



HAL
open science

La durabilité des systèmes de production agricole dans les pays en développement

Sébastien Marchand

► **To cite this version:**

Sébastien Marchand. La durabilité des systèmes de production agricole dans les pays en développement. Economies et finances. Université Clermont Auvergne (UCA), Clermont-Ferrand, FRA., 2022. tel-03854408

HAL Id: tel-03854408

<https://uca.hal.science/tel-03854408>

Submitted on 15 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Habilitation à
Diriger les
Recherches**

La durabilité des systèmes de production agricole
dans les pays en développement

présentée par

Sébastien Marchand

Maître de conférences à l'Université Clermont Auvergne

Discipline : Sciences économiques

Soutenue publiquement le 11 Juillet 2022 devant le jury composé de :

Catherine Araujo Bonjean	Chargée de recherche CNRS, UMR CERDI
Tanguy Bernard	Professeur, Université de Bordeaux, UMR BSE
Stéphane Blancard	Professeur, Agrosup Dijon, UMR CESAER
Raja Chakir	Directrice de recherche INRAE, UMR PSAE
Vianney Dequiedt	Professeur, Université Clermont Auvergne, UMR CERDI

Préface

L'objectif de ce mémoire est d'illustrer mon parcours de recherche depuis la fin de ma thèse de doctorat. Pour ce faire, j'ai décidé de ne retenir qu'une partie de mes travaux passés, en cours et à venir, et ainsi laisser de côté ou évoquer brièvement une partie de mes travaux de recherche.

Remerciements

Tout d'abord, je suis très reconnaissant envers Catherine Araujo Bonjean pour son aide bienveillante et amicale tout au long de la rédaction de ce mémoire. Je remercie très sincèrement Raja Chakir, Tanguy Bernard, Stéphane Blancard et Vianney Dequiedt qui ont accepté de consacrer du temps à mes travaux de recherche.

Ces derniers sont le fruit de plusieurs collaborations fructueuses ces dernières années. Je tiens ainsi à remercier tout particulièrement José Féres, Toby Gardner, Thiago Morello et Alexandre Sauquet pour mes années "Brésil". Je tiens aussi à remercier Elda Nasho Ah Pine, Julien Ah Pine, Etienne Espagne, Selim Mankai, Yoann Morin, Lionel Védrine et Laurent Wagner avec qui j'ai toujours grand plaisir à travailler. Je remercie aussi mes collègues du CERDI qui partagent ma recherche : Damien Cubizol, Michaël Goujon, Martine Audibert, Alexis Repon et Olivier Santoni. Je souhaite enfin remercier tout particulièrement Huanxiu Guo, mon ami et collègue, à mes côtés depuis mes débuts dans ce métier.

Plusieurs articles présentés dans ce mémoire ont été publiés dans des revues évaluées par les pairs. Je remercie très sincèrement les éditeurs et les rapporteurs anonymes qui m'ont permis, avec leurs commentaires, d'améliorer ma recherche sur le fond et la forme.

Je remercie également très sincèrement Maimouna Barro, Yoro Diallo et Mouhamed Zerbo pour les échanges riches et passionnants que nous avons dans le cadre de leurs thèses. Une grande part de la motivation à rédiger ce mémoire pour obtenir l'HDR est le fruit de nos collaborations. Travailler avec des jeunes chercheurs est sans aucun doute l'un des aspects les plus enrichissants de ce métier. Merci à Martine Audibert, Michaël Goujon, Bertrand Laporte et Selim Mankai de m'avoir accompagné dans mes premières expériences de direction de thèse. Nos échanges m'ont grandement aidé dans l'écriture de ce mémoire.

Pour terminer, je remercie très chaleureusement mes collègues du CERDI pour leur support et affection au quotidien. C'est un immense plaisir d'être parmi vous.

Merci Aurélie !

Table des matières

Curriculum Vitae	i
1 Introduction	1
2 La durabilité des systèmes de production agricole en Chine	5
2.1 L'efficacité environnementale de l'agriculture familiale conventionnelle et biologique (MARCHAND & GUO 2014)	5
2.2 L'influence des interactions sociales dans l'agriculture familiale (GUO & MARCHAND 2019)	7
2.3 L'influence de la pollution industrielle de l'eau sur les rendements agricoles (MARCHAND et al. 2020)	9
3 L'utilisation des terres au Brésil	12
3.1 Productivité agricole et déforestation (MARCHAND 2012b)	12
3.2 Les déterminants de l'utilisation des terres dans les zones proches de l'arc de déforestation (GARRETT et al. 2017)	15
3.3 L'influence de l'ICMS-ecológico sur la création de zones protégées (SAUQUET et al. 2014)	16
4 Les projets en cours et à venir	22
4.1 Les enjeux du dérèglement climatique au Vietnam (projet en cours)	22
4.1.1 L'impact des chocs climatiques extrêmes sur l'agriculture (DIALLO et al. 2019)	22
4.1.2 La mesure de la vulnérabilité au risque cyclonique (travaux en cours; GOUJON et MARCHAND 2022)	26
4.2 Politique publique, média et pollution de l'air en Chine (projet en cours)	28
4.2.1 L'influence de la tonalité émotionnelle sur la pollution de l'air en Chine (MARCHAND et al. 2021; 1er article)	31
4.2.2 Les deux autres travaux en cours	34
4.3 Services écosystémiques et agrosystèmes dans le bassin inférieur du Mékong (projet à venir)	36
5 Conclusion	39
Bibliographie	40
Articles de l'auteur présentés dans le mémoire	44
Travaux de l'auteur évoqués et non présentés dans le mémoire	44

Curriculum Vitae

Informations personnelles

Nationalité : française

Date de naissance : 30/01/1985

E-mail : sebastien.marchand@uca.fr

Tel. : +33 (0)4-73-17-74-27

Adresse : CERDI–UCA, 26 Av. L. Blum, 63000, Clermont-Fd

[Official Website](#)

[ORCID ID](#)

[Research Gate profil](#)

[Google Scholar Citation](#)

Thèmes de Recherche

Économie du développement, économie agricole, économie environnementale, économie du climat, économie institutionnelle, analyse des données de panel, analyse des frontières stochastiques, économétrie spatiale.

Education supérieure

- 2011 : Thèse de doctorat en Sciences économiques, mention très honorable avec félicitations du jury, CERDI, Université d'Auvergne (France)
 - Titre : [Institutions and deforestation in developing countries](#)
 - Directeurs de thèse : Pascale Combes Motel et Florent Garnier
 - Membres du jury : Christian Dugas de la Boissonny (Pr. Emérite – Université Nancy 2), Gérard Duchêne (Pr - Université Paris-Est Créteil), Louis Hotte (Pr. - Université d'Ottawa) et José Férès (Researcher – IPEA at Rio de Janeiro)
- 2008 : Master recherche en économie du développement, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand (mention B)
- 2008 : Master professionnel en analyse de projet, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand (mention B)

Positions académiques

- 2013 – : Maître de Conférences, Ecole de droit et CERDI, Université Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand
- 2012 : Chercheur post-doctoral, Projet [Rede Amazônia Sustentável](#), Université Fédérale de Viçosa, Brésil
- 2011 - 2012 : Attaché Temporaire de Recherche et d'Enseignement (ATER), Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand
- 2008 - 11 : Allocataire de Recherche et Chargé de TD, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand
- 2007 : Assistant de recherche, UMR Métafort (AgroParisTech, INRA, VetAgro Sup), Clermont-Ferrand

Responsabilités scientifiques et pédagogiques

- 2021 – : Membre élu du Conseil d'Administration de l'Université Clermont Auvergne
- 2017 – : Co-Responsable du parcours de master Economie et Transitions Territoriales (Ecole d'Economie - UCA); [site Internet](#)
- 2017 - 2020 : membre élu du conseil de laboratoire du CERDI
- 2013 - 2021 : Responsable de la licence générale Administration Economique et Sociale (Ecole de droit - UCA)
- 2013-17 : Responsable du parcours de master Economie Locale et Développement Territorial (Ecole de droit - UCA)

Publications dans des revues à comité de lecture

- [1] "Social interactions and spillover effects in Chinese family farming", *The Journal of Development Studies*, 2019, 55(11), 2306-2328 (avec Huanxiu Guo).
<https://doi.org/10.1080/00220388.2018.1443206>
- [2] "Explaining the persistence of low income and environmentally degrading land uses in the Brazilian Amazon". *Ecology and Society*, 2017, 22(3) (avec R. D. Garrett, Gardner, T. A., Morello, T. F., Barlow, J., de Blas, D. E., ... Parry, L.).
<https://doi.org/10.5751/ES-09364-220327>
- [3] "The colonial origins of deforestation : an institutional analysis", *Environment and Development Economics*, 2016, 21(3), 318-349.
<https://doi.org/10.1017/S1355770X1500025X>
- [4] "Protected areas, local governments, and strategic interactions : The case of the ICMS-Ecológico in the Brazilian state of Paraná", *Ecological Economics*, 2014, 107, 249-258 (avec A. Sauquet and J. Férès).
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.09.008>
- [5] "The environmental efficiency of non-certified organic farming in China : A case study of paddy rice production", *China Economic Review*, 2014, 31, 201-216 (avec H. Guo).
<https://doi.org/10.1016/j.chieco.2014.09.006>
- [6] "A social and ecological assessment of tropical land-uses at multiple scales : the Sustainable Amazon Network.", *Philosophical Transactions of the Royal Society – B.*, 2013, 368 (1619) (avec Gardner, T., Ferreira, J., Barlow, J., Lees, A., Parry, L., and others).
<https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0166>
- [7] "The relationship between technical efficiency in agriculture and deforestation in the Brazilian Amazon", *Ecological Economics*, 2012, 77, 166-175.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.025>
- [8] "Legal Origin, Colonial Origins and Deforestation", *Economics Bulletin*, 2012, vol. 32(2), 1653-1670.
<http://www.accessecon.com/Pubs/EB/2012/Volume32/EB-12-V32-I2-P159.pdf>

Contributions à ouvrage

- [1] "Mesures de la vulnérabilité au changement climatique" (avec M. Goujon), in *La résilience des territoires exposés*, Editeur Mare et Martin, 2022 (en cours de publication)

- [2] "Une mesure comparative de la vulnérabilité des territoires à l'activité cyclonique : le cas du Vietnam aux risques naturels" (avec M. Goujon et O. Santoni *in Vulnérabilité environnementales : approches pluridisciplinaires*, Editeur L'Harmattan, 2022 (en cours de publication))

Travaux en cours

- [1] Y. Diallo, S. Marchand et E. Espagne, Impacts of Extreme Climate Events on Technical Efficiency in Vietnamese Agriculture (publié dans la série : Cerdi Etudes Documents, No. 2019-12)
- [2] S. Marchand, M. Barro et H. Guo, Industrial water pollution and rice farming in China (publié dans la série : Cerdi Etudes Documents, No. 2019-12; soumis à *Journal of Cleaner Production*)
- [3] S. Marchand, D. Cubizol, H. Guo et E. Nasho, Environmental News Emotion and Air Pollution in China (publié dans la série : Cerdi Etudes Documents, No. 2021-29)
- [4] S. Marchand, Y. Morin, L. Védrine et L. Wagner, Revisiting the environmental impacts of foreign aid : is foreign aid polluting? Empirical evidence at the sub-national level?
- [5] H. Le, S. Mankai et S. Marchand, Demand for natural disaster insurance in developing countries : a meta-analysis
- [6] S. Marchand, D. Cubizol, et J. Ah-Pine, H. Guo, News media sentiments and Chinese firms' air pollution
- [7] S. Marchand et M. Zerbo, Revisiting the trade restrictions-industrialization nexus in developing countries : the case of log export ban and wood processing
- [8] M. Goujon, S. Marchand et O. Santoni, A comparative measure of the vulnerability to cyclonic activity at subnational level : the case of Vietnam
- [9] M. Barro, M. Audibert, et S. Marchand, Irrigation and malaria in sub-Saharan Africa

Service

Rapporteur pour des revues à comité de lecture : American Journal of Agricultural Economics; China Economic Review; Ecological Economics; Economic Inquiry; Environment and Development Economics; Environment, Development and Sustainability; Frontiers in ecology and the environment; Géographie, Economie et Société; Revista de economia e agronegocio; Revue d'Économie du Développement; Revue Économique; World Development.

Contrats et Réseaux de Recherche

- Obtention d'une bourse doctorale, financement I-Site CAP 20-25, 2019 à 2022
- Projet [Rede Amazônia Sustentável](#) : projet international sur le développement soutenable de l'Amazonie légale; membre du projet de 2011 à 2015
- Bourse postdoctorale, Ministère de la Recherche, Brésil, 2012
- Bourse doctorale, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, France, 2008 – 2011
- Bourse du programme pluridisciplinaire "Gouvernance internationale, universalisme et relativisme : règles et institutions : Quels rôles pour les institutions internationales?", Ministère français de la Recherche, France, 2008 – 2011

Présentations (conférences et séminaires)

Conférences

FEARE Conference (Grenoble, France, 2021), 24th EAERE Conference (Manchester, United Kingdom, 2019), Land use and environmental socio-economic vulnerability Workshop Inra-Cerdi (Clermont-Fd, France, 2018), Symposium of RAS project (Caraça, Brazil, 2015), AFSE 2014 annual conference (Lyon, France, 2014), AFSE 2013 annual conference (Aix-en-Provence, France, 2013), 20th EAERE Conference (Toulouse, France, 2013), INFER 2013 annual conference (Orléans, France, 2013), ISEE 2012 conference-Ecological Economics (Rio de Janeiro, Brazil, 2012), 2012 Annual Doctoral Conference of the Association for the Development of Research in Economics and Statistics (ADRES) (Marseille, France, 2012), CSAE Oxford conference (Oxford, United Kingdom, 2011). CERDI International Conference on Environment and Natural Resources Management in Developing and Transition Economies (Clermont-Ferrand, France, 2010), The 13th Netherlands Network of Economics (NAKE) Research Day (Utrecht, Netherlands, 2010), Rencontres doctorales du développement (CERDI - CES - Graduate Institute - LEO) (Paris, France, 2009), CERDI Workshop on tropical deforestation (Clermont-Ferrand, France, 2008).

Séminaires

CEE-M (Montpellier, France, 2022), GRETHA (Bordeaux, France, 2021), CLERMA (Clermont-Ferrand, France, 2021), IEF, Nanjing Audit University (Nanjing, China, 2017), LEO (Orléans, France, 2011), LEF (Nancy, France, 2011), Ecole doctorale ED245 (Clermont-Ferrand, France, 2009 et 2010).

Enseignements (sélection)

1. 2013 - [niveau licence] : Introduction à l'économie (60h), Macroéconomie (30h), Histoire économique (24h), Economie internationale (30h) et Transitions écologiques et territoriales (économie écologique; 20h).
2. 2013 - [niveau master] : Économie de l'environnement (20h - niveau master) et Économie institutionnelle (15h - niveau master).

Encadrement pédagogique

Thèses soutenues

- **Yoro Diallo** avec Michaël Goujon (CERDI/UCA – directeur de thèse).
 - Titre de la thèse : Analyse des impacts socio-économiques du changement climatique dans les pays en développement
 - Financement : allocation ministérielle du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche français
 - Date de soutenance : 06 juillet 2021 (durée de la thèse : 3 ans)
 - Insertion pro. : recruté par le Fonds Monétaire International

Thèses en cours

- **Maimouna Barro** avec Martine Audibert (CERDI/UCA – directrice de thèse)
 - Titre de la thèse : l'économie de l'eau dans les pays en développement
 - Financement : bourse du pays de la doctorante
 - Date de début : octobre 2018 (4^{ème} année)
- **Ha Ngoc Le** avec Michaël Goujon (CERDI/UCA – directeur de thèse) et Selim Mankai (Clerma/UCA – co-encadrant)
 - Titre de la thèse : l'évaluation de l'adaptation au risque cyclonique : le cas du Vietnam
 - Financement : bourse doctorale financée par le programme I-site CAP 2025 (challenge 4)
 - Date de début : octobre 2019 (3^{ème} année)
- **Mouhamed Zerbo** avec Bertrand Laporte (CERDI/UCA – directeur de thèse)
 - Titre de la thèse : essais sur la réforme de l'interdiction d'exportation de grumes
 - Financement : bourse du pays du doctorant.
 - Date de début : octobre 2019 (3^{ème} année)

Autres

- Langues : Français (langue maternelle), Anglais (courant), Portugais (débutant).
- Logiciels : STATA, , MATLAB, L^AT_EX.

1. Introduction

Ce mémoire résume mes travaux de recherche depuis l'obtention de ma thèse de doctorat en octobre 2011. Mes travaux ont été marqués par deux séjours de recherche à l'étranger (en 2015 au Brésil et en 2017 en Chine) et le co-encadrement de quatre doctorants depuis 2018¹. Durant cette période, je me suis principalement intéressé à l'étude de la *durabilité* des systèmes de production agricole dans les pays en développement en abordant des thématiques et des terrains divers tout en me rapprochant d'autres disciplines (écologie, agronomie et climatologie notamment).

Avant de présenter mes travaux de façon détaillée, j'expose dans cette introduction les motivations sous-jacentes de ma recherche en lien avec la durabilité puis j'aborde succinctement mes travaux de recherche (non développés dans ce mémoire) sur les institutions et la déforestation.

La durabilité des systèmes de production à l'ère de l'anthropocène

Mes travaux ont pour objectif de comprendre les interactions entre l'environnement naturel et les systèmes de production agricole dans le contexte actuel de l'*anthropocène* (CRUTZEN & STOERMER 2000), ce nouvel âge géologique de notre planète marqué par l'empreinte durable et indélébile des civilisations humaines sur les systèmes naturels (lithosphère, atmosphère, hydrosphère et biosphère). Nos modes de vie actuels font subir des dégradations importantes aux systèmes naturels au risque de remettre en cause les services écosystémiques de soutien à la vie (ex. la formation des sols, les grands cycles biochimiques et la production primaire) qu'ils procurent. En effet, ces services de soutien à la vie sont fortement dépendants de plusieurs processus naturels fortement influencés par nos modes de vie : le changement climatique, la pollution de l'air (présence des aérosols dans l'atmosphère), l'acidification des océans, l'intégrité de la biodiversité, la reconversion des terres, les cycles de l'azote et du phosphore, la disponibilité en eau douce ou encore l'ozone stratosphérique. Le concept de limite planétaire, introduit par ROCKSTRÖM et al. 2009 dans *Nature* puis actualisées par STEFFEN et al. 2015 dans *Science*, permet de prendre conscience qu'au-delà d'une certaine modification de ces processus naturels, notre système « Terre » et ses systèmes naturels ne pourront plus procurer les services écosystémiques de soutien à la vie au risque de voir l'ensemble du vivant s'effondrer. Les limites ont été franchies pour les cycles de l'azote et du phosphore ou encore l'intégrité de la biodiversité, et en passe de l'être pour le changement climatique.

Il est donc urgent de repenser nos systèmes de production, d'échange et de consommation afin de les rendre (1) plus *durables* c'est-à-dire compatibles avec les limites de notre planète en lien avec les processus naturels évoqués supra, (2) plus *résilients* aux chocs naturels ou socioéconomiques à venir

1. Il s'agit de (1) Yoro Diallo que j'ai co-encadré avec Michaël Goujon entre 2018 et 2021 et qui travaillait sur le thème des conséquences économiques du dérèglement climatique au Vietnam ; (2) Maimouna Barro que je co-encadre avec Martine Audibert depuis 2018 et qui travaille sur le thème de l'économie de l'eau en Chine et en Afrique ; (3) Mouhamed Zerbo que je co-encadre avec Bertrand Laporte depuis 2019 et qui travaille sur les impacts de la réforme de l'interdiction des grumes (bois brut) en Afrique ; (4) Ngoc Ha Le que je co-encadre avec Michaël Goujon et Selim Mankai, et qui travaille sur le thème de la demande d'assurance contre les risques à forte intensité et à faible probabilité d'occurrence (ex. les cyclones, les inondations, etc.).

qui seront plus fréquents en raison du dépassement de certaines limites et (3) plus *équitable*s afin d'assurer la satisfaction du bien être des générations présentes et futures². La science économique doit contribuer à la compréhension de cette transition écologique et sociale de nos modes de vie et, mes travaux, à l'aide d'outils et de concepts de l'économie tout en s'ouvrant à d'autres disciplines (écologie, etc.), s'inscrivent dans cette tâche. Je reviendrai sur l'importance de l'interdisciplinarité dans mes recherches tout au long de ce mémoire et dans la conclusion.

Mes travaux s'intéressent principalement à la durabilité des systèmes de production agricole à l'ère de l'anthropocène. Ma recherche s'inscrit dans un contexte où l'agriculture du 21^{ème} siècle doit répondre à des enjeux multiples. Elle doit nourrir une population toujours grandissante en associant qualité des aliments, respect de l'environnement et niveau de vie décent des agriculteurs et de leur famille (près de 90% des exploitations sont familiales et assurent environ 80% de la production agricole mondiale³). Ce triple objectif est aujourd'hui l'un des fondements d'une transition écologique et sociale réussie de nos modes de vie. L'atteinte de ces objectifs doit néanmoins se faire dans un contexte de grandes tensions sur les ressources naturelles (réduction de la fertilité des sols, perte de biodiversité, raréfaction et pollution de l'eau), d'instabilité climatique (sécheresse, inondation, tempêtes extrêmes) et de mutations rapides des systèmes économiques (industrialisation rapide dans les pays en développement) dont dépend l'agriculture, l'obligeant à renforcer sa résilience à ces tensions.

Les travaux de recherche présentés dans la suite de ce mémoire portent sur des thèmes (e.g. agriculture familiale, pollution industrielle, services écosystémiques, impact des dérèglements climatiques, pollution de l'air, ...) et des terrains (Brésil, Chine, Vietnam ou encore Cambodge et Laos) divers. Ils partagent la volonté de comprendre comment se manifeste le problème de la durabilité des systèmes de production agricole dans les pays en développement. Leur présentation dans ce mémoire s'articule autour de trois axes. Le premier axe de recherche porte sur la durabilité des systèmes de production agricole en Chine, le deuxième axe traite de la question de l'utilisation des terres au Brésil et enfin, le troisième axe présente mes recherches en cours et à venir. Avant d'aborder ces trois parties, j'évoque d'une manière succincte dans cette introduction mes anciens travaux de recherche en lien avec l'effet de la persistance des institutions sur la déforestation.

Le rôle de la persistance des institutions sur la déforestation

J'expose ici brièvement certains travaux entamés lors de ma thèse et publiés après l'obtention de celle-ci sans les présenter de façon détaillée dans ce mémoire⁴. Ces travaux sont dédiés à l'étude des interactions entre les institutions et la déforestation dans les pays en développement à un niveau

2. La théorie du Donut de Kate Raworth (RAWORTH 2017) permet de conceptualiser l'idée d'un plafond écologique à ne pas dépasser (les limites planétaires) et d'un plancher social à ne pas franchir (ex. accès à une nourriture de qualité, une bonne santé, l'éducation, etc.).

3. Voir le site de la FAO et de la FIDA relatif à la décennie de l'agriculture familiale : <http://www.fao.org/family-farming-decade/home/fr/> (consulté le 13 avril 2022).

4. Bien que la problématique de la durabilité des systèmes de production soit en lien avec la qualité des institutions, j'ai décidé de mettre de côté ce pan de mes travaux de recherche puisque je ne travaille plus sur ces questions depuis la fin de ma thèse malgré la publication de certains travaux après celle-ci.

macroéconomique. Les institutions sont les « règles du jeu » qui façonnent les incitations et les choix des êtres humains au sens de Douglass North (NORTH 1991)⁵. Elles sont informelles (normes, cultures, etc.) ou formelles (le droit, les règlements, etc.). L'analyse des effets de la qualité des institutions sur les performances environnementales de nos systèmes économiques est un aspect important de la compréhension de la durabilité de ceux-ci. Ce sujet était au centre de ma thèse.

Plus précisément, dans la première partie de ma thèse, je me suis intéressé à la théorie de la persistance des institutions selon laquelle ces dernières ont pour particularité d'être durables, auto-renforcées et persistantes (bien qu'elles ne soient ni immuables ni immortelles). Cette caractéristique a notamment été théorisée par Douglass North avec le concept de *path dependence* (NORTH 2012) traduit le plus souvent en français par l'expression « dépendance de sentier ». Pour étudier cette persistance des institutions, j'ai utilisé le cadre de l'analyse historique et comparative des institutions (*historical and comparative institutional analysis* - HCIA). Ce cadre conceptuel stipule que la nature et les conséquences des institutions actuelles sont le reflet d'un processus historique dans lequel se sont entremêlées des caractéristiques économiques, politiques, sociales et culturelles passées qui ont laissé un héritage institutionnel (GREIF 1998). Sur la base de ce corpus théorique, je me suis intéressé à deux marqueurs forts de l'héritage institutionnel très documenté dans la littérature : (1) les origines légales du droit et de la réglementation avec la *common law* britannique opposée au droit civil français (DJANKOV et al. 2002 ; LA PORTA et al. 2004 ; LA PORTA et al. 2008) et (2) les origines coloniales (ACEMOGLU & JOHNSON 2005 ; ACEMOGLU et al. 2001 ; CHONG & ZANFORLIN 2000 ; LANGE 2004).

Afin de mettre en lumière l'importance de l'histoire pour comprendre le rôle actuel des institutions sur la déforestation, j'ai commencé par mener une analyse historique et comparative des évolutions du droit forestier du 11^{ème} au 20^{ème} siècle des deux pays les plus importants en matière de legs institutionnels, la France et la Grande-Bretagne. J'ai ainsi abouti à la conclusion que le droit forestier français est bien plus protecteur de la forêt que le droit anglais (MARCHAND 2011). Ensuite, à l'aide d'une analyse économétrique, j'ai montré (1) que les pays ayant un droit civil à la française ou anciennement colonisés par la France défrichent moins que les pays ayant adopté la *common law* britannique ou anciennement colonisés par le Royaume-Uni (MARCHAND 2016) et (2) que parmi les pays ayant des institutions d'une mauvaise qualité (plus corrompus, protection plus faible des droits de propriétés, etc.), les pays anciennement colonisés par la France défrichent comparativement moins que les pays anciennement colonisés par le Royaume-Uni (MARCHAND 2012a). Ces résultats peuvent être expliqués par l'héritage d'un droit forestier français plus protecteur que le droit forestier anglais.

5. L'économie des institutions est un champ disciplinaire des sciences économiques très foisonnant mais cette définition de D. North permet d'englober une grande partie des approches telles que l'analyse des coûts de transaction de R. Coase et O. Williamson au cœur de l'économie néo-institutionnelle, les théories des autrichiens C. Menger et F. Hayek, l'approche plus historique de G. Schmoller, l'analyse des institutionnalistes américains T. Veblen et J. R. Commons, ou plus récemment les apports de l'école française de l'économie des conventions.

Le plan du mémoire

Le mémoire se poursuit comme suit. La section 2 aborde mon travail sur la durabilité des systèmes de production agricole en Chine. La section 3 est consacrée à mes travaux sur l'utilisation des terres au Brésil. La section 4 évoque mes travaux de recherche en cours et à venir. La section 5 conclue ce mémoire.

2. La durabilité des systèmes de production agricole en Chine

J'aborde trois articles dans cette section. Je commence avec les deux articles publiés et co-écrits avec Huanxiu Guo (enseignant-chercheur à Nanjing Audit University en Chine) qui portent sur l'**agriculture familiale chinoise**, la plus importante au monde (35% des exploitations familiales) et l'agriculture biologique. Ces deux études s'appuient sur l'expérience de Sancha, un village situé dans la zone montagneuse de la région autonome chinoise de Guangxi Zhuang localisée sur le golfe du Tonkin, à la frontière du Vietnam. Nos données portent sur la production rizicole d'environ mille parcelles appartenant à 120 ménages ruraux engagés dans la production de riz paddy (c'est-à-dire un riz sur pied dans la rizière) conventionnelle ou biologique non certifiée (introduite en 2005) entre 2008 et 2010 (cinq saisons). Le troisième article présenté dans ce mémoire est non publié et en soumission. Il étudie l'impact de la pollution industrielle de l'eau sur les rendements agricoles.

2.1. L'efficience environnementale de l'agriculture familiale conventionnelle et biologique (Marchand & Guo 2014)

Cet article publié dans **China Economic Review** en 2014 porte sur les différences de performances entre l'agriculture conventionnelle et biologique dans le contexte d'une agriculture familiale puisque l'exploitation moyenne à Sancha est d'environ six mu par ménage (soit 0,4 ha).

La question de la durabilité de l'agriculture conventionnelle (très énergivore et très dépendante d'intrants de synthèse) a fait émerger la nécessité d'une agriculture biologique. Ses défenseurs affirment que, du fait de l'exclusion des intrants synthétiques (écocides et engrais chimiques), l'agriculture biologique est la méthode la plus respectueuse de l'environnement. Il est prouvé qu'elle présente des avantages environnementaux importants en termes de réduction de la pollution agricole, de conservation des sols et des eaux, de rétablissement de la fertilité des sols, de santé écologique et d'amélioration de la biodiversité. Néanmoins, une préoccupation souvent négligée concerne la pollution résultant des nutriments organiques. En effet, l'utilisation excessive de nutriments externes provenant de sources organiques a également un impact négatif sur l'environnement. Par exemple, la lixiviation des nitrates organiques peut entraîner une pollution des eaux et la volatilisation de l'ammoniac des effluents d'élevage est une source primaire de gaz à effet de serre provenant de l'agriculture. Par conséquent, pour évaluer la durabilité de l'agriculture biologique, il faut tenir compte à la fois de la productivité agricole et de l'utilisation efficace des éléments nutritifs externes.

À l'aide des données d'enquête au niveau de la parcelle et des données d'expérimentation agronomique que nous avons recueillies nous-mêmes dans le village de Sancha, nous testons tout *d'abord* l'hypothèse d'un « écart technologique » entre l'agriculture biologique non certifiée et l'agriculture conventionnelle afin de déterminer la bonne spécification de la fonction de production. *Ensuite*, à l'aide d'une analyse de frontière stochastique (SFA), nous calculons les scores d'efficience environnementale pour les parcelles biologiques et conventionnelles puis nous les comparons. Pour ce faire, nous utilisons l'indicateur d'efficacité de REINHARD et al. 1999 qui est défini comme le rapport

entre la quantité minimale nécessaire et l'utilisation observée d'un intrant nuisible à l'environnement à un niveau de production donné. Dans cette étude, nous nous intéressons à la quantité d'azote qui est l'élément nutritif le plus utilisé dans la riziculture mais aussi l'un des polluants de l'air et des eaux souterraines les plus importants résultant de la production agricole en Chine. Selon nous, cette mesure est appropriée pour l'évaluation des systèmes d'agriculture biologique et fournit des informations utiles sur leur performance environnementale par rapport aux systèmes d'agriculture conventionnelle. *Enfin*, nous comparons les scores d'efficacité environnementale calculés entre l'agriculture biologique et l'agriculture conventionnelle.

Nous obtenons plusieurs résultats intéressants. *Premièrement*, la conversion à l'agriculture biologique ne réduit pas nécessairement le rendement du riz et il n'y a pas de « fossé technologique » important entre l'agriculture biologique et l'agriculture conventionnelle dans un environnement de petits exploitants. *Deuxièmement*, la gestion de l'azote n'est pas toujours optimale dans un système biologique, surtout pour les agriculteurs biologiques nouvellement convertis qui manquent de formation. À des niveaux élevés d'application d'azote, l'agriculture biologique ne présente aucun avantage en termes d'efficacité environnementale. En d'autres termes, pour maintenir le rendement, l'agriculture biologique consomme la même quantité, et parfois plus, de nutriments nuisibles à l'environnement que l'agriculture conventionnelle.

L'expérience de Sancha a des implications politiques cruciales pour le développement de l'agriculture biologique non certifiée dans les pays en développement. Par définition, l'agriculture biologique est un mode de production dont l'un des objectifs à long terme est de préserver l'environnement. Sa durabilité repose davantage sur un cycle efficace des éléments nutritifs au sein des agroécosystèmes que sur un apport extérieur de nutriments. L'objectif de l'application de nutriments est donc d'améliorer et de renforcer la fertilité et la résilience du sol, mais pas de nourrir directement les plantes. La substitution des engrais chimiques par des nutriments organiques est une première étape, mais elle ne suffit pas pour atteindre cet objectif. Par conséquent, des efforts supplémentaires, tels que l'assistance technique et l'éducation environnementale, sont nécessaires pour contrôler l'application des nutriments biologiques.

Malheureusement, ces efforts sont souvent absents en Chine où l'agriculture biologique est encouragée uniquement par des politiques économiques telles que les subventions aux engrais biologiques. Cette politique économique semble efficace car elle réduit le coût des nutriments biologiques et encourage la conversion à court terme. Néanmoins, elle risque d'induire une conversion rapide et une application élevée d'éléments nutritifs organiques, ce qui peut conduire les agriculteurs inexpérimentés qui ne bénéficient pas d'un soutien technique efficace à appliquer les mêmes quantités d'éléments nutritifs, voire davantage, que les agriculteurs conventionnels pour tenter de maintenir le rendement. Cette politique n'est donc pas viable dans les régions qui sont confrontées à une pénurie d'approvisionnement en nutriments organiques et à des excédents de nutriments dans le sol. À la lumière des tendances croissantes qui voient les gouvernements chercher à étendre et à industrialiser l'agriculture biologique dans les pays en développement, notre étude met en garde contre le risque potentiel d'une expansion rapide et souligne la nécessité de réglementer l'application des nutriments

biologiques et sensibiliser les agriculteurs à leur utilisation.

2.2. L'influence des interactions sociales dans l'agriculture familiale (Guo & Marchand 2019)

Cet article publié dans **The Journal of Development Studies** en 2019 s'intéresse aux effets des interactions sociales en matière de production agricole dans le contexte de Sancha⁶.

Plus globalement, cette étude s'inscrit dans la volonté du gouvernement chinois depuis 2013 de redynamiser l'agriculture familiale dans un contexte (1) de promotion de l'autonomie et de la sécurité alimentaire de la Chine, (2) de maintien des populations rurales dans les campagnes et (3) de préservation de l'environnement. En effet, si la Chine compte près de 200 millions de petites exploitations (taille moyenne inférieure à 0,5 hectare) soit environ 35% de toutes les exploitations agricoles dans le monde, 10% des terres agricoles mondiales et 20% de tous les aliments produits dans le monde, cette forme d'agriculture est en déclin en raison de l'urbanisation rapide, des possibilités d'emploi hors de la ferme et de la réforme du régime foncier en faveur des grandes entreprises agricoles. Ce déclin a suscité de grandes inquiétudes quant à la durabilité du système agricole chinois. En conséquence, depuis 2013, le gouvernement chinois a officiellement reconnu l'importance de l'agriculture familiale et l'a clairement soutenue. La question est donc de savoir comment faire revivre des millions d'exploitations familiales et promouvoir une transition efficace vers une agriculture durable.

Si les interventions politiques descendantes existent, par exemple sous la forme de subventions agricoles pour les technologies agricoles respectueuses de l'environnement, certaines initiatives alternatives ascendantes, qui s'appuient sur des essais sur le terrain avec la participation des petits exploitants, ont vu le jour pour promouvoir les techniques agricoles durables dans les exploitations familiales. Ces initiatives visent à adapter les nouvelles techniques aux conditions locales, puis à diffuser les avantages/résultats des expériences réussies par le biais d'*interactions sociales* entre les agriculteurs, contribuant ainsi à améliorer l'accès aux informations sur les pratiques de production et la commercialisation. Les pairs peuvent ainsi être un mécanisme important dans les économies rurales pour diffuser des informations sur l'accès au crédit, les opportunités d'embauche sur le marché du travail, le partage des risques, etc.

Dans cette optique et à partir du contexte particulier de Sancha, notre étude teste l'impact sur la production rizicole (conventionnelle et biologique) des interactions sociales entre voisins. Ces derniers sont définis par la proximité géographique des parcelles agricoles mais aussi par l'appartenance à un même groupe social des agriculteurs. De plus, dans notre étude, nous appréhendons les interactions sociales comme l'influence des voisins sur la production d'un producteur donné. Cette influence du voisinage s'exerce de deux manières : (1) par le biais de la production des voisins (*spatial lag* en économétrie spatiale) et (2) par le biais des intrants utilisés par les voisins (*input spillovers*). Deux

6. Cet article a été finalisé à l'occasion d'un séjour de recherche d'un mois en 2017 à l'*Institute of Economics and Finances* (IEF) de Nanjing Audit University.

points sont importants à souligner avant de présenter les résultats. Tout d'abord, cette étude contribue à la littérature croissante qui utilise des données au niveau individuel pour mesurer l'importance quantitative des interactions sociales et, à notre connaissance, elle est la seule à se concentrer sur les différences de rendements agricoles en Chine. L'accès différentiel à l'information par le biais des interactions sociales peut, selon nous, expliquer les variations de rendement entre les agriculteurs chinois, même après avoir contrôlé pour des facteurs tels que l'utilisation d'intrants par les agriculteurs et leurs voisins, l'adoption de technologies différentes (biologiques ou conventionnelles) et d'autres facteurs agro-climatiques partagés entre agriculteurs voisins. Ensuite, la deuxième contribution de cette étude est l'utilisation d'une méthodologie qui repose sur l'utilisation du modèle de Durbin spatial (SDM), issu de l'économétrie spatiale, pour démêler les effets d'interactions sociales (*spatial lag*), des effets de débordements spatiaux (*input spillovers*) et d'autocorrélation spatiale (*spatial error*). En résumé, notre étude prend donc en compte à la fois les proximités spatiales et sociales entre agriculteurs pour définir les groupes sociaux et cherche à mettre en évidence la présence d'un véritable effet causal des interactions sociales dans les processus d'amélioration du rendement dans le village.

Notre analyse démontre l'existence d'interactions sociales entre les agriculteurs d'un même groupe social. Une fois que nous avons contrôlé pour les effets de débordement et l'autocorrélation spatiale, nous trouvons un effet d'interaction sociale négatif et robuste. Ce résultat indique qu'une augmentation du rendement dans les parcelles voisines d'une parcelle donnée entraîne une diminution du rendement de cette parcelle. Ce résultat est frappant mais interprétable. Comme le suggèrent des études précédentes, les interactions sociales sont basées sur la *rule of thumb* (en français la règle « au doigt mouillé ») c'est-à-dire sur l'observation de la pratique plus que sur la théorie. Ainsi, l'effet négatif des interactions sociales s'explique plus probablement par les informations limitées et erronées que les agriculteurs partagent *via* leurs interactions sur la base de l'expérience. En effet, dans un environnement complexe de technologies mixtes (biologique *versus* conventionnelle) et de concurrence économique, les comportements stratégiques des agriculteurs peuvent exister pour entraver le transfert d'informations complètes et de bonnes pratiques. Cela est particulièrement vrai pour l'agriculture biologique qui exige une formation plus rigoureuse (par exemple, le respect de normes environnementales strictes) et l'accumulation d'expériences (par exemple, la gestion complète des sols). Les agriculteurs nouvellement convertis à l'agriculture biologique en apprenant de leurs voisins expérimentés manqueront d'expérience et obtiendront un rendement moindre. Ainsi, les interactions sociales peuvent avoir des effets négatifs et conduire à une réduction du rendement agricole, comme dans notre cas. En outre, nous trouvons des effets de débordement significatifs sur les intrants. La main-d'œuvre, les coûts d'investissement en machine et outils, l'eau et les pesticides organiques ont des effets de débordement positifs, ce qui suggère que ces intrants peuvent être partagés par tous les membres du groupe. En revanche, les nutriments externes (azote et phosphate) ont des effets de débordement négatifs qui peuvent s'expliquer par une utilisation excessive de ces intrants entraînant des fuites contaminant l'eau et le sol des zones voisines.

En conclusion, cet article suggère l'importance pour les services de vulgarisation agricole de four-

nir davantage de conseils et de formations aux petits exploitants. Cela est particulièrement vrai en Chine où le système des services de vulgarisation s'est presque effondré en raison des contraintes de financement public. Pourtant, ces services publics sont fondamentaux et indispensables pour le transfert de nouvelles technologies et l'amélioration des performances. Une combinaison de services publics et d'interactions sociales entre agriculteurs pourrait être plus appropriée pour inciter efficacement les exploitations familiales à s'orienter collectivement vers une agriculture durable et productive.

2.3. L'influence de la pollution industrielle de l'eau sur les rendements agricoles (Marchand et al. 2020)

Dans la continuité des deux travaux précédents, j'ai entamé un projet de recherche sur le lien entre industrie et agriculture dans un contexte d'industrialisation rapide. Les externalités spatiales négatives de l'industrie sur l'agriculture sont des conséquences importantes de la forte croissance économique des pays en développement en général et de la Chine en particulier. Etudier la durabilité d'un processus de développement nécessite donc de prendre en compte ce type d'interactions entre les secteurs économiques.

En Chine, l'accroissement très rapide des industries dans les campagnes bouleverse les modes de production agricole. Un aspect majeur est la pollution de l'eau par les industries qui affecte la production agricole du fait d'un recours important à l'irrigation. Dans ce contexte, j'ai rédigé un article avec Huanxiu Guo et Maimouna Barro (doctorante que je co-encadre avec Martine Audibert depuis 2019) qui a été publié dans la série Etudes et Document du CERDI en 2020 (MARCHAND et al. 2020) et qui est en cours de soumission dans une revue internationale (*Journal of Cleaner Production*; IF : 9.29).

Dans cette étude, nous estimons l'impact des eaux usées des entreprises industrielles sur le rendement agricole dans la riziculture de la province de Jiangsu, en Chine. Cette province est située au cœur de la région du delta du fleuve Yang-Tsé, sur la côte Est de la Chine. Avec une population d'environ 84 millions d'habitants en 2020 et un PIB moyen par habitant de 137 000 yuans environ (soit 21 000 dollars US) en 2021, Jiangsu est la troisième économie du pays. Cependant, son industrialisation rapide et sa croissance économique se sont accompagnées du développement d'industries polluantes telles que les industries chimiques, les industries du papier, du textile et de la teinture qui ont généré une grave pollution de l'eau dans la province. Selon le ministère de Protection de l'Environnement, en 2011, 11 291 entreprises manufacturières polluantes du Jiangsu ont rejeté 2,46 milliards de tonnes d'eaux usées industrielles, 0,24 million de tonnes de demande chimique en oxygène (ci-après DCO) et 17 mille tonnes d'azote ammoniacal (ci-après NH₃-N). L'énorme pollution de l'eau a stimulé la croissance anormale des algues dans les réserves d'eau, ce qui a entraîné l'eutrophisation des rivières et des lacs. Ce problème est particulièrement aigu dans le bassin versant du lac Tai, l'un des plus grands lacs d'eau douce de Chine. En 2007, une grave prolifération d'algues a entraîné l'arrêt d'urgence du système d'approvisionnement en eau de la ville de Wuxi (6,5 millions

d'habitants). Des problèmes similaires dans les affluents et les canaux ont également entraîné de fréquentes perturbations des systèmes d'irrigation et d'approvisionnement en eau dans les villes et les zones rurales du Jiangsu. La grave eutrophisation de l'eau a donc entraîné une pénurie d'eau de qualité pour les besoins résidentiels et agricoles de la région. En conséquence, les agriculteurs et les usines de traitement de l'eau ont recommencé à utiliser les sources d'eau souterraine, ce qui a entraîné une surextraction et une détérioration de la qualité des eaux souterraines, ainsi qu'une intrusion d'eau salée dans les zones côtières. Cette pollution industrielle et l'eutrophisation de l'eau ont ainsi été reconnues comme l'un des défis les plus critiques pour la durabilité de l'environnement et le développement futur de la province.

Cette étude contribue à la littérature sur le lien entre la pollution industrielle et l'agriculture (ARAGÓN & RUD 2016). En effet, si la plupart des études de cette littérature s'appuient sur l'analyse des conséquences de la pollution atmosphérique sur les activités agricoles, la question de la pollution de l'eau est très rarement étudiée. L'objectif de l'étude est ainsi de tester cette relation entre l'industrie et la riziculture de Jiangsu à partir de données microéconomiques. Plus concrètement, la question de recherche est de tester la présence d'un effet négatif entre les eaux usées déversées par l'industrie et la croissance du riz par le biais d'un mécanisme biologique. Plus précisément, l'effet négatif des eaux usées industrielles sur la croissance du riz peut s'expliquer selon les agronomes par un affaiblissement de la croissance des racines, des plantules et des talles des cultures, ce qui entraîne, par conséquent, une baisse des quantités produites. Néanmoins, cet effet « biologique » n'est pas le seul effet possible de la pollution de l'eau par les industries. En effet, cette pollution peut capter un ensemble d'effets provoqués par la présence des industries (ex. compétition entre les industries et l'agriculture sur le marché du travail, etc.).

Par conséquent, d'un point de vue méthodologique, nous utilisons un jeu de données originales et une méthode économétrique modélisant l'ensemble des interactions possibles entre les eaux usées et la production de riz. Concernant les données, nous nous concentrons sur différentes mesures des eaux usées telles que le total des eaux usées (traitées et non traitées), le total des eaux usées non traitées, la pollution DCO et la pollution NH₃-N des industries. Pour chacun de ces quatre types de pollution de l'eau, nous construisons une mesure de la pollution de l'eau rencontrée par chaque agriculteur dans un village donné. Ensuite, nous relierons ces mesures de pollution à la production de riz des agriculteurs à l'aide de données issues d'enquêtes entre 2011 et 2015. Concernant la méthode d'estimation, nous utilisons une fonction de production *translog* qui tient compte du changement technique non neutre afin d'isoler l'effet « biologique » (expliqué *supra*) des eaux usées sur les rendements du riz (mesurés en termes de quantité produite par unité de surface) des autres effets d'interaction potentiels des eaux usées avec le processus de production⁷. Autrement dit, en contrôlant pour plusieurs sources d'interactions entre les eaux usées industrielles et la production de riz au travers des inputs et du changement technique, nous faisons l'hypothèse que l'effet « restant » des eaux usées est assimilable à l'effet « biologique ».

7. Ces effets sont « captés » par le biais des intrants ou du changement technique. Plus concrètement, nous interagissons chaque input et le changement technique avec la pollution de l'eau.

Deux résultats méritent d'être soulignés. *Premièrement*, nous trouvons un effet « biologique » négatif, significatif et d'une grande ampleur des eaux usées totales, des eaux usées non traitées et de la DCO sur les rendements rizicoles. Ces résultats sont robustes à l'utilisation d'instruments externes pour contrôler l'endogénéité potentielle des eaux usées. L'effet d'une augmentation d'1% des eaux usées entraîne une réduction jusqu'à 17,41% des rendements de riz en fonction de la spécification du modèle (c'est-à-dire les types d'interactions inclus) et des mesures de la pollution de l'eau. En ce qui concerne le NH₃-N, nous trouvons un effet biologique direct fort et négatif une fois que nous utilisons des instruments externes. *Deuxièmement*, nous ne trouvons pas d'effets d'interaction robustes des eaux usées avec le processus de production par le biais de l'utilisation des intrants ou du changement technique. En d'autres termes, la pollution de l'eau par les industries influence les performances productives de la riziculture principalement au travers de l'effet « biologique ».

En conclusion, ces résultats soulignent la nécessité de mieux comprendre les liens entre l'industrie et l'agriculture au niveau local. S'il existe des retombées économiques (positives et négatives) de l'industrie sur l'agriculture, les retombées environnementales négatives telles que la pollution de l'eau ne doivent pas être sous-estimées. L'industrialisation rapide des zones rurales affaiblit l'agriculture ainsi que les moyens de subsistance des agriculteurs.

3. L'utilisation des terres au Brésil

Dans le cadre de ma thèse, de mon postdoctorat en 2012 puis de mon séjour de recherche en 2015 au Brésil, j'ai publié trois articles sur l'utilisation des terres dans ce pays. Deux articles portent sur l'agriculture de l'Amazonie légale, une zone administrative créée en 1953 et regroupant neuf États : Acre, Amazonas, Amapa, Para, Rondônia, Roraima et Tocantins (région Nord), Mato Grosso (région Centre-Ouest), et Maranhão (région Nord-Est). Le troisième s'intéresse à l'influence de l'ICMS-*ecológico* sur la création de zone protégées dans l'Etat du Paraná au sud du pays⁸.

3.1. Productivité agricole et déforestation (Marchand 2012b)

Cet article a été publiée en 2012 dans **Ecological Economics**. Je m'intéresse ici au lien entre productivité agricole et déforestation. A l'aide des données du recensement agricole de 1995-1996 sur l'ensemble de l'Amazonie légale, j'estime dans une première partie les scores d'efficience à l'aide d'une analyse de frontière stochastique (SFA) puis j'utilise un modèle d'utilisation des terres pour estimer l'effet de l'efficience technique sur la déforestation.

Selon l'INPE, l'institut brésilien de recherche spatial, les taux de déforestation étaient très élevés dans les années 1990 et 2000 (environ 18 000 km² par an avec un pic en 1995 (29 000 km²) et 2004 (27 000 km²) puis environ 7 000 km² dans les années 2010). Cette étude s'inscrit dans un cadre bien particulier puisque les données utilisées portent sur le recensement agricole de 1995-1996. En effet, au moment où j'ai mené cette étude, les données du recensement agricole le plus récent (celui de 2006) n'étaient pas disponibles. Une actualisation avec les données plus récentes (recensements de 2006 et 2017) est prévue.

Le point de départ de cette étude est de partir d'un résultat théorique ambigu concernant l'effet de la productivité agricole sur la déforestation. Dans un modèle d'utilisation des terres avec des agents rationnels et un prix de la terre, toute hausse de la productivité agricole doit se traduire par une augmentation de la production agricole, donc des revenus sans nécessité de convertir plus de terres non agricoles. Autrement dit, la marge intensive est préférée à la marge extensive (l'option « conservation » de la forêt est privilégiée à l'option « conversion » en terres agricoles). Ainsi, il existe une relation négative entre la productivité agricole et la déforestation. Néanmoins, cette relation n'est vraie que si la conversion de la forêt en terre agricole a un prix. Si le coût d'opportunité de l'activité agricole est nulle c'est-à-dire que le bénéfice de laisser la terre en forêt est nulle, alors la marge extensive est préférée à la marge intensive (l'option « conversion » en terres agricoles est privilégiée à l'option « conservation » de la forêt). Dans ce cas-là, toute hausse de la productivité entraîne une hausse de la déforestation.

Partant de ce constat, Arild Angelsen a proposé dans un article publié en 1999 dans *Journal of Development Economics* plusieurs modèles théoriques permettant de mettre en évidence les

8. Je ne travaille plus sur le Brésil depuis 2016. J'envisage néanmoins un séjour de recherche avec des collègues brésiliens (dans le prolongement de celui effectué en 2015) en 2023 ou 2024.

conditions d'une relation négative (marge intensive) ou positive (marge extensive) entre productivité et déforestation (ANGELSEN 1999). Un modèle dans lequel la relation est positive a retenu mon attention car très proche du contexte de l'Amazonie légale. Ce modèle est celui d'une économie caractérisée par un accès quasi-gratuit et presque illimité à la forêt (c'est-à-dire qu'il y a une absence de droits de propriété sur la forêt) et d'un accès à la propriété privée par le défrichage et la conversion agricole. Dans ce modèle, le coût d'opportunité des activités de conservation est très élevé au profit des activités agricoles. Trois caractéristiques dans le contexte de l'Amazonie légale permettent de rapprocher la réalité brésilienne du modèle d'Angelsen, et donc de concevoir une relation plutôt positive entre la productivité et la déforestation.

Premièrement, l'Amazonie légale est caractérisée par une politique de développement régional très active consistant en la création d'infrastructures, de routes et de plans de colonisation. Cette politique a dès lors augmenté le coût d'opportunité des terres forestières au profit de l'agriculture en la rendant plus profitable. Par exemple, l'amélioration de l'accessibilité au marché des inputs et des outputs, la baisse des salaires ruraux ou la réduction des prix des intrants agricoles (tels que les engrais et la disponibilité du crédit) accroissent la rentabilité de l'option « conversion ».

Deuxièmement, les terres forestières ont un statut juridique particulier au Brésil. Selon la Constitution brésilienne de 1988 issue du Statut de la terre de 1964, les squatters, qui sont des agriculteurs sans titres légaux, ont le droit de s'installer sur des terres publiques ou privées non exploitées (c'est-à-dire des terres « improductives » ou forestières) et de les exploiter à titre privé. Dans le cas du Brésil, bien que les terres forestières publiques soient *de jure* la propriété de l'État, elles sont *de facto* des ressources en accès libre en raison de l'absence ou de la faiblesse des dispositions institutionnelles visant à faire respecter les réglementations gouvernementales. Ainsi, les squatters qui exercent des activités agricoles sur des terres publiques pendant au moins un an peuvent recevoir un droit d'usufruit et sont en mesure d'obtenir des droits de propriété complets après cinq ans d'occupation consécutive. De plus, les squatters qui exploitent des terres forestières privées pendant cinq années consécutives sans opposition légale des propriétaires fonciers, sont aussi en mesure d'obtenir des titres de propriété formels. Dans ce cas, le défrichement et la culture de la forêt donnent aux agriculteurs certains droits sur la terre, de sorte que la déforestation est considérée comme un investissement des agriculteurs dans des ressources forestières en accès libre. Ainsi, les terres agricoles et les pâturages sont moins vulnérables aux invasions par les squatters que les terres forestières. Cela accroît donc le coût d'opportunité des activités de conservation au profit de l'agriculture. Néanmoins, malgré ce statut légal de la terre, certaines lois et règles ont été mises en place au Brésil pour limiter la déforestation. Par exemple, depuis 1965, le code forestier stipule que les propriétaires fonciers doivent maintenir au moins 50% de chaque parcelle de terre en Amazonie couverte de végétation indigène. Néanmoins, les lois environnementales telles que le Code forestier ont été largement ignorées et l'impunité de la déforestation illégale était la norme jusqu'à la fin des années 90. Par conséquent, au moment de cette analyse, le code forestier a peu d'influence sur la décision d'un propriétaire terrien de déboiser ou non.

Troisièmement, une autre question importante qui pourrait influencer les choix d'utilisation des

terres, et donc le compromis entre la productivité et la déforestation, est le statut « politique » de la terre. Jusque dans le milieu des années 1990, la distribution des terres repose très souvent sur les relations politiques qui permettent aux agriculteurs de détenir des terres dans le but de renforcer leur pouvoir. HELFAND et LEVINE 2004 l'expliquent en ces termes : « les grandes exploitations peuvent détenir de grandes quantités de terres non exploitées à des fins de spéculation, de protection contre l'inflation ou de prestige, et ne les utilisent donc pas efficacement pour la production ». Autrement dit, la forêt a une fonction « non productive » en vertu de son statut légal (cf. point précédent) mais aussi parce qu'elle a un statut « politique » en lien avec des aspirations « non-productives » (ex. prestige, spéculation...) des agriculteurs. Cela peut ainsi pousser les agriculteurs à convertir leurs terres forestières non pas par souci de rendement mais pour accroître leurs aspirations « non-productives ». Ce système d'allocation des terres affecte donc les choix d'utilisation des terres en faveur de la conversion et au détriment de la conservation.

Mises bout à bout, ces trois caractéristiques permettent théoriquement de concevoir une relation positive entre la productivité et la déforestation : à mesure que la productivité augmente, l'option « conversion » est préférable à l'option « conservation ». Autrement dit, un agriculteur de plus en plus efficace, c'est-à-dire ayant de moins en moins de contraintes sur l'utilisation des intrants, est incité à convertir ses terres forestières (marge *extensive*) puisque ces dernières sont moins valorisées en raison de la politique de développement de la région, et du statut légal et « politique » des terres forestières. Cet agriculteur n'est pas incité à internaliser la valeur sociale de la forêt et une plus grande productivité de son activité accroît sa déforestation car la terre est un complément du travail et du capital. Par conséquent, dans ce contexte, la marge *extensive* est utilisée avant la marge *intensive* comme dans le modèle d'Angelsen.

Cette lecture théorique d'une relation positive entre la productivité et la déforestation peut néanmoins être nuancée. En effet, les exploitations moins productives peuvent aussi défricher davantage en raison du contexte de l'Amazonie légale expliqué *supra*. Ces exploitations, ayant relativement plus de contraintes sur les inputs comme l'accès au travail, au capital, aux intrants ou au crédit, peuvent substituer la terre (plus disponible) à ces inputs. Autrement dit, pour ces agriculteurs, les intrants fonciers sont des substituts aux autres intrants relativement plus contraignants pour étendre la production. Ainsi, la conclusion théorique de cette partie est qu'une relation non linéaire concave (en U) de la productivité agricole est possible dans le cas particulier de l'Amazonie légale des années 1990. Les agriculteurs les moins efficaces mais aussi les plus efficaces doivent en théorie défricher davantage étant donné le cas brésilien. Autrement dit, il y aurait un niveau « optimal » d'efficacité permettant d'avoir l'impact le plus faible sur la déforestation.

Mes résultats suggèrent que la relation entre la déforestation et l'efficacité technique (mesure de la productivité) est en effet en forme de U : les exploitations les moins et les plus efficaces convertissent davantage de zones naturelles en terres agricoles. De plus, le point d'inversion est pour une efficacité de 61%. Or, moins de 25% des agriculteurs brésiliens de l'Amazonie légale ont une efficacité technique inférieure à 61% en 1995-96. Ainsi, la majorité des exploitations se trouvent sur la pente ascendante, ce qui implique que les agriculteurs brésiliens convertissent davantage de

terres naturelles en parcelles agricoles lorsque leur efficacité augmente. Ainsi, les agriculteurs tendent à exploiter leurs marges extensives avant leurs marges intensives comme le suggère Arild Angelsen dans son modèle le plus proche du contexte brésilien.

3.2. Les déterminants de l'utilisation des terres dans les zones proches de l'arc de déforestation (Garrett et al. 2017)

J'ai co-écrit un article publié en 2017 dans **Ecology and Society** (GARRETT et al. 2017)⁹. Il est le fruit de mes collaborations lors de mon postdoctorat à l'Université Fédérale de Viçosa et à l'Institut de recherche appliquée (IPEA) de Rio de Janeiro en 2012, et a été finalisé lors d'un séjour de recherche fin 2015 à l'*Instituto de Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável* de l'Université Fédérale de Viçosa. Cet article s'inscrit dans le projet international et transdisciplinaire (écologie-économie) sur la forêt amazonienne intitulé *Rede Amazônia sustentável* (RAS) en portugais¹⁰.

Dans cette étude, nous cherchons à comprendre le modèle qui gouverne l'utilisation des terres dans les zones de l'Amazonie légale proche de l'arc de déforestation (i.e. les territoires présents sur la frontière agricole-forestière). A la croisée de l'économie agricole, des sciences de l'utilisation des sols issues de la géographie humaine et de l'écologie politique, nous souhaitons savoir ce qui influencent la persistance des activités d'utilisation des terres à faible revenu et non durables (car extensive) en dépit de la présence, dans ces zones, de nombreux exemples de production de fruits, d'horticulture et d'élevage de bétail à haut revenu et plus durable. Plus précisément, nous partons du postulat que les attributs actuels des ménages et les activités d'utilisation des terres sont fortement influencés par les déficits historiques en actifs (apports de l'économie agricole) et les systèmes d'utilisation des terres (apports de la science de l'utilisation des terres), ainsi que par les systèmes sociaux et écologiques en coévolution (apports de l'écologie politique). Ainsi, les activités de subsistance rurales sont souvent très résistantes aux efforts visant à modifier les comportements ce qui pourrait expliquer la trappe dans des activités agricoles peu rémunératrices et peu durables dans laquelle semblent se trouver de nombreux agriculteurs.

Pour ce faire, nous posons trois questions : (Q1) Comment le revenu agricole diffère-t-il selon l'utilisation des terres ? (Q2) Comment les attributs des ménages, par exemple, les actifs, le contexte, l'accessibilité, etc., influencent-ils les choix d'utilisation des terres ? (Q3) Comment les utilisations des terres et leurs résultats monétaires associés, ainsi que les attributs sous-jacents des ménages influencent-ils le bien-être des ménages ruraux ? En examinant ces questions interdépendantes, nous cherchons à expliquer pourquoi les politiques d'environnement et de développement existantes, basées principalement sur le manque d'actifs (ex. terre, travail et machines) et les résultats en termes de revenus, n'ont pas été en mesure de catalyser des transformations à grande échelle vers des

9. Cet article est co-écrit principalement avec Rachael Garrett qui est *Assistant Professor* au *Department of Earth and Environment* de la Boston University

10. Un article auquel j'ai contribué lors de mon séjour au Brésil en 2012 présente ce projet. Il est intitulé "A social and ecological assessment of tropical land-uses at multiple scales : the Sustainable Amazon Network" et a été publié en 2013 dans **Philosophical Transactions of the Royal Society B** (<https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0166>).

revenus plus élevés et des activités potentiellement moins dommageables pour l'environnement dans les territoires des frontières agricoles et forestières de l'Amazonie brésilienne.

A l'aide de données socioéconomiques collectées en 2010 et 2011 auprès de 623 ménages dans les régions de Santarém et Paragominas dans l'Etat du Pará à l'Est de l'Amazonie légale, nous répondons aux trois questions supra à l'aide de plusieurs modèles (test ANOVA et de Tukey (Q1), Logit multinomial (Q2) et Logit ordonné (Q3)). Nous constatons que les possibilités de générer des revenus plus élevés sur les petites propriétés grâce à des cultures spécialisées existent (Q1). Néanmoins, nous trouvons que ces activités sont entravées par le retard des infrastructures de la chaîne d'approvisionnement (Q2). De même, nos résultats révèlent que la capacité à générer des revenus élevés n'est pas l'objectif premier de l'élevage bovin en tant qu'utilisation des terres (Q2). En résumé, nos résultats mettent en exergue que les déficiences en matière d'actifs et d'accès ainsi que les aspirations non monétaires sont des conditions qui s'imposent mutuellement et qui expliquent pourquoi les utilisations des terres à faible revenu persistent aux frontières entre l'agriculture et la forêt.

En conclusion, nos recherches suggèrent que les efforts passés pour promouvoir des changements dans l'utilisation des terres en Amazonie brésilienne ont été contrecarrés par une mauvaise caractérisation du bien-être en termes purement économiques et une mauvaise compréhension des facteurs qui motivent les décisions des agriculteurs, notamment le contexte social, les objectifs non monétaires et les limites en matière d'actifs et d'accès. À l'avenir, les ménages devraient être identifiés et discriminés sur la base d'un ensemble d'attributs plus large que celui qui est traditionnellement appliqué. Les décideurs devraient travailler en étroite collaboration avec les communautés locales pour définir les objectifs de « développement » en tenant compte des objectifs non monétaires des ménages. Autrement dit, bien qu'un niveau de revenu de base soit clairement nécessaire pour répondre à certains besoins (nourriture, abri, énergie, etc.), d'autres objectifs peuvent avoir une forte influence sur les décisions d'utilisation des terres, comme la sécurité et le statut social. Ainsi, les politiques fondées uniquement sur l'augmentation des revenus peuvent avoir des conséquences environnementales et sociales inattendues, notamment des effets de rebond sur la déforestation et une augmentation des inégalités sociales en « piégeant » les ménages agricoles dans des activités peu rémunératrices et non durables.

3.3. L'influence de l'ICMS-ecológico sur la création de zones protégées (Sauquet et al. 2014)

Dans un article co-écrit avec Alexandre Sauquet (chargé de recherche au CEE-M à Montpellier) et José Féres (enseignant-chercheur à l'Institut de recherche économique appliquée (IPEA) et à l'École brésilienne d'économie et de finances (FGV/EPGE)), et publié dans **Ecological Economics** en 2014, nous nous intéressons à la présence d'interactions stratégiques dans la création d'aires protégées (AP) par les municipalités brésiennes de l'Etat du Paraná (Sud-Est du Brésil).

Les AP sont l'une des principales stratégies de protection de la flore et de la faune. Néanmoins,

elles impliquent des coûts de conservation locaux en termes de restrictions de l'utilisation des terres à des fins économiques, alors qu'elles génèrent simultanément des bénéfices de conservation locaux et globaux. Ces bénéfices globaux constituent des externalités positives qui ne sont pas prises en compte par les acteurs locaux ce qui conduit à une sous-provision des AP. Par conséquent, pour internaliser les externalités positives et garantir la création des AP, l'une des principales solutions consiste à récompenser les acteurs locaux par des paiements. Ces derniers permettent ainsi d'internaliser les externalités positives en compensant les municipalités pour les opportunités perdues, c'est-à-dire les revenus potentiels perdus en raison des mesures de conservation. Deux grands types d'instruments économiques permettent de récompenser la conservation (RING & SCHRÖTER-SCHLAACK 2011) : le paiement des services environnementaux (PSE) et les transferts fiscaux écologiques.

Dans cet article, nous choisissons de nous concentrer sur les transferts fiscaux écologiques. Ces transferts consistent à redistribuer une partie des recettes publiques par le biais de transferts des gouvernements nationaux ou infranationaux vers les gouvernements locaux. L'un des premiers mécanismes de ce type à avoir été créé est une déclinaison écologique de l'ICMS au Brésil. L'ICMS pour *Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços* est un impôt sur la circulation des marchandises et de certains services, et s'apparente à une taxe sur la valeur ajoutée. Cet impôt est prélevé par les 27 Etats fédéraux brésiliens. Les États doivent reverser aux municipalités 25% des recettes de cette taxe. Les trois quarts de cette redistribution sont définis par la Constitution fédérale (le critère principal est la valeur ajoutée créée par chaque municipalité c'est-à-dire leurs activités économiques) mais l'article 158 de la Constitution fédérale stipule que les 25% restants (soit 6,75% du total) sont alloués selon la législation de chaque État. En 1992, l'État du Paraná est le premier à introduire des critères écologiques dans la redistribution de l'ICMS. L'État récompense ainsi les municipalités qui ont des AP (appelées Unidades de Conservação) et des réserves de bassins versants (ou mananciais água) sur leur territoire. Au Paraná, la loi stipule donc que 5% des revenus de l'ICMS redistribués aux municipalités doivent être proportionnels à leur performance environnementale en matière d'AP et de réserves de bassins versants. L'initiative est adoptée depuis par plusieurs États et ce nouvel outil d'incitation fiscale s'appelle désormais l'ICMS-ecológico.

L'objectif final de ce mécanisme vise à réduire la perte de biodiversité en stimulant la création et la gestion des AP. La réalisation de cet objectif est rendue possible de deux manières : (i) en récompensant les municipalités qui accueillent des aires protégées étatiques et fédérales, et (ii) en encourageant les municipalités à créer de nouvelles aires protégées (décentralisation de la décision de créer des AP). Je reviendrai sur ce deuxième aspect juste après puisque qu'il est le point de départ de notre question de recherche. Le mécanisme présente plusieurs caractéristiques intéressantes. D'abord, il s'agit d'un système partiellement décentralisé, ce qui implique que les décideurs bénéficient d'informations plus précises. Ensuite, le mécanisme est mis en œuvre sans aucun financement externe (les fonds redistribués sont collectés à partir des taxes sur les biens et services dans l'État concerné). Enfin, les coûts de transaction sont modérés puisque le mécanisme s'appuie sur des institutions existantes pour la redistribution des fonds (RING 2008a). Par conséquent, l'ICMS-ecológico est considéré comme particulièrement intéressant et de nombreux chercheurs ont étudié son effica-

citée en termes d'AP créées (MAY et al. 2002 ; RING 2008b ; YOUNG 2005). Par exemple, selon MAY et al. 2002, en l'an 2000, les zones protégées avaient déjà augmenté de 62,4% dans l'État du Minas Gerais et de 165% dans l'État du Paraná.

Cependant, l'efficacité environnementale du mécanisme sous le prisme des interactions entre les municipalités n'a pas été explicitement abordée dans la littérature. Notre article propose d'étudier ces interactions en partant de l'hypothèse que le design de l'ICMS (dans sa double dimension économique et écologique) peut générer des interactions entre les municipalités. En effet, avec l'introduction de la dimension écologique, l'ICMS *décentralise* la décision de créer des AP en incitant les municipalités à en créer elles-mêmes (afin de recevoir de l'ICMS au titre de sa création d'AP) ou au contraire à renoncer aux AP et préférer développer des activités économiques (afin de recevoir de l'ICMS au titre de son activité). Néanmoins, l'arbitrage dans l'utilisation des terres (entre « conservation » et « activité économique ») qu'introduit l'ICMS-*ecológico* peut conduire à des interactions stratégiques dans l'utilisation des terres entre les municipalités. Dans ce cas-là, la création d'une AP par une municipalité affecte l'utilité qu'une municipalité voisine tire de la création d'une nouvelle AP (je reviens plus bas sur les raisons théoriques sous-jacentes à ces interactions). Au contraire, l'absence d'interactions entre les municipalités indiquerait qu'une municipalité décide de mettre ses terres sous protection, sans tenir compte de l'action des municipalités voisines. Nous pensons que cela est moins probable en vertu du design de l'ICMS. Autrement dit, même si la décentralisation a des vertus en matière d'AP supplémentaires créées (ce que la littérature a révélé comme expliqué *supra*), la présence d'interactions entre les gouvernements locaux peut questionner l'efficacité du dispositif (OATES & PORTNEY 2003). Irene Ring l'explique en ces termes : « *Despite the general suitability of many land-use issues for being assigned to lower governmental levels, spatial externalities may require different, more appropriate solutions* » (RING 2008b : p. 487). Ainsi, l'ICMS-*ecológico*, en permettant aux municipalités de créer des AP, ne provoque-t-il pas l'émergence d'interactions stratégiques entre elles dans leurs décisions de créer des AP remettant en cause son efficacité ?

Les interactions entre une municipalité et ses voisines, si elles existent, peuvent théoriquement évoluer dans deux directions. D'une part, la décision de créer des AP par une municipalité et celle de ses voisins peuvent être des *compléments stratégiques*, ce qui signifie que l'utilité tirée de la création d'une AP par une municipalité donnée augmente avec la création d'AP par ses voisins. D'autre part, la décision de créer des AP par une municipalité et celle de ses voisins peuvent être des *substituts stratégiques*, ce qui signifie que l'utilité gagnée par la création d'une AP par une municipalité donnée diminue avec la création d'AP par ses voisins. Afin de bien comprendre les explications théoriques sous-jacentes à ces deux types d'interactions, nous faisons l'hypothèse suivante : avec une parcelle donnée, une municipalité peut choisir de la protéger (conservation = AP) ou de ne pas la protéger (conversion = activité économique). Une complémentarité stratégique dans les décisions de conservation des municipalités signifie qu'une municipalité a intérêt à suivre les décisions de sa voisine. Cela peut être motivé par trois facteurs principaux. *Premièrement*, selon la théorie de Tiebout du « vote avec les pieds » (TIEBOUT 1956), une nouvelle entreprise choisit de s'implanter dans la municipalité où les normes environnementales sont les plus basses. Cela conduire

ainsi à « une course vers le bas » entre les municipalités dans le but d'attirer l'entreprise (c'est-à-dire une course pour créer moins d'AP). *Deuxièmement*, un agriculteur peut choisir la municipalité où le potentiel de développement de son exploitation est plus élevé (c'est-à-dire où il y a moins d'AP). Par conséquent, cela peut amener les municipalités à se concurrencer à nouveau sur la base de ce critère et entraîner « une course vers le bas ». *Troisièmement*, la création d'AP dans une municipalité peut diminuer le développement des infrastructures du marché régional (comme les transports), ce qui réduit dès lors la rentabilité des activités économiques dans les municipalités voisines (en raison du manque de développement des infrastructures dans la région). Les retombées de la création d'une AP dans une municipalité peuvent donc être positives (au travers des transferts reçus au titre de l'ICMS-*ecológico*) et induire la création d'une AP dans la municipalité voisine. Autrement dit, l'option « conservation » devient plus rentable que l'option « conversion » et « une course vers le haut » s'installe entre les municipalités.

Cependant, si nous raisonnons en termes de rentabilité des deux options, c'est-à-dire le développement d'activités économiques et la création d'AP, nous pouvons également nous attendre à ce que les décisions soient des substituts stratégiques en vertu de quatre canaux. *Premièrement*, la création d'une AP dans une municipalité peut limiter l'activité économique et entraîner un surplus de travailleurs dans cette municipalité. Le déplacement de ce surplus de travailleurs vers la municipalité voisine contribue à baisser le niveau des salaires et favorise la décision de développer des activités économiques au détriment de l'option « conservation ». *Deuxièmement*, la création de nouvelles AP diminue le stock de terres disponibles pour la production économique dans une municipalité donnée et, par conséquent, augmente la demande de ces terres dans les municipalités voisines. En fonction des bénéfices relatifs des activités économiques, les municipalités peuvent être incitées à augmenter leur offre de terres pour les activités économiques (en diminuant le nombre d'AP) afin d'attirer les agriculteurs et les entreprises pendant que leurs voisins créent des AP. *Troisièmement*, un exemple traditionnellement mis en avant dans les études sur les fuites de déforestation est celui où la création d'une AP dans une municipalité diminue la disponibilité des ressources en bois dans cette municipalité et augmente ensuite l'exploitation forestière dans les municipalités voisines. La création d'AP dans une municipalité va donc favoriser la destruction d'AP ou la réduction des incitations à créer de nouvelles AP dans les municipalités voisines. *Quatrièmement*, une AP est également un bien public dont la population locale voisine peut profiter. Or, si la distance entre deux municipalités est relativement faible, les habitants d'une municipalité peuvent se rendre dans une municipalité voisine pour profiter des loisirs d'une AP. Une municipalité peut donc décider de « resquiller » (*free riding*) et de créer moins d'AP si les municipalités voisines fournissent ce bien public local.

En résumé, la complémentarité stratégique dans les décisions de conservation peuvent conduire à une course vers le bas ou à une course vers le haut dans la création d'AP. Une course vers le bas se traduit finalement par un faible niveau global d'AP dans l'État, alors qu'une course vers le haut se traduit par un niveau élevé d'AP. La substituabilité stratégique entre les décisions des municipalités, quant à elle, fait peser deux menaces sur l'efficacité du mécanisme : elle peut (i) ralentir l'augmentation du volume d'AP créées et (ii) entraver la création de corridors de biodiversité.

Ainsi, à la lumière des arguments théoriques exposés ci-dessus, nous pourrions nous attendre à ce que les décisions de conservation soient substitués stratégiques ou compléments stratégiques. Afin d'estimer la direction et la présence d'interactions entre les municipalités, nous adoptons une stratégie empirique qui repose sur l'estimation d'un modèle spatial autorégressif (SAR pour *spatial autoregressive model*).

Le modèle SAR permet d'expliquer une variable par son terme spatialement retardé (*spatial lag*). Autrement dit, dans notre étude, nous expliquons la probabilité de création d'une AP par une municipalité par les AP de ses voisins. Ces derniers sont définis par une matrice de contiguïté. Sans rentrer dans le détail, l'un des apports de cet article est d'estimer un modèle SAR par l'estimateur Tobit en raison de la nature de la variable dépendante (tronquée à gauche). Plus précisément, notre variable dépendante est le rapport entre la superficie totale d'AP et la superficie totale d'une municipalité en 2010¹¹. Nous contrôlons pour le niveau initial de cette variable en 2000 (année la plus ancienne pour laquelle nous avons des données). Nous avons également un ensemble de variables de contrôle permettant d'expliquer la décision de créer des AP ou non telles que le PIB par tête, la densité de la population urbaine et rurale, le taux de croissance démographique et enfin la part de l'agriculture ou de l'industrie dans le PIB de la municipalité sur la période 2000-2008 (années disponibles pour les données).

Nous trouvons un effet négatif du *spatial lag* suggérant des interactions spatiales négatives c'est-à-dire une substituabilité stratégique entre les décisions des municipalités. Autrement dit, une municipalité a plus d'incitations à ne pas créer d'AP si son voisin en crée une. Ce résultat est assez rare dans la littérature. Daniel A. Griffith a notamment consacré plusieurs articles à souligner l'importance et la rareté des résultats mettant en avant un *spatial lag* négatif (GRIFFITH 2006)¹². En effet, comme il l'explique, il est plus fréquent d'avoir une corrélation spatiale positive dans le processus de génération des données. Par conséquent, si le chercheur n'inclut pas tous les facteurs spatialement corrélés dans l'analyse de régression, le *spatial lag* estimé est le plus souvent positif et peut être associé avant tout à de l'autocorrélation spatiale des erreurs et non pas à des interactions spatiales par le biais du *spatial lag* (BRADY & IRWIN 2011). Dans notre étude, cela n'est pas le cas puisque nous trouvons une dépendance spatiale négative. Notre travail constitue ainsi l'une des rares évidences qui parvient à identifier la direction des interactions (c'est-à-dire sans être assimilable à de l'autocorrélation spatiale) par l'utilisation de l'économétrie spatiale.

Enfin, il est possible que nous ne contrôlions pas pour tous les phénomènes spatiaux présents dans nos données. Néanmoins, ces phénomènes doivent tirer nos résultats en direction d'interactions positives (comme expliqués précédemment) alors que nous trouvons des interactions négatives. Autrement dit, le coefficient du *spatial lag* que nous avons trouvé est une estimation « minimale » des interactions négatives. Pour illustrer ce point, nous montrons ce qui se passe lorsque nous retirons plusieurs variables qui nous permettent de purger les facteurs spatialement corrélés. Par exemple,

11. Nous disposons de données uniquement pour les années 2010 et 2000 en ce qui concerne la superficie d'AP.

12. Dans son effort pour faire la lumière sur ce problème, Daniel A. Griffith recense moins de 10 études trouvant une autocorrélation spatiale négative dans la littérature, la première étant une étude de la courbe de Phillips par (ANSELIN 1988).

nous retirons successivement certaines variables muettes relatives aux microrégions (qui regroupent plusieurs municipalités). Nous constatons que l'ampleur du coefficient du *spatial lag* diminue puis devient positif et non significatif à mesure que nous augmentons le nombre de microrégions retirées. Ainsi, nous concluons que nous parvenons à identifier des interactions spatiales négatives qui seraient sans doute plus fortes si nous pouvions encore mieux contrôler pour l'autocorrélation spatiale entre les municipalités.

En conclusion, notre article propose d'étudier la menace que représentent les interactions entre les gouvernements locaux sur l'efficacité d'un mécanisme décentralisé visant à promouvoir la création d'AP. Si nos résultats ne mettent pas en évidence un nivellement par le bas entre les municipalités (ce qui aurait pu être le cas en cas de *spatial lag* positif), nous observons cependant des substitutions stratégiques (*spatial lag* négatif) entre les municipalités. Ce résultat est important en matière d'efficacité de l'ICMS-*ecológico* puisque des interactions spatiales négatives conduisent à une fragmentation des forêts et sont ainsi un obstacle à la création de corridors de biodiversité. Ces derniers nécessiteraient à l'inverse des complémentarités stratégiques dans les décisions (*spatial lag* positif) et la manifestation d'une course vers le haut dans les décisions de protection de l'environnement. Il ne faut donc pas négliger l'impact des interactions entre les gouvernements locaux sur l'efficacité d'un mécanisme de conservation décentralisé, même si l'identification de la nature des interactions peut s'avérer difficile.

4. Les projets en cours et à venir

La suite de ce mémoire est consacrée à mes recherches en cours et les projets à venir. Ils s'articulent autour de trois thématiques : le climat au Vietnam, la pollution de l'air en Chine et les services écosystémiques dans le bassin inférieur du Mékong.

4.1. Les enjeux du dérèglement climatique au Vietnam (projet en cours)

Les dérèglements climatiques, caractérisés par le réchauffement moyen de la température à l'échelle globale, la hausse de l'intensité des tempêtes extrêmes, et l'accroissement de l'occurrence des sécheresses et inondations, sont un aspect important de l'étude de la durabilité des modes de vie spécialement dans les pays fortement vulnérables à ces dérèglements. Le GIEC nous le rappelle avec sa 6^{ème} évaluation publiée en trois rapports en 2021 et 2022. Le Viêt Nam fait partie des pays les plus vulnérables à ces dérèglements notamment en matière d'inondations et tempêtes extrêmes (en 1^{ère} position en matière d'inondation et en 8^{ème} position pour les typhons) selon la Banque Mondiale¹³ et l'indice de gestion des risques INFORM¹⁴. Partant de ce constat, j'ai entamé des travaux en économie du climat sur ce pays autour de deux thématiques : (1) l'impact des dérèglements climatiques extrêmes sur l'agriculture et (2) la mesure de la vulnérabilité au risque cyclonique.

4.1.1. L'impact des chocs climatiques extrêmes sur l'agriculture (Diallo et al. 2019)

Depuis 2017, dans le cadre du projet GEMMES pour le Viêt Nam de l'AFD, je travaille avec Etienne Espagne, coordonnateur du projet en tant que chercheur senior à l'AFD et chercheur associé au CERDI. Ce projet est le fruit d'une collaboration étroite entre le monde académique de la recherche et les décideurs politiques dont le gouvernement vietnamien. Ce projet a pour but de quantifier les effets passés et futurs du dérèglement climatique sur l'économie vietnamienne, de mesurer les coûts de l'adaptation à celui-ci et de proposer des scénarios de transition vers une économie à bas carbone associant adaptation et atténuation.

Cette collaboration a donné lieu à un document de travail co-écrit tous les deux avec Yoro Diallo (en thèse entre 2018 et 2021 sous la direction de Michaël Goujon (CERDI) et co-encadré par moi-même). Ce document vise à étudier les effets des chocs climatiques extrêmes sur la productivité de la riziculture vietnamienne. Les chocs sont identifiés de quatre façons : les températures extrêmes qui sont mesurées en nombre de jours dans un intervalle de température considéré comme destructeur pour l'agriculture, l'occurrence des typhons, celle des inondations et celle des sécheresses. La productivité est, quant à elle, mesurée par l'efficacité technique à partir d'un modèle de frontière de production. Pour ce faire, nous utilisons des données d'enquête issues du recensement agricole de

13. Cf. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/vietnam/vulnerability> (consulté le 13 avril 2022).

14. Cf. <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index/INFORM-Risk/Results-and-data/moduleId/1782/id/419/controller/Admin/action/Results> (consulté le 13 avril 2022).

2010, 2012 et 2014. Nos résultats économétriques sont ensuite projetés dans un modèle de simulation pour estimer l'effet futur de la hausse des températures sur l'efficiencia technique. Cette étude contribue à la littérature importante qui estime l'impact économique du changement climatique sur l'agriculture. Celle-ci peut se décliner en deux approches : la première s'intéresse au long terme avec le climat (élasticité de long terme) et la seconde se concentre davantage sur le court terme avec la météo (élasticité de court terme).

La première approche consiste à examiner comment le climat, défini comme la distribution des conditions météorologiques sur longue période (ex. 30 ans), affecte le revenu net ou la valeur des terres agricoles dans l'espace en utilisant la méthode Ricardienne (également appelée approche hédonique). Le principe de cette méthode est d'estimer l'impact du climat sur la productivité agricole en régressant le revenu net ou la valeur des terres agricoles (utilisé comme proxy pour la valeur actuelle attendue du revenu net futur) sur le climat dans différentes zones spatiales. Le modèle suppose que les agriculteurs compétitifs sont des agents qui maximisent leurs profits. Les agriculteurs choisissent une combinaison optimale d'intrants et d'extrants pour maximiser le revenu agricole net, sous réserve d'une variable exogène telle que les conditions climatiques qui échappent au contrôle de l'agriculteur. Autrement dit, si le climat est différent, l'agriculteur doit adapter sa production et choisir un autre produit (i.e., un changement de culture) et d'autres intrants (nouveaux pesticides par exemple). C'est probablement le principal avantage de l'approche ricardienne qui permet de saisir l'adaptation à long terme au climat. L'objectif est donc de régresser le revenu net sur différents contextes climatiques pour estimer l'impact du climat. Selon MASSETTI et al. 2016, cette approche a été utilisée dans 41 études sur 46 pays. La première tentative est celle de MENDELSON et al. 1994 qui estiment l'impact des températures sur les prix des terres dans 3 000 comtés des États-Unis. Cette approche initiale a ensuite été améliorée de différentes manières pour prendre en compte différentes mesures du climat plus pertinentes selon les cas. Ainsi certaines études incluent la température saisonnière moyenne (SCHLENKER et al. 2005) tandis que d'autres utilisent les degrés-jours pendant la saison de croissance qui sont la somme des températures au-dessus d'un plancher (DESCHÊNES & GREENSTONE 2007 ; SCHLENKER et al. 2006). Une question empirique importante est liée à la nature transversale de la méthode. En effet, de nombreuses études existantes estiment un modèle ricardien en utilisant les données d'une seule période (NB : moyenne sur cette période) ou deux. Cependant, l'un des principaux inconvénients des données transversales est la possibilité d'omettre des variables non observables qui pourraient fausser les résultats puisque le climat moyen sur une longue période n'est pas aléatoire dans l'espace. Par exemple, (DELL et al. 2009) constatent que les pays les plus pauvres ont tendance à être plus chauds. Mais cette relation peut être considérée comme une fausse corrélation s'il existe des variables omises corrélées au climat qui peuvent expliquer le revenu (les institutions par exemple). Le modèle doit contrôler ces variables omises potentielles. Deux solutions ont été développées dans la littérature pour éviter le biais des variables omises. La première solution consiste à prendre en compte tous les facteurs qui sont à la fois corrélés avec le climat et les valeurs des terres agricoles impactées. Un premier exemple est l'irrigation qui est corrélée à la température. Par exemple, SCHLENKER et al. 2005 montrent que l'accès à l'eau

d'irrigation subventionnée est à la fois capitalisé dans la valeur des terres agricoles et corrélé avec des températures plus élevées. Cela signifie que l'impact de l'irrigation doit être contrôlé lors de l'estimation de l'impact de la température sur la valeur des terres. Sinon, la régression estime non seulement l'effet direct de la température, mais aussi l'effet bénéfique de l'accès à l'eau d'irrigation (qui est positivement corrélé avec des températures plus élevées). Cependant, ce type de solution ne peut jamais éliminer complètement la possibilité de variables omises. En effet, il peut toujours y avoir une variable de contrôle supplémentaire et inobservable (par exemple, la qualité du sol) qui est corrélée avec le climat (par exemple, la température) mais malheureusement pas avec les autres variables de contrôle (par exemple, l'irrigation) incluses dans la spécification. Afin de répondre à cette préoccupation, des études ont proposé d'utiliser des données de panel dans le modèle ricardien (c'est-à-dire estimer l'impact climatique à long terme). Les données de panel permettent l'utilisation d'effets fixes, qui contrôlent toute variation confondante invariable dans le temps. Cependant, dans un modèle à effets fixes, il est impossible d'estimer l'effet des moyennes climatiques à long terme, car le climat n'a pas de variation temporelle. L'une des solutions proposées est d'utiliser une série de sections transversales répétées sur longue période (MASSETTI et MENDELSON 2011 ; également utilisée par TRINH 2018 sur le Vietnam).

La deuxième grande approche est celle du choc climatique c'est-à-dire de la *météo*, qui utilise un modèle hédonique ricardien avec des données de panel (SCHLENKER & ROBERTS 2009 ; SCHLENKER et al. 2013). Le point de départ de cette approche est de profiter des données météorologiques à échelle fine dans le temps et dans l'espace pour détecter par exemple la non-linéarité grâce au grand degré de liberté que donnent les données de panel. Par exemple, SCHLENKER et ROBERTS 2009 trouvent une relation non linéaire entre la température et la production agricole américaine. Au-delà des seuils respectifs de 29°, 30° et 32°, la température génère des dommages importants sur les rendements de blé, de soja et de coton respectivement. De plus, cette approche permet d'éviter le biais de la variable omise en contrôlant les effets fixes. Un autre avantage de cette approche est de prendre en compte l'adaptation à court terme. Bien que l'analyse de panel permette de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale et temporelle, elle n'est pas exempte de limites (BLANC & SCHLENKER 2017). L'une d'entre elles est la prise en compte de l'autocorrélation spatiale des rendements agricoles et des variables climatiques qui est nécessaire afin de limiter le biais d'estimation.

Une contribution importante à la littérature de notre étude est une tentative de prendre en compte à la fois l'effet du *climat* et celui de la *météo*. En effet, nous estimons d'abord l'effet de la tendance météorologique (le climat), définie comme la température moyenne quotidienne et les précipitations moyennes quotidiennes, sur la production rizicole en intégrant les variables climatiques dans la fonction de production¹⁵. Ensuite, nous évaluons l'effet des événements climatiques extrêmes (comme mesure de la *météo*) sur l'efficacité technique. Depuis la première version de cet article, Richard Tol a publié en 2021 un document de travail intitulé « The Economic Impact of Weather

15. Nous utilisons une forme fonctionnelle de type *translog* et intégrons les termes quadratiques des deux variables climatiques pour capter des non linéarités. Nous trouvons notamment un effet concave des températures.

and Climate » dans lequel il utilise la même approche (TOL 2021). Je reprends ici à grand trait ses termes pour traduire notre idée de base. La différence fondamentale entre le climat et la météo est que le premier affecte les possibilités de production tandis que le second affecte la réalisation du potentiel de production. Le climat explique pourquoi l'élevage se portent mieux en Europe du Nord que le riz au jasmin et inversement en Thaïlande. La météo explique pourquoi de fortes chaleurs ou de fortes gelées ralentissent des travailleurs, endommagent des cultures, perturbent les transports, etc. Sous cet angle, nous comprenons mieux pourquoi le climat affecte la frontière de production alors que la météo joue sur la distance par rapport à cette frontière. La spécification économétrique qui s'impose est donc une analyse de frontière stochastique avec des variables climatiques dans la fonction de production et des variables météorologiques dans le modèle d'inefficience. A notre connaissance, la seule étude, celle de KEY et SNEERINGER 2014, a proposé d'estimer les effets de la météo sur l'inefficience technique de l'élevage aux Etats-Unis. Néanmoins, ils n'intègrent pas le climat dans la fonction de production.

Nos résultats sont les suivants. Nous constatons que les chocs météorologiques mesurés par l'occurrence d'inondations, de typhons et de sécheresses affectent négativement l'efficacité technique. De même, les températures quotidiennes supérieures à 31°C réduisent l'efficacité technique pendant la saison sèche, un effet qui augmente avec la température. Par exemple, une augmentation d'un jour dans l'intervalle [33°C-34°C] fait baisser l'efficacité technique de 6,84 à 8,05 points de pourcentage. Les résultats des simulations montrent une chute spectaculaire de l'efficacité technique après 2040. Dans le cas du scénario RCP8.5, l'efficacité technique s'effondre de 40%, alors qu'elle se stabilise dans le scénario RCP4.5 autour de 10% en dessous de la période de référence.

Travaux à venir

Dans le prolongement de ce premier travail, l'objectif est de continuer à analyser l'impact du climat sur la productivité agricole au Viêt Nam en exploitant les deux derniers recensements agricoles vietnamiens (2016 et 2018). Le but est de répondre à deux limites de l'étude précédente.

Tout d'abord, nous ne mesurons pas parfaitement le climat en première étape puisque nous utilisons la moyenne des températures et des précipitations sur les 12 derniers mois. Il s'agit bien d'une mesure du climat mais l'idée est d'élargir cette fenêtre sur les 5 ou 10 dernières années. *Ensuite*, en raison de problèmes de calcul, nous ne sommes pas en mesure d'utiliser certains modèles d'estimation de l'efficience avec données de panel plus performants. En effet, nous utilisons le modèle de LEE et SCHMIDT 1993 qui a l'avantage de ne pas imposer de forme fonctionnelle de la variation temporelle de l'inefficacité. Néanmoins, même si ce modèle est parfois recommandé dans le cas de données de panel avec un grand nombre d'individus (2 600 environ dans notre cas) et un petit nombre de périodes (trois années dans notre cas), ce modèle estime les modèles de production et d'inefficience en deux étapes. Plusieurs articles ont démontré que ce type d'approche produit des résultats biaisés notamment lorsque les déterminants de l'inefficacité technique sont incorrectement exclus du modèle de frontière (1^{ère} étape) (WANG & SCHMIDT 2002). Deux types de modèles

pourraient être utilisés : (1) les modèles (*true random effects* ou *true fixed effects*) développés par GREENE 2005 permettant de séparer l'inefficience individuelle des effets inobservables individuels¹⁶, (2) le modèle plus récent de KUMBHAKAR et al. 2014 permettant de dissocier les effets individuels inobservables de l'inefficacité technique persistante (invariante dans le temps) et résiduelle (variable dans le temps)¹⁷.

4.1.2. La mesure de la vulnérabilité au risque cyclonique (travaux en cours ; Goujon et Marchand 2022)

En 2021, avec mes collègues du CERDI Michaël Goujon et Olivier Santoni, j'ai ouvert un nouveau champ de recherche sur la question de la mesure de la vulnérabilité au changement climatique. Ce travail a pour l'instant abouti à la publication (en cours) de deux chapitres d'ouvrage. Je présente dans ce mémoire le travail en lien avec l'un de ces deux chapitres qui est intitulé « Une mesure comparative de la vulnérabilité des territoires à l'activité cyclonique : le cas du Vietnam » et qui sera publié en 2022 dans l'ouvrage *Vulnérabilité environnementales : approches pluridisciplinaires* (Editeur L'Harmattan)¹⁸.

Comme expliqué en préambule de cette partie sur le Vietnam, nous nous intéressons à ce pays en raison de sa grande vulnérabilité aux inondations et tempêtes extrêmes. Le Vietnam, de par son régime climatique de mousson, subit les tempêtes tropicales et typhons de la mer de Chine méridionale qui est l'une des principales régions de genèse des systèmes cycloniques sur la planète. Dans les faits, les typhons frappent le pays en moyenne 6 à 8 fois par an et environ un tiers de la population vietnamienne est touchée par les inondations qui s'en suivent. En y ajoutant les tempêtes tropicales (moins fortes que les typhons), le Viêt Nam subit en moyenne chaque année près d'une douzaine de ces événements climatiques extrêmes entre le mois de Mai et la fin de l'année. Par exemple, en 2020, neuf typhons et deux dépressions tropicales ont traversé le Viêt Nam entre mi-septembre et mi-novembre impactant la vie de 5,5 millions de personnes dont 192 sont décédées et 57 sont portées disparues. Au-delà de ces drames humains, en moins de deux mois, 30 trillions de VND soit 1,3 milliard de dollars de dégâts économiques (0,6% du PIB) ont été provoquées par ces tempêtes tropicales. Cette vulnérabilité « géolocalisée » due à la localisation du pays dans l'une des régions de genèse des systèmes cycloniques est accrue par une vulnérabilité « topographique » caractérisée notamment par son caractère « côtier ». Le Viêt Nam est en effet un pays long (1 750 km du Nord au Sud) et étroit (environ 50 km d'Ouest en Est dans la partie la plus étroite) composé d'un

16. Au regard de notre structure de panel (T qui passerait de 3 à 5), le *true random effects model* semble plus approprié pour éviter le *incidental parameters problem* propre au *true fixed effects model*.

17. Nous avons utilisé ces modèles sans succès à partir des données de recensement 2010, 2012 et 2014. Ces modèles reposent sur l'estimateur du maximum de vraisemblance. Des problèmes de convergence dans la recherche des valeurs des paramètres maximisant la fonction de vraisemblance ne permettent pas de produire des résultats. Ce type de problème est fréquent avec ces méthodes.

18. Le chapitre d'ouvrage non présenté dans ce mémoire s'intitule « Mesures de la vulnérabilité au changement climatique » (GOUJON et al. 2022b). Il sera publié au cours de cette année dans l'ouvrage pluridisciplinaire (droit public, économie et gestion) intitulé *La résilience des territoires exposés aux risques naturels* (Editeur Mare et Martin). Dans ce travail, nous proposons plusieurs définitions de la vulnérabilité au changement climatique puis nous présentons des exemples de mesures de celle-ci.

vaste littoral de plus de 3 000 km de long soumis à une érosion accélérée et à l'élévation du niveau de la mer. De plus, cette vulnérabilité physique aux typhons (géolocalisation + topographie du pays) apparaît comme une menace à la sécurité humaine, alimentaire et économique du pays du fait de la localisation particulière des populations et des activités (vulnérabilité « socioéconomique »). En effet, près de 70% de la population vit le long des côtes ou dans les deux deltas qui concentrent également une grande partie des activités productives du pays, notamment agricoles. Or, le secteur agricole joue un rôle majeur dans le processus de développement du pays. Malgré la baisse de sa contribution au PIB (environ 14% en 2019 contre 40% en 1985), le secteur agricole emploie encore une part importante de la main-d'œuvre active du pays (37% en 2019). L'agriculture vietnamienne est d'ores et déjà menacée par le changement climatique qui réduit la productivité agricole, menaçant la sécurité alimentaire du pays.

Ainsi, en raison de la localisation des populations, des activités économiques et des infrastructures dans les zones côtières et les deux deltas du pays, et de la grande exposition de ces zones aux passages cycloniques, le Viêt Nam est tout particulièrement vulnérable à ces événements climatiques extrêmes. Par conséquent, le renforcement de l'adaptation face à ce risque climatique extrême y est ressenti comme une urgence politique. Cette urgence a notamment conduit le pays à bâtir une stratégie nationale face aux dérèglements climatiques en 2011 suivie d'une multitude de plans d'actions. De plus, le pays est l'un des rares à avoir revu à la hausse ses engagements en matière de contributions déterminées nationales (CDN) dans la lutte contre le réchauffement climatique instauré par l'Accord de Paris en 2015. En effet, en septembre 2020, le Viêt Nam a renforcé à la fois son volet « atténuation » en visant une réduction de 9% des émissions de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, etc.) par rapport à 1990 et son volet « adaptation » (ex. renforcer la capacité de surveillance du changement climatique, de prévision, d'alerte et de diffusion d'informations sur les catastrophes naturelles ; intégrer l'adaptation au changement climatique dans toutes les politiques, plans, programmes et projets de développement ; développer et construire des logements résistant aux typhons et aux inondations ; prévenir l'érosion des berges des rivières et des zones côtières ; etc.)¹⁹.

Néanmoins, ces mesures d'adaptation aux dérèglements climatiques en général et aux typhons en particulier nécessitent une évaluation territorialisée de la vulnérabilité des populations et des systèmes économiques. Pour cela, nous proposons une méthodologie afin d'évaluer et de cartographier la vulnérabilité, définie en termes d'impacts potentiels des typhons, en combinant (1) des données sur l'intensité de l'activité cyclonique (calculées par nous-mêmes) à (2) des données topographiques (altitude) et (3) socio-économiques (production agricole et densité de population sur la période 2015-2019) géolocalisées au niveau des districts vietnamiens. D'un point de vue méthodologique, l'ensemble de ces données sont croisées en suivant le principe des matrices de risque, défini comme étant l'interaction entre l'aléa (mesuré par l'intensité cyclonique) et l'exposition (mesuré par les données topographiques et socio-économiques) à cet aléa : $\text{risque} = \text{aléa} \times \text{exposition}$. Dans le

19. Cf. Contribution déterminée nationale mise à jour (sept. 2021) du Vietnam, pp. 20-21, https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Viet%20Nam%20First/Viet%20Nam_NDC_2020_Eng.pdf.

détail, les districts sont d'abord rangés par quintiles sur les quatre variables d'activité cyclonique, de zone côtière de basse altitude, de densité de la population et d'activité agricole. A chaque quintile correspond un score croissant de 1 à 5. Les variables sont ensuite croisées (NB : les scores sont multipliés) afin de mesurer le risque cyclonique et le résultat est reclassifié en quintiles (du moins vulnérable en bleu au plus vulnérable en rouge). Nous projetons ensuite les résultats sur la base de la reclassification sur des cartes géographiques afin de cartographier la vulnérabilité des districts au risque cyclonique. Enfin, afin de mesurer différents types de vulnérabilité, nous produisons différentes mesures du risque. Par exemple, nous croisons l'intensité cyclonique avec l'altitude pour mesurer la vulnérabilité « physique » des territoires puis nous croisons ce résultat avec l'un des deux indicateurs socioéconomiques afin d'avoir une mesure de la vulnérabilité socioéconomique.

Nos résultats indiquent que les districts les plus vulnérables ne sont pas forcément les plus concernés par une forte intensité cyclonique (*fort aléa* mais faible *exposition*). Cela est particulièrement le cas pour les districts des deux deltas du pays. Ces districts sont très vulnérables moins en raison de l'intensité cyclonique qu'ils connaissent (contrairement aux districts sur le littoral central) que de leurs spécificités topographiques (très faible altitude), démographiques (très forte densité de population) et économiques (présence de nombreuses terres agricoles). Nos résultats révèlent la grande importance pour le Viêtnam de mieux identifier ces territoires vulnérables. En effet, dans ses contributions déterminées nationales mises à jour dans le cadre de l'Accord de Paris, le pays considère que les districts des zones côtières sont les plus vulnérables aux typhons.

Enfin, nous continuons avec mes coauteurs d'enrichir ce travail en intégrant d'autres variables socioéconomiques et topographiques afin d'affiner la mesure de la vulnérabilité des districts vietnamiens au risque cyclonique (GOUJON et al. [2022a](#)).

4.2. Politique publique, média et pollution de l'air en Chine (projet en cours)

Il s'agit ici d'étudier l'impact des médias d'informations sur le comportement des agents économiques au travers de la tonalité émotionnelle qu'ils véhiculent par le biais des mots utilisés dans le contenu informationnel. Plus précisément, nous appliquons cette question de recherche au cas des articles de presse sur Internet et à la pollution de l'air en Chine. Je travaille sur ce projet avec Damien Cubizol (CERDI), Huanxiu Guo (Nanjing Audit University), Elda Nasho Ah-Pine (enseignante-chercheuse en science politique à l'ESC Clermont-Ferrand) et Julien Ah-Pine (enseignant-chercheur en mathématiques appliquées à l'Université de Lyon 2). Alexis Repon, *data scientist* recruté pour un an en septembre 2021 au CERDI, nous accompagne également sur ce projet.

Ce projet s'articule autour de trois travaux de recherche. Le premier est le plus avancé et a donné lieu à l'écriture d'un document de travail (publié dans la série Etudes et Document du CERDI fin 2021). Les deux autres viennent juste de débiter au moment de l'écriture de ce mémoire. Avant de présenter spécifiquement ces trois travaux, je reviens sur le contexte qu'ils partagent et qui se résume par le triptyque suivant : qualité de l'air ambiant, politique publique de lutte contre la pollution de

l'air et rôle des médias.

Le contexte

La question de recherche commune des trois travaux de recherche consiste à identifier un effet causal de la tonalité émotionnelle de la presse en ligne sur la pollution de l'air en Chine.

La qualité de l'air ambiant est un problème de santé publique important en Chine. Par exemple, la pollution atmosphérique par les particules très fines (PM_{2.5}) est le quatrième facteur de risque de décès en Chine en 2017. Selon YIN et al. 2020 dans une étude publiée dans *The Lancet*, 1,03 million de décès en 2017 étaient attribuables à la pollution de l'air ambiant (PM 2,5 et ozone), soit environ 10% des décès annuels. L'exposition à long terme à la pollution de l'air ambiant est associée à diverses maladies chroniques, notamment les accidents vasculaires cérébraux, les cardiopathies ischémiques, les maladies pulmonaires obstructives chroniques (MPOC) et le cancer du poumon.

Dans ce contexte, à partir de 2013, avec l'arrivée du président Xi Jinping, le gouvernement chinois a lancé une « guerre contre la pollution de l'air » considérée comme l'une des plus dure au monde en deux temps : le premier entre 2013 et 2017 avec le plan d'actions pour la prévention et le contrôle de la pollution atmosphérique puis le second entre 2018 et 2021 avec le plan d'action « la guerre du ciel bleu ». Globalement, ces deux plans d'actions ont été un succès en termes de réduction de la pollution selon plusieurs études. Par exemple, selon GENG et al. 2021, le premier plan d'actions a permis de réduire la moyenne annuelle des PM_{2,5} pondérée par la population de 62,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2013 à 44,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2017, tandis que le deuxième plan d'actions a encore réduit les concentrations de PM_{2,5} à 33,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2020²⁰. Au-delà de ces résultats en matière d'amélioration de la qualité de l'air, cette dernière a permis une réduction substantielle de la mortalité et des années de vie perdues au cours de cette période (YIN et al. 2020).

Pour obtenir ces résultats, le gouvernement chinois a décidé d'agir contre la pollution de l'air de deux manières principales : 1/ en utilisant des outils de commandement et contrôle ou des instruments économiques²¹ ; 2/ en utilisant des instruments fondés sur l'information comme la divulgation d'informations sur la qualité de l'air et l'utilisation des médias (principalement sous la supervision du gouvernement). Plus précisément, sur la seconde manière de faire, le gouvernement a lancé en 2013 la création d'un programme de surveillance et de divulgation au travers la création d'un réseau national de stations de surveillance de la qualité de l'air et d'un système de diffusion de données en temps réel et sur Internet. Le but de ce programme est de rendre publiques les données sur la pollution en temps réel, éviter la manipulation des données sur la pollution par les autorités locales et sensibiliser le public à la pollution atmosphérique. Le système de surveillance permet

20. Néanmoins, les niveaux de pollution sont encore élevés au regard des recommandations de l'Organisation mondiale de la santé qui fixe le seuil à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{2.5} (cf. WHO global air quality guidelines : particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>).

21. Parmi les mesures fortes, le chauffage au charbon a été bannis immédiatement en 2013 dans les foyers chinois de la plupart des grandes villes, de nombreuses centrales à charbon ont été fermées (même si certaines ont été déplacées dans des zones moins peuplées), le transport ferroviaire s'est électrifié très rapidement, etc.

ainsi de lire en continu et en temps réel les données relatives à la pollution grâce à l'installation d'un réseau complet de moniteurs. Selon BARWICK et al. 2020, à la fin de la dernière vague d'installations en novembre 2014, plus de 1 400 stations de surveillance dans 337 villes couvrant une population estimée à 98% de la population du pays ont été construites. Le système permet également la diffusion des données de pollution au public. Un indice en temps réel appelé l'indice de qualité de l'air (AQI) a été créé et affiché en temps réel sur le site web du ministère de la protection de l'environnement. Contrairement au précédent système, le gouvernement local ne peut désormais plus manipuler les données de pollution car elles sont directement transmises au centre d'information du ministère en temps réel. Des informations horaires et quotidiennes sur l'AQI et les concentrations de PM2.5, PM10, O3, CO, NO2 et SO2 sont disponibles au niveau des stations individuelles et des villes. Par conséquent, de nombreux sites web privés et applications pour téléphones mobiles ont été développés pour diffuser au public des informations en temps réel sur la qualité de l'air à partir du site web officiel. Tous ces nouveaux outils facilitent *de facto* l'accès du public aux informations sur la pollution. Dans ce contexte, les journaux et autres médias de masse ont commencé à diffuser de plus en plus de reportages sur la pollution atmosphérique notamment en ligne. De ce fait, les journaux d'informations en ligne sont devenus ces dernières années l'une des principales sources d'informations pour le public dans un contexte où la digitalisation de la société chinoise, l'une des plus rapides au monde, a installé Internet dans le quotidien de près d'un milliard de chinois. Selon la Banque mondiale, 70% des chinois utilisent Internet en 2020 alors qu'ils n'étaient que 30% en 2010.

Par ailleurs, selon la façon dont elles sont présentées, ces informations de la presse en ligne peuvent modifier la perception du risque par les individus. Le choix des mots utilisés dans les articles de presse peut susciter des émotions chez leurs lecteurs. Chaque article comporte en effet une échelle d'émotions dont la tonalité peut être définie, grâce à une analyse de texte, comme *négative* (exprimant par exemple la peur, l'anxiété, l'aversion, le chagrin, la détresse, la terreur), *positive* (exprimant par exemple l'espoir, la joie, l'attrait, l'enthousiasme, la fierté) ou *neutre* (un mélange d'émotions positives et négatives, ou l'usage de mots sans charge émotionnelle) (SHAPIRO et al. 2020). Cette tonalité émotionnelle a des implications importantes sur la façon dont les gens interprètent et comprennent le contenu des articles. Ces émotions peuvent aussi forger des sentiments ou des attitudes (ex. sentiment d'insécurité) et conduire à des changements de comportement. Par exemple, SUNSTEIN et ZECKHAUSER 2011 constatent que les réponses émotionnelles fortes (ex. peur, anxiété) consécutives à la prise de connaissance de risques environnementaux graves déclenchent des mesures préventives excessives de la part des individus concernés.

Ainsi, nous cherchons à savoir si cet afflux d'informations sur la qualité de l'air ambiant, en particulier sa tonalité émotionnelle, provoqué par la politique environnementale du gouvernement modifie les comportements des pollueurs et en retour la qualité de l'air. En d'autres termes, en fonction de la manière dont elles sont présentées, les informations diffusées dans les journaux en ligne peuvent-elles amplifier ou atténuer les perceptions du risque de pollution atmosphérique chez le lecteur et modifier son comportement? De plus, au regard du contexte chinois marqué par le contrôle des médias par le gouvernement et l'importance de la politique de lutte contre la pollution

de l'air, nous cherchons ainsi à savoir si le gouvernement peut utiliser la tonalité émotionnelle des informations sur la pollution de l'air comme un instrument informel de réglementation de la pollution.

Enfin, tous ces travaux exploitent des données médiatiques provenant du projet GDEL (*Global Database of Events, Language and Tone*)²². Ce projet repose sur une plateforme qui parcourt et enregistre les médias d'informations de presque tous les pays du monde. Elle répertorie des informations provenant de tout type de média dans plus de 60 langues différentes du 1^{er} Janvier 1979 à nos jours, avec des mises à jour quotidiennes (toutes les 15 minutes). Sur la base de cet inventaire des algorithmes produisent des variables permettant de caractériser le contenu médiatique. Plus précisément, nous extrayons des variables de la base GDEL comme la tonalité émotionnelle et le nombre de mots sur des articles de notre sélection (NB : il faut qu'ils traitent de pollution de l'air et qu'ils soient présents dans des médias localisés en Chine) puis nous calculons pour chacune de ces variables la moyenne quotidienne. Par exemple, si 10 articles ont évoqué la pollution de l'air en Chine le 15 janvier 2018, nous faisons la moyenne des variables médiatiques de ces 10 articles. Ensuite, nous fusionnons ces moyennes quotidiennes de variables médiatiques aux données quotidiennes de pollution que nous avons. Je reviendrai sur ces données de pollution *infra* quand j'exposerai plus en détails les différentes études.

Je présente tout d'abord le document de recherche le plus abouti qui a donné lieu à une première publication dans la série Etudes et Documents du CERDI en 2021 puis j'évoque les deux autres projets en cours.

4.2.1. L'influence de la tonalité émotionnelle sur la pollution de l'air en Chine (Marchand et al. 2021 ; 1er article)

La question de recherche du premier article est à la suivante : au regard du contexte exposé *supra*, la tonalité émotionnelle des articles de presse en ligne publiés tout au long de l'année 2018 a-t-elle influencé la qualité de l'air ambiant en Chine sur cette même période ?

Pour ce faire, nous utilisons les données médiatiques du projet GDEL que nous fusionnons avec des données de pollution²³. Pour ces dernières, nous utilisons des données de surveillance quotidienne de quatre polluants atmosphériques (NO₂, SO₂, PM_{2.5} et PM₁₀) à deux niveaux d'observation différents : (1) la ville qui est le 2^{ème} niveau administratif (286 observations) ; (2) le comté qui est le 3^{ème} niveau administratif (2 486 observations). Ainsi, nous avons plusieurs milliers d'observations puisque nous sommes au niveau « jour » pendant une année : 365 jours*N individus (286 villes ou 2 486 comtés). Nous nous concentrons sur ces deux niveaux pour deux raisons. Tout d'abord, cela nous permet de nous intéresser à la pollution totale sans isoler un acteur en particulier. Ainsi, la

22. Le projet GDEL a été créé par Kaley Leetaru, un entrepreneur américain de l'Internet, universitaire et senior fellow à l'Université George Washington, et Philip Schrodt, un politologue qui a développé la taxonomie des événements CAMEO utilisée par le projet GDEL (<https://www.gdelproject.org/>).

23. Nous utilisons 502 articles publiés tout au long de l'année 2018. En moyenne, nous avons deux articles par jours avec un maximum de 13 articles. Un peu plus de la moitié des articles proviennent de médias d'Etat officiel (ex. *China Daily* (1^{er} média de notre échantillon avec 25% des articles) ou *China News* (4^{ème} média de notre échantillon ; 6% des articles)). *China Times* (18%) et *Qianlong* (10%) sont respectivement les 2^{ème} et 3^{ème} médias d'informations les plus importants de notre échantillon.

pollution observée est le fait d'entreprises publiques et privées (par leurs activités de production) et de ménages (essentiellement pour leur chauffage et leur transport). Ensuite, le niveau local est pertinent car les gouvernements locaux sont fortement impliqués dans la « guerre contre la pollution » nationale. Ils doivent inclure la prévention et le contrôle de la pollution atmosphérique dans leur planification du développement et mettre en œuvre des mesures concrètes pour respecter les normes nationales de qualité environnementale (GREENSTONE et al. 2021). Autrement dit, il est pertinent économétriquement de s'intéresser à ce niveau afin de contrôler pour les différences individuelles inobservables comme le type de politique locale mise en œuvre pour lutter contre la pollution de l'air. Une stratégie d'identification à un niveau supérieur ne permettrait pas de contrôler pour ces différences entre villes en matière de politique publique.

Nous nous intéressons à l'année 2018 pour deux raisons. La première est la disponibilité des données. Quand ce projet a été lancé début 2020, nous n'avions accès qu'aux données quotidiennes de pollution de l'air en 2018. Nous le verrons par la suite mais nous avons depuis les données entre 2015 et 2020 que nous utilisons dans la troisième étude de ce projet de recherche. La seconde raison est que l'année 2018 est intéressante pour notre question de recherche et notre stratégie d'identification. En effet, le gouvernement central chinois a lancé en 2018, et plus précisément par une annonce officielle le 27 juin, la deuxième étape de sa « guerre contre la pollution atmosphérique » comme expliqué *supra*. Nous nous concentrons sur cette annonce pour résoudre les problèmes potentiels d'endogénéité de la tonalité émotionnelle dans les nouvelles environnementales. Plus précisément, nous mettons en œuvre une *régression sur discontinuité* (RD) afin d'estimer l'impact local du ton émotionnel autour de la date d'annonce de la politique. Cette stratégie nous permet de tester séparément si l'annonce du plan d'actions a provoqué des changements discontinus dans le ton émotionnel des nouvelles médiatiques et dans la pollution de l'air immédiatement avant et après le jour de son annonce. L'hypothèse de la stratégie d'identification est que l'annonce est une information exogène par rapport à la pollution au niveau local, ne l'impactant qu'au travers des médias à court terme. Cette hypothèse implique trois autres hypothèses sous-jacentes. *Premièrement*, nous supposons que les médias en ligne ont réagi immédiatement à l'annonce du nouveau plan d'actions (ce qui est pertinent en raison du contexte chinois marqué par une proximité forte entre politique et média) ce qui, en retour, a pu modifier la pollution de l'air au travers du traitement médiatique. *Deuxièmement*, en corolaire, nous supposons qu'il faut généralement plus de temps au gouvernement local pour formuler et mettre en œuvre les décisions nationales du plan d'actions dans le contexte local. Ainsi, l'annonce du plan d'actions ne peut pas se traduire rapidement par des décisions locales qui auraient pu influencer la pollution par un autre canal que les médias. *Troisièmement*, nous supposons que cette stratégie d'identification est vraie uniquement à court terme ce qui nous incite à utiliser la régression sur discontinuité (RD). En résumé, si la pollution de l'air a été impactée par l'annonce du plan d'actions dans les jours qui ont suivi, cela s'est fait uniquement par le canal des médias.

Nous trouvons des résultats cohérents concernant un impact positif du ton émotionnel sur la pollution de l'air. Ces résultats sont robustes pour tous les polluants atmosphériques (NO₂, SO₂, PM_{2.5} et PM₁₀) au niveau des villes et des comtés ainsi qu'à la stratégie RD. Ainsi, nous montrons

qu'une amélioration de la tonalité émotionnelle (i.e., les articles utilisent davantage de mots avec une charge émotionnelle positive) accroît la pollution de l'air. *A contrario*, une dégradation de la tonalité émotionnelle (i.e., les articles utilisent davantage de mots avec une charge émotionnelle négative) la réduit.

L'intérêt de cette étude est donc de révéler une causalité « cachée » entre tonalité émotionnelle de l'information médiatique et pollution de l'air dans le cas particulier de la Chine. Mais quels sont les mécanismes sous-jacents ? Comment expliquer le passage de la tonalité émotionnelle à la pollution ? Nous avons trois pistes d'explications que nous ne pouvons pas tester dans cet article. Les deux autres travaux en cours présentés *infra* étudient ces potentiels mécanismes.

Première explication : un mécanisme « politique publique » où la tonalité émotionnelle est un signal de politique publique. En effet, dans le contexte de la guerre contre la pollution de l'air menée par le gouvernement avec des mesures strictes et rapides, et la proximité avérée entre les médias et le gouvernement, la tonalité émotionnelle peut envoyer un signal sur l'orientation de la politique publique. Nos résultats montrent qu'une diminution du ton émotionnel contribue à réduire la pollution atmosphérique. Cette baisse de la tonalité suggère que les mots ayant une charge émotionnelle négative sont plus fréquents dans les articles sur la pollution de l'air. Cela peut être le résultat de situations négatives en termes de qualité de l'air. Dans le cadre de la « guerre contre la pollution de l'air » du gouvernement, les acteurs tels que les entreprises peuvent alors anticiper un contrôle plus strict de la part de l'administration (ex. plus d'inspections) et peuvent ainsi réduire leur pollution par anticipation. Inversement, si la tonalité émotionnelle s'améliore, les acteurs peuvent anticiper un relâchement dans la politique publique et accroître leur pollution.

Deuxième explication : un mécanisme « attentes sociales » où la tonalité émotionnelle est un signal des attentes de la société. En effet, les médias sont un canal par lequel la protection de l'environnement peut devenir un élément clé de la conduite responsable des entreprises (PCN) ou *Responsible Business Conduct* (RBC) en anglais. Selon l'OCDE, le concept de PCN pour les entreprises englobe la conformité aux attentes sociales telles que les droits de l'homme, la gouvernance éthique, la protection de l'environnement, etc. par des canaux autres que les lois tels que la presse²⁴. En plus des lois environnementales, les entreprises peuvent se sentir obligées de réagir et d'ajuster leurs émissions polluantes pour répondre aux attentes sociales véhiculées par les médias. Au-delà des attentes sociales, la PCN en matière de protection de l'environnement crée également des incitations économiques pour les entreprises, notamment pour leur insertion dans les chaînes de valeur internationales et leurs investissements à l'étranger. Ainsi, en cas de baisse de la tonalité émotionnelle, les entreprises peuvent se sentir contraintes de répondre aux attentes sociales croissantes en matière de pollution atmosphérique par le biais d'actions en faveur de la réduction de leurs émissions. L'hypothèse du lien entre la tonalité émotionnelle des articles et les attentes sociales de la société chinoise concernant la qualité de l'air est tout à fait plausible en Chine où la prise de conscience du fléau de la pollution de l'air a fortement augmenté ces dernières années notamment grâce aux données en temps réel de qualité de l'air. Une étude de ZHANG et al. 2022 va en ce sens. Ils constatent que le

24. Cf. <http://mneguidelines.oecd.org/> (consulté le 13 avril 2022).

programme chinois de surveillance et de divulgation de la qualité de l'air a considérablement augmenté l'innovation verte des entreprises, notamment le nombre de demandes de brevets d'invention verte propice à réduire leurs pollutions.

Troisième explication : un mécanisme « cognitif » où la tonalité émotionnelle est un vecteur de surréaction des individus. Ici, nous appuyons cette explication sur les travaux publiés sur la Chine qui ont montré que les ménages chinois modifient leurs comportements dès lors qu'ils ont accès à des informations sur la qualité de l'air. Nous relierons cette littérature à notre article puisqu'ici l'accès à l'information se fait par la tonalité émotionnelle. En effet, en percevant le risque de la pollution de l'air via une baisse de la tonalité émotionnelle (i.e., elle devient plus négative) des informations relatives à cette pollution, les individus peuvent surréagir en modifiant leurs comportements dans le sens d'une moindre pollution émise par leurs activités. Cette explication s'appuie sur des mécanismes cognitifs. SUNSTEIN et ZECKHAUSER 2011 expliquent que les risques tels que la pollution de l'air stimulent de fortes réponses émotionnelles chez les individus, comme la peur et l'anxiété. Lorsque les personnes sont confrontées à ces risques par la lecture d'articles de presse dont la tonalité émotionnelle est négative, elles ont tendance à s'en inquiéter fortement en termes de conséquences redoutées (ex. problème de santé). Les réponses émotionnelles négatives conduisent alors souvent les individus à « exagérer » les avantages des mesures de prévention, de réduction des risques ou d'amélioration. Dans notre contexte, en lisant davantage de nouvelles chargées négativement en émotions, les individus peuvent donc modifier leurs actions pour se protéger du risque ce qui conduit à une diminution de la pollution atmosphérique. La littérature a notamment révélé que les ménages, en présence d'information sur une dégradation de la pollution de l'air, choisissent de rester davantage chez eux, donc de moins se déplacer ce qui réduit mécaniquement la pollution (BARWICK et al. 2020).

En conclusion, même si nous ne sommes pas capables dans ce premier article de tester économétriquement la présence de ces trois mécanismes, notre stratégie d'identification nous permet de conclure à un effet causal positif de la tonalité émotionnelle sur la pollution de l'air. La façon dont est traitée l'information par les mots utilisés et les émotions qu'elle véhicule agissent sur le comportement des agents économiques en matière de pollution. Cela est important en matière de recommandation politique puisque nous montrons que dans un contexte de politique environnementale stricte comme en Chine, le traitement médiatique est un vecteur informel permettant d'accompagner la politique du gouvernement.

4.2.2. Les deux autres travaux en cours

J'évoque ces travaux sans rentrer dans le détail puisqu'ils sont très peu avancés au moment de la rédaction de ce mémoire.

Dans un premier temps, nous cherchons à estimer l'effet de la tonalité émotionnelle sur les émissions de polluants de l'air de plusieurs milliers de firmes industrielles chinoises. Nous avons des données quotidiennes d'émission que nous fusionnons avec les données quotidiennes médiatiques de GDELT (même base que l'étude précédente). Nous travaillons sur l'année 2018 en raison de

l'indisponibilité des données firmes pour les autres années. Nous souhaitons coupler ces données à deux autres jeux de données pour identifier les mécanismes sous-jacents de l'effet de la tonalité émotionnelle mis en avant *supra*. *Premièrement*, nous utilisons des données de cotations en bourse afin de mettre en évidence le mécanisme « attentes sociales ». Nous avons dans la base de données des entreprises polluantes et non polluantes qui sont cotées ou non en bourse. Notre hypothèse de recherche est que l'échantillon des entreprises polluantes et cotées en bourse sont les plus sensibles à la tonalité émotionnelle. *Deuxièmement*, pour identifier le mécanisme « politique publique », nous aimerions utiliser des données sur les dates de passage des inspecteurs de contrôle de la pollution dans les firmes. Ces données sont pour l'instant inaccessibles mais nous devrions pouvoir les avoir dans les mois qui viennent. L'hypothèse de recherche est que la probabilité d'inspection doit être négativement expliquée par la tonalité émotionnelle. Si, quand cette dernière se dégrade, la probabilité d'inspection augmente, alors la tonalité émotionnelle peut être perçue comme un signal de politique publique.

Dans un second temps, nous cherchons à généraliser le premier article en étendant la temporalité. Notre objectif est de fusionner les données quotidiennes médiatiques de la base GDELT avec les données quotidiennes de pollution de l'air au niveau ville ou comté (SO₂, NO₂, PM 2.5 et PM10) sur la période 2015-2020²⁵. Nous aurons ainsi un panel de 365 jours*6 années*N observations (286 villes ou 2 486 comtés). L'intérêt de cette nouvelle base est de pouvoir identifier l'impact de la tonalité émotionnelle en exploitant les deux temps de la politique environnementale expliqués *supra* (2013-2017 puis 2018-2021). En effet, il y a eu un pic d'informations, de sensibilisation et d'émotions dans la société chinoise au lancement de la politique entre 2013 et 2017 qui retombe par la suite quand la qualité de l'air s'améliore. Par exemple, le nombre d'articles sur la pollution de l'air est plus important sur la période 2015-17 que 2018-20 dans notre échantillon. Ce nouveau jeu de données nous permettrait d'étendre notre étude de deux façons. *Premièrement*, nous pourrions identifier des effets différenciés de la tonalité émotionnelle tout au long de la période. Nous supposons que la tonalité émotionnelle de la presse écrite a un impact plus fort sur les premières années de la politique environnementale. *Deuxièmement*, un autre intérêt de cette nouvelle base est qu'elle nous permettra de tester à plusieurs reprises notre stratégie d'identification par régression sur discontinuité de la première étude. Nous souhaitons exploiter plusieurs annonces fortes du gouvernement central pour identifier un effet causal local de la tonalité émotionnelle. En exploitant notamment la première période de la politique, nous supposons que le lien entre la presse et le gouvernement sera encore plus fort au regard de l'extrême urgence pour le gouvernement d'avoir des résultats rapides. Ainsi, toute décision centrale devrait être relayée très vite par les médias. Économétriquement, nous utiliserions plusieurs régressions sur discontinuité (multiple RD).

25. Le travail d'extraction des articles puis des variables utiles (comme la tonalité émotionnelles) de la base GDELT est complexe. En effet, si GDELT permet d'identifier les articles par thèmes (NB : pollution de l'air pour nous), il s'avère que de nombreux articles extraits sur la base des thèmes retenus sont peu pertinents. Il nous a fallu ainsi construire un algorithme pour évaluer la pertinence des articles à conserver pour notre étude. Ce travail touche à sa fin au moment de la rédaction de ce mémoire. Nous avons entre 3 000 et 4 000 articles pertinents entre 2015 et 2020 soit environ sept fois plus que pour la première étude (2018).

4.3. Services écosystémiques et agrosystèmes dans le bassin inférieur du Mékong (projet à venir)

Depuis 2021, avec Martine Audibert, nous travaillons avec une équipe pluridisciplinaire internationale menée par l'écologue des sols Pascal Jouquet de l'institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris (iEES). Cette rencontre a donné lieu au dépôt d'un projet de recherche intitulé « ECOsystem services derived from TERmite mounds in the lower Mekong basin » (ECO-TERM) dans le cadre de l'appel à projet générique 2022 de l'ANR. Ce projet consiste à quantifier les services écosystémiques de grandes buttes lenticulaires construites par les termites, appelées « termitières » dans le bassin inférieur du Mékong et plus particulièrement au Laos et au Cambodge en Asie du Sud-Est.

Le point de départ de ce projet est la nécessité de produire des évidences empiriques quant à l'influence de l'hétérogénéité induite par la biodiversité sur la multifonctionnalité des agroécosystèmes (ex. produire de la nourriture, etc.) et la santé humaine. Cette influence a reçu peu d'attention dans le monde et reste totalement inconnue dans le bassin inférieur du Mékong. Cette région est confrontée à des changements environnementaux et sociétaux dramatiques dus au changement climatique, à la croissance économique rapide et à la réalisation de l'initiative chinoise « La nouvelle route de la soie » qui menacent l'accès aux sols et à l'eau, et leurs qualités, entraînant ainsi une surexploitation des ressources naturelles dans les plantations et les écosystèmes d'eau douce. En particulier, l'intensification des pratiques agricoles basées sur une utilisation excessive de produits agrochimiques entraîne l'homogénéisation, la simplification et la pollution des écosystèmes de la région et constitue une menace majeure pour la biodiversité. Par conséquent, la préservation de la biodiversité est un enjeu majeur dans le bassin inférieur du Mékong, où elle fournit encore de la nourriture, de l'eau, de l'énergie et une sécurité sanitaire, ainsi qu'un épanouissement culturel et spirituel à ses 60 millions d'habitants.

Dans cette région, les agroécosystèmes sont principalement des rizières qui se présentent comme des mosaïques en raison de la présence de grandes termitières, considérées comme des points chauds de biodiversité et de fertilité. Jusqu'à présent, l'influence de ces termitières sur les agroécosystèmes notamment au travers de leur résistance aux risques environnementaux (ex. la sécheresse ou les ravageurs) a reçu peu d'attention. Or, les changements d'utilisation des terres ces dernières années entraînent avec eux une disparition rapide de ces points chauds de biodiversité et de leurs nombreux services écosystémiques.

Par conséquent, ce projet vise à (1) identifier et quantifier les services écosystémiques fournis par les termitières, (2) identifier les dynamiques environnementales et socio-économiques qui conditionnent leur préservation par les acteurs et (3) envisager des solutions basées sur la gestion et l'utilisation des termitières pour répondre aux besoins des populations (santé, alimentation...) tout en suivant une trajectoire de durabilité.

L'ambition de ce projet est d'adopter une approche *transdisciplinaire* qui vise à proposer une compréhension de la complexité de la relation entre les termitières et les populations locales en mo-

bilisant plusieurs disciplines. Celles-ci doivent se compléter pour produire des connaissances multiples qui dans leur ensemble permettront de comprendre la complexité de la situation. Concrètement, le projet s'articulera autour de 4 *work packages* (WP) interconnectés. Le WP1 concerne l'équipe des écologues et quantifiera les services écologiques des termitières (fertilité des sols, puits de carbone, dynamique de l'eau, mécanismes physiologiques de résistance du riz à la sécheresse ...). Le WP2 concerne l'équipe des biologistes spécialistes de santé et d'alimentation, et quantifiera les effets des termitières sur la santé et la nutrition des populations locales. Le WP3 concerne l'équipe de chercheurs en sciences sociales et se concentra sur l'utilisation qualitative des termitières au travers d'études ethnographiques centrées sur l'utilisation et la signification historiques et socioculturelles des termitières pour les populations locales. Le WP4 concerne l'équipe d'économistes que Martine Audibert et moi-même formerons.

L'objectif de notre WP est d'estimer économétriquement les bénéfices de la préservation des termitières à partir des résultats obtenus des trois autres WP quant aux avantages des termitières pour les villageois en matière écologique, sanitaire/alimentaire et sociale/culturelle. Le point de départ théorique de notre travail est de traduire ces avantages quantifiés par les autres sciences en « concept économique ». Plus précisément, en science économique, dès lors qu'un agent économique retire un avantage en matière d'utilité de l'usage d'un bien ou d'un service, ce dernier possède une valeur économique (aussi appelée valeur d'usage) pour l'agent économique. Autrement dit, les termitières ont une valeur économique qui est l'utilité que les populations locales retirent des services qu'elles leur procurent. Néanmoins, la valeur économique des termitières est complexe car leurs avantages sont multiples et comportent des composantes (1) d'usage et (2) de non-usage. Les valeurs d'usage impliquent une interaction observable entre les villageois et les termitières, y compris l'usage direct (par exemple, nourriture, plante médicinale, pratiques culturelles, etc.) et indirect (par exemple, résistance à la sécheresse). La valeur de non-usage n'implique aucune interaction réelle entre les personnes et l'environnement (i.e. la valeur d'existence, la valeur d'altruisme ou la valeur de legs).

Pour évaluer la valeur économique des termitières pour les villageois, trois modèles économiques différents seront utilisés. *Premièrement*, un modèle de fonction de production sera utilisé pour évaluer les avantages des termitières en termes de valeur d'usage liée à la production agricole, comme la résistance à la sécheresse et la biodiversité du sol. Dans ce cas, la valeur économique des termitières reposera sur leurs avantages en termes de productivité des cultures. *Deuxièmement*, des méthodes de préférences déclarées (évaluation contingente (CV) ou expérience de choix discret (DCE)) seront mises en œuvre pour estimer la valeur monétaire des termitières à partir de leurs avantages par rapport aux pratiques culturelles. Ces méthodes sont basées sur des enquêtes, qui créent des marchés hypothétiques permettant aux villageois d'exprimer leurs préférences en matière de termitières en leur demandant quelle valeur (en termes monétaires) ils attribuent aux services environnementaux des termitières. Le choix entre CV et DCE sera fait en fonction des résultats du WP3. Si plusieurs avantages des termitières en termes de pratiques culturelles et sociales sont mis en évidence, le format DCE sera préféré à l'enquête CV. En effet, même si le format CV peut être mise en œuvre

pour estimer plusieurs bénéfices, il comporte de nombreux biais qui peuvent nous pousser à utiliser le format DCE dans le cas de plusieurs bénéfices. Le format DCE permet en effet de calculer la valeur implicite de plusieurs avantages spécifiques tout en évitant les biais de l'enquête CV. *Troisièmement*, un modèle de production de santé sera utilisé. Je ne développe pas ce modèle ici puisque je n'interviendrai pas sur ces aspects. Je serai en revanche le coordinateur des deux premiers modèles.

Pour mettre en œuvre ces modèles, des enquêtes spécifiques seront réalisées. En ce qui concerne le modèle de production agricole et le modèle de production sanitaire, des enquêtes viendront compléter les données collectées dans le WP1 (qualité du sol) et le WP2 (santé/alimentation). Pour le modèle de production agricole, nous incluons des données sur les outputs et les intrants. Comme les termites peuvent également agir comme des ravageurs dans les plantations, la question des dis-services fournis par les termites sera également considérée. Ces données seront collectées sur des parcelles qui possèdent des termitières par rapport à des parcelles témoins (sans termitière). De plus, comme une production plus élevée permet d'améliorer le niveau de vie, le questionnaire comprendra également des données sur le niveau de vie (types d'habitat, biens possédés, etc.) des ménages. En ce qui concerne les méthodes de préférences déclarées, l'objectif sera de mettre en œuvre des enquêtes CV ou DCE qui reposent sur l'architecture de base suivante : (1) une description des services (par exemple l'utilisation des termitières à des fins religieuses) à valoriser par les villageois et les conditions dans lesquelles des changements sont suggérés (par exemple l'impossibilité de continuer à utiliser les termitières pour des pratiques sociales), (2) une série de questions de choix qui demandent au répondant d'attribuer une valeur aux services, en termes de volonté de payer pour l'utilisation des termitières, et (3) une série de questions évaluant les caractéristiques socio-économiques du répondant (utiles pour déterminer quels facteurs peuvent modifier cette valeur). Les enquêtes seront menées dans les mêmes sites d'étude que les WP2 et 3.

5. Conclusion

Les travaux présentés dans ce mémoire mettent en exergue deux caractéristiques notables de ma recherche. *Premièrement*, j'appréhende la diversité des enjeux de la durabilité dans les pays en développement en l'étudiant au travers de plusieurs thématiques : le développement de l'agriculture biologique, le rôle des interactions sociales sur les rendements de l'agriculture familiale, l'influence de la productivité agricole sur déforestation, les externalités négatives de l'industrie sur les performances agricoles, la reconnaissance des services écosystémiques pour les agrosystèmes, l'influence de la météo et du climat sur l'agriculture, etc. Ma motivation est ainsi de mettre en lumière le caractère multidimensionnel des enjeux de la durabilité dans les pays en développement.

Deuxièmement, je suis convaincu de l'intérêt de l'*interdisciplinarité* dans mes recherches. L'étude d'un même sujet par entrecroisement des disciplines est nécessaire pour affuter l'esprit critique du chercheur dans sa discipline et lui donner le recul nécessaire pour comprendre les enjeux de sa recherche mais aussi connaître les limites et avantages de sa science. Ce goût de l'interdisciplinarité débute avec ma thèse codirigée par une économiste de l'environnement (Pascale Combes Motel, professeure en sciences économiques) et un historien du droit (Florent Garnier, professeur en histoire du droit). J'ai notamment nourri ma partie sur la persistance des institutions de lectures et rencontres en histoire du droit²⁶. Mon postdoctorat au Brésil est lui aussi profondément interdisciplinaire puisque j'ai travaillé sur un projet associant écologues et économistes. J'ai compris et découvert l'importance de la biodiversité dans les forêts et le rôle de leurs services écosystémiques pour notre bien-être. Le projet ECOTERM mentionné dans ce mémoire est également le fruit de l'interdisciplinarité et d'échanges avec des écologues, des économistes, des anthropologues et des biologistes. Enfin, le projet GDELT sur les médias et la pollution de l'air en Chine est lui aussi une preuve d'interdisciplinarité. Je travaille avec une chercheuse en science politique et un chercheur en mathématique appliquée qui apportent leurs outils et concepts pour améliorer notre travail. Au-delà de ces collaborations, les différentes thématiques de ma recherche sont aussi des preuves de mon désir d'ouverture dans ma discipline. En effet, mes travaux sont au carrefour de plusieurs branches des sciences économiques. Même si ma recherche s'inscrit en économie du développement au regard de mes terrains d'étude, je mobilise des concepts de l'économie agricole, de l'économie de l'environnement, de l'économie du climat ou de l'économie des médias dans mes travaux. En définitive, au regard du caractère complexe et systémique de l'anthropocène, l'étude de la durabilité de nos sociétés par les sciences économiques nécessite ce regard interdisciplinaire de la part de l'économiste. De cette manière, l'économiste est en mesure d'apporter des preuves scientifiques de l'anthropocène à l'aide de ses outils et concepts puis de proposer des réponses permettant la transition écologique et sociale de nos systèmes économiques.

26. Le président de mon jury de thèse était Christian Dugas de la Boissonny, Professeur émérite en Histoire du droit à l'Université de Nancy 2.

Bibliographie

- ACEMOGLU, D. & JOHNSON, S. (2005). Unbundling institutions. *Journal of Political Economy*, 113(5), 949-995.
- ACEMOGLU, D., JOHNSON, S. & ROBINSON, J. A. (2001). The colonial origins of comparative development : An empirical investigation. *The American Economic Review*, 91(5), 1369-1401.
- ANGELSEN, A. (1999). Agricultural expansion and deforestation : modelling the impact of population, market forces and property rights. *Journal of Development Economics*, 58(1), 185-218.
- ANSELIN, L. (1988). *Spatial econometrics : methods and models* (T. 4). Springer Science & Business Media.
- ARAGÓN, F. M. & RUD, J. P. (2016). Polluting industries and agricultural productivity : Evidence from mining in Ghana. *The Economic Journal*, 126(597), 1980-2011.
- BARWICK, P. J., LI, S., LIN, L. & ZOU, E. (2020). *From fog to smog : The value of pollution information* (rapp. tech.). National Bureau of Economic Research.
- BLANC, E. & SCHLENKER, W. (2017). The use of panel models in assessments of climate impacts on agriculture. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(2), 258-279.
- BRADY, M. & IRWIN, E. (2011). Accounting for spatial effects in economic models of land use : Recent developments and challenges ahead. *Environmental and Resource Economics*, 48(3), 487-509.
- CHONG, A. & ZANFORLIN, L. (2000). Law tradition and institutional quality : some empirical evidence. *Journal of International Development*, 12(8), 1057-1068.
- CRUTZEN, P. J. & STOERMER, E. F. (2000). The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, 41, 12-13.
- DELL, M., JONES, B. F. & OLKEN, B. A. (2009). Temperature and income : reconciling new cross-sectional and panel estimates. *The American Economic Review*, 99(2), 198-204.
- DESCHÊNES, O. & GREENSTONE, M. (2007). The economic impacts of climate change : evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. *The American Economic Review*, 97(1), 354-385.
- DJANKOV, S., LA PORTA, R., LOPEZ-DE-SILANES, F. & SHLEIFER, A. (2002). The regulation of entry. *The Quarterly Journal of Economics*, 117(1), 1-37.
- FENG, Y., NING, M., LEI, Y., SUN, Y., LIU, W. & WANG, J. (2019). Defending blue sky in China : Effectiveness of the "Air Pollution Prevention and Control Action Plan" on air quality improvements from 2013 to 2017. *Journal of Environmental Management*, 252, 109603.
- GENG, G., XIAO, Q., LIU, S., LIU, X., CHENG, J., ZHENG, Y., XUE, T., TONG, D., ZHENG, B., PENG, Y. et al. (2021). Tracking air pollution in China : Near real-time PM2.5 retrievals from multisource data fusion. *Environmental Science & Technology*, 55(17), 12106-12115.
- GREENE, W. (2005). Fixed and random effects in stochastic frontier models. *Journal of Productivity Analysis*, 23(1), 7-32.

- GREENSTONE, M., HE, G., LI, S. & ZOU, E. Y. (2021). China's War on Pollution : Evidence from the First 5 Years. *Review of Environmental Economics and Policy*, 15(2), 281-299.
- GREIF, A. (1998). Historical and comparative institutional analysis. *The American Economic Review*, 88(2), 80-84.
- GRIFFITH, D. A. (2006). Hidden negative spatial autocorrelation. *Journal of Geographical Systems*, 8(4), 335-355.
- HELFAND, S. M. & LEVINE, E. S. (2004). Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. *Agricultural Economics*, 31(2-3), 241-249.
- ITO, K. & ZHANG, S. (2020). Willingness to pay for clean air : Evidence from air purifier markets in China. *Journal of Political Economy*, 128(5), 1627-1672.
- KEY, N. & SNEERINGER, S. (2014). Potential effects of climate change on the productivity of US dairies. *American Journal of Agricultural Economics*, 96(4), 1136-1156.
- KUMBHAKAR, S. C., LIEN, G. & HARDAKER, J. B. (2014). Technical efficiency in competing panel data models : a study of Norwegian grain farming. *Journal of Productivity Analysis*, 41(2), 321-337.
- LA PORTA, R., LOPEZ-DE-SILANES, F., POP-ELECHES, C. & SHLEIFER, A. (2004). Judicial checks and balances. *Journal of Political Economy*, 112(2), 445-470.
- LA PORTA, R., LOPEZ-DE-SILANES, F. & SHLEIFER, A. (2008). The economic consequences of legal origins. *Journal of Economic Literature*, 46(2), 285-332.
- LANGE, M. K. (2004). British colonial legacies and political development. *World Development*, 32(6), 905-922.
- LEE, Y. H. & SCHMIDT, P. (1993). A production frontier model with flexible temporal variation in technical efficiency. *The Measurement of Productive Efficiency : Techniques and Applications*, Oxford U.K., 237-255.
- MASSETTI, E. & MENDELSON, R. (2011). Estimating Ricardian models with panel data. *Climate Change Economics*, 2(4), 301-319.
- MASSETTI, E., MENDELSON, R. & CHONABAYASHI, S. (2016). How well do degree days over the growing season capture the effect of climate on farmland values ? *Energy Economics*, 60, 144-150.
- MAY, P. H., NETO, F. V., DENARDIN, V. & LOUREIRO, W. (2002). Using Fiscal Instruments to Encourage Conservation : Municipal Responses to the 'Ecological' Value-added Tax in Paraná and Minas Gerais, Brazil. *Selling Forest Environmental Services*, Routledge, 185-211.
- MENDELSON, R., NORDHAUS, W. D. & SHAW, D. (1994). The impact of global warming on agriculture : a Ricardian analysis. *The American Economic Review*, 84(4), 753-771.
- NORTH, D. C. (1991). Institutions. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 97-112.
- NORTH, D. C. (2012). *Understanding the process of economic change*. The Princeton University Press.
- OATES, W. E. & PORTNEY, P. R. (2003). The political economy of environmental policy. *Handbook of Environmental Economics*, Elsevier, 1, 325-354.

- RAWORTH, K. (2017). *Doughnut economics : seven ways to think like a 21st-century economist*. Chelsea Green Publishing.
- REINHARD, S., LOVELL, C. K. & THIJSSSEN, G. (1999). Econometric estimation of technical and environmental efficiency : an application to Dutch dairy farms. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(1), 44-60.
- RING, I. (2008a). Biodiversity governance : adjusting local costs and global benefits. *Public and Private in Natural Resource Governance : A False Dichotomy ?*, Earthscan, London, 107-126.
- RING, I. (2008b). Integrating local ecological services into intergovernmental fiscal transfers : the case of the ecological ICMS in Brazil. *Land Use Policy*, 25(4), 485-497.
- RING, I. & SCHRÖTER-SCHLAACK, C. (2011). *Instrument mixes for biodiversity policies* (rapp. tech. N° 2). Helmholtz Centre for Environmental Research.
- ROCKSTRÖM, J., STEFFEN, W., NOONE, K., PERSSON, Å., CHAPIN, F. S., LAMBIN, E. F., LENTON, T. M., SCHEFFER, M., FOLKE, C., SCHELLNHUBER, H. J. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475.
- SCHLENKER, W., HANEMANN, W. M. & FISHER, A. C. (2006). The impact of global warming on US agriculture : an econometric analysis of optimal growing conditions. *Review of Economics and Statistics*, 88(1), 113-125.
- SCHLENKER, W., HANEMANN, W. M. & FISHER, A. C. (2005). Will US agriculture really benefit from global warming? Accounting for irrigation in the hedonic approach. *The American Economic Review*, 95(1), 395-406.
- SCHLENKER, W. & ROBERTS, M. J. (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37), 15594-15598.
- SCHLENKER, W., ROBERTS, M. J. & LOBELL, D. B. (2013). US maize adaptability. *Nature Climate Change*, 3(8), 690.
- SHAPIRO, A. H., SUDHOF, M. & WILSON, D. J. (2020). Measuring news sentiment. *Journal of Econometrics*.
- STEFFEN, W., RICHARDSON, K., ROCKSTRÖM, J., CORNELL, S. E., FETZER, I., BENNETT, E. M., BIGGS, R., CARPENTER, S. R., DE VRIES, W., DE WIT, C. A. et al. (2015). Planetary boundaries : Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.
- STOCKMANN, D. & GALLAGHER, M. E. (2011). Remote Control : How the Media Sustain Authoritarian Rule in China. *Comparative Political Studies*, 44(4), 436-467.
- SUNSTEIN, C. R. & ZECKHAUSER, R. (2011). Overreaction to fearsome risks. *Environmental and Resource Economics*, 48(3), 435-449.
- TIEBOUT, C. M. (1956). A pure theory of local expenditures. *Journal of Political Economy*, 64(5), 416-424.
- TOL, R. S. (2021). The economic impact of weather and climate. *CESifo Working Paper*, (8946).

- TRINH, T. A. (2018). The Impact of Climate Change on Agriculture : Findings from Households in Vietnam. *Environmental and Resource Economics*, 71(4), 897-921.
- TU, M., ZHANG, B., XU, J. & LU, F. (2020). Mass media, information and demand for environmental quality : Evidence from the “Under the Dome”. *Journal of Development Economics*, 143, 102402.
- WANG, H.-J. & SCHMIDT, P. (2002). One-step and two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels. *Journal of Productivity Analysis*, 18(2), 129-144.
- YIN, P., BRAUER, M., COHEN, A., BURNETT, R. T., LIU, J., LIU, Y., LIANG, R., WANG, W., QI, J., WANG, L. et al. (2017). Long-term fine particulate matter exposure and nonaccidental and cause-specific mortality in a large national cohort of Chinese men. *Environmental Health Perspectives*, 125(11), 117002.
- YIN, P., BRAUER, M., COHEN, A. J., WANG, H., LI, J., BURNETT, R. T., STANAWAY, J. D., CAUSEY, K., LARSON, S., GODWIN, W. et al. (2020). The effect of air pollution on deaths, disease burden, and life expectancy across China and its provinces, 1990–2017 : an analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Planetary Health*, 4(9), e386-e398.
- YOUNG, C. E. F. (2005). Financial mechanisms for conservation in Brazil. *Conservation Biology*, 19(3), 756-761.
- ZHANG, S., ZHANG, M.-a., QIAO, Y., LI, X. & LI, S. (2022). Does improvement of environmental information transparency boost firms’ green innovation? Evidence from the air quality monitoring and disclosure program in China. *Journal of Cleaner Production*, 131921.

Articles de l'auteur présentés dans le mémoire

- DIALLO, Y., MARCHAND, S. & ESPAGNE, E. (2019). *Impacts of Extreme Climate Events on Technical Efficiency in Vietnamese Agriculture* (rapp. tech. N° 19). CERDI Etudes et Documents. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02080285>
- GARRETT, R. D., GARDNER, T. A., MORELLO, T. F., MARCHAND, S., BARLOW, J., de BLAS, D. E., FERREIRA, J., LEES, A. C. & PARRY, L. (2017). Explaining the persistence of low income and environmentally degrading land uses in the Brazilian Amazon. *Ecology and Society*, 22(3). <https://doi.org/https://www.jstor.org/stable/26270164>
- GOUJON, M., MARCHAND, S. & SANTONI, O. (2022b). Une mesure comparative de la vulnérabilité des territoires à l'activité cyclonique : le cas du Vietnam aux risques naturels. *Vulnérabilité environnementales : approches pluridisciplinaires, L'Harmattan*.
- GUO, H. & MARCHAND, S. (2019). Social interactions and spillover effects in Chinese family farming. *The Journal of Development Studies*, 55(11), 2306-2328. <https://doi.org/10.1080/00220388.2018.1443206>
- MARCHAND, S. (2012b). The relationship between technical efficiency in agriculture and deforestation in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, 77, 166-175. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.025>
- MARCHAND, S. & GUO, H. (2014). The environmental efficiency of non-certified organic farming in China : A case study of paddy rice production. *China Economic Review*, 31, 201-216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chieco.2014.09.006>
- MARCHAND, S., BARRO, M. & GUO, H. (2020). *Industrial water pollution and rice farming in China* (rapp. tech. N° 05). CERDI Etudes et Documents. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-02871257/>
- MARCHAND, S., CUBIZOL, D., AH-PINE, E. N. & GUO, H. (2021). *Environmental News Emotion and Air Pollution in China* (rapp. tech. N° 29). CERDI Etudes et Documents. <https://tel.archives-ouvertes.fr/CLERMA/hal-03448375v1>
- SAUQUET, A., MARCHAND, S. & FÉRES, J. G. (2014). Protected areas, local governments, and strategic interactions : The case of the ICMS-Ecológico in the Brazilian state of Paraná. *Ecological Economics*, 107, 249-258. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.09.008>

Travaux de l'auteur évoqués et non présentés dans le mémoire

- GARDNER, T. A., FERREIRA, J., BARLOW, J., LEES, A. C., PARRY, L., VIEIRA, I. C. G., BERENQUER, E., ABRAMOVAY, R., ALEIXO, A., ANDRETTI, C., MARCHAND, S. et al. (2013). A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales : the Sustainable Amazon Network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences*, 368(1619), 20120166. <https://doi.org/https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0166>

- GOUJON, M. & MARCHAND, S. (2022). Mesures de la vulnérabilité au changement climatique. *La résilience des territoires exposés aux risques naturels, Mare et Martin*.
- GOUJON, M., MARCHAND, S. & SANTONI, O. (2022a). A comparative measure of the vulnerability to cyclonic activity at subnational level : the case of Vietnam.
- MARCHAND, S. (2016). The colonial origins of deforestation : an institutional analysis. *Environment and Development Economics*, 21(3), 318-349. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S1355770X1500025X>
- MARCHAND, S. (2011). French and English forests throughout the ages.
- MARCHAND, S. (2012a). Legal origin, colonial origin and deforestation. *Economics Bulletin*, 32(2), 1653-1670. <https://doi.org/http://www.accessecon.com/Pubs/EB/2012/Volume32/EB-12-V32-I2-P159.pdf>