJANARIVO	Kianjanarivo		Tapia	GELOSE	82	310	420	Renouvellement en cours	17/09/01	3
20	LOVAMAHAFINARITRA	Antanety Est		Tapia	GELOSE				À évaluer	17/09/01	3

21	ANALAMAITSO	Vatolaivy		Tapia	GELOSE	58	105	394	À évaluer	12/12/03	3
22	FANIRY	Vatolaivy		Tapia	GELOSE				À évaluer	12/12/03	3
23	AVOTRA	Ambodifarihy		Tapia	GELOSE		150		À évaluer	17/09/01	3
24	MEVA ANTSAPANIMAHAZO	Antsapanimahazo		Tapia	GELOSE		120		Renouvellement en cours	17/09/01	3
25	LOVA	Mahadonga		Tapia	GELOSE	97	100	300	Renouvellement en cours	17/09/01	3
26	FILAMATRA MIARADIA	Firavahana		Tapia	GELOSE	147	90		Renouvellement en cours	17/09/01	3
27	HERINTSOA	Merinavaratra	ArivonimamoII/ ARIVONIMAMO	Tapia	GELOSE	78	46		Renouvellement en cours	17/09/01	3
28	VATSITSOROHITRA	Sambaikoarivo		Tapia	GELOSE	73	42	184	À évaluer	12/12/03	3
29	SOANAVELA	Antanetikely		Tapia	GELOSE	188	100		À évaluer	17/09/01	3
30	LOVASOA	Ambohipeno		Tapia	GELOSE				Renouvellement en cours	17/09/01	3
31	FANEVANTSOA lAVOTRA	Ambohimanjaka		Tapia	GELOSE	177	70		Renouvellement en cours	17/09/01	3
32	TSIRY	Ambatomitsangana		Tapia	GELOSE	60	100		Renouvellement en cours	17/09/01	3
33	Imaintsoanala Amboniriana	Antsahavory		Tapia	GELOSE	61	39	705	À évaluer	12/12/03	3
34	HIARINTSOA	Imasinatsimondrano		Tapia	GELOSE	60	146	384	À évaluer	12/12/03	3
35	SOANAVELANDRAZANA	Ambohijatovo		Tapia	GELOSE	158	45	870	À évaluer	12/12/03	3
36	FIAT	Ankalalahana		Tapia	GELOSE	149	272	908	Renouvellement en cours	12/12/03	3
37	FIOMBONANA	Ambohibary	Antoby-est/ MIARINARIVO	Tapia	GELOSE		50	875	À suivre	24/04/07	3
38	TSY VERY	Ankafotra		Tapia	GELOSE		300	1200	À suivre	24/04/07	3

39	FANAMBINANA	Antoby-est		Tapia	GELOSE		675	1950	À suivre	24/04/07	3
40	AINGA VAO	Fihaonana		Tapia	GELOSE		200	875	À suivre	24/04/07	3
41	MITSIMBINA	Sambaina		Tapia	GELOSE		750	1500	À suivre	24/04/07	3
42	LOVA MIAMPITA	Soanierana		Tapia	GELOSE		875	1900	À suivre	24/04/07	3
43	FANEVASOA	Mandrosoa	Soamahamanina/ MIARINARIVO	Tapia	GELOSE		152	1915	À suivre	09/08/07	3
44	FIRAISANKINA	Soamahamanina		Tapia	GELOSE		454	5473	À suivre	09/08/07	3
45	EZAKA	Bemahatazana		Tapia	GELOSE		387	1276	À suivre	09/08/07	3
46	MIFAMPITSINJO	Antairoka		Tapia	GELOSE		446	2550	À suivre	09/08/07	3
47	TSINJOEZAKA	Ambatomainty		Tapia	GELOSE		93	645	À suivre	09/08/07	3
48	SAFIDY	Mamba		Tapia	GELOSE		497	853	À suivre	09/08/07	3
49	FANEVASOA	Ambohitsoa		Tapia	GELOSE		219	563,5	À suivre	09/08/07	3
50	LOVA MIRAY	Andriandahifotsy		Tapia	GELOSE		290	820	À suivre	09/08/07	3
							2458	9467	36709,5		

Table 25. Situation Génrale des Transferts de gestion à Analamanga.

N°	CANTONNEMENT	Type	Site	Localisation	Superficie (ha)	COBA ou autres	Durée	Organisme d'appui (OA) ou Initiateur (IT)	Date de signature	Date d'expiration	N° CONVENTION	Observations	ACTIVITE PREVUE POUR 2011
1	MANJAKANDRIANA	GELOSE	Forêt naturelle de : Mahana Reboisement : -	FKT Merikanjaka CR Merikanjaka DIST Manjakandriana	60Ha 36 a 10ca	VOI LOVASOA	3	IT : SAHA IMERINA	28/11/2000	28/11/03		Evaluation effectuée Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration du VOI Contrat à	Renouvellement

SITUATION TG

			eucalyptus									renouveler	
2	MANJAKANDRIANA	GELOSE	Forêt naturelle de : - Ambodivoara - Ambodiara - Anteviatsimo	FKT Ambahinia CR Merikanjaka DIST Manjakandriana	10,945	VOI AROLOVA	3	IT : SAHA IMERINA	24/07/03	24/07/06		Evaluation effectuée Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration du VOI Contrat à renouveler	Renouvellement
3	MANJAKANDRIANA	GELOSE	Forêt naturelle de : - Antsapia	FKT Merikanjaka CR Merikanjaka DIST Manjakandriana	26,139	VOI ANTSAHALOVAMARIVO	3	IT : SAHA IMERINA	24/07/03	24/07/06		Evaluation effectuée Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration du VOI Contrat à renouveler	Renouvellement
4	MANJAKANDRIANA	GELOSE	Forêt naturelle de : - Andriamiaramaro - Antsevezo	FKT Ambahinia CR Merikanjaka DIST Manjakandriana	12,731	VOI TSINJO-EZAKA	3	IT : SAHA IMERINA	24/07/03	24/07/06		Evaluation effectuée Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration du VOI Contrat à renouveler	Renouvellement
5	MANJAKANDRIAN	GELOSE	Forêt naturelle de :	FKT Merikanjaka	8,864	VOI FANIRISOA	3	IT : SAHA IMERINA	24/07/03	24/07/06		Evaluation effectuée	Renouvellement

	A		- Ambohirano	CR Merikanjaka DIST Manjakandriana								Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration du VOI Contrat à renouveler	
6	MANJAKANDRIANA	GELOSE	Forêt naturelle de : - Andriantsoharana	FKT Merikanjaka CR Merikanjaka DIST Manjakandriana	22,304	VOI MITSINJOFARA	3	IT : SAHA IMERINA	24/07/03	24/07/06		Evaluation effectuée Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration du VOI Contrat à renouveler	Renouvellement
7	MANJAKANDRIANA	GELOSE	Forêt naturelle de : - Ambiaty	FKT Fiadanana CR Merikanjaka DIST Manjakandriana	12	VOI FIVOARANA	3	IT : SAHA IMERINA	11/12/03	11/12/06		Evaluation effectuée Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration du VOI Contrat à renouveler	Renouvellement
8	MANJAKANDRIANA	GELOSE	Forêt naturelle de : - Ambatokary - Amby	FKT Merikanjaka CR Merikanjaka DIST Manjakandriana	27,6935	VOI HANITRINIALA	3	IT : SAHA IMERINA	11/12/03	11/12/06		Evaluation effectuée Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration du VOI	Renouvellement

			- Ampihioarandakana - Ampangalandidy - Ankadilalana									Contrat à renouveler	
9		GELOSE	Mangabe Ambatovory	FKT Ambohimanatrika CR Soavinandriana	325	VOI FIVOARANA		PSDR/UIREP TANA	04/06/04	04/06/07		**En cours d'évaluation** financée par PSDR	En cours d'évaluation
10	MANJAKANDRIANA	GELOSE	Miarinarivo	Fkt Merikanjaka CR Merikanjaka DIST Manjakandriana	48	VOI MITSINJO	3	OA : Saha Imerina IT : Saha Imerina	29/06/07	29/06/10		à évaluer	Evaluation
11	MANJAKANDRIANA	GELOSE	Antanetibe/Andraihaja	Fkt antanetibe CR Ambohitrandriamanitra DIST Manjakandriana	10	VOI VOARY TAFARAY	3	OA : Saha Imerina IT : Saha Imerina	29/06/07	29/06/10		à évaluer	Evaluation
12	ANJOZOROBE	GCF	Forêt naturelle de : -Est Ankazovelona	FKT Manankasina CR Betatao DIST Anjozorobe	1200	VOI FITAMITIA	10	OA : JICA IT : COBA même	08/10/10	08/10/20	N°838/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG	Contrat renouveler jusqu'en 2020	Suivi des travaux d'éclaircie Suivi

13	ANJOZOROBE	GCF	Forêt naturelle de : - Ambodirano - Andilambe - Ambodivoahangy - Andasivato - Ambditavolo - Vohitralongo	FKT Miakadaza CR Betatao District Anjozorobe	310	VOI FT2HTA	3	OA: JICA IT: COBA même	12/02/03	12/02/06		Evaluation effectuée Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration du VOI Contrat à renouveler	
14	ANJOZOROBE	GCF	Bezandary Analamalotra Ampizaramaso Anjiron'i Lemonjy	FKT Besorindrana CR Amparatanjona DIST Anjozorobe	950	VOI MORARANO AN'ALA	10	OA : JICA IT : COBA même	08/10/10	08/10/20	N°839/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG	Contrat renouveler jusqu'en 2020	Suivi des travaux d'éclaircie Suivi
15	ANDRAMASINA	GCF	Forêt naturelle de : - Andriankely	FKT Manandriana CR Ambohimiadana DIST	250	ASSOCIATION TSARAFARA	10	OA: Fondation TANY MEVA IT COBA meme	22/11/10	22/11/20	976/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG	Contrat renouveler jusqu'en 2020	Suivi

				Andramasina									
16	ANDRAM ASINA	GCF	Forêt naturelle de : - Sevabe - Sarodroa, - Ambohibe atsimo	FKT Andriatsiazo CR Anosibe Trimoloharano DIST Andramasina	623	VOI MIHARANTSOA	3	IT: COBA meme	31/03/05	31/03/08		Contrat N°223 Contrôler en 2ème trimestre 2007 Evaluation à effectuer	Evaluation
17	ANDRAM ASINA	GCF	Forêt naturelle de : - Anjoma - Andasibiby - Antsahalava	FKT Andriatsiazo CR Anosibe Trimoloharano DIST Andramasina	368	VOI FITARIKANDRO	10	IT: COBA meme	25/11/11	25/11/21	N°1032/11 /MEF/SG/ DGF/DREF.ANLG	Contrat renouveler jusqu'en 2020	Suivi
18	MANJAK ANDRIANA	GCF	Forêt naturelle de : - Andranobe	FKT Andranobe Tsarahonenana CR Ambatolaona DIST Manjakandriana	1156	VOI VMM/VMHF	3	IT : COBA même	13/04/06	13/04/09		à ne plus renouveler terroir en dehors d'Analamanga	
19	ANDRAM ASINA	GCF	Forêt naturelle	CR Tankafatra	555	LOVASOA	3	Aucun	05/09/07	05/09/10	480/07-MINENV.EF/DIREEF.1/SAE	Evaluation à effectuer Plan d'aménagement à mettre à jour	Suivi des travaux d'éclaircie Evaluation finale

												Restructuration à effectuer Contrat à renouveler	
20	ANDRAMASINA	GCF	Forêt naturelle	CR Tankafatra	650	FEFI	3	Aucun	05/09/07	05/09/10	479/07-MINENV.EF/DIREEF.1/SAE	Evaluation à effectuer Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration à effectuer Contrat à renouveler	Suivi des travaux d'éclaircie Evaluation finale
21	ANDRAMASINA	GCF	Forêt naturelle	CR Tankafatra	682	FIARO	3	Aucun	05/09/07	05/09/10	478/07-MINENV.EF/DIREEF.1/SAE	Evaluation à effectuer Plan d'aménagement à mettre à jour Restructuration à effectuer Contrat à renouveler	Suivi des travaux d'éclaircie Evaluation finale
22	ANJOZOROBE	GCF	Forêt naturelle	FKT Ambongamarina CR Ambongamarina DIST Anjozorobe	680	FIAM	3	Aucun	21/11/2007	21/11/2011	contrat N°666/07	**En cours**	Suivi
23	ANDRAMASINA	GCF	Forêt naturelle Ampibasy	FKT Antsahanatoby CR Ambohimiadana	318	TANTSINANANA	3	Aucun	22/11/10	22/11/13	974/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG	En cours	Suivi

			Ihorompotsy	DIST Andramasina									
24	ANJOZOROBE	GCF		FKT …….. CR Ambongamarina DIST Anjozorobe		VOARY MAINTSO	3	Aucun				En phase d'élaboration du PAGS Ritualisation à effectuer	Ritualisation
25	ANJOZOROBE	GCF		FKT Ambongamarina CR Ambongamarina DIST Anjozorobe	1282	RIAN'ALA	3	Aucun	05/10/11	05/10/14	N°877/11 MEF/SG/ DGF/DREF.ANLG	En cours Ritualisation à effectuer	Suivi
26	ANJOZOROBE	GCF		FKT Ambongamarina CR Betatao DIST Anjozorobe		SAHAVOARA	3	Aucun				En phase d'élaboration du PAGS	
27	ANJOZOROBE	GCF	Forêt Ambavasambo	FKT Ambavasambo CR Marotsipoy DIST Anjozorobe	1650	TARATRA	3	Aucun	29/11/11	29/11/14	N°1035/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG	En cours	Suivi
28	ANDRAMASINA	GCF	Forêt Andasikatsaka	FKT Andasikatsaka CR Ampitsinjovana Bakaro DIST Andramasina	655	FANEVA	3	Aucun	21/04/11	21/04/14	404/11/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG	En cours	Suivi
29	ANDRAMASINA	GCF	Forêt Ambako	FKT Antsahanatoby	675	TMTI	3	Aucun			N°693/11 MEF/SG/	En cours	Suivi

			ana Atsimo	CR Ambohimiadana DIST Andramasina							DGF/DREF.ANLG		
30	ANKAZOBE	GCF	Forêt naturelle de : nkafobe	FKT Kiva CR Ankazobe DIST Ankazobe	130	VOI SOHISIKA	3	IT : MBJ	10/06/11	10/06/14	N°595/11/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG	En cours	Suivi
31	ANDRAMASINA	GCF	Forêt naturelle	FKT CR DIST Andramasina	154	VERT	3	Aucun	25/11/11	25/11/14	N°1031/11/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG		Suivi
32	AMBATOLAMY TSIMAHAFOTSY	GELOSE	Lacs	FKT CR Ambatolampy Tsimahafotsy DIST Ambohidtatrimo	1050	FMMKA	10	SAHA					

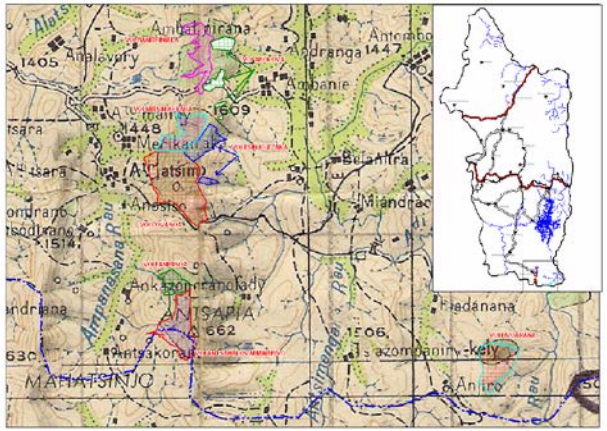


Figure 131 - VOI Merikanjaka

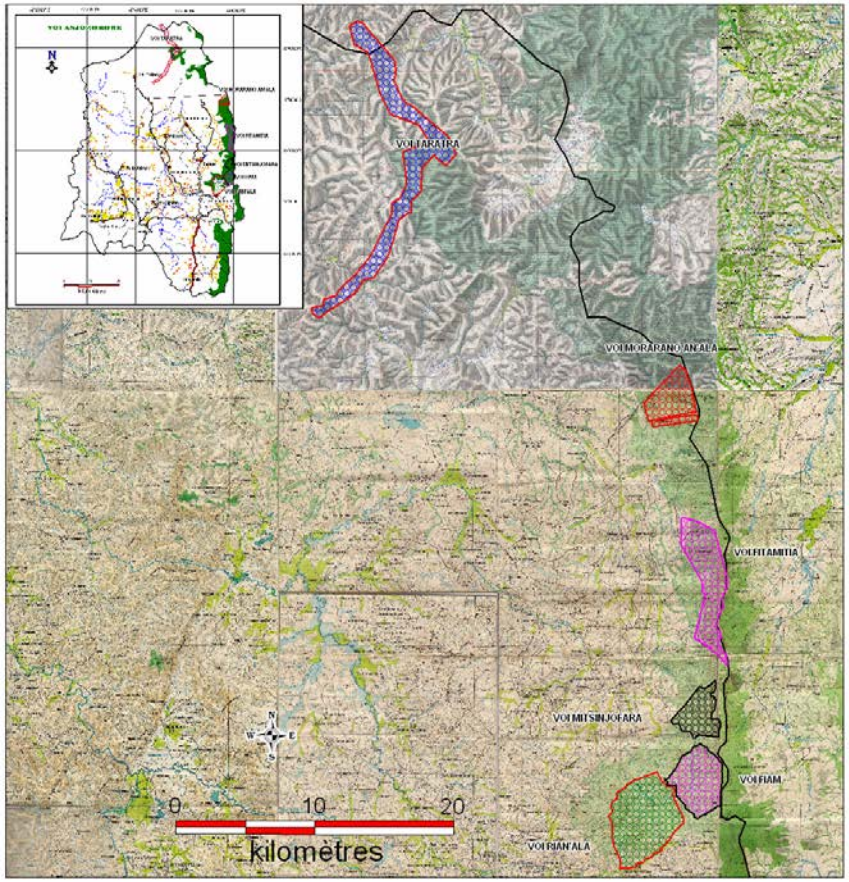


Figure 132 - VOI Ankazorobe

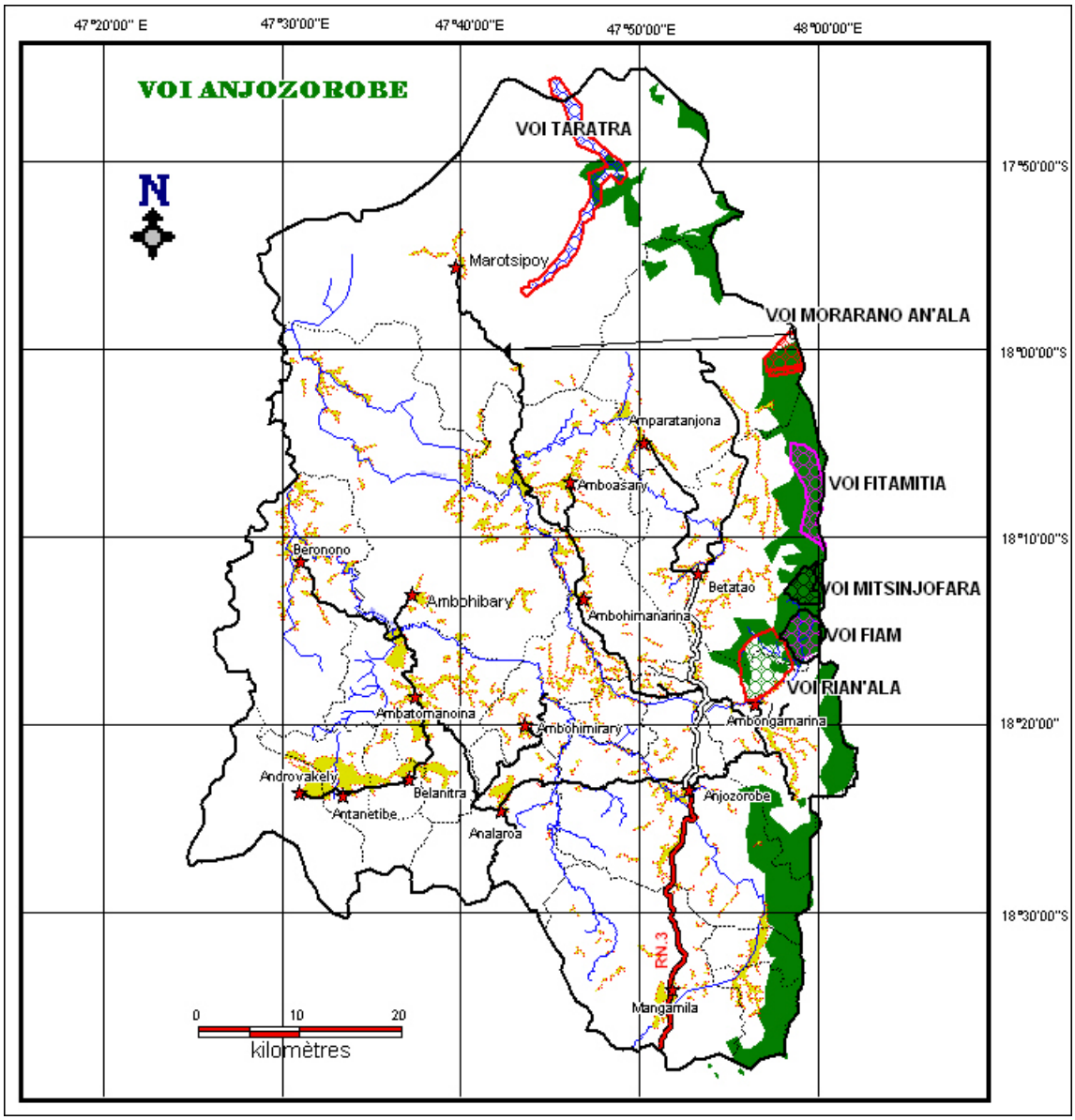


Figure 133 - VOI Anjozorobe.

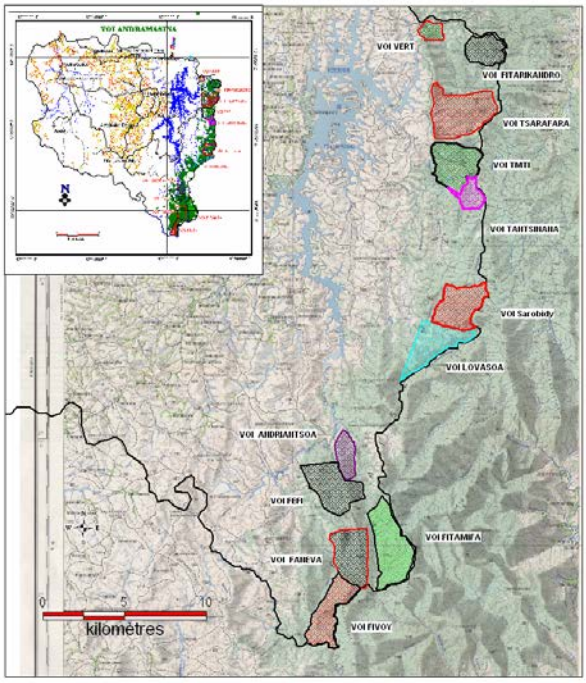


Figure 134 - VOI Andramasina.

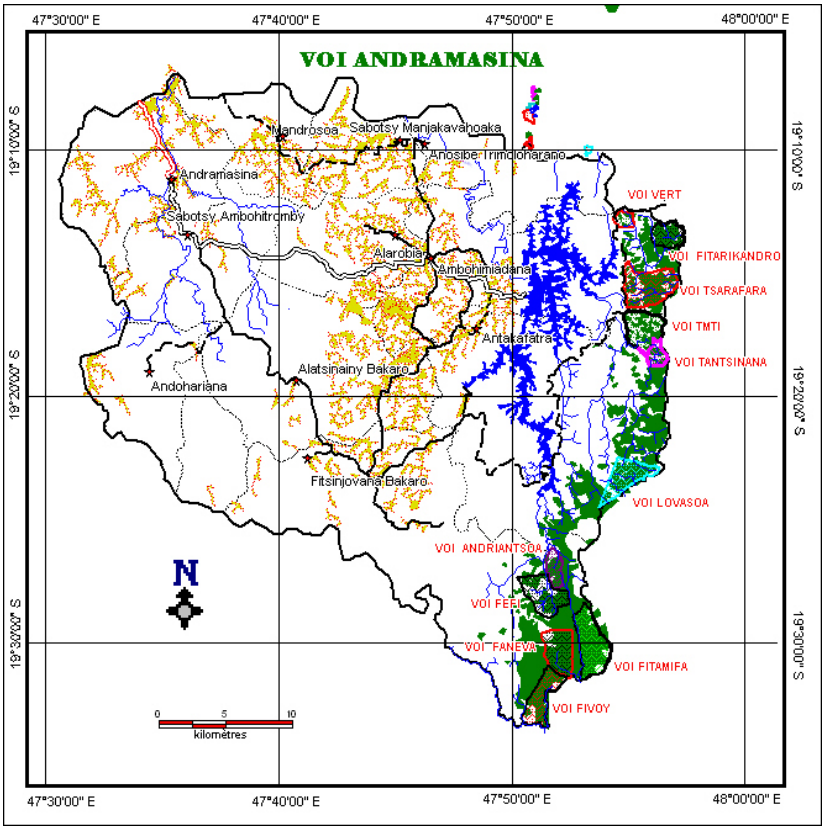


Figure 135 - VOI Andramasina 2

ANNEXE 4 : Situation des contrats de transferts de gestion évalués à Analamanga et à Itasy (Complément annexe 2) Source: Direction Régionale de l'Environnement et des Forêts.

Table 26. Situation des contrats de transferts de gestion évalués à Analamanga et à Itasy.

SITUATION DES CONTRATS DE TRANSFERT DE GESTION ÉVALUES À ITASY								
N°	Sites	Sup. Forêts	Sup.Terroir	Communes	Bénéficiaires	Date évaluation	Situation actuelle	Observations
1	Kianjanarivo	310	420	Arivonimamo II	Fokonolona	11/06/08	Document de renouvellement en cours de finalisation (attente validation DINA)	GELOSE, Forêts tapia, Financement PEIII
2	Ambatomitsangana	100	339	Arivonimamo II	Fokonolona	11/06/08		
3	Merinavaratra	46	419,94	Arivonimamo II	Fokonolona	10/06/08		
4	Firavahana	90	405	Arivonimamo II	Fokonolona	10/06/08		
5	Mahadonga	100	559,38	Arivonimamo II	Fokonolona	12/06/08		
6	Vatolaivy	165,5		Arivonimamo II	Fokonolona		en phase de réorganisation	GELOSE, Forêts tapia, Financement PEIII
7	Antsapanimahazo	120		Arivonimamo II	Fokonolona			
8	Ambohipeno			Arivonimamo II	Fokonolona			
9	Ambohimanjaka	70		Arivonimamo II	Fokonolona			
10	Ankalalahana	272,19	908,16	Arivonimamo II	Fokonolona			

Table 27. Situation des contrats de transfert de gestion évalués à Analamanga.

CEF Andrimasina

N°	Site	Localisation	Superficie (ha)	COBA ou autres	Durée	N° CONVENTION	permis	Observation
1	Forêt naturelle de : - Andriankely	FKT Manandriana CR Ambohimiadana	1059	ASSOCIATION TSARAFARA	10 ans du 22/11/2010 au 22/11/2020	976/10/MEF/SG/DGF/ DREF.ANLG du 22/11/2010		En cours
2	Forêt naturelle de : * Anjoma *Andasibiby *Antsahalava	FKT Andriatsiazo CR Anosibe Trimoloharano	368	VOI FITARIKANDRO	10 ans du 25/11/2011 au 25/11/2021	N°1032/11/MEF/SG/ DGF/DREF.ANLG du 25/11/2011	N°209/14/MEF/SG/ DREF.ANLG du 14 /02/2014	En cours
3	Forêt naturelle Ampibasy Ihorompotsy	FKT Antsahanatoby CR Ambohimiadana	318	TANTSINANANA NA	3 ans du 22/11/2010 au 22/11/2013	974/10/MEF/SG/DGF/ DREF.ANLG du 22/11/2010	N°1049/12/MEF/SG /DGF/DREF.ANLG du 28/08/2012	Convention expirée permis expiré Evaluation finale à effectuer
4	Forêt Andasikatsaka	FKT Andasikatsaka CR Ampitsinjovana Bakaro	655	FANEVA	3 ans du 21/04/2011 au 21/042014	404/11/MEF/SG/DGF/ DREF.ANLG du 21/04/2011	964/12/MEF/SG/DG F/DREF.ANLG du 31/07/2012	Convention expirée Permis expiré

								Evaluation finale à effectuer
5	Forêt Ambakoana Atsimo	FKT Antsahanatoby CR Ambohimiadana	675	TMTI	3 ans du 27/07/2011 au 27/07/2014	N°693/11MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 27/07/2011	N°28/13/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 14/01/2013	Permis expiré Evaluation annuelle à effectuer
6	Forêt naturelle Ambohibe	FKT Andriatsiazo CR Anosibe Trimoloharano	154	VERT	3 ans du 25/11/2011 au 25/11/2014	N°1031/11/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 25/11/2011		En cours
7	Forêt Andavabato	FKT Ampiadiamanja CR Fitsinjovana Bakaro	280	ANDRIANTSOA	3 ans du 18/01/2013 au 18/01/2016	N°43/13/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 18/01/2013		En cours
8	Forêt Voamboana	FKT Ampiadiamanja CR Fitsinjovana Bakaro	900	FITAMIFA	3 ans du 18/01/2013 au 18/01/2016	N°44/13/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 18/01/2013	1079/13/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 20/11/13	En cours
9	Forêt Ambotrinindriana	FKT Ampiadiamanja CR Fitsinjovana Bakaro	629	MIARAMIVOY	3 ans du 18/01/2013 au 18/01/2016	N°45/13/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 18/01/2013	107/14/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 22/01/14	En cours
10	Forêt d'Andasibe	FKT Morarano CR Tankafatra	658	SAROBIDY	3 ans du 29/10/2013 au 29/10/2016	N°993/13/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 29/10/2013		En cours

11	Forêt naturelle	FKT Ankororosy CR Tankafatra	555	LOVASOA	3 ans du 05/09/2007 au 05/09/2010	480/07-MINENV.EF/DIREEF.1/SAE du 05/09/07	824/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 05/10/2010	Convention expirée Permis expiré
12	Forêt naturelle Andranobe	FKT Anovondriana CR Tankafatra	650	FEFI	3 ans du 05/09/2007 au 05/09/2010	479/07-MINENV.EF/DIREEF.1/SAE du 05/09/07	853/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 12/10/2010	Convention expirée Permis expiré en cours de renouvellement
13	Forêt naturelle	FKT Analamahiotra CR Tankafatra	682	FIARO	3 ans du 05/09/2007 au 05/09/2010	478/07-MINENV.EF/DIREEF.1/SAE du 05/09/07	882/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 19/10/2010	Convention expirée Permis expiré
14	Forêt naturelle de : - Sevabe - Sarodroa, - Ambohibe atsimo	FKT Andriatsiazo CR Anosibe Trimoloharano	623	VOI MIHARANTSOA	3 ans du 31/03/2005 au 31/03/2008	N°223		En veille

CEF Anjokorobe

N°	Site	Localisation	Superficie (ha)	COBA ou autres	Durée	N° CONVENTION	permis	Observation

1	Forêt naturelle de : Ambodifiakarana Ambodipaiso	FKT Manankasina CR Betatao	1200	VOI FITAMITIA	10 ans 08/10/2010 au 08/10/2020	N°838/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 08/10/2010	N°1075/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 05/09/2012	En cours permis expiré
2	Forêt naturelle de : Sambolava Tanimasaka	FKT Besorindrana CR Amparatanjona	950	VOI MORARANO AN'ALA	10 ans 08/10/2010 au 08/10/2020	N°839/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 08/10/2010	N°979/10/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 22/11/2010	En cours permis expiré
3		FKT Ambongamarina CR Ambongamarina DIST Anjozorobe	1282	RIAN'ALA	3 ans 05/10/2011 au 05/10/2014	N°877/11MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 05/10/2011	N°1094/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 07/09/2012	* Permis expiré * Conflit entre les membres du VOI
4	Forêt Ambavasambo	FKT Ambavasambo CR Marotsipoy	1650	TARATRA	3 ans du 29/11/2011 au 29/11/2014	N°1035/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 29/11/2011	505/13/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 18/07/13	Evacuation de stock suivant PV N°
5	Forêt Bekalanoro	FKT Ambohimiarina CR Betatao		MITSINJOFARA	3 ans du 22/05/2014 au 222/05/2017			

6	Analavory : Andasihionkona Andranonifafy Andasivolo	FKTAmbohimiarina CR Betatao	904	VOARY MAINTSO	3 ans du 31/10/2013 au 31/10/2016	N°998/13/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 31/10/2013			En cours
7	Forêt naturelle Ambatomisakandahy Tsimanahirivotra	FKT Betatao CR Betatao	1038	SAH'VOARY	3 ans du 07/11/2013 au 07/11/2016	N°1028/13/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 07/11/2013			En cours
8	Forêt naturelle de : - Ambodirano - Andilambe - Ambodivoahangy - Andasivato - Amboditavolo - Vohitralongo	FKT Miakadaza CR Betatao	310	VOI FT2HTA	3 ans du 12/02/2003 au 12/02/2006				En veille
9	Forêt naturelle Andasivola	FKT Antanifotsy CR Ambongamarina	680	FIAM	3 ans du 21/11/2007 au 21/11/2010	N°666/07-MINENV.EF/DGEEF/DIREEF./SAE du 21/11/2007			Convention expirée Evaluation finale à effectuer

CEF Manjakandriana

N°	Site	Localisation	Superficie (ha)	COBA ou autres	Durée	N° CONVENTION	permis	Observation

1	Forêt naturelle de : Mahana Reboisement : eucalyptus	FKT Merikanjaka CR Merikanjaka	60Ha 36 a 10ca	VOI LOVASOA	10 ans du 04/05/2012 au 04/05/2022	N°661/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 04/05/2012		En cours
2	Forêt naturelle de : Ambodivoara Ambodiara Anteviatsimo	FKT Ambahinia CR Merikanjaka	10,945	VOI AROLOVA	10 ans du 04/05/2012 au 04/05/2022	N°662/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 04/05/2012		En cours
3	Forêt naturelle de : Antsapia	FKT Merikanjaka CR Merikanjaka	26,139	VOI ANTSAHALOVAMARIVO	10 ans du 04/05/2012 au 04/05/2022	N°663/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 04/05/2012		En cours
4	Forêt naturelle de : Andriamiaramaro Antsevezo	FKT Ambahinia CR Merikanjaka	12,731	VOI TSINJO-EZAKA	10 ans du 04/05/2012 au 04/05/2022	N°664/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 04/05/2012		En cours
5	Forêt naturelle de : Ambohirano	FKT Merikanjaka CR Merikanjaka	8,864	VOI FANIRISOA	10 ans du 04/05/2012 au 04/05/2022	N°665/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 04/05/2012		En cours
6	Forêt naturelle de : Andriantsoharana	FKT Merikanjaka CR Merikanjaka	22,304	VOI MITSINJOFARA	10 ans du 04/05/2012 au 04/05/2022	N°666/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 04/05/2012		En cours
7	Forêt naturelle de : Ambiaty	FKT Fiadanana CR Merikanjaka	12	VOI FIVOARANA	10 ans du 04/05/2012	N°667/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 04/05/2012		En cours

					au 04/05/2022			
8	Forêt naturelle de : Ambatokary Amby Ampihioarandakana Ampangalandidy Ankadilalana	FKT Merikanjaka CR Merikanjaka	27,6935	VOI HANITRINIALA	10 ans du 04/05/2012 au 04/05/2022	N°668/12/MEF/SG/DGF/DREF.ANLG du 04/05/2012		En cours
9	Mangabe Ambatovory	FKT Ambohimanatrika CR Soavinandriana	325	VOI FIVOARANA	3 ans du 04/06/2004 au 04/06/2007			En veille
10	Miarinarivo	Fkt Merikanjaka CR Merikanjaka	48	VOI MITSINJO	3 ans du 29/06/2007 au 29/06/2010			En veille
11	Antanetibe/Andraihaja	Fkt antanetibe CR Ambohitrandriamanitra	10	VOI VOARY TAFARAY	3 ans du 29/06/2007 au 29/06/2010			En veille
13	Forêt naturelle de : Andranobe	FKT Andranobe Tsarahonenana CR Ambatolaona	1156	VOI VMM/VMHF	3 ans du 13/04/2006 au 13/04/2009			Problème de délimitation avec la région Alaotra mangoro

ANNEXE 5 : Données, Documents et cartes sur la Région d'Analamanga

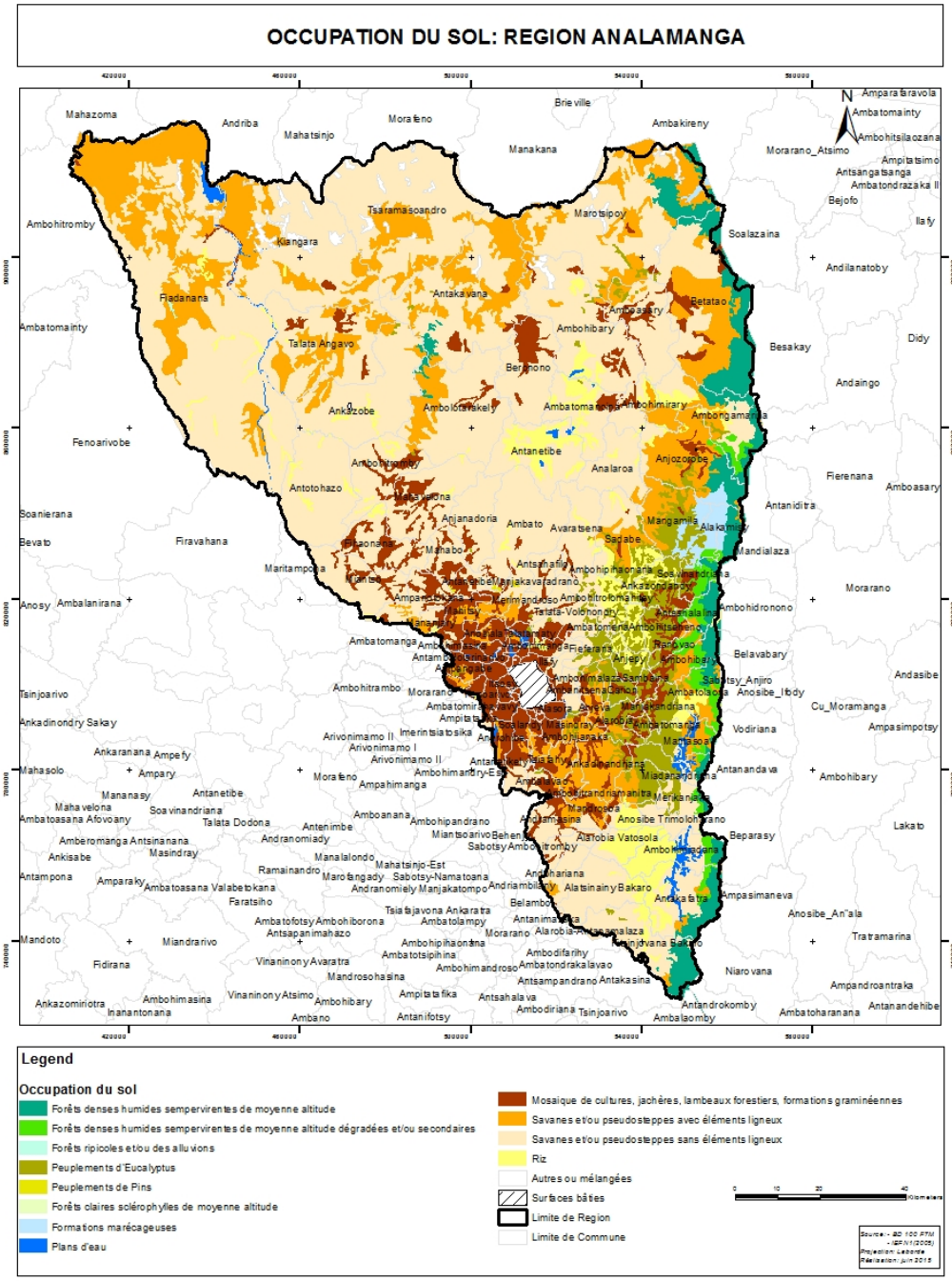


Figure 136 - Carte occupation du sol: Région Analamanga (Madagascar).

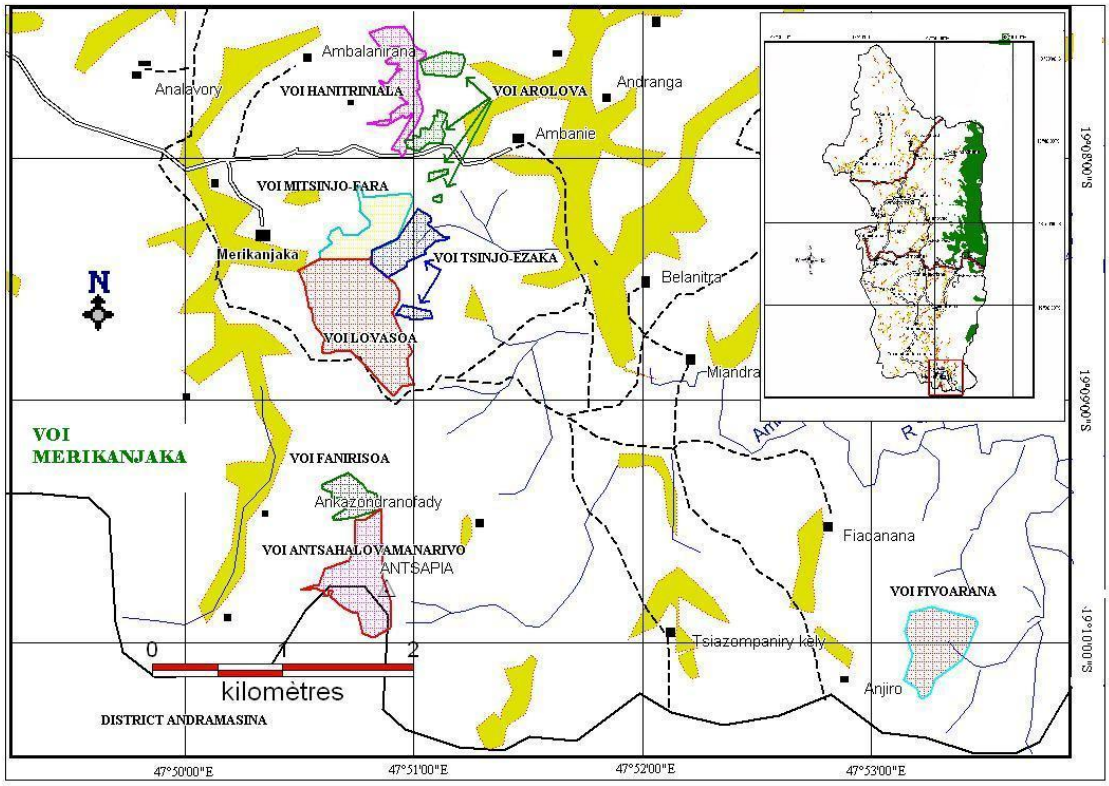


Figure 137 - VOI Merikanjaka.

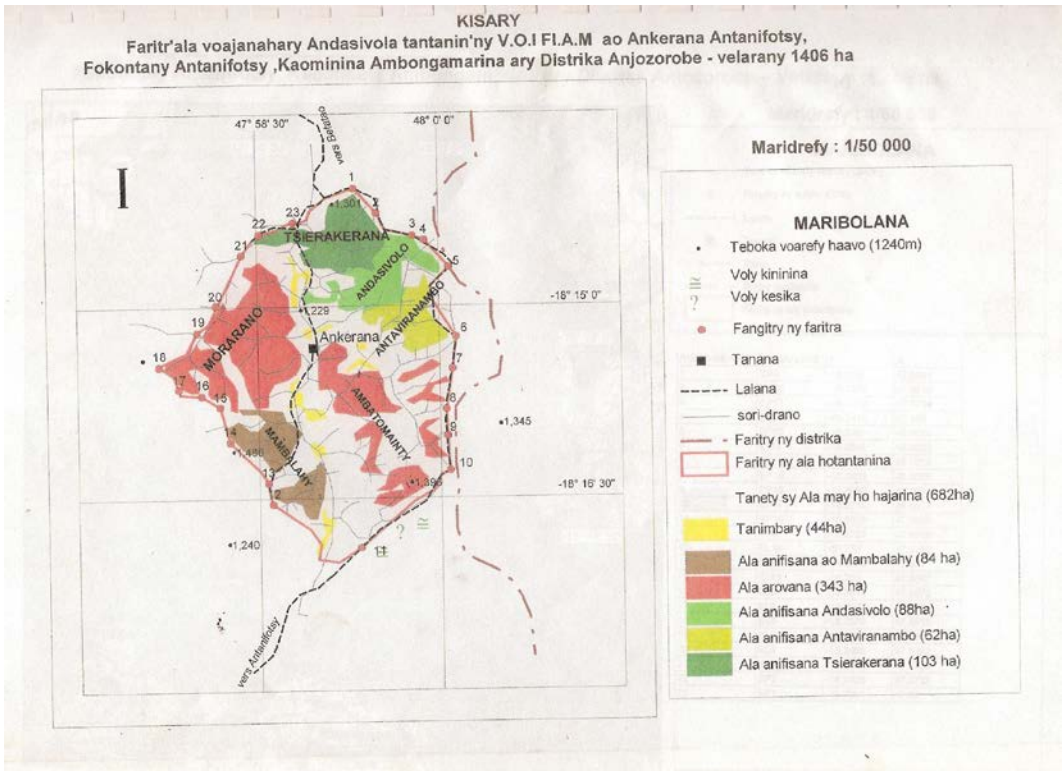


Figure 138 - VOI FIAM.

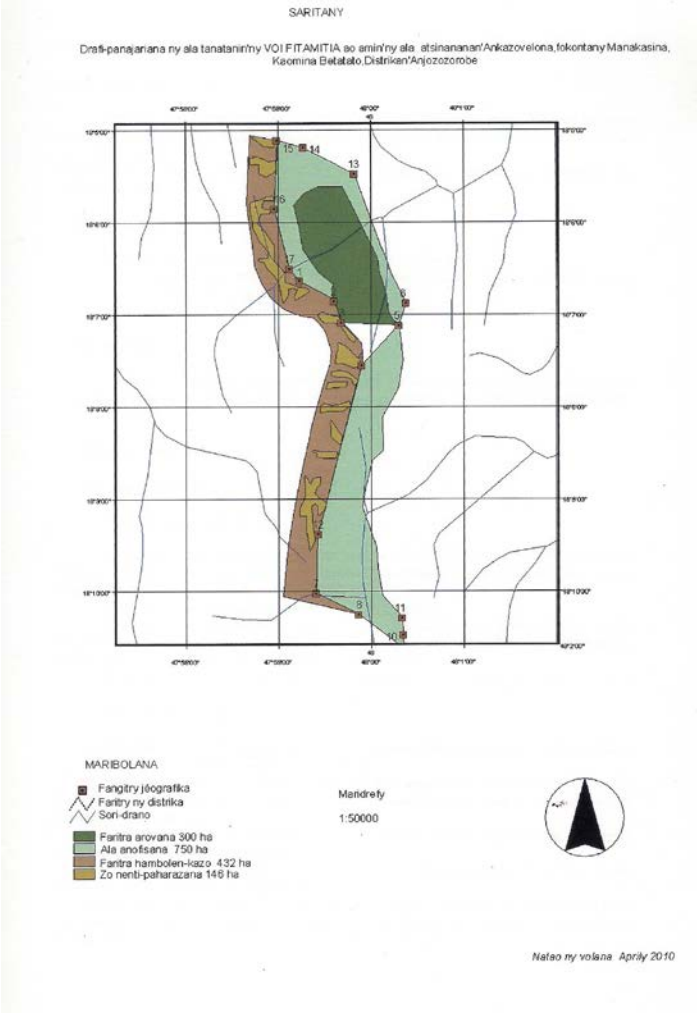


Figure 139 - VOI FITAMITIA.

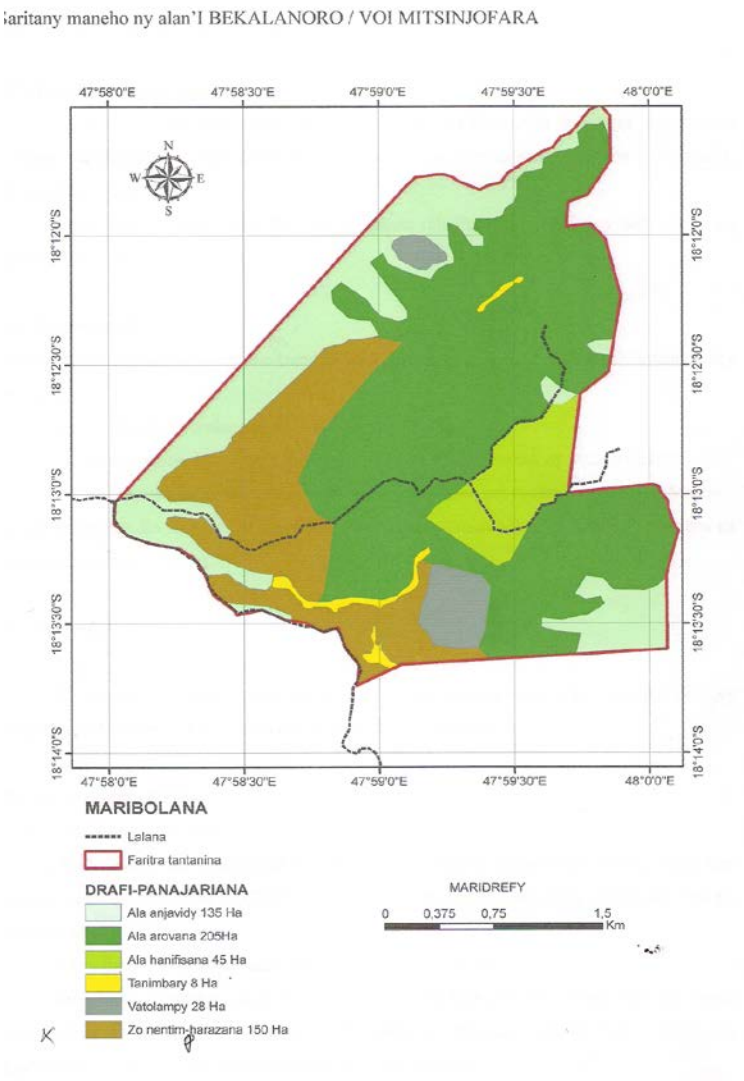


Figure 140 - VOI MITSINJOFARA.



Figure 141- VOI RIAN'ALA.

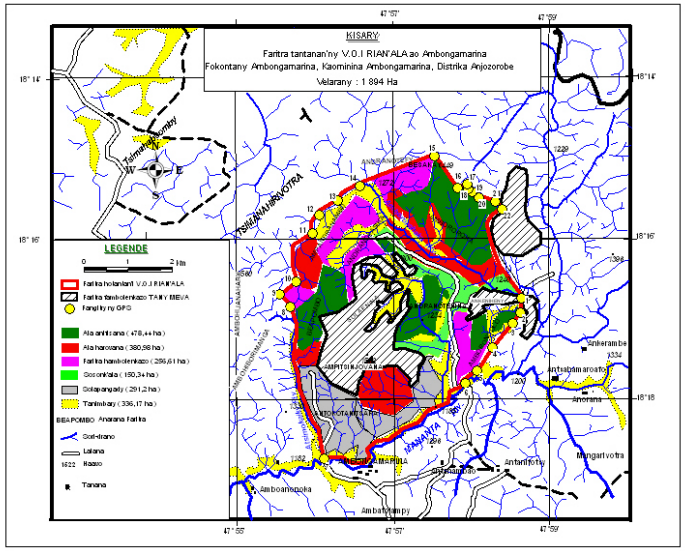


Figure 142- VOI MORARANO AN'ALA.

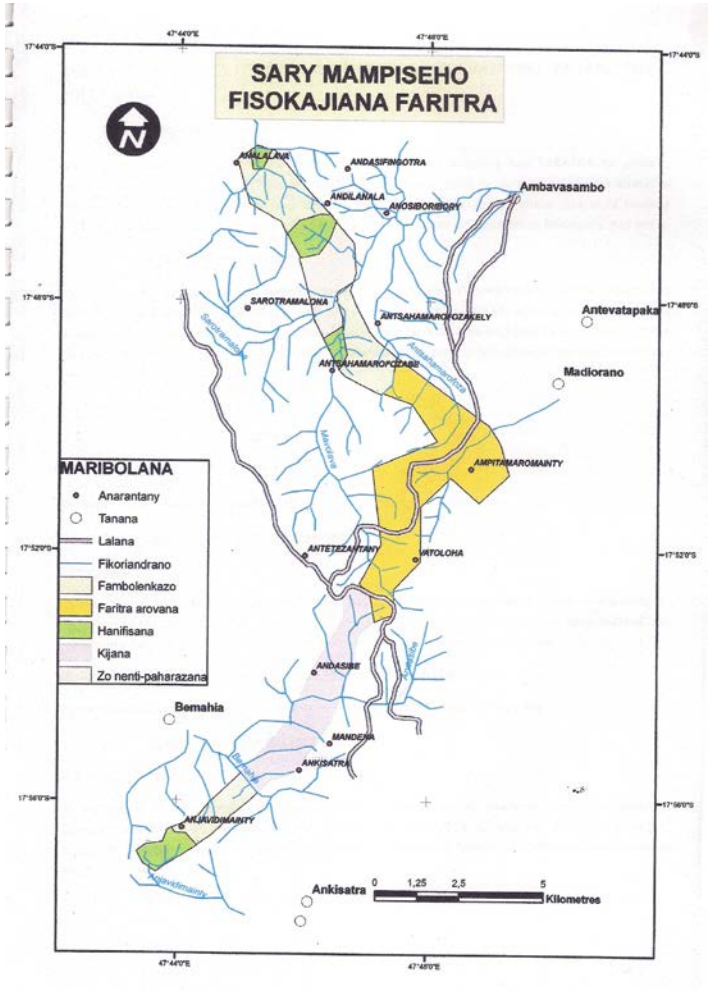


Figure 143 - VOI TARATRA

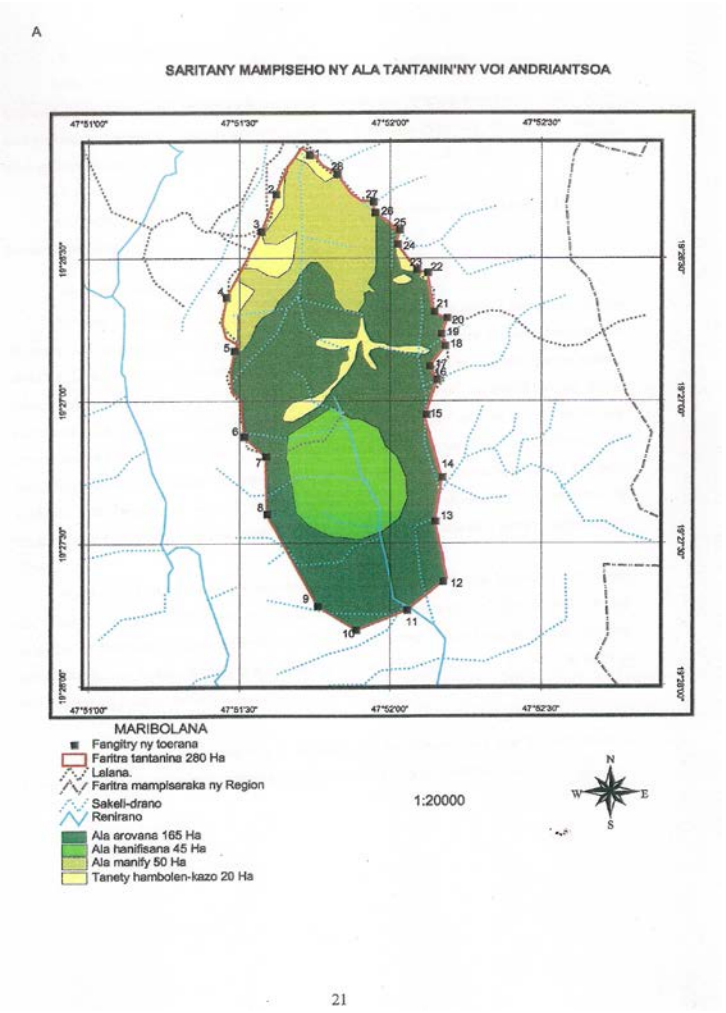


Figure 144 - VOI ANDRIANTSOA

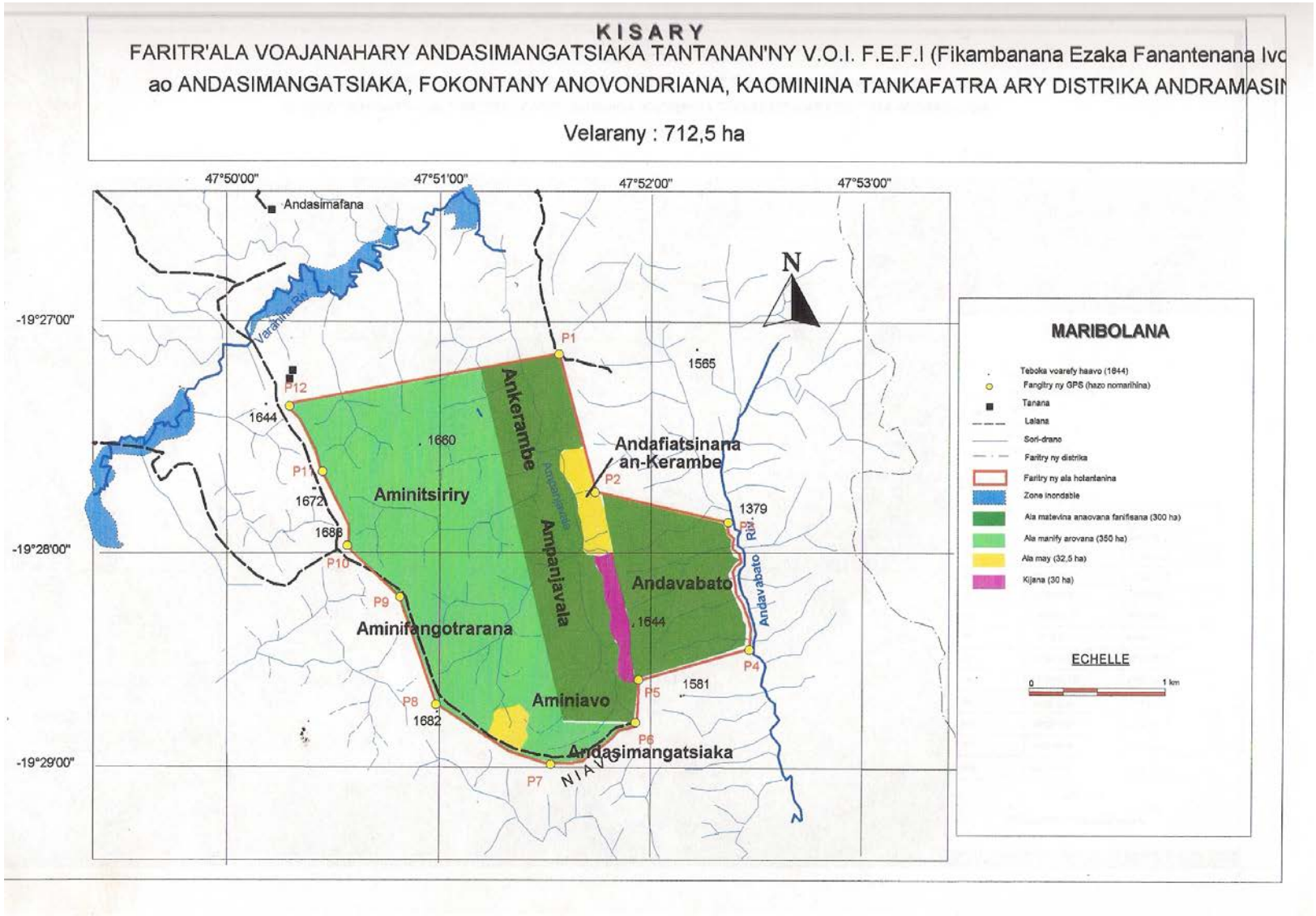


Figure 145 - VOI FEFI.

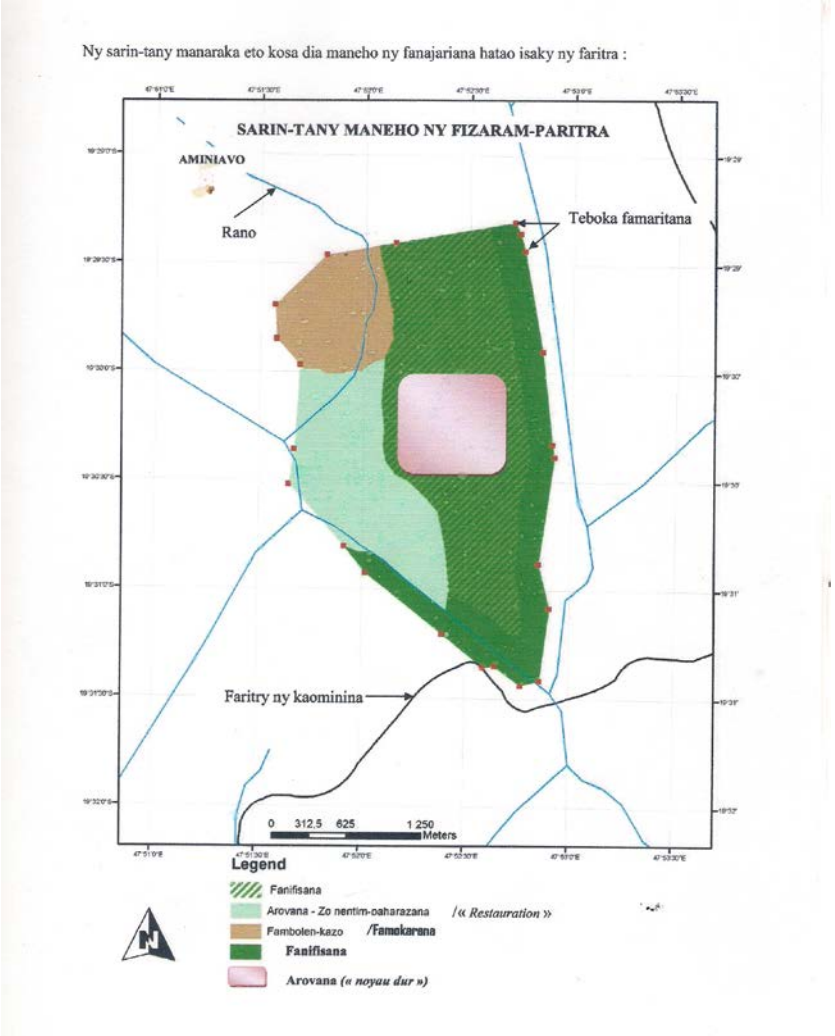


Figure 146 - VOI FANEVA.

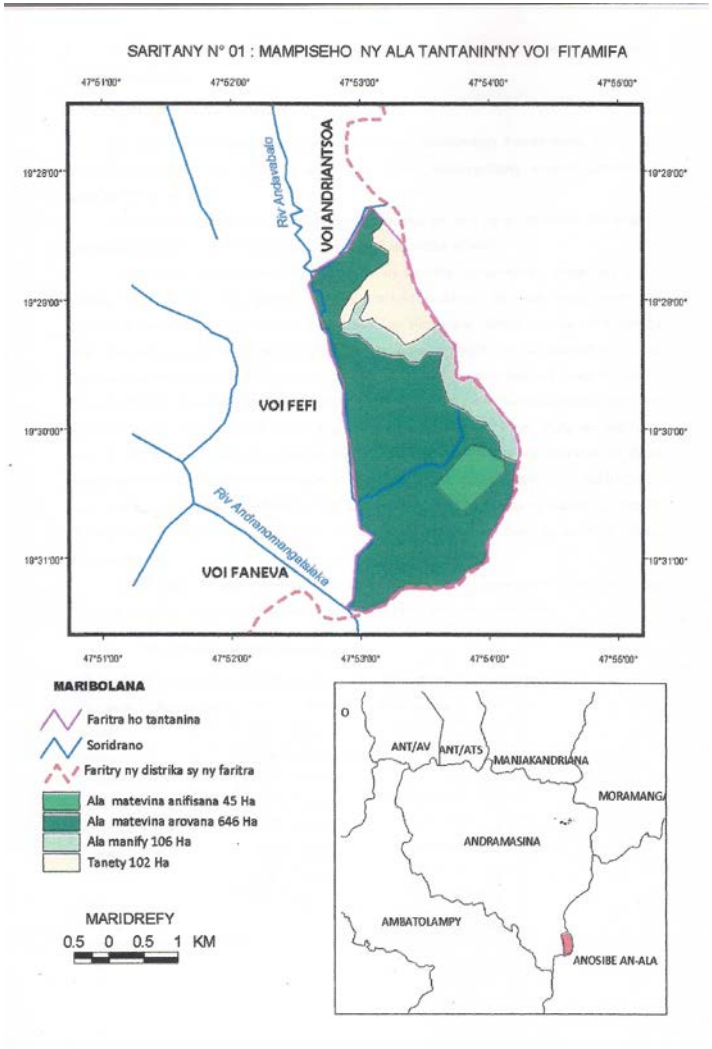


Figure 147 - VOI FITAMIFA.

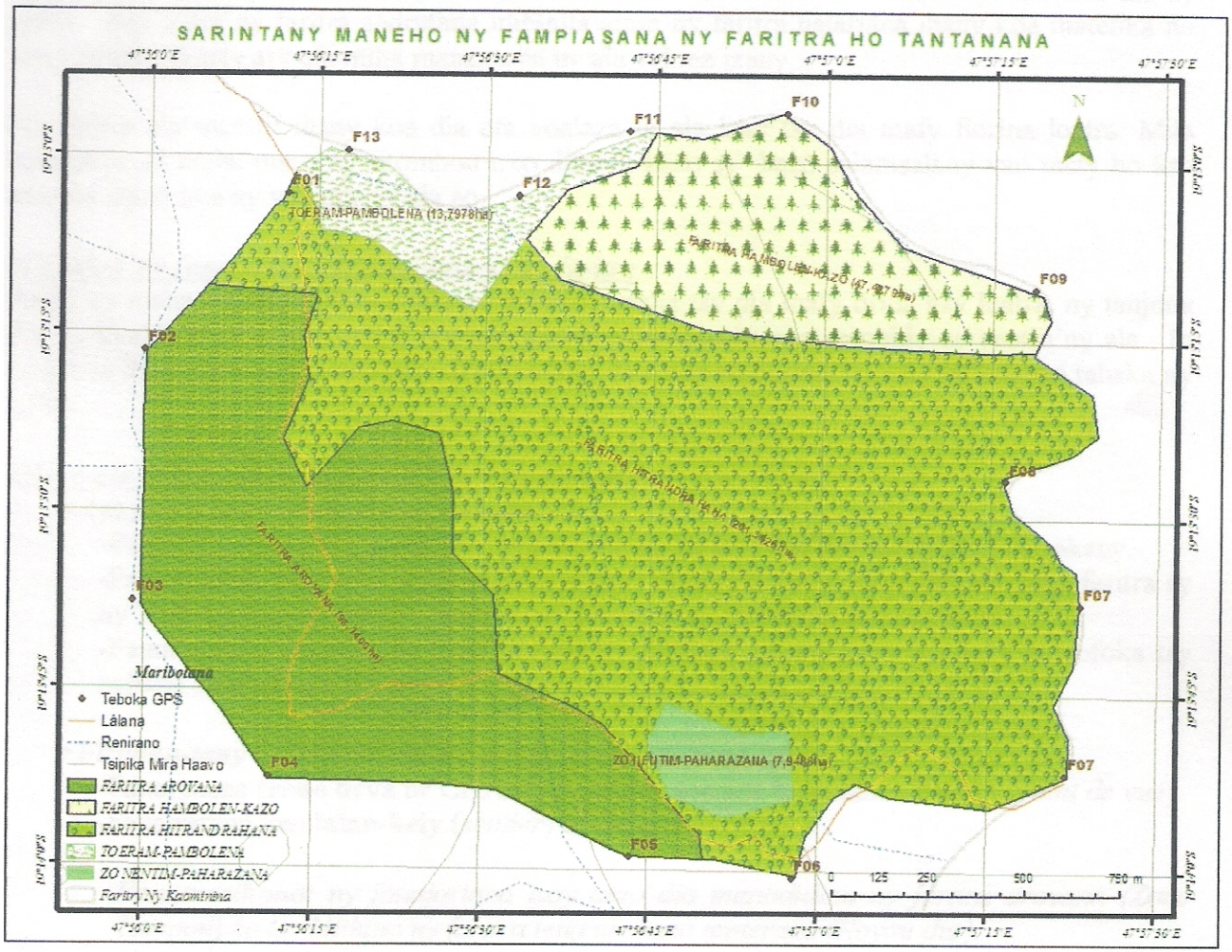


Figure 148 - VOI FITARIKANDRO.

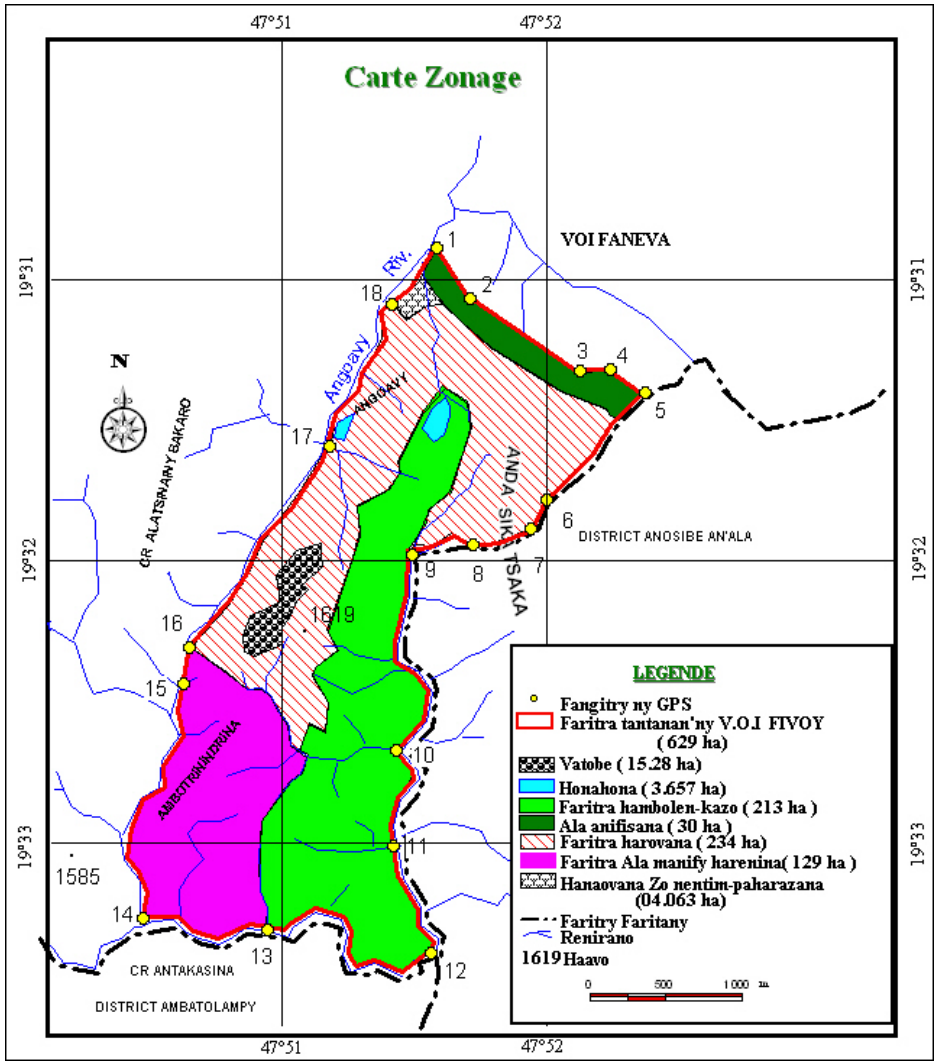


Figure 149 - VOI FIVOY.

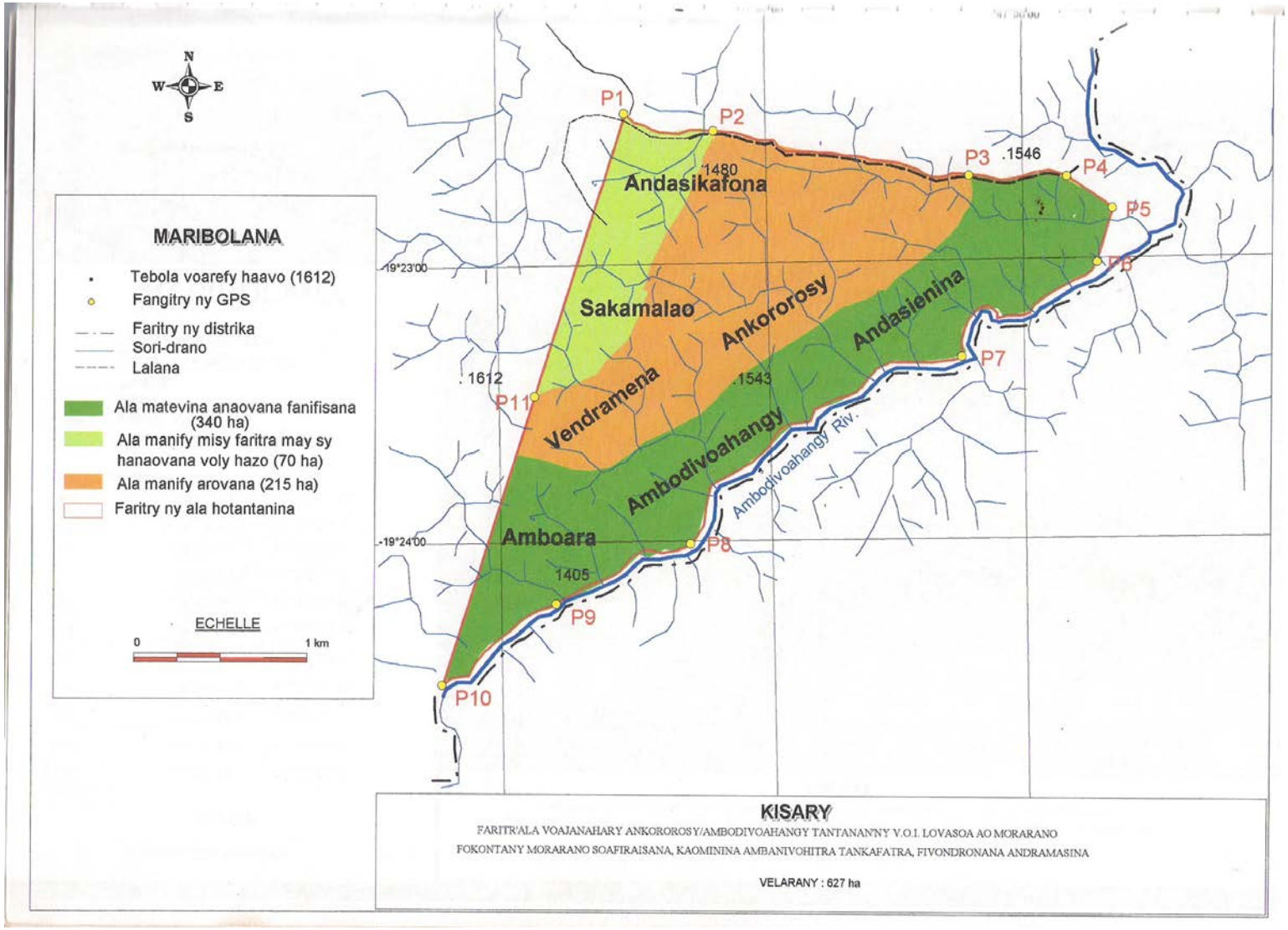


Figure 150 - VOI LOVASOA.

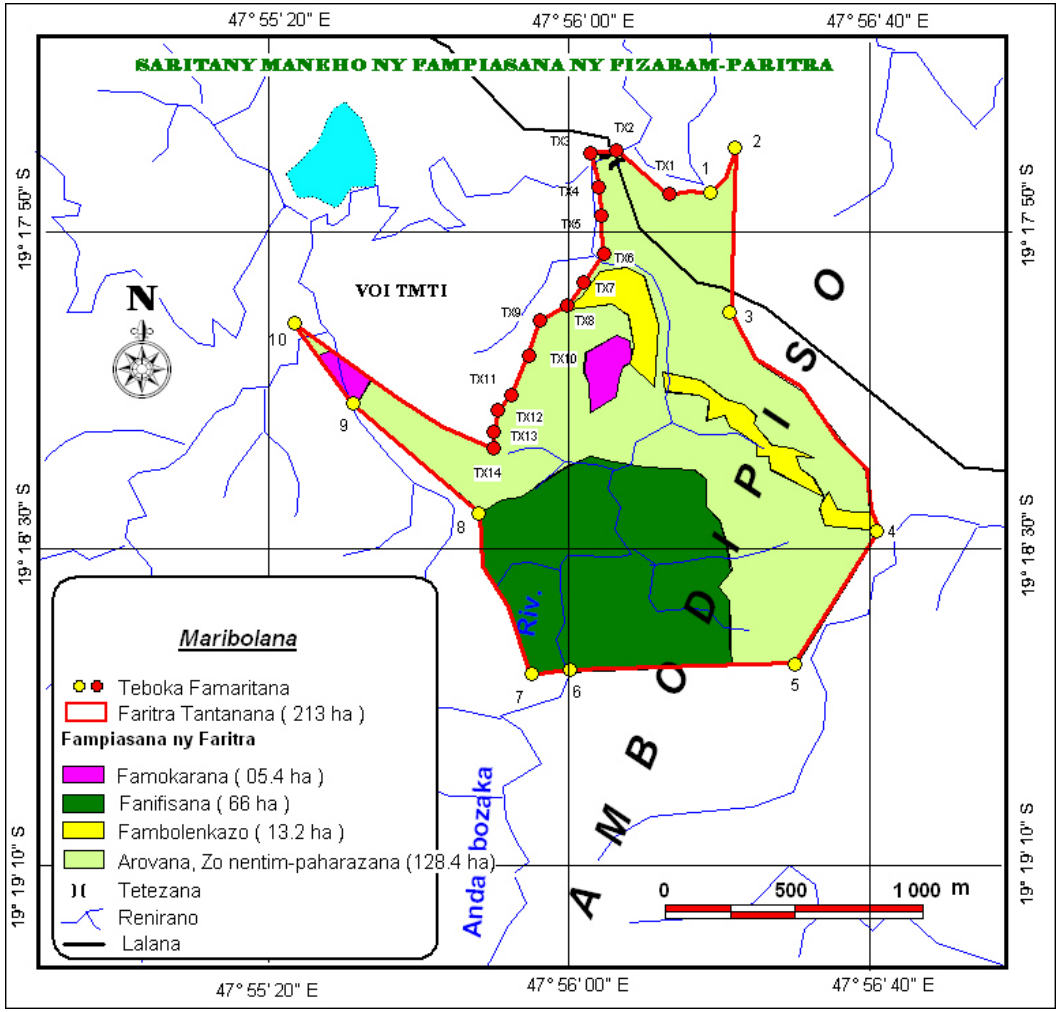


Figure 151 - VOI TANTSINANA.

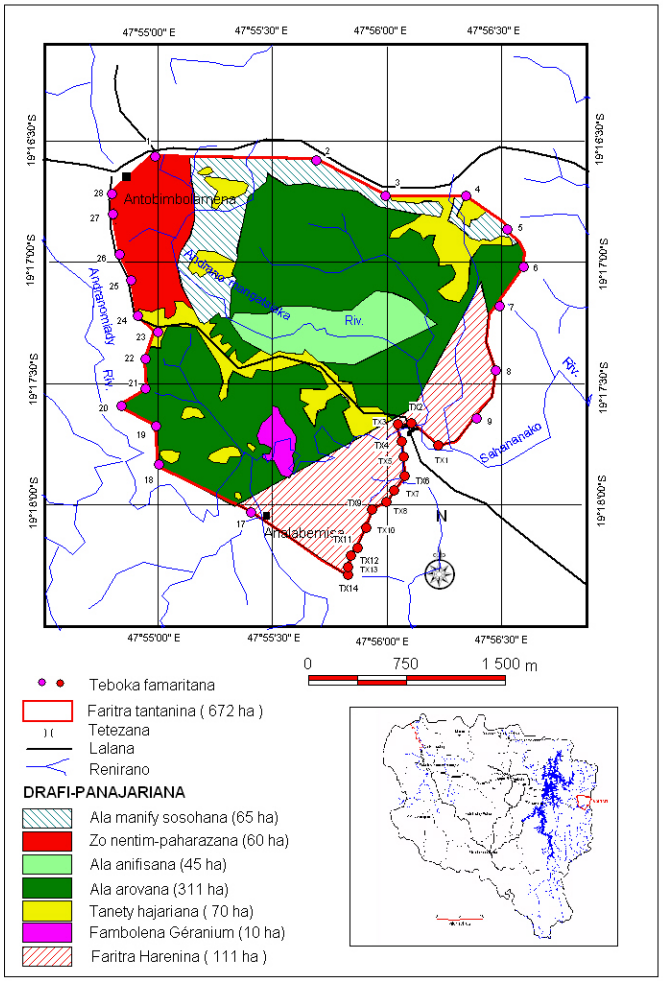
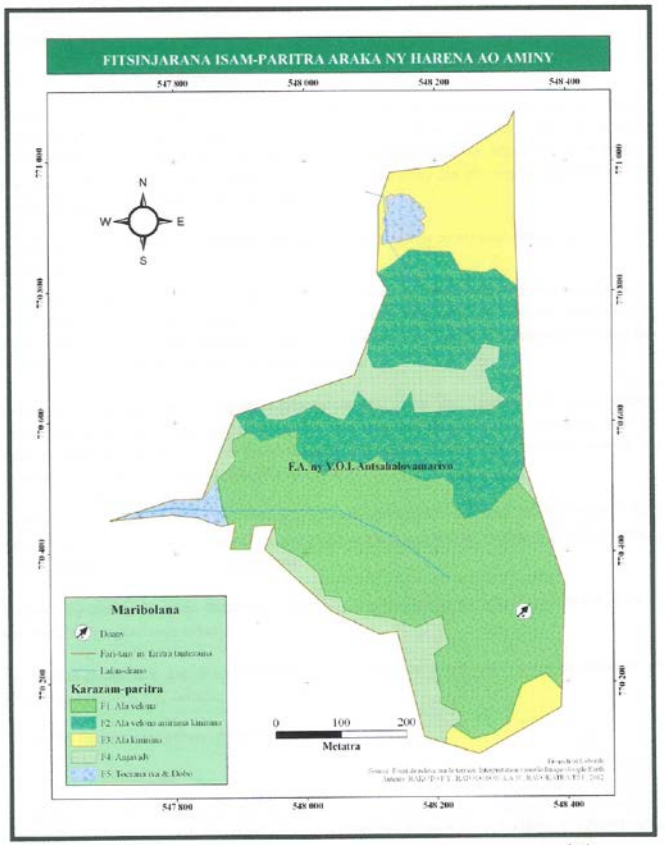


Figure 152 - VOI ANTSAHALOVAM.



Sokajim-paritra	Velarana
Ala velona	19,76ha ka 12,18 ha ny ala matevina ary 7,58 ny ala manify
Kininina	3,70 ha
Faritry ny anjavidy	3,73ha
Faritra iva amin'ny lohasaha	0,7ha

23

Figure 153 - VOI TMTI.

tantaniana sy ny fiorivaniorivoa azy ary ny fampiasana azy .

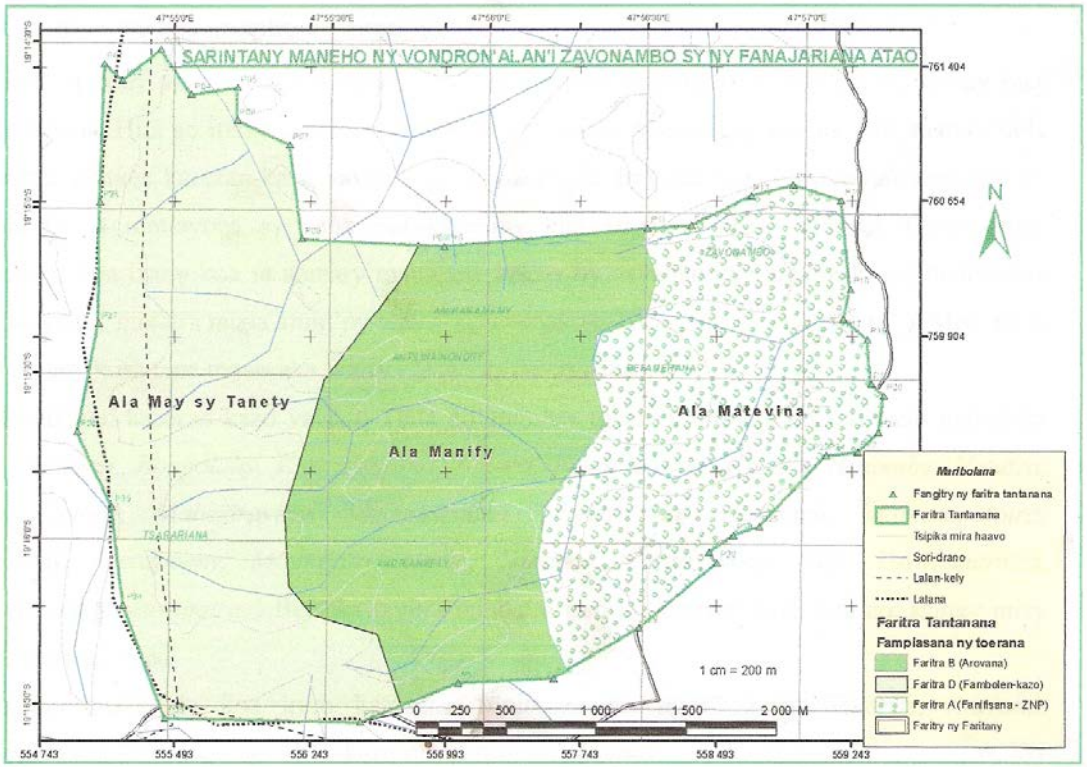


Figure 154 - VOI TSARAFARA.

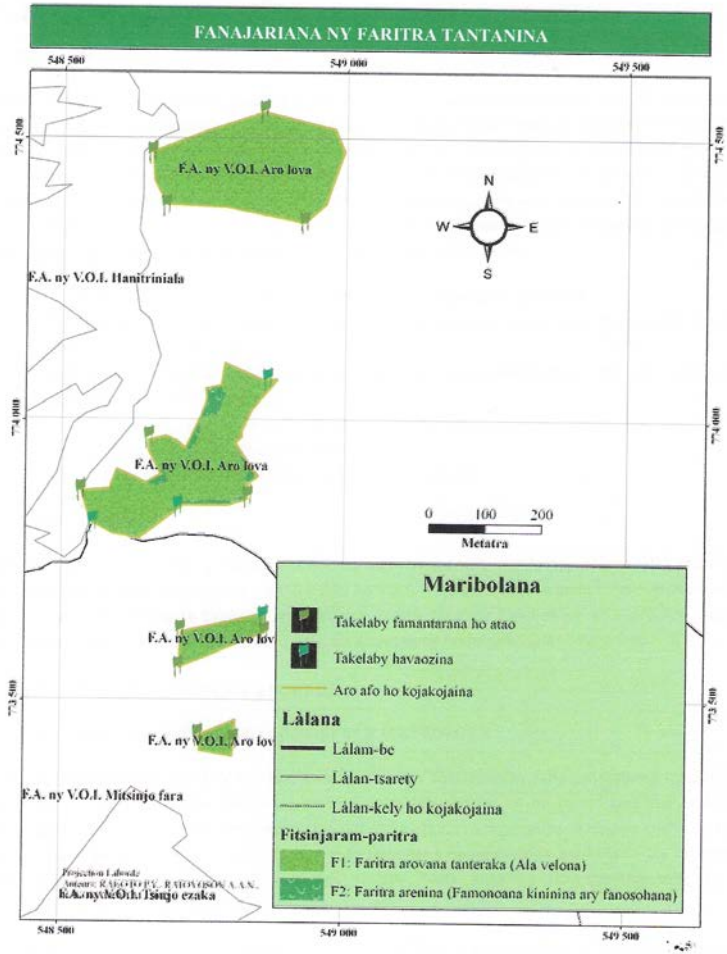


Figure 155 - VOI AROLOVA.

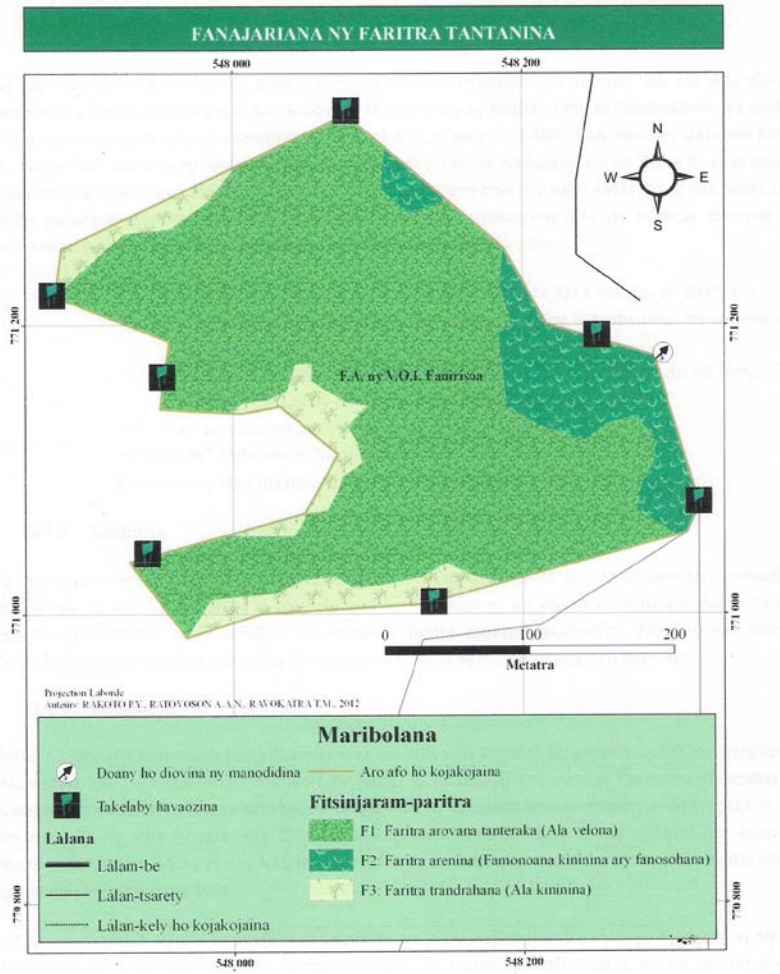


Figure 156 - VOI FANIRISOA.

3. Fitsinjarana ny sokajim-paritra araka ny sokajim-pampiasana

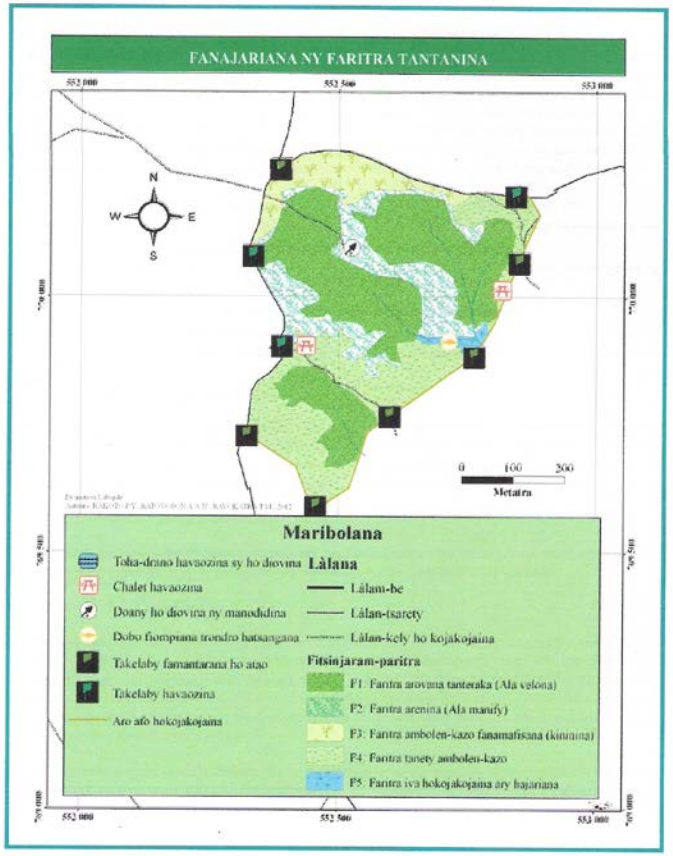


Figure 157 - VOI FIVOARANA.

3. Fitsinjarana ny sokajim-paritra araka ny sokajim-pampiasana

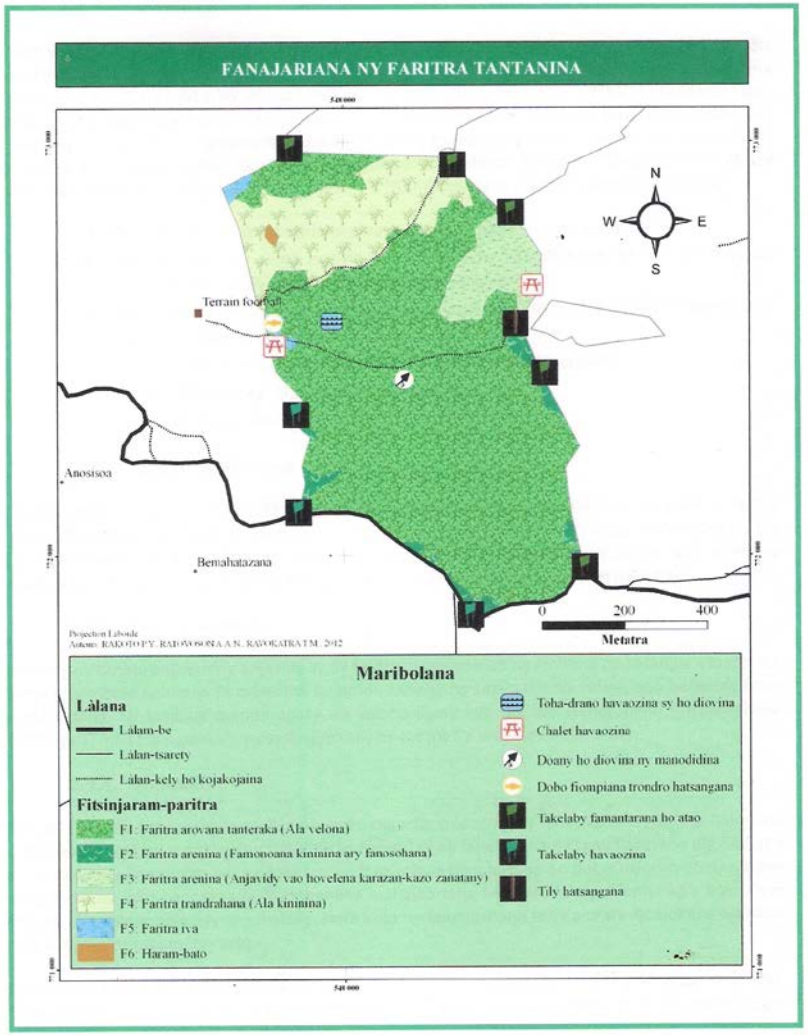


Figure 158- VOI HANITRINIALA.

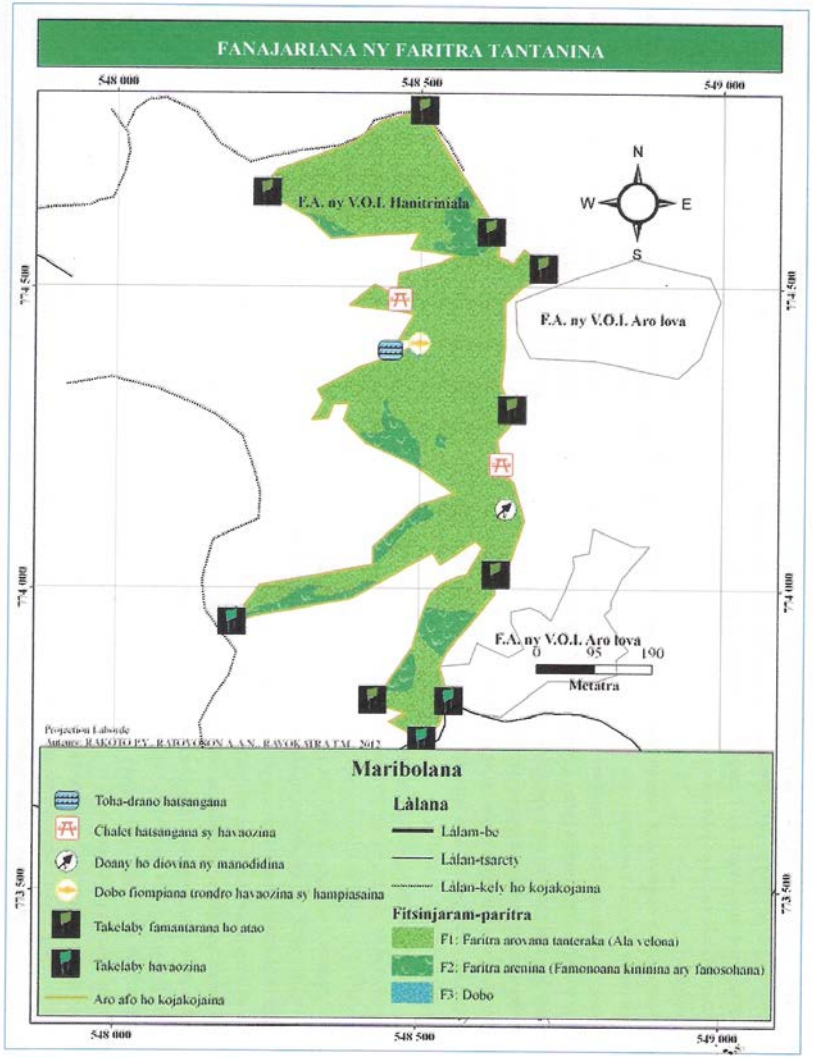


Figure 159- VOI LOVASOA.

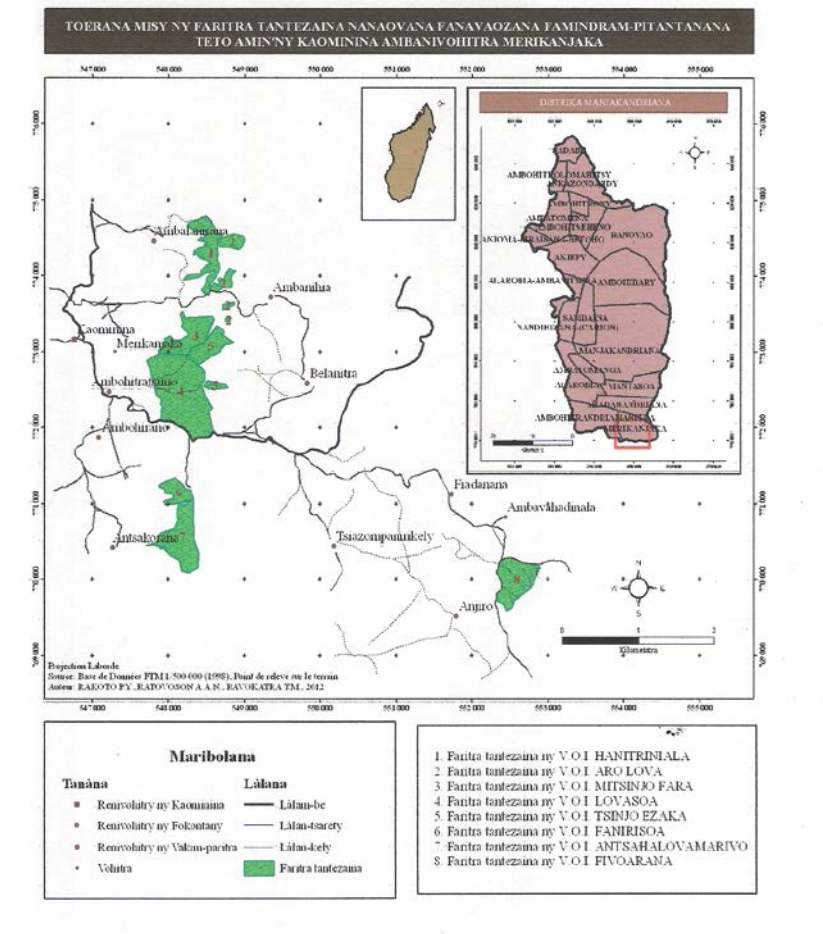


Figure 160 - VOI MERIKANJAKA.

4. Soritr'asa isaka ny sokajim-paritra na sokajim-pampiasana

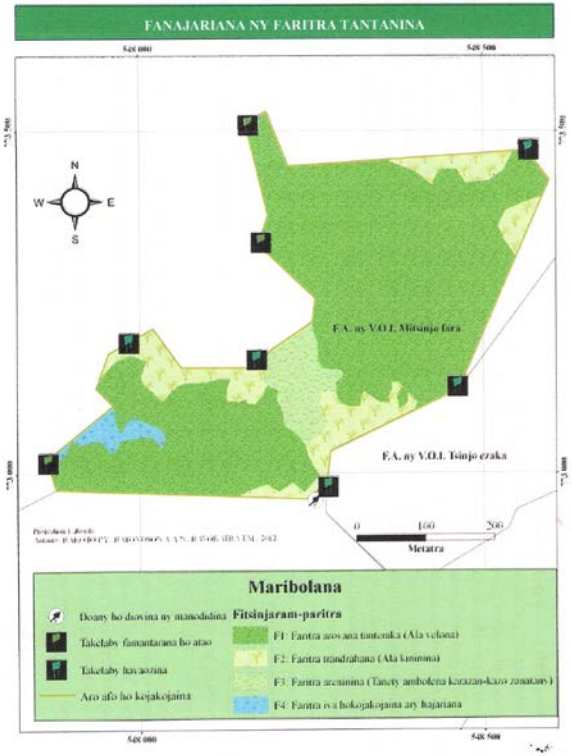


Figure 161 - VOI MITSINJO-FARA.

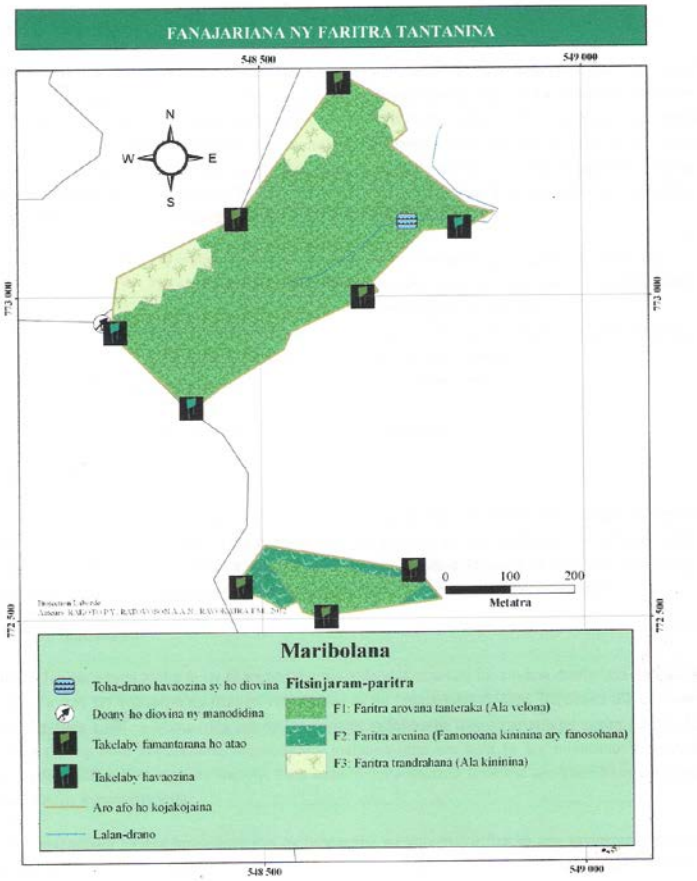


Figure 162 - VOI TSINJO-EZAKA.

ANNEXE 6 Données et cartes sur la Région d'Itasy

Source : Direction Régionale de l'Environnement et des Forêts.

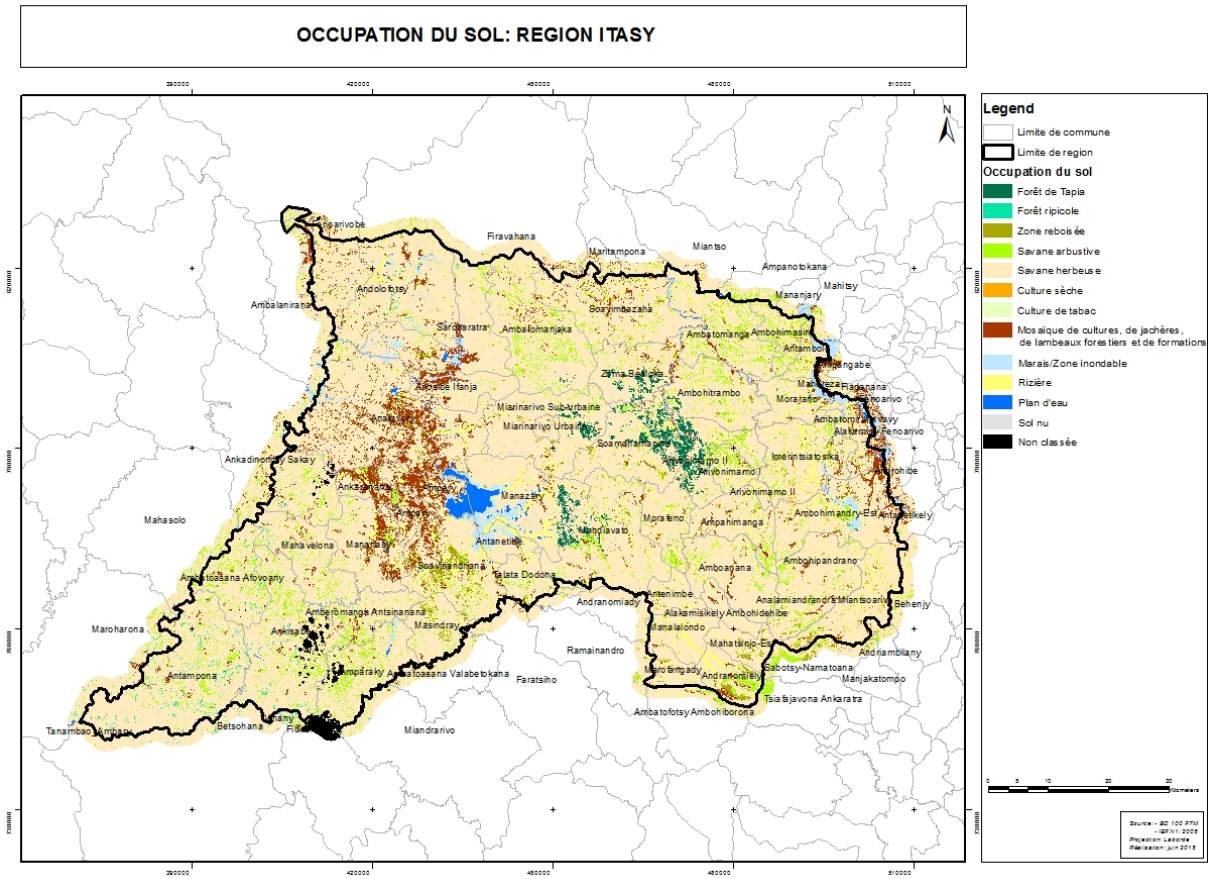


Figure 163 - Carte occupation du sol : Région Itasy (Madagascar).

Type d'écosystèmes / habitats	Année	Soavinandriana	Miarinarivo	Arivonimamo	Région	%
Forêts schlérophylles (Tapia)	1994		6 011	1 265	7 276	1,11%
	2005		5 927	1 239	7 166	1,09%
Plan d'eau	1994	1 783	3 048	641	5 472	0,83%
	2005	1 783	3 048	641	5 472	0,83%
Total	**1994**	**1 783**	**9 059**	**1 906**	**12 748**	**1,94%**
	2005	**1 783**	**8 975**	**1 880**	**12 638**	**1,93%**
Savanes	1994	84 696	127 828	109 232	321 756	49,01%
	2005	84 982	128 322	109 361	322 665	49,15%

Figure 164 - Évolution de la superficie des écosystèmes / naturels (en ha) Source : ONE – traitement d'images satellites en 1994 et 2005.

Les forêts sclérophylles et les plans d'eau couvrent environ 2 % du territoire alors que la savane représente plus de 49 % de la région d'Itasy.

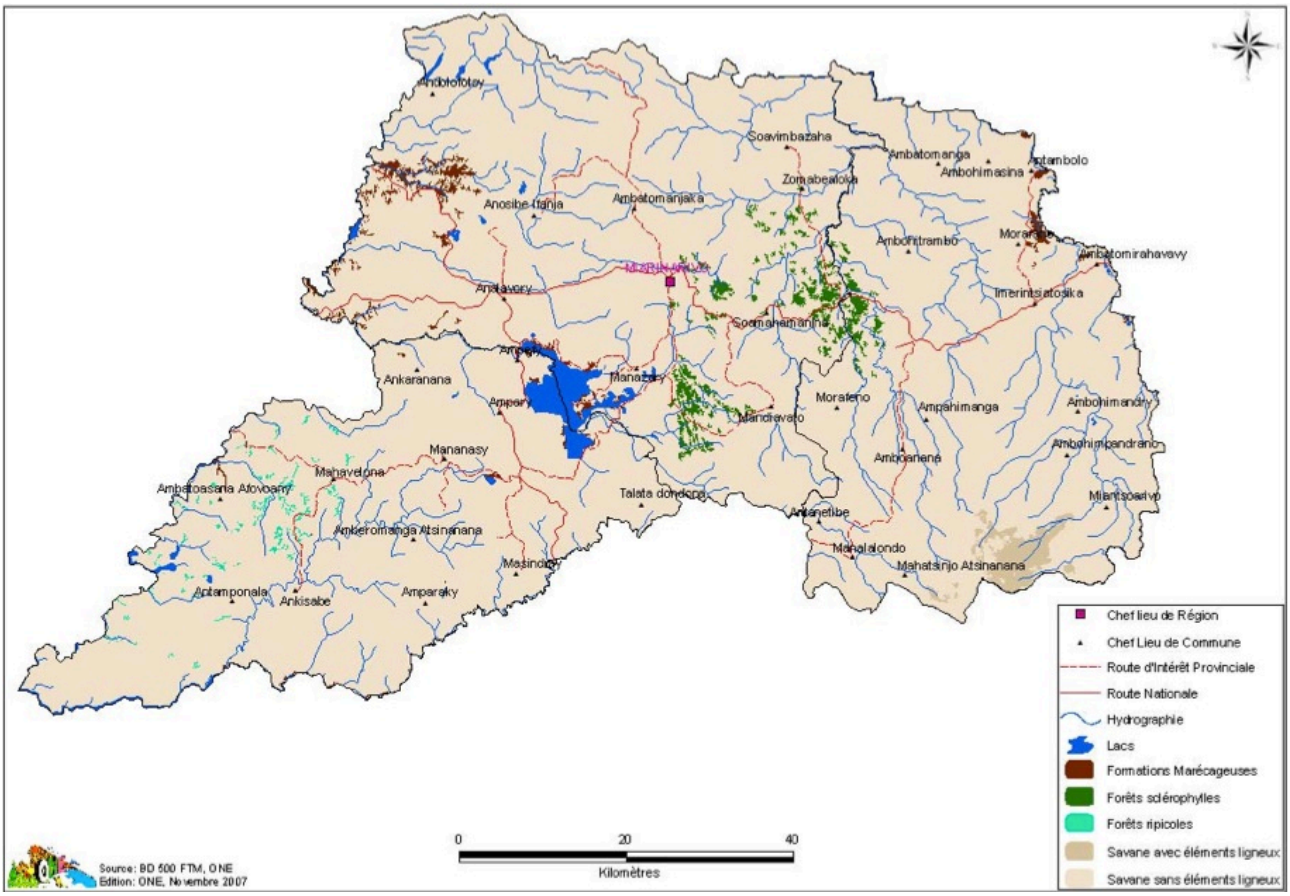


Figure 165 - Carte des écosystèmes naturels d'Itasy en 2005. Source : TBE d'Itasy- 2007.

Année	CEEF	Nombre	Hors forêts	Forêts naturelles (ha)	Reboisement	Total (ha)
2005	Miarinarivo	14	152,5	3	29,5	185
	Soavinandriana	59	777,45	1,5	1	779,95
	Arivonimamo	13	170	-	-	170
Total		**86**				

Figure 166 - Les délits forestiers à Itasy. Source : CIREEF Miarinarivo, 2007.

Type Pesticides	Quantité Importé	Quantité Utilisée	Superficie Touché	Spéculation concernée
Dithane, Décis		1,11 l/ha		Haricot
Décis, Rifit		2,5 l/ha, 1,5 L/ha		Riz
Endosol		2 l/ha		Soja
Décis 25 EC		1,11 L/ha		Maïs
Décis 25 EC		1,11 l/ha		Pomme de terre
Décis 25 EC		0,25 l/ha		Riz pluvial
Dithane		2Kg/ha		Café
Mancozèbe, Cyhalotrine		2 Kg/ha		Pomme de terre+ Haricot
Lindane, Cypvert, Mancozèbe		2 kg/ha, 0,5 l/ha, 1,5 l/ha		Fruit
Lindane, Cypvert, Mancozèbe		2 kg/ha, 0,5 l/ha, 1,5 l/ha		Ananas
Corvucide, anti-fongique		1 l/ha 0,7 Kg/ha		Arachide
Douvenix, Fasciolicides, Bicharcoli, Milbitraz		Flacon		Embouche bovine

Figure 167 - évolution de la quantité de pesticides importés/utilisés dans la région d'Itasy en 2006. Source : DRDR.

	Année	Soavinandriana	Miarinarivo	Arivonimamo	Région	%
Forêts schlérophylles (Tapia)	1994		6 011	1 265	7 276	1,11%
	2005		5 927	1 239	7 166	1,09%
Plantations d'eucalyptus	1994	5 033	4 830	1 079	10 942	1,67%
	2005	4 894	4 427	980	10 301	1,57%
Plantations de pins	1994			46	46	0,01%
	2005			42	42	0,01%
Total	**1994**	**5 033**	**10 841**	**2 390**	**18 264**	**2,78%**
	2005	**4 894**	**10 354**	**2 261**	**17 509**	**2,67%**

Figure 168 - Evolution de la superficie de la couverture forestière (en ha). Source : ONE - Traitement d'images satellites en 1994 et en 2005.

District	Superficie (km)	Forêts naturelles	Superficie (ha)	%
Arivonimamo	212 300	Tapia	220	0,10
Miarinarivo	263 400	Tapia	800	0,30
Soavinandriana	197 000	Rotra-sohy	540	0,27
Ensemble Région	**672 700**		**1 560**	**0,23**

Figure 169- Superficie de la couverture forestière en 2007. Source : CIREEF Miarinarivo, 2007.

	Année	Soavinandriana	Miarinarivo	Arivonimamo	Région	%
Forêts schlérophylles (Tapia)	1994		6 011	1 265	7 276	1,11%
	2005		5 927	1 239	7 166	1,09%
Savanes avec éléments ligneux	1994	9 677	32 725	62 061	104 463	15,91%
	2005	9 677	29 541	62 061	101 279	15,43%
Savanes sans éléments ligneux	1994	75 019	95 103	47 171	217 293	33,10%
	2005	75 305	98 781	47 300	221 386	33,72%
Plantations d'eucalyptus	1994	5 033	4 830	1 079	10 942	1,67%
	2005	4 894	4 427	980	10 301	1,57%
Plantations de pins	1994			46	46	0,01%
	2005			42	42	0,01%
Mosaïque de cultures, jachères	1994	77 460	89 154	69 162	235 776	35,91%
	2005	77 313	89 147	69 162	235 622	35,89%
Rizières	1994	16 225	18 969	16 395	51 589	7,86%
	2005	16 225	18 969	16 395	51 589	7,86%
Total	**1994**	**183 414**	**246 792**	**197 179**	**627 385**	**95,56%**
	2005	**183 414**	**246 792**	**197 179**	**627 385**	**95,56%**

Figure 170 - Évolution de la superficie des types de formations végétales (en ha). Source : ONE - Traitement d'images satellites 1994 et 2005.

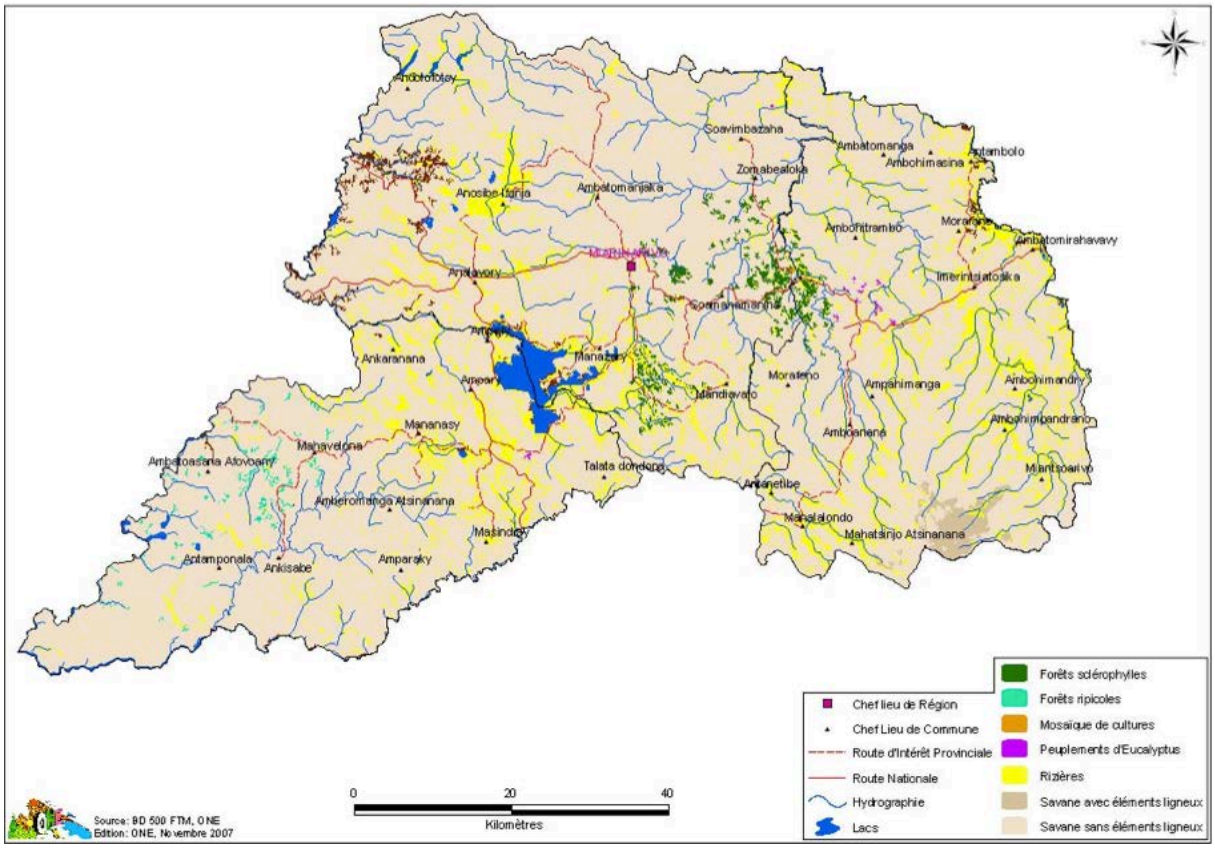


Figure 171 - Types de formations Végétales de la Région Itasy en 2005.

Année	Miarinarivo				Arivonimamo				Soavinandriana				Total			
	Urbain		Rural		Urbain		Rural		Urbain		Rural		Urbain		Rural	
	Nb.	Suface	Nb.	Surface	Nb.	Surface	Nb.	Surface	Nb.	Surface	Nb.	Suface	Nb.	Surface	Nb.	Surface
2005			338	169			497	248.5			143	71.5			978	489
2006			259	129.5			573	286.5			147	73.5			979	360
Total			**597**	**298.5**			**1 070**	**535**			**290**	**145**			**1 957**	**978.5**

Figure 172 - nombre de dossiers sur le foncier et superficie (2001-2006). Source : Circonscription de la Domaine, Miarinarivo, 2006. Circonscription de domaine, Arivonimamo 2006.

Année	Miarinarivo				Arivonimamo				Soavinandriana				Total			
	Urbain		Rural		Urbain		Rural		Urbain		Rural		Urbain		Rural	
	Nb.	Suface	Nb.	Surface	Nb.	Surface	Nb.	Surface	Nb.	Surface	Nb.	Suface	Nb.	Surface	Nb.	Surface
2005			139	69.5							62	31				
2006			74	37							45	22.5				
Total			**213**	**106.5**			**23 418**	**11 709**			**107**	**53.5**			**23 738**	**11 869**

Figure 173 - Nombre de terrain titrés et superficies (2001-2006) (Milieu confondu). Source : Circonscription de la Domaine, Miarinarivo, 2006. Circonscription de domaine, Arivonimamo 2006.

Guichets Fonciers	Demande	Demandes rejetées	% de demandes non abouties	Nb. CF délivrés	Nb. Bénéficiaires	Superficie (ha)	Oppositions Reçues	Oppositions Résolues
Soavinandriana	380	243	64%	0	0	0	4	2
Madagascar	**1736**	**518**	**30%**	**1 088**	**606**	**1392,6**	**103**	**11**

Figure 174 - Situation des certificats fonciers délivrés en 2006. Source : PNF 2007.

Région	Métayage	Fermage	Occupation gratuite	Propriétaire avec titre	Propriétaire sans titre	Total
Itasy	1 641	6 327	6 891	8 609	62 776	86 244
% Région	**1,90%**	**7,34%**	**7,99%**	**9,98%**	**72,79%**	**100%**
Madagascar	***72 899***	***66 743***	***144 370***	***172 434***	***1 627 127***	***2 083 573***
% National	***3,50%***	***3,20%***	***6,93%***	***8,28%***	***78,09%***	***100%***

Figure 175 - Superficie physique des exploitations agricoles selon le mode de faire-valoir durant la campagne 2004-2005 (ha) dans la région Itasy.

District	Année	Nombre de P.V	Superficie défrichée (ha)
Miarinarivo	2004		250
	2005	05	180
	2006		1 264
Arivonimamo	2004		195
	2005	01	170
	2006		83
Soavinandriana	2004		210
	2005	12	783,93
	2006		543,75

Figure 176 - Évolution de la superficie défrichée (en ha). Source : CIREEF, Miarinarivo, 2006.

District	Forêt 1994	Forêt 2005	Déforestation	% déforestation
Miarinarivo	10 841	10 354	-487	-4,87
Arivonimamo	2 344	2 219	-126	-5,64
Soavinandriana	5 033	4 894	-139	-2,75
Région	**18 218**	**17 466**	**-751**	**-4,42**

Figure 177 - Taux de déforestation dans la Région Itasy (superficie en ha). Source : ONE, 2007.

Types de cultures		Région Itasy	National
Tubercules et racines	Manioc	**19 001**	***388 779***
	Patate	**1 972**	***123 913***
	Pomme de terre	**5 850**	***36 830***
	Saonjo	**1 390**	***10 828***
	Igname	**1**	***1 168***
Légumineuses	Haricot	**8 669**	***74 446***
	Voanjobory	**1 238**	***17 657***
	Pois de cap	**6**	***13 842***
	Autres légumineuses	**13**	***50 602***
Céréales autres que le riz	Maïs	**15 058**	***252 838***
	Blé	**-**	***275***
	Autres céréales	**5**	***1 542***
Cultures industrielles temporaires	Arachide	**2 285**	***54 506***
	Soja	**112**	***3 324***
	Coton	**-**	***9 266***
	Tabac	**155**	***3 265***
	Canne à sucre	**211**	***40 791***
Cultures industrielles permanentes	Café	**181**	***115 020***
	Cacao	**-**	***7 504***
	Poivre	**-**	***10 386***
	Girofle	**-**	***37 231***
	Vanille	**-**	***63 764***

Figure 178 - Répartition des superficies (ha) cultivées par type de culture (2004- 2005). Source : Direction des Systèmes d'Information, Service des Statistiques Agricoles, MAEP, 2006.

	Régulièrement	Occasionnellement	Pas disponible
SRI (Système de Riziculture Intensive)	20	20	11
Repiquage du riz	48	2	1
Semis direct du riz sur rizière : -sur boue	13	7	31
Semis direct du riz sur rizière -à sec	13	9	29
Cultures de contre-saison sur rizière	43	8	0
Zéro labour sur les tanety (semis direct)	14	6	31
Culture suivant courbe de niveau	16	16	19
Engrais chimiques	31	12	8
Equipements agricoles non traditionnels	49	2	0
Pesticides|herbicides	20	21	10
Produits vétérinaires	32	9	10
Variétés améliorées de riz	17	17	17
Variétés améliorées de café	12	8	31

Figure 179 - Fréquence d'utilisation de quelques intrants et techniques de production agricoles en 2003. Source : INSTAT, Recensement au niveau des communes, 2003.

Localisation	Mode organique	Mode minérale	Mode mixte	Sans fertilisation	Total
Région Itasy	**31 064**	**806**	**1 383**	**51 385**	**85 243**
% Région	**36,44%**	**0,95%**	**1,62%**	**60,28%**	**100%**
Madagascar	***254 457***	***26 167***	***33 421***	***1 733 467***	***2 047 512***
% National	***12,43%***	***1,28%***	***1,63%***	***84,66%***	***100%***

Figure 180 - Superficie physique selon le mode de fertilisation. Source : Direction des Systèmes d'Information, Service des Statistiques Agricoles, MAEP, 2006.

Table 28. Résultat de campagne 2009-2010 de la Direction Régionale de l'Agriculture d'Itasy.

SPÉCULATIONS	Miarinarivo	Arivonimamo	Soavinandriana	TOTAL
RIZ 1ère saison				
EA (Nbre)	8 200	650	6 216	15 066
Surface (ha)	3 000	98	3 600	6 698
Production (t)	9 610	240	13 750	23 600
RIZ IRRIGUE 2è saison				
EA (Nbre)	33 955	45 259	29 056	102 054
Surface (ha)	23 649	18 451	20 184	62 284
Production (t)	125 410	77 566	108 162	311 138
RIZ PLUVIAL				
EA (Nbre)	5 268	3 945	2 694	11 907
Surface (ha)	1 951	918	982	3 850
Production (t)	3 532	2 048	3 145	8 725
TOTAL RIZ	**138 552**	**79 854**	**125 057**	343 463
MANIOC				
EA (Nbre)	20 016	19 035	14 045	53 096
Surface (ha)	11 000	5 865	6 007	22 872
Production (t)	105 643	47 191	84 848	237 682

MAÏS				
EA (Nbre)	21 642	30 121	26 796	78 559
Surface (ha)	5 448	7 638	24 193	37 279
Production (t)	13 224	13 861	62 815	89 899
ARACHIDE				
EA (Nbre)	12 864	8 635	13 610	35 109
Surface (ha)	1 677	1 103	5 339	8 119
Production (t)	2 355	1 393	5 028	8 775
POMME DE TERRE				
EA (Nbre)	3 564	21 495	3 366	28 425
Surface (ha)	407	7 348	1 455	9 210
Production (t)	5 356	68 507	28 097	101 960
PATATE DOUCE				
EA (Nbre)	1 484	8 750		10 234
Surface (ha)	261	1 116		1 377
Production (t)	2 619	6 550		9 169
HARICOT				
EA (Nbre)	13 615	24 780	9 474	47 869
Surface (ha)	2 543	5 286	4 375	12 204
Production (t)	2 108	4 964	5 215	12 287
VOANDZOU				
EA (Nbre)	8 085	10 744	4 585	23 414
Surface (ha)	1 368	2 300	1 168	4 836

Production (t)	2 638	4 666	1 802	9 106
SAONJO				
EA (Nbre)	8 266	11 785		20 051
Surface (ha)	1 226	2 746		3 972
Production (t)	11 966	24 068		36 034
TOMATE				
EA (Nbre)	2 601	2 986	12 914	18 501
Surface (ha)	744	1 348	225	2 317
Production (t)	11 448	23 018	42 787	77 253
HARICOT VERT				
EA (Nbre)	3 770			3 770
Surface (ha)	286			286
Production (t)	4 133			4 133
ANANAS				
EA (Nbre)	2 163	4 600		6 763
Surface (ha)	391	2 744		3 135
Production (t)	8 264	32 970		41 234
CANNE A SUCRE				
EA (Nbre)	262	475		737
Surface (ha)	144	78		222
Production (t)	7 250	3 120		10 370

ANNEXE 7 Méthodologie des enquêtes de terrain

A) Guide d'entretien.

Pourquoi l'entretien ?[481]

Le dialogue et les interactions entre les parties prenantes sont primordiaux pour traiter cette problématique de thèse essentiellement axée sur les stratégies d'acteurs dans la gouvernance des ressources naturelles à Analamanga et à La Réunion.

L'entretien permet d'étudier les « processus individuels complexes ». Il peut s'agir d'entretien directif, semi-directif ou non directif.

Dans le cadre de cette thèse, nous privilégierons les entretiens semi-directifs. En effet, l'entretien semi-directif permet grâce à son guide d'entretien (guide ou canevas) de traiter des thématiques tout en laissant au répondant la liberté d'agrémenter sa réponse à sa guise.

En outre, cette méthode est favorable à l'analyse comparative et cumulative. (Sa durée varie de 30 minutes à 2 heures en moyenne).

Toutefois, les limites de ce modèle résident le caractère qualitatif de la collecte qui ne permet pas de faire de traitement des données.

GUIDE D'ENTRETIEN:

Dans le cadre de notre étude sur les stratégies d'acteurs dans la gouvernance des ressources naturelles sur le territoire d'Analamanga et de La Réunion des entretiens avec les différentes parties prenantes nous permettra de mieux explorer les faits, les causes, les difficultés, les liens avec les autres acteurs, les mesures préventives. Ces entretiens seront menés de manières individuelles avec tous les acteurs à l'exception des entretiens avec les paysans et les citoyens qui pourront se faire de manière collective (en groupe ou en table-ronde).

- ***Notre problématique de départ est la suivante :*** quels sont les impacts des relations et des stratégies entre les acteurs sur la gouvernance des ressources naturelles ? Quel(s) acteur(s) ou quel(s) dispositif(s) entravent vos actions ou cette démarche sur votre territoire ?
- Ce guide a pour objectif d'identifier d'approfondir l'étude des stratégies d'acteurs dans la gouvernance des ressources. Cette étude n'est pas synchronique (on interroge au même moment, des groupes de sujets comparables en tout point à l'exception d'une variable particulière dont on souhaite évaluer l'impact sur la représentation étudiée), ni diachronique (ce sont des recherches qui introduisent une dimension temporelle dans leur problématique à des moments différents dans le temps) car il ne s'agit pas d'une étude comparative de ces deux territoires mais bien de deux études de cas.
-

[481] Blanchet A. et Gotman A. (2007), « L'entretien », Armand Colin, 2ème édition.

- Il s'agira de réaliser des entretiens compréhensifs semi-directifs via les 40 questions et le guide d'entretien à l'issue du questionnaire fermé.
- Échantillon : identique à celui du questionnaire, il sera réalisé en aval du questionnaire pour affiner le diagnostic, analyser les opinions, attitudes, perceptions et représentations. Il permettra de confirmer ou d'infirmer nos hypothèses ou de faire émerger de nouvelles hypothèses.
- En nous basant sur ces faits, nous déduirons des théories (grounded theory, Anselm Strauss, 1992). Le modèle sociétal, les stratégies des acteurs envers les ressources sont des exemples de modèles théoriques tout comme la dynamique de réactivité des acteurs dans le processus communicationnel.

Table 29. Caractéristiques des agents.

	Acteurs	Masculin, âge	Féminin, âge	Candidats (mas + fém)	CSP, et revenus	Fonctions	Lieu de résidence et taille de la commune	Total
Paysans / citoyens								
État (membres fonctionnaires)								
Total								

1. pouvez-vous vous présenter en quelques lignes (prénom, nom, âge, ville, emploi, hobbies)

2. Parlez-nous de votre vie dans votre commune jusqu'à aujourd'hui (difficultés, échecs et réussites) ?

3. Quelle est votre vision de la politique globale menée actuellement par l'Etat, votre région, votre commune pour l'environnement ?

4. Que regrettez-vous ? Quelles initiatives trouvez-vous intéressantes ?

5. Selon vous, que faudrait-il faire, pour diminuer les dommages causés à l'environnement ?

6. Quelle vision avez-vous de l'avenir quand on évoque l'environnement ? Dans cinq ans, dans dix ans, dans vingt ans ?

7. Êtes-vous confiants pour l'avenir de votre région en matière environnementale et socio-économique ? Pourquoi ?

Table 29. Guide d'entretien semi-directif de l'enquête de terrain.

PARTIE	THÈMES	QUESTIONS	QUESTIONS DE RELANCE
.I. La connaissance de la gouvernance des ressources naturelles	Participation	- De quelle manière participez-vous à la gestion de l'environnement ?	→ Pourquoi procédez ainsi ? → Quelle est l'implication de votre famille et de votre employeur ? → Selon vous, comment décririez-vous (ces actions) mesures que les acteurs mettent en œuvre pour l'environnement ?
	---------- Discussion et méthode de protection	- Avez-vous des discussions sur la gestion de l'environnement ? - Pourquoi avez-vous adopté les techniques de protection de l'environnement ?	→ La communication se fait elle facilement? → Avez-vous eu l'occasion de participer à des tables rondes ou à des réunions portantes sur ces thématiques ?
	---------- Les obligations des acteurs	- Quelle place occupe les communautés de base, le fokontany et les fokonolona dans ces discussions ? - Connaissez-vous les obligations qui incombent à chaque partie ? - Respectez-vous des interdits issus des moeurs et des traditions ancestrales sur la protection des ressources ?	→ Les COBA, fokontany et fokonolona diffusent-ils les informations avec la population ? → avez-vous des interactions avec d'autres parties prenantes? → à quoi / à quelles pratiques avez-vous dû renoncer pour

		- Lesquelles ?	respecter l'environnement ? → Respectez-vous le Dina ? Est-il appliqué par votre commune ou votre famille ?
II. la communication entre les acteurs (les stratégies, la coopération, les intérêts, la coalition, …)	Communication ---------- stratégies ---------- coopération et coalition	- Que pensez-vous de la communication entre les acteurs de la gouvernance communautaire ? - Pensez –vous qu'il existe des stratégies individuelles et collectives ? - avez-vous déjà eu l'occasion d'en être témoin ? - De quelle façon les acteurs coopèrent entre eux ? - Pourquoi adoptent-ils de telles stratégies ?	→ Selon-vous quels sont les acteurs exclus de la communication ? → pourquoi ? → Selon vous, comment résoudre ce problème ? → Selon-vous quels acteurs sont les plus stratégiques pour la GRN ? → Pourquoi ? quelles sont leurs méthodes ? → Comment ces relations entre acteurs impacts la condition économique de votre territoire ? Comment ces relations entre acteurs impacts les conditions sociales sur votre territoire ?
.III. Les biais, les conflits et les transgressions	Biais ---------- conflits et transgressions	- Est-ce qu'il existe des dégradations des normes qui assurent l'ordre dans une société (concept d'anomie) ? - Pensez-vous qu'il y ait des conflits entre acteurs (nature et dans quelle mesure ?) ?	→ Comment pensez-vous qu'il serait possible d'améliorer les relations entre ces parties prenantes (quels moyens) ? - Selon vous, comment pourrait-on éviter ou résoudre ces conflits ou ces transgressions ?

QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE DE TERRAIN VERSION FRANÇAISE

Nom :
Prénom :
N° de questionnaire :
Date et lieu de réalisation :

Dans le cadre de ma thèse de doctorat en économie, je m'intéresse à la manière dont les parcelles forestières sont grignotées pour les besoins agricoles. Est-ce que la proximité entre ces 2 types de parcelles joue un rôle primordial? Quels éléments secondaires (conjonctures économiques, situations sociales, etc…) rentrent en compte ? Et comment cela s'exprime-t-il ?

Partie A. Généralités et protection des ressources

1. Dans quelle commune et dans quel quartier habitez-vous ?

Saint Denis		Saint André		Saint Leu	
Saint Pierre		Sainte Suzanne		Possession	
Tampon		Sainte Marie		Saint Gilles	
Saint Benoit		Saint Paul		Autres	

2. Depuis combien de temps vivez-vous ici ?

0 – 2 ans	1	5 ans 10 ans	1	20 ans et plus	1
2 ans - 5 ans	1	10 ans-20 ans	1	Autres	1

3. Avant d'habiter dans le quartier, habitiez-vous dans une autre région, commune ou un autre quartier ?_____

4. Quel est votre âge ? _____ ans
5. Sexe: |__| masculin |__| féminin

6. Quelle est votre profession ? _____

7. Qu'est-ce que l'environnement pour vous ?

8. Selon vous, Quels seraient les dangers qui menacent l'environnement dans votre commune et quartier?

9. Savez-vous s'il existe des mesures de protection de l'environnement dans la région ?

	OUI
	NON
	Ne se prononce pas
	Je ne sais pas

Connaissance (vu, vécu)	
Entendu (informations)	

10. A. Savez-vous si un dispositif de gestion de la forêt et de la flore existe sur le territoire ou près de chez vous ?

	OUI
	NON
	Ne se prononce pas
	Je ne sais pas

11. Si oui, pouvez-vous énumérer 3 exemples d'objet ou de choses qui représenteraient l'«environnement » pour vous?

12. Selon vous, le zonage des ressources (délimitation des ressources dans un périmètre de protection) est-il appliqué dans votre région, district, commune?

	OUI
	NON
	Ne se prononce pas
	Je ne sais pas

Pourquoi ?

13. Selon vous, par qui est assurée la protection foncière :

L'Etat

La commune

La préfecture

Par les citoyens et les paysans

Je ne sais pas

14. Selon vous, où est appliqué la protection foncière et comment ? Qu'en pensez-vous ?

15. Pensez-vous que la superficie des forêts et des parcelles agricoles a régressé ?

	OUI
	NON
	Ne se prononce pas
	Je ne sais pas

16. Pensez-vous qu'il soit nécessaire de protéger les forêts?

	OUI
	NON
	Ne se prononce pas
	Je ne sais pas

Pourquoi ? Comment ?

17. La gestion de l'environnement sur votre territoire ou votre commune vous semble-t-elle ?

TRÈS BONNE

PLUTÔT BONNE

PLUTÔT MAUVAISE

TRÈS MAUVAISE

SANS OPINION

Pourquoi ?

18. Disposez-vous d'un champ ou d'une parcelle cultivable ? Quelle est sa superficie ? _____

OUI

NON

19. Si oui, votre parcelle se trouve-t-elle proche d'une forêt ?

OUI

NON

20. Avez-vous besoin d'agrandissement ?

	OUI
	NON
	Ne se prononce pas
	Je ne sais pas

21. Ce besoin doit-il être contigu à la parcelle existante ? Ou ailleurs ? Et qu'envisagez-vous comme solution ?

Partie B. connaissance de l'environnement et des parties prenantes

22. Parmi ces mesures de sensibilisation, auxquelles prenez-vous part ?

	Connaît		A déjà participé		Pense y participer	
	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON
Sensibilisation						
Réunion						
Reboisement						
Autres						

23. A. Avez-vous entendu parler de la protection foncière :

	OUI
	NON
	Ne se prononce pas
	Je ne sais pas

23. B. Où et à quelle fréquence ?

	Souvent	Rarement	Toujours
A la radio			
A la télé			
Dans les journaux			
A l'école, au travail			
Bouche à oreille			

24. Quels sont les gestes que vous faites ou pratiquez pour la protection de l'agriculture et des forêts?

25. Selon vous, les actions de protection agricole et forestière ont un impact ?

A	Positif
B	Négatif

Pourquoi ?

26. Selon vous si je vous dis transferts de gestion, cela évoque quoi pour vous ? Qu'est-ce que les transferts de gestion ?

27. Selon vous, les transferts de gestion (un transfert de désigne la gestion des forêts et de l'environnement par les collectivités et les citoyens) et les autres dispositifs de protection de la nature sont-ils respectés par :

	oui	Non	Pourquoi, selon vous ?
Etat			
Collectivités territoriales			
Entreprises			
Bailleurs de fonds			
Agriculteurs			
Citoyens			
Autres			

28. Selon vous, l'influence des acteurs suivants sur les techniques et pratiques d'exploitation des parcelles et espaces de forêts dans votre microrégion et commune sont :

	Très bonne	Plutôt bonne	Plutôt mauvaise	Très mauvaise
Etat				
Collectivités territoriales				
Entreprises				
Bailleurs de fonds				
Agriculteurs				
Citoyens				
Autres				

Pourquoi, selon vous ?

29. Selon vous, l'influence des acteurs sur le taux d'équipement des parcelles et espaces de forêts est :

	Très bonne	Plutôt bonne	Plutôt mauvaise	Très mauvaise
Etat				
Collectivités territoriales				
Entreprises				
Bailleurs de fonds				
Agriculteurs				
Citoyens				
Autres				

Pourquoi, selon vous ?

30. Comment investissez-vous sur votre parcelle ou dans les mesures et techniques pour l'environnement ?

	Sur un mois	Sur un trimestre	Sur un an
Capital physique			
Capital humain			
Progrès techniques			

Pourquoi, selon vous ?

31. Pensez-vous que les investissements dans la région sont :

	Oui	Non
Efficaces		
Suffisantes		
Diffusés		

32. Pensez-vous que la structuration du secteur économique (en général et agricole) est :

	Oui	Non
Efficace		
Suffisante		
Diffusée		

33. Pensez-vous que la fiscalité locale est :

	Oui	Non
Efficace		
Suffisante		
Diffusée		

34. Pensez-vous que le partage des bénéfices est :

	Oui	Non
Efficace		
Suffisant		
Diffusé		

35. Pensez-vous que l'organisation et la gestion du territoire agricole et forestier sont :

	Oui	Non
Efficaces		
Suffisantes		
Diffusées		

36. Existe-t-il des aides extérieures à l'agriculture et pour les forêts sur votre territoire (région, Etat, Bailleurs de fonds, …) ?

	OUI
	NON
	Ne se prononce pas
	Je ne sais pas

Lesquels ?

37. À quelle fréquence, avez-vous des contacts avec les acteurs responsables de l'agriculture, l'environnement et des forêts ?

	plusieurs fois par semaine	Plusieurs fois par mois	Une fois par an	autres
Etat				
Collectivités territoriales				
Entreprises				
Bailleurs de fonds				
Agriculteurs				
Citoyens				
Autres				

38. Selon vous, comment pourrait-on améliorer la communication entre les acteurs ?

Partie C. connaissance foncière et de la législation

39. Avez-vous entendu ou vécu des conflits liés à la protection foncière ?

	OUI
	NON

Lesquels ?

40. Que savez-vous des textes de lois ou des plans de gestion/ développement pour l'agriculture et l'environnement ?

41. Pensez-vous que les individus se sentent protégés par les lois ?

	OUI
	NON
	Ne se prononce pas
	Je ne sais pas

Pourquoi, selon vous ?

42. Selon vous, les problèmes ou conflits (exploitation illégales de terres appartenant à d'autres citoyens, à l'Etat, …) liés à la mise en place de la protection foncière devraient être réglé par A,B,C ?

A	Au droit coutumier (informel)
B	Au droit Etatique
C	Autres :

Pourquoi, selon vous ?

43. Comment qualifierez-vous les règlements sur la protection foncière ?

	Oui	Non
Difficiles à respecter		
Faciles à respecter		
Autres		

Pourquoi, selon vous ?

44. Est-ce que les sanctions pénales que vous connaissez ou dont vous avez entendu parler vous semblent :

	Oui	Non
Efficaces		
Suffisantes		
Diffusées		

Pourquoi, selon vous ?

45. Avez-vous déjà entendu parler ou eu des informations sur les peines et les délits encourus en cas de violation de la propriété foncière ?

OUI

NON

46. Avez-vous déjà entendu parler ou eu des informations sur les peines et les délits encourus en cas de violation de l'environnement ?

OUI

NON

47. Comment avez-vous eu ces informations sur les violations de la propriété foncière et de l'environnement ?

	Violations propriété foncière	Violations environnementales
Réunion		
Radio		
TV		
Journal		
Bouche à oreille		
Colloque, séminaire		
Ecole / travail		
Famille / amis		
Autres		

48. Est-ce que vous approuvez :

	Oui	Non
La protection foncière		
Les mesures pour l'environnement		
Les mesures pour l'agriculture		

Pourquoi ?

49. Quelles propositions préconisez-vous pour améliorer les actions et pour régler les conflits ?

Pourquoi ?

50. Remarques : si vous souhaitez rajouter des éléments.

Merci d'avoir complété ce questionnaire.

ANNEXE 8 : Les plateformes de simulation multi-agents

Table 30. Les plateformes de simulation multi-agents.

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
A3 / AAA (Agent Anytime Anywhere) [1]	General-purpose distributed and atomic agent-based platform.	LGPL	Java	Windows; Mac OS X and UNIX; should run on any Java Virtual Machine.	Paper; tests; examples; tutorial; documentation	Unknown	Unknown	Unknown
ABLE (Agent Building and Learning Environment) [2]	Building intelligent agents using machine learning and reasoning	Open source (free for academic and non-commercial use)	Able Rule Language (ARL)	OS/2; Windows 95; Windows 98; Windows NT; and UNIX (any Java 2 JVM)	FAQ; tutorial; examples; discussion forum; emailing developers; Selected publications; API; documentation	Unknown	Unknown	Unknown
ADK (Tryllian Agent Development Kit) [4]	Large scale distributed applications; Mobile (distributed) agents	Dual licensed: either accept the LGPL or contact Tryllian to acquire a closed source license	Java	Windows; Unix; Big Iron IBM mainframes4; anywhere that the Java Standard Edition version 1.4 runs; Sun Java Runtime Environment version 1.3.1 or 1.4; JDK 5.05; any platform on which Sun has made available a JVM; Windows 2000;	FAQ; defect reporting; documentation; mailing list; quickstart guide; examples; email maintainer for more support; API	Yes	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
				Windows XP; Solaris; GNU/Linux; Additionally, the ADK has been tested on OS/400 and OS/370. Mac OS X is not supported, but part of the development of the ADK is done on Mac OS X				
AgentBuilder [5]	General purpose multi-agent systems	Proprietary; Discounted academic licenses available	Knowledge Query and Manipulation Language (KQML); Java; C; C++	Windows NT; Windows 2000; Windows XP; Linux; Sun Solaris; any platform with a Java Virtual Machine	Consulting; training; example; FAQ; users manuals; defect reporting; mailing list	Unknown	Unknown	Unknown
AgentService [7]	Unknown	Unknown	Microsoft .Net, Mono, Shared Source CLI (SSCLI, aka Rotor)	Windows;	selected references; documentation; API	Yes	Unknown	Unknown
AgentSheets	Teaching simulation to grades K–12 in social studies, mathematics, sciences, and social sciences	Proprietary	Visual AgenTalk; can be exported to Java;	Windows; Mac OS X; should run on any Java Virtual Machine	Manuals; tutorial movies; FAQ; recommended readings on programming and simulation; personal contact with developers; elementary school training; teacher guides	Unknown	Unknown	Unknown
Altreva Adaptive Modeler [3]	Building agent-based market simulation models for price forecasting of real-world stocks and other securities	Proprietary; free evaluation version available for research and experimentation (some limitations but no expiration)	No programming skills required. An adaptive form of genetic programming is used to create trading rules. User can select	Windows 2000, NT 4.0, XP, Vista, 7, 8 or any other platform that supports Microsoft .Net 2.0 or higher	FAQ, documentation, tutorial, examples, forum, email support	Unknown	Unknown	Up to 3 agent properties can be visualized in real-time using 2D graphics and color

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
			functions to be used in the genetic programming engine.					
AnyLogic	Agent-based general purpose; also supports discrete event and system dynamics simulations.	Proprietary; Free Personal Learning Edition available	Java; UML-RT (UML for real time)	AnyLogic 7 models can be exported as standalone Java applications (professional version only) or applets and run on any Java-enabled platform or in any Java-enabled browser with the following version of JRE (Java Runtime Environment): JRE 1.8.0 or later; Java plug-in (needed to run models in a Browser) is optionally installed with the JRE; Windows 8, 7, Vista, x86-32; Mac OS X 10.7.3 (Lion) or later, Universal; SuSE Open Linux 10.2 or later, x86-32; Ubuntu Linux 10.04, x86-32	Demos; training; online community; ask a question; online help; tutorials; consulting services	No	Yes: supports both tile maps from free online providers and shapefile-based maps	Yes
AOR Simulation [6]	Agent-based discrete event simulation; special extensions for modeling cognitive agents (with beliefs and speech-act-based information exchange communication).	GPL	Java	Windows; Macintosh; Unix; Linux; web	Web site; selected references; documentation; examples	No	planned	planned

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
Ascape [8]	General-purpose agent-based models.	BSD	Java	Windows; Macintosh; Unix; Linux; web	Online forum (emailing list); selected references; documentation; API	Unknown	Unknown	Unknown
Behaviour Composer (Rich Internet Application building on NetLogo) [9]	General purpose, education, research	new BSD	NetLogo	Windows; Linux; Macintosh and any browser with Java applets	On-line community support, documentation, videos	Unknown	Yes	Yes
Boris[11]	Lightweight framework for general purpose multi-agent systems	Unknown	Java; Lisp; C#; NetLogo	Any Java Platform	Documentation; Tutorials; Screencasts; User Guides	No	No	No
Brahms [10]	Multi-agent environment for simulating people's activity and situated behavior (location, artifacts, communication, etc.). Used for modeling and simulating collaboration and coordination (a.k.a. work practice) in organizational processes.	Freely available for research purposes. Commercial license available soon.	Brahms language (an agent-oriented and object-oriented BDI language). Brahms is completely integrated with the Java programming language. Brahms and Java agents can interact together easily. The BVM (Brahms Virtual Machine) is a mult-agent discrete-event engine, running each agent as a separate event-based Java thread.	Windows 2000; Windows XP; Linux; Sparc/Intel Solaris; and Mac OS X	Documentation; API; tutorials; discussion forums; email contacts	Yes, agents use Communicative Acts objects to send FIPA messages.	Yes, Brahms includes the concepts of hierarchical user defined Area objects that can have attributes representing coordinates, etc.	Yes, Brahms has been integrated with Virtual Worlds using a mapping of Areas to points with a radios in a 3D space
Breve	Building 3D simulations of multi-agent systems and artificial life.	GPL	Simple Interpreted object oriented language called Steve; agent behaviors can be written in	Mac OS X; Linux; and Windows	Email developer; tutorials; FAQ; forums; defects section; API; documentati	Unknown	Unknown	Yes

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
			python		on			
Construct [12]	Multiple cognitively limited agent based model of information and belief diffusion.	Free for research purposes only	C++	Windows; Linux	Papers; tests; Technical Reports; Google Group	No	Yes, if used internally to another CASOS product called ORA	No
Cormas (Common-pool Resources and Multi-Agent Systems) [13]	Natural resources management, rural development and ecology	Free to modify but not to distribute the modified version	Smalltalk (requires VisualWorks to run)	Linux; Macintosh; Unix; Windows	Training, selected references; examples; online forum; email developers; documentation	Unknown	Yes	Unknown
Cougaar[14]	Multi-agent systems; highly distributed, scalable, reliable, survivable applications; Domain independent; large scale distributed, complex, data intensive (can be configured for small-scaled embedded applications)	Cougaar Open Source License (COSL) is a modified version of the OSI approved BSD License	Java	Windows 98; Windows NT; Windows XP; Linux; Mac OS X; and Java-1.4-capable PDAs	FAQ; tutorials; slide shows; documentation; selected references; email support; public forums; mailing lists	No	Integrated with OpenMap [15]	No
CybelePro[16]	CybelePro provides advanced features for rapid development of large-scale, high-performance agent-based systems	Proprietary; Discounted academic licenses available	Java	Windows XP; WIndows 7; Linux; Mac OS X; and Java-1.4-capable PDAs	FAQ; tutorials; slide shows; documentation; references; email support; public forums; mailing lists; Classroom training	Yes	Unknown	Unknown
D-OMAR (Distributed Operator Model Architecture) [19]	General purpose simulation environment	Free (open source) - read license	Java (OMAR-J); lisp (OMAR-L)	Windows; Unix; Linux	API; technical support from authors	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
DALI[17]	Event based, logic based Multi Agent System framework with proactivity as Prolog extension	Open Source, Free for educational and research applications, Apache Public License 2.0	Sicstus Prolog core with Linda tuple space, Python glue code dor MAS management, HTML5/CSS/ AJAX web interface	Windows XP; WIndows 7; WIndows 8; Linux; Mac OS X	FAQ; tutorials; slide shows; documentation; references; public forums;	Yes	Unknown	Yes through Python
DeX [18]	Developing, analyzing, and visualizing dynamic agent-based and multi-body simulations; parallel applications	Free (open source) - read license	C++; dML (deX Modeling Language): a domain-specific language based on C++; python	X86 or x86_64 Linux	Users guide; demo; API; peer to peer account; author support	Unknown	Unknown	Unknown
DigiHive	artificial life, self-organization, self-replication, emergent phenomena	Unknown	Prolog	Windows; Unix; Linux;	Email; documentation; examples	Unknown	Unknown	Unknown
ECHO [20]	Ecological modeling	Free, open source	C	Unix workstations; Developed on Sun Sparc architecture using Sunos 4.1.3;	A few selected publications; one outdated publication on how to compile and use Echo	Unknown	Unknown	Unknown
ECJ	Evolutionary computation; genetic programming	Academic Free License – open source	Java	Any Java Platform	Tutorials; examples; API; documentation; online mailing list	Unknown	Unknown	Unknown
FAMOJA (Framework for Agent-based MOdelling with JAva) [21]	Resource flow management, theoretical systems science, applied systems, environmental systems analysis	LGPL	Java	JDK installation	Tutorial; API; wiki; documentation;	Unknown	Unknown	Unknown
FLAME [22]	Simulations of large, complex	academic licence / free	C and XML based and will run on laptops	Most systems that support C - needs	Email developer; FLAME	Unknown	Yes	Yes

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
	system with large agent populations on HPC systems using MPI and OpenMP. Developed through a collaboration between STFC Rutherford Appleton Lab and University of Sheffield, UK.	download	and HPC systems. Optimised for MIMD architectures using MPI.	pthreads to run in parallel.	Technical Report and User Guide, selected publications; examples			
FLAME GPU [23]	3D simulations of complex system with a multi-massive number of agents on the GPU. Developed at University of Sheffield, UK.	academic licence / free download	C based scripting and optimised CUDA code	Windows; Linux; Mac OS X	Email developer; FLAME GPU SDK Technical Report and User Guide, selected publications; examples	Unknown	Yes	Yes
FLUXY [24]	Simple Python Multi Agent Systems Framework using Agent/Group/Role model (like MaDKit). Abstracts from concrete Message Oriented Middleware. Currently has MoM binding to ZeroMQ.	academic licence / free download	Developed in Python. Requires pyzmq.	Windows; Linux; Mac OS X	Email developer	Unknown	Unknown	Unknown
Framsticks	2D/3D simulations of (evolving) multi-agent systems and artificial life	Depends on module: GPL/LGPL/ Propertiary	FramScript (similar to JavaScript)	Windows; Linux; *nix; Mac OS X	Email developer; tutorials; manual; FAQ; forums; API; documentation; selected publications; examples	Unknown	Yes	Yes
GAMA [25]	Modeling and	GPL	A modeling	Mac OS X;	Email	Yes, agents can	Yes	Yes

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
	simulation development environment for building spatially explicit agent-based simulations (use arbitrarily complex GIS data as environments for the agents). Developed by IRD/UPMC International Research Unit UMMISCO.		language, GAML, for specifying agents and environments. Developed in Java.	Windows; Linux	developer; tutorials; FAQ; forums; defects section; API; documentation	use FIPA Communicative Acts objects to send messages and use various FIPA Interaction Protocols.		
GPU Agents [26]	Agent-based model simulator on the GPU	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
GROWlab [27]	ABM toolkit of the International Conflict Research Group at the ETH Zurich	Freely available	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
ICARO-T [29]	Reactive and cognitive agents applications	Open Source	Java	Windows and UNIX	Code with examples and documentation.	Unknown	Unknown	Unknown
iGen [28]	Artificial intelligence engine; human performance modeling; embeddable cognitive agents	Proprietary (various prices for Developer's License; Modeler's License; Runtime License; and Academic Licenses)	COGNET Execution Language (CEL); C++; C; Java	Windows 95, 98, 2000, NT, XP	Consulting; training; selected publications; (user's forum and documentation under construction, but not online yet)	Unknown	Unknown	Unknown
Insight Maker [30]	General purpose simulation and modeling.	Open Source	Javascript	OS X, Windows, Linux, Mobile	Examples, manuals, tutorials, videos.	Unknown	Unknown	Unknown
JABM [31]	Java Agent-Based Modeling toolkit based	LGPL version 3	Java	Any Java Platform	mailing list; defect list; examples; API;	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
	on dependency injection				documentation			
JADE	Distributed applications composed of autonomous entities	LGPL version 2	Java	Any Java Platform	FAQ; mailing list; defect list; tutorials; API; documentation	Yes	Unknown	Unknown
Jade's sim++	Parallel simulation; Applied simulations; network planning; electronic CAD; real time communication simulation	GPL version 2	C++	Available for Meiko and BBN multi-computer systems and can be used on a network with Sun3, Sun 4, and HP 9000 workstations	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
JAMEL (Java Agent-based MacroEconomic Laboratory) [32]	Building agent-based macroeconomic simulations	GPL [33]	No programming required	Any Java platform version 1.5 or higher	examples; reference paper; contact developer	Unknown	Unknown	Unknown
Janus [34]	General purpose multi-agent platform with agent based, organizational and holonic simulation layer	Apache License v2.	Java 1.6 or higher; with the ability to code the agents using the SARL agent-oriented programming language.	Windows; Macintosh; Unix; Linux; Android; Web	FAQ; documentation; online forum; examples; defect list	Unknown	Non-free extension available: JaSIM	Non-free 3D viewer extension is available
JAS [35]	General purpose agent based	LGPL; associated third party licenses (usually non¬proprietary)	Java	Any Java platform version 1.5 or higher	API; documentation; tutorials; email authors	Unknown	Unknown	Unknown
JASA (Java Auction Simulator API) [36]	Computational economics; Agent based computational economics	GPL	Java	Any Java Platform	Public forum, not very well used; API; small set of selected readings; limited documentation	Unknown	Unknown	Unknown
Jason (Jason:Interpr	Platform for the	Open source (free for	AgentSpeak(L)	any Java Virtual	Paper; FAQ;	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
eter for extension of AgentSpeak) [37]	development of multi-agent systems, with many user-customisable features.	academic and non-commercial use), distributed under GNU LGPL		Machine.	Mailing lists; Examples; tutorial; documentation			
JCA-Sim [38]	Cellular automata; General purpose simulator	Free (closed source)	Java; Cellular Description Language (CDL) (for input to simulation)	Any Java Platform	Examples; documentation; API; one contact listed	Unknown	Unknown	Unknown
jEcho [40]	Ecological modeling using object oriented principles	Free, open source	Java	Any Java Platform	Limited documentation; Author has limited time to work with clients	Unknown	Unknown	Unknown
jES (Java Enterprise Simulator) [39]	A single enterprise or a system of enterprises	Academic free license	Java	Any Java Platform	limited documentation	Unknown	Unknown	Unknown
JESS [41]	Rule engine and scripting environment	Proprietary; free for academic use	Java/Jess/JessML (declarative xml rule language)	Java Virtual Machine	FAQ; documentation; mailing list; examples; third party plug ins and libraries; wiki	Unknown	Unknown	Unknown
JIAC [59]	General purpose	Apache License 2.0	Java	Any Java Platform	Mailing Lists; Q&A Site; Tutorials; API; Documentation	Yes	Unknown	Asgard [60]
LSD (Laboratory for Simulation Development) [42]	A language for simulation models; social sciences	GPL	C++; LSD	Windows; Unix; Macintosh	Documentation; a couple of examples; 2 contacts on webpage (but have to dig for them)	Unknown	Unknown	Unknown
MacStarLogo	Social and natural sciences; Educators; for students to model the	Free (closed source)	MacStarLogo	Macintosh	Download available from StarLogo webpage, but not	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
	behavior of decentralized systems; user friendly for K–12 students				actively developed anymore			
MaDKit (Multi Agent Development Kit) [43]	A generic, highly customizable and scalable platform; general purpose multi-agent platform with agent based simulation layer	LGPL for basic libraries; GPL for development and non-commercial applications	Java; MadKit may be developed in all languages that are compiled into Java; for the moment, MadKit comes with 4 scripting languages which are executed in the Java Virtual Machine: Scheme (Kawa), Jess (rule based language), BeanShell (Java interpreted) and Python (jython). Using the JNI (Java Native Interface) technique, it should be possible to develop agents written in C or C++. It is also possible to embed Java agents in C/C++ applications using the same technique, using JNI as a glue between the two worlds.	JVM (Java 2)	FAQ; documentation; online forum; examples; defect list	Unknown	Unknown	Unknown
MAGSY [44]	Rules Based Multi-Agent Systems	Free (closed source)	Magsy (production language)	UNIX, LINUX, SunOS and Solaris systems.	Limited documentation; some example (inside installation package);	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
					no users support groups; no contact even for authors			
MAML (Multi-Agent Modeling Language) [45]	Social science; domain specific programming language for developing agent based models	The compiler is freely downloadable for evaluation purposes (open source) Later the system will be put under GNU license	MAML language; C; visual programming interface	PC; Linux	Tutorial; examples; reference papers; contact developers	Unknown	Unknown	Unknown
MAS-SOC (Multi-Agent Simulations for the SOCial Sciences) [48]	Social simulation	Contact authors for availability	AgentSpeak(XL), an extension of Agentspeak(L) and (Environment Description Language for Multi-Agent Simulation); ELMS, a language for modelling environments where cognitive agents are situated. Future work to implement in Java	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
MASON [46]	General purpose; social complexity, physical modeling, abstract modeling, AI/machine learning	Academic Free License (open source)	Java	Any Java Platform (1.3 or higher)	Mailing list; documentation; Tutorials; third party extensions; reference papers; API	Unknown	Yes	Yes
MASS (Multi-Agent Simulation Suit) [47]	General purpose, distributed simulations, participatory simulations.	Proprietary, free version available	FABLES (Functional Agent-based Language for Simulations); Java; it is possible to run Repast	Any OS with Java 1.5, tested for Windows, MacOSX, Linux	Manuals, tutorials, mailing lists, reference papers.	No	No	From Java, any visualisation can be added.

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
			and NetLogo simulations too.					
MIMOSE (Micro-und Multilevel Modelling Software) [49]	Social sciences; education	Free (closed source)	A model description language (derived from functional language paradigms)	Client/server version on Sun/Solaris/ and Linux; Java based client on Windows NT, Solaris, and Linux	User's manual	Unknown	Unknown	Unknown
Moduleco [50]	Multi-agent platform	GPL	Java	Windows; Linux; Macintosh	API; minimal documentation	Unknown	Unknown	Unknown
MOOSE (Multimodeling Object-Oriented Simulation Environment) [51]	General purpose, agent based (modeled from SimPack)	Unable to verify that available for public use	C++	IBM PC running DOS/Windows or Version of Unix (such as Linux or BSD); Unix Workstations (SUN, SGI)	Selected references; user's manual in toolkit package	Unknown	Unknown	Unknown
NetLogo	Social and natural sciences; Help beginning users get started authoring models	GPL	NetLogo	Any Java Virtual Machine, version 5 or later.	Documentation; FAQ; selected references; tutorials; third party extensions; defect list; mailing lists	Unknown	Yes	Yes
OBEUS (Object Based Environment for Urban Simulation) [52]	Urban simulation	Free (closed source)	Microsoft.net .NET languages – C#, C++, or Visual Basic	Windows	User's manual	Unknown	Unknown	Unknown
Omonia (previously Quicksilver) [53]	AI/social sciences	LGPL	Java	JDK installation	Examples; little documentation	Unknown	Unknown	Unknown
OpenStarLogo	Social and natural sciences; Educators; for students to model the behavior of decentralized systems; user friendly for K–12 students	Free for use and distribution for non-commercial purposes (open source)	StarLogo (an extension of Logo)	Mac OS X v10.2.6 or higher with Java 1.4 installed; Windows; Unix; Linux (StarLogo does not seem to be compatible	FAQ; defects; online support lists; examples and documentation	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
				with Java 5/1.5 on Solaris)				
oRIS [54]	Teaching; programming by concurrent objects, multi-agent systems, distributed virtual reality, adaptive control	Proprietary - (free for academic institutions)	Oris language; Very close to C++ and Java (dynamic and interpreted multi-agent language)	IA32 Linux; PPC Linux; SGI Irix; and Windows	Documentation; examples in French; API	Unknown	Unknown	Unknown
PS-I (Political Science-Identity) [55]	Political phenomena	GPL	No programming required; TCL/TK scripting to apply effects	Cross platform with binaries available for win32; Windows; Linux; PS-I is not currently available for Macintosh users except via emulation of a Windows, NT, or Linux environment.	Documentation; selected publications	Unknown	Unknown	Unknown
Repast	Social sciences	BSD	Java (RepastS, RepastJ); Python (RepastPy); Visual Basic, .Net, C++, J#, C# (Repast.net)	Java version 1.4, although a 1.3 version for Mac OS X is available. To run the demonstration simulations, you'll need a Java Runtime Environment (RepastS, RepastJ); platform independent (RepastPy); Windows (Repast.net)	Documentation; mailing list; defect list; reference papers; external tools; tutorials; FAQ; examples	Unknown	Yes	Yes
SDML (Strictly Declarative Modeling Language) [56]	Multi-agent systems (with limited rationality)	GPL; third party license (for VisualWorks)	Smalltalk release 5i.2 Non-Commercial	Windows 3.1; Windows 95; Widows 98; Windows 2000; Windows NT; Linux; Intel; PowerMac; Unix; ADUX/AIX/ HPUX/ SGI/Solaris	Mailing list; tutorial; selected references; limited documentation included with software package	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
SEAS (System Effectiveness Analysis Simulation) [57]	The US Air Force's Multi-Agent Theater Operations Simulation	Free with government approval	Tactical Programming Language (TPL)	32-bit and 64-bit Windows 2000/XP/Vista/7	User manual, examples, training, email, phone	Unknown	Unknown	Unknown
SeSAm (Shell for Simulated Agent Systems) (fully integrated graphical simulation environment) [58]	General purpose multi domain (agent based); research, teaching, resources, graph theory	LGPL 	Simulation compiled from visual specification; Visual programming	Java 5.0 or better; Windows; Linux; Mac OS X	Tutorials; mailing list; FAQ; wiki; author contact	Plugin available	Raster- and Vector-GIS as spatial representation, ESRI-Arcview files can be imported	Plugin available
SimAgent (also sim agent) [62]	Research and teaching related to the development of interacting agents in environments of various degrees and kinds of complexity; exploratory research on human-like intelligent agents; systems involving large numbers of highly distributed fairly homogeneous relatively 'small' agents; primarily designed to support design and implementation of very complex agents, each composed of very different interacting components (like a human mind) where the whole	Free (open source); MIT/XFREE86 license (for poplog libraries); may later be replaced by GPL	Pop-11, like Common Lisp, is a powerful extendable multi-purpose programming language supporting multiple paradigms. Within the Poplog environment Pop-11 also supports programs written in Prolog, Common Lisp or Standard ML	At least prolog version 15; Windows; Mac OS X; Linux; Unix	Tutorials; documentation; Selected publications; examples; author contact	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
	thing is embedded in an environment that could be a mixture of physical objects and other agents of many sorts							
SimBioSys [63]	Agent-based evolutionary simulations in both biology and the social sciences	Artistic License Agreement	C++	Any platform that supports C++	None	Unknown	Unknown	Unknown
SimPack [64]	General purpose, agent based; teaching computer simulation at the under¬graduate (senior) and graduate levels	GPL	C++; (C libraries no longer maintained); Java	Any platform that supports C++; Technically, the processing environment is supposedly checked for Java 1.4 but Java 1.5 seems to work fine. Simpackj has been tested with 1.5 and exhibits no issues. The SDK is preferred over the JRE, as this could be useful for certain types of Java code that you may be writing. The SDK includes a JRE	Selected publications; mailing list; user's manual	Unknown	Unknown	Unknown
SimPlusPlus [61]	Testing Base24 applications	GPL	Fully programmable with any language that can support activeX components (e.g. C, C++, VB, VBA, Java, and others), but no programming required	Sim++ can be used with C code or C++ code, but you MUST have a C++ compiler. DOS; Windows (as a DOS application) or OS2 (as a DOS app). The SimPack software is	Contact authors	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
				currently being overhauled to use C++ exclusively; however, it will still be possible to use C programs, as before, to access the C++ routines.				
Soar	General purpose AI; human performance modeling; learning (including explanation-based learning)	BSD	Soar 1 to 5 in Lisp; Soar 6 in C; Java, C++, TCL	Windows 98; Windows ME; Windows 2000; Windows XP; Linux; Mac OS X	Documentation; FAQ; selected publications; defect list; third party extensions; mailing list; contact authors; tutorial; examples; wiki	Unknown	Unknown	Unknown
Spatial Modeling Environment (SME) [65]	Ecological economic; Ecosystems modeling	LGPL	No knowledge of computer programming required	Unix	Documentation; mailing list (but wasn't functional when went to the website)	Unknown	Unknown	Unknown
StarLogo	Social and natural sciences; Educators; for students to model the behavior of decentralized systems; user friendly for K–12 students	Free (closed source) - Clearthought Software License, Version 1.0	StarLogo (an extension of Logo)	Mac OS X v10.2.6 or higher with Java 1.4 installed; Windows; Unix; Linux (StarLogo does not seem to be compatible with Java 5/1.5 on Solaris)	Mailing list; tutorials; FAQ; bug list; documentation; developer contacts	Unknown	Unknown	Unknown
StarLogo TNG	Social and natural sciences; teaching basic computer programming skills	StarLogo TNG License v1.0 - (closed source) - the code may be freed up eventually. The original	StarLogo TNG language – a graphical programming language and a 3d world	Macintosh and Windows	Tutorials; FAQ; documentation; mailing lists; API	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
		StarLogo is apparently going to be released under an open source license soon						
StarLogoT	Social sciences; Education; decentralized networks	Free (closed source)	StarLogoT	Macintosh	Tutorials; API; documentation; defect list; contact authors	Unknown	Unknown	Unknown
Sugarscape [66]	Social sciences; education	GPL	Java	Java 2 SDK or (Internet Explorer 5.x or greater AND the Java 2 Runtime Environment (JRE))	API	Unknown	Unknown	Unknown
Swarm	General purpose agent based	GPL	Java; Objective-C	Windows; Linux; Mac OS X	Wiki; tutorials; examples; documentation; FAQ; selected publications; mailing lists	Unknown	Unknown	Unknown
TerraME[67]	Agent-based modelling in cellular spaces	GPL	Lua with extensions	Windows; Linux; Mac OS X	Wiki; tutorials; examples; documentation; selected publications	Unknown	Yes, direct interface to TerraView and TerraLIb GIS	Agent properties can be visualized dinamically
VisualBots [68]	Multi-agent simulator in Microsoft Excel	Free, Not Open Source	Visual Basic	Windows	Object model documentation; tutorials; example projects	Unknown	Yes	No
VSEit [69]	Social sciences; education	Free (closed source)	Java	To run simulations: a Java enabled internet browser like Netscape Navigator or Microsoft Explorer. VSEit is known to run under Netscape	Examples; users guide; defect list;	Unknown	Unknown	Unknown

Platform	Primary Domain	License	Programming Language	Operating System	User Support	FIPA Compliant	GIS Capabilities	3D Capabilities
				Navigator 4.06 or higher, on Windows 95/98 and Windows NT; to develop simulations: any Java platform supporting Java 1.1.7.				
Xholon [70]	Integration of multiple paradigms, including ABM, in a single model or simulation.	LGPL	Java	Windows; Linux; any Java Platform	Tutorials; many examples; user guide; web sites	Unknown	Unknown	exports to VRML
ZEUS [71]	Rules engine and scripting environment; Distributed multi-agent simulations	Open source (read license)	Visual editors and code generators	Windows 95; Windows 98; Windows NT; Windows 2000; Windows XP; Linux; BSD; UNIX-like OSes; Solaris	Documentation; author contact	Yes	Unknown	Unknown

Source : Widipédia, 2015.

ANNEXE 8 : SIEGMAS

Programmation NETLOGO

Exemple de code snippet pour MASC (chargement du fichier)

```
----------------------------------------------------------------------------
to initMapWithMasc
  ; *** Call to external file code generated by MASC ***
 ifelse (Territory != "nill")
 [
   initmap


   output-print "Buildind environment... "


   ask patches [  ifelse (isInvalidArea?) [set deteriorationLevel 0] [set
deteriorationLevel random 100]]


   ; test if the initialisation map is not to small
   if max-pxcor < 20 or max-pycor < 20 [
   user-message ("Switch initByMasc? to Off, or insert code generated by MASC
see the procedure initMapWithMascGeneratedCode.")
   set g_mapContext "Nill" ;; @RC TODO tester le nom de la carte donner dans le
fichier generer par
   ]
  ]
  [
   user-message ("Not yet implemented")
   set g_mapContext "Nill" ;; @RC TODO tester le nom de la carte donner dans le
fichier generer par
   stop
```

```
    ]
end

; ------------------------------------------------------------------------
```

Exemple de code snippet pour le comportement de l’agent Operator

```
Agents Behavior ========================================

; ------------------------ operatorBehavior Main Behavior ------------------------
to operatorBehavior

  ask operators [
    ifelse (devianceLevel = 0)
    ; if this externalHelp is totally Ethic, this may change due to major live event
    [ if (random 10 = 0)
      [set devianceLevel random 101] ; people live difficult experience in there live and get not ethic !
    ]
    ; if this agent is not totally ethic, his deviance level will slighly decrease or increase +/- 5%
    [ ifelse (random 2 = 0)
      [set devianceLevel min list (devianceLevel + random 4) 100 ]
      [set devianceLevel max list (devianceLevel - random 6) 0]
    ]
  ]
end
        ========================================
```

Exemple de code snippet pour IHM pour l’affichage au niveau de déviance

```
        ========================================

; IHM Management
```

```
; -------------------------------------------------------------------------
to showDevianceLevel
  ask patches with [savePatchColor != g_defaultColor] [
     ifelse g_showDevianceLevel?
     [ set pcolor black]
     [ set pcolor savePatchColor]
  ]
  ifelse g_showDevianceLevel?  [ ; showDevianceAffordance ; TODO //@RC pas top à revoir
                          set g_showDevianceLevel?  FALSE] [set g_showDevianceLevel? TRUE]
  showDevianceLevel_label
end


to showDevianceLevel_label
  ask turtles [
     ifelse (g_showDevianceLevel? = FALSE and devianceLevel >= devianceLevelToShow) [
       set pcolor scale-color red (120 - devianceLevel) 0 100
       set label (round devianceLevel)
       set label-color pcolor
     ]
     [ set label "" ]
  ]
end
to showDevianceAffordance
   ask ExternalHelps [
    if (devianceLevel >= devianceLevelToShow) [
      ;; scale color to show deteriorationLevel concentration
      ask patches in-radius 1
        [ set pcolor scale-color red ([devianceLevel] of myself) 0 100 ]
    ]
   ]
   ask Managers [
```

```
    if (devianceLevel >= devianceLevelToShow) [
      ;; scale color to show deteriorationLevel concentration
      ask patches in-radius 1
        [ set pcolor scale-color red ([devianceLevel] of myself) 0 100 ]
    ]
  ]
  ask Operators [
    if (devianceLevel >= devianceLevelToShow) [
      ;; scale color to show deteriorationLevel concentration
      ask patches in-radius 1
        [ set pcolor scale-color red ([devianceLevel] of myself) 0 100 ]
    ]
  ]

  diffuse pcolor 0.5
end
        ==========================================
```

ANNEXE 9 Les acteurs rencontrés dans le cadre du terrain de la thèse

Octobre à Novembre 2011
Juillet à Novembre 2014
Janvier 2015

Acteurs rencontrés dans le cadre du terrain dans la région d'Analamanga (Madagascar).

Villes d'Analamanga enquêtées :

- Mangamila (District d'Anjorozobe) ;
- Talata Volon'ondry (District d'Anatananarivo Avaradrano) ;
- Ambohijanaka (District d'Antananarivo Atsimondrano) ;
- Andramasina (District d'Andramasina) ;
- Ambohidratrima (District d'Ambohidratrima) ;
- Ankazobe et Tsisangaine Ankazobe (District Ankazobe) ;
- Manjakandriana (District de Manjakandriana) ;
- Antananarivo (District d'Anatananarivo).

- Personnes enquêtées dans les divers districts de la Région ;
- Service pépinière, Direction d'espaces et propriétés urbaines (DEPU) ;
- Service pépinière, chef de service agriculture urbaine ;
- Mairie de Tananarive, Chef de service du patrimoine et de l'urbanisme ;
- Service des domaines et topographie, chef de service des études et révisions des textes fonciers ;
- Ministère de l'Agriculture, directeur des Affaires juridiques ;
- PADR (Plan d'Action pour le Développement Rural), chef de la statistique agricole ;
- Office de l'Environnement et des Forêts ;
- Fokontany des communes étudiées Fokontany II Arrondissement, Antananarivo) ;
- Ministère des finances et du budget, chef du service du secteur infrastructure et chef de division productif ;
- Parc botanique et zoologique de Tananarive, responsable de la communication ;
- AFD (Agence Française de Développement), chargée de projet infrastructure, développement urbain et environnement ;
- Responsable du ROR/ord (Réseau des Observatoires Ruraux) ;

- Association Tany Meva, gestionnaire de programme fondation Tany Meva ;
- Ministère de la justice, Directeur des études ;
- Alliance Voahary Gasy (Association) ;
- Institut des Métiers et de La ville, coordonnateur du projet de coopération décentralisée avec la région Ile-de-France à Anatananarivo, chargée de mission agriculture urbaine et environnement ;
- Ministère de l'Environnement et des forêts, Direction régionale d'Analamanga, responsable des transferts de gestion et Directeur Général des eaux et Forêts ;
- DELC, Directrice du centre de recherche pour le droit de l'environnement ;

Maires, BIF (Birao Ifoton'ny Fananan-tany, guichet foncier) et Fokontany des huit districts de la région d'Analamanga: le district d'Ambohidratrimo, le district d'Andramasina, le district d'Anjozorobe, le district d'Ankazobe, le district de Tananarive, le district d'Antananarivo-Atsimondrano, le district d'Antananarivo et le district de Manjakandriana.

Acteurs rencontrés dans le cadre du terrain dans la région d'Itasy (Madagascar).

Villes d'Itasy enquêtées :
- Arivonimamo
- Ampefy,
- Soavinandriana,
- Miarinarivo.

- Personnes enquêtées dans les divers districts de la région ;
- Ministère de l'Environnement et des Forêts, Directrice de la Direction régionale de l'environnement à Itasy;
- Ministère de l'Environnement et des Forêts, chef de service Régional du contrôle et responsable de PRPSE (gestion des données) ;
- BIF (Birao Ifoton'ny Fananan-tany, guichet foncier) , AMO I;
- Adjoint au maire Amo ;
- Fokontany (bureau de quartier) du district d'Arivonimamo, du district de Miarinarivo et du district de soavinandriana ;
- Maires des communes suivantes : pour le district d'Arivonimamo l'adjoint au maire, pour le district de Miarinarivo M. le Maire et le district de soavinandriana M. Le Maire.

Acteurs rencontrés dans le cadre du terrain à La Réunion (France).

- Personnes enquêtées sur les diverses communes de l'île ;
- Direction de l'environnement et de gestion de Déchets du TCO ;
- Agence Française de Développement ;

- Siège de la Chambre d'Agriculture, Tampon ;
- Direction de l'environnement et des déchets de la CIVIS ;
- Pôle technique, Mairie de Saint Paul ;
- Direction de l'Aménagement de Mairie de Saint Paul ;
- Direction de l'Aménagement de la CINOR ;
- Mairie de Saint Benoit ;
- L'Office National des Forêts ;
- Le Parc National ;
- Direction de l'Aménagement de la CIREST ;
- Direction de l'Aménagement de la CIVIS ;
- Direction de l'Environnement de la Mairie de Saint Benoît ;
- Direction de l'Aménagement de la Mairie de Saint Benoît ;
- Direction de l'Aménagement de la Mairie de Saint Pierre,
- Direction du cadre de la Vie Mairie de Saint Denis ;
- Direction de l'environnement du Conseil Général et de la Région Réunion
- Association SREPEN (Réunion Nature Environnement 974) ;
- Commune de la Plaine des Palmistes et de Sainte Rose.

Villes enquêtées : Saint-Leu, Saint Paul, Le Port, Possession, Saint-Gilles, L'Étang Salé, Saint-Louis, Saint Philippe, Le Tampon, Saint-Pierre, Saint-Joseph, l'Entre-Deux, Saint André, Saint-Benoît, Bras-Panon, Saint-Denis La Plaine des Palmistes, La Plaine des Cafres, Sainte Suzanne, Saint Joseph, Saint Philippe, Avirons, Salazie, Cilaos.