



HAL
open science

Analyse de l'impact de la compensation écologique sur le prix du foncier agricole en France entre 2010 et 2016

Naomi Delille, Raja Chakir

► **To cite this version:**

Naomi Delille, Raja Chakir. Analyse de l'impact de la compensation écologique sur le prix du foncier agricole en France entre 2010 et 2016. 2022. hal-03613463

HAL Id: hal-03613463

<https://hal.inrae.fr/hal-03613463>

Preprint submitted on 18 Mar 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Analyse de l'impact de la compensation écologique sur le prix du foncier agricole en France entre 2010 et 2016*

Naomi Delille^{†,1} and Raja Chakir^{‡,2}

¹Commissariat général au développement durable. Sous-direction de l'Économie et de l'Évaluation. Bureau de la biodiversité et de ressources

²Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, Paris-Saclay Applied Economics, 91120, Palaiseau, France

Mars 2022

Résumé

La compensation écologique est une politique de réduction des externalités négatives de destruction de la biodiversité liées à l'artificialisation. Elle intervient en dernier dans la séquence ERC (éviter, réduire, compenser les impacts sur les milieux naturels). Dans un contexte de raréfaction des terres disponibles, et de pression de plus en plus forte sur le foncier agricole, cette politique fait débat car on la suspecte de contribuer à la hausse des prix fonciers. Nous nous penchons sur la question suivante : Quelle est l'influence de la compensation écologique sur le prix du foncier agricole en France, entre 2010 et 2016 ? Nous proposons un cadre d'analyse original estimant un modèle économétrique en panel spatial. Notre étude est menée sur une base de donnée à la résolution spatiale de la PRA (Petite Région Agricole) allant de 2010 à 2016. Nos résultats montrent que l'impact de la compensation écologique sur le prix des terres agricoles est statistiquement non significatif. Ce résultat est discuté au regard des données actuelles, et de la difficulté à cerner la complexité des différents systèmes de compensation. Nous plaidons finalement en faveur de la collecte de données de meilleure qualité concernant la compensation écologique pour profiter aux futures études relatives à cette question.

JEL codes : H23, Q15, Q57, R14, C21

Abstract

Biodiversity offsets (BO) aimed at reducing the impact of urban sprawling on natural areas, and manage zero net loss of biodiversity. It is the last step of the mitigation hierarchy consisting in avoiding, reducing and then compensating impacts on natural environment. While we currently face an urban sprawl, and an increasing pressure on agricultural lands, BO have been the subject of much debate as it is suspected to contribute to land price increase. The objective of this study is to answer the following question: What is the impact of BO policies on agricultural land price in France between 2010 and 2016 ? We propose an original quantitative analysis based on an econometric spatial panel model. We work at the PRA (Petite Région Agricole) scale and the 2010-2016 period. Our results show that biodiversity offsets policy doesn't have a significant impact on the price of agricultural land. This result is discussed in the light of the currently available data on BO, and of the difficulty pinning down the complexity of BO policies. We advocate for the collection of a larger and more specific data on this topic.

JEL codes: H23, Q15, Q57, R14, C21

*Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un stage de M2 financé par la Sous-direction de l'économie et de l'évaluation au Commissariat Général au Développement Durable au Ministère de la Transition Écologique et Solidaire. Nous remercions Carmen Cantuarias-Villessuzanne, Ophélie Darses, Antonin Vergez, Vincent Marcus, Géraldine Ducos et Bruno Vermont pour leurs commentaires sur une ancienne version de ce travail.

[†]e-mail: naomi.delille@developpement-durable.gouv.fr

[‡]e-mail: Raja.Chakir@inrae.fr

Table des matières

1	Introduction	1
2	La compensation écologique : contexte législatif et cadre économique	2
2.1	La compensation écologique et son renforcement législatif	2
2.2	La compensation écologique dans la littérature économique	4
2.3	La compensation écologique comme objet de la théorie économique	5
3	Modélisation Économétrique	6
3.1	Cadre théorique de la formation des prix des terres agricoles	6
3.1.1	L'analyse par les options réelles	7
3.1.2	Le modèle hédonique	7
3.1.3	La théorie du PVM	8
3.2	Spécification économétrique	9
3.3	L'hétérogénéité individuelle	9
3.4	L'auto-corrélation spatiale	9
3.5	Le modèle RE-SEM	10
4	Données utilisées	11
4.1	Variables utilisées	11
5	Analyse spatiale exploratoire et statistiques descriptives	12
5.1	Tests de l'auto-corrélation spatiale	12
5.2	Analyse spatialisée et statistiques descriptives : prix des terres agricoles, compensation et variation des surfaces agricoles	13
5.3	Statistiques descriptives : les autres variables explicatives	14
6	Résultats et discussion	20
6.1	Résultats économétriques	20
6.2	Discussion	22
7	Conclusion	24
8	Annexes	29
8.1	Étude du modèle en panel à effet aléatoire	29
8.2	Étude du modèle spatial SEM	30
8.3	Tables et figures	31

1 Introduction

La loi sur la protection de la nature a été votée le 10 juillet 1976. Cette loi oblige les aménageurs de projets importants par leur dimension, ou par leur incidence sur le milieu naturel, à mener une étude d'impact. Cette étude doit entre-autre contenir les mesures envisagées pour éviter, réduire et si possible compenser les conséquences dommageables pour l'environnement. Les cas effectifs de compensation écologique restent alors très peu nombreux. Chronologiquement, ce sont le Grenelle de l'Environnement de 2007, la co-construction d'une doctrine pour la séquence ERC¹ de 2012 par les parties prenantes sur l'élan du CGDD (Commissariat Général au Développement Durable), puis la définition des lignes directrices de 2013, qui redonnent un cadre législatif à la compensation (Commissariat Général au Développement Durable, 2013). Finalement, le principe de compensation est réaffirmé dans la loi de reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (Art. 69), le 8 août 2016.

L'obligation d'appliquer la séquence ERC dans son intégralité est accompagnée d'une obligation de résultats portant sur les gains écologiques des mesures de compensation mises en œuvre, et de la possibilité de refuser les projets dont la compensation envisagée n'est pas satisfaisante. Dès lors, l'obligation de compensation des pertes de biodiversité fait débat. Alors que certains la voient comme une avancée en terme de protection de l'environnement, d'autres acteurs s'interrogent dans le milieu agricole où la compensation est fréquemment qualifiée de "Triple Peine". En effet, l'aménagement et l'expansion urbaine se font en premier lieu au détriment des terres agricoles, en témoigne la baisse de la surface agricole de certaines régions (première peine). De plus, les surfaces de compensation qui doivent obligatoirement accompagner les projets d'aménagement dégradant la nature, sont elles aussi des terres qui ne pourront plus être mises en culture, ou alors selon certaines contraintes de gestion (deuxième peine). Ces deux effets cumulés pressurise la demande, exerçant une pression à la hausse sur le prix des terres agricoles (troisième peine²). En effet, si la mise en œuvre de mesure compensatoire est effectivement un motif d'usage des terres, rentrant en compétition avec l'aménagement et l'agriculture, ne devrait-elle pas, par le jeu de l'offre et de la demande faire pression sur le prix des terres, et qui plus est sur celui des terres agricoles ? Finalement, que ce soit de part son affiliation mécanique, puisque réglementaire, à l'aménagement ou par sa forme, surfacique, la compensation écologique s'inscrit parfaitement dans les problématiques d'usage des terres et d'aménagement des territoires.

L'objectif de ce papier est de répondre à la question la suivante : Quelle est l'influence de la compensation écologique sur le prix du foncier agricole en France ? Dans le but d'y répondre, il est fondamental d'identifier tous les mécanismes au travers desquels la présence de compensation pourrait influencer le prix des terres agricoles. En effet, comme mentionné plus haut, il est par exemple possible de simplement supposer que la compensation se présente comme un nouvel usage des terres, en compétition avec l'usage agricole, forestier, et l'aménagement, que la compensation crée donc une pression supplémentaire sur la demande d'hectare disponibles, et finisse par augmenter les prix du foncier. Néanmoins, ce genre de mécanisme n'est ni systématique ni unique.

La littérature sur le sujet de la compensation en France est relativement récente, les travaux existants sont plutôt focalisés sur l'aspect sociologique de la diffusion de sa pratique, et sur les critères qui favorisent son acceptation (Le Coent et al., 2016; Vaissière et al., 2017). Il s'agit d'une littérature travaillant sur des cas spécifiques, avec des méthodes de terrains, visant à questionner le fonctionnement de la compensation, les difficultés opérationnelles pour intégrer les principes de la séquence, et à proposer des pistes d'amélioration pour cette dernière. L'étude présentée ici n'a pas pour vocation à remettre en cause le fonctionnement de cet instrument de politique publique, mais bien à le prendre tel quel, et à questionner son impact sur le prix des terres. La méthode utilisée est empirique, fondée sur une modélisation économétrique prenant en compte

1. Éviter Réduire Compenser

2. Cette troisième peine n'en étant une que pour les agriculteurs louant leurs terres, et les jeunes agriculteurs cherchant à en acquérir

la dimension spatiale et temporelle, réalisée à l'échelle de la France entière, et à la résolution des PRA (Petite Régions Agricoles).

Nous estimons un modèle hédonique expliquant le prix des terres agricoles en France, en fonction des facteurs connus pour influencer ce dernier, et de la compensation écologique. Nous estimons un modèle en panel à effet aléatoire avec auto-corrélation spatiale introduite dans les résidus. Ce modèle permet de capturer l'hétérogénéité individuelle ainsi que l'auto-corrélation spatiale entre PRA, nous travaillons sur 689 ou 710 PRA en fonction des modèles, et sur la période 2010 - 2016. Notre étude permet à la fois d'identifier les facteurs à l'origine de la formation du prix des terres agricoles, de tester si la compensation en fait partie, et de comprendre quelles sont les interactions existantes entre ces facteurs. Pour se faire, l'utilisation d'un modèle économétrique capturant l'hétérogénéité individuelle et l'auto-corrélation spatiale, constitue également un apport.

De manière plus large, il s'agit de se questionner sur les impacts indirects d'une politique publique, à visée environnementale, sur le milieu agricole ; un impact très présent dans le débat public. L'étude des effets de fuite, ou des conséquences non maîtrisées, des politiques de corrections des externalités est un sujet très présent dans la littérature économique. A titre d'exemple, Fienup and Plantinga (2018) s'intéressent aux effets de fuite liés à la mise en œuvre d'une réglementation rendant certaines zones non-constructibles. Notre étude vient ainsi contribuer à cette littérature. En effet, la compensation écologique est une politique visant à atténuer les externalités négatives de l'aménagement sur la biodiversité (le changement d'usage des sols ayant été identifié par l'IPBES comme la première cause de pertes de biodiversité dans le monde). A cette politique d'atténuation, les marchés, et notamment ceux du foncier, réagissent, l'étude de Vermont (2016), atteste de l'effet de la compensation sur le prix du foncier à bâtir, et l'étude présente s'intéresse à ceux portant sur le foncier agricole. .

Afin d'envisager la problématique de cette étude sous un angle plus rigoureusement en lien avec les théories de la formation du prix du foncier, la Section 2 réorganise ces courants, les détaille, et les relie au sujet de la compensation, tout en définissant plus précisément ce mécanisme. La Section 3 présente le modèle utilisé et la justification de son usage. La Section 4 présente les données utilisées, la Section 5, une série d'analyses statistiques et spatialisées. La Section 6 présente les résultats de l'étude. Finalement, la Section 7 présente des éléments de conclusion et de discussion.

2 La compensation écologique : contexte législatif et cadre économique

2.1 La compensation écologique et son renforcement législatif

Si en théorie le principe de compenser les pertes de biodiversité remarquables peut sembler simple, il s'agit en réalité d'une construction législative assez complexe, dont la mise en œuvre sur le terrain est souvent questionnée. Il est fondamental de prendre conscience de cette complexité pour envisager correctement les résultats de cette étude.

Comme énoncé plus haut la compensation est la dernière étape de la séquence ERC, on parle également de hiérarchie. En effet, les maîtres d'ouvrages d'un projet d'aménagement doivent tout d'abord mettre en place des mesures d'évitement, ces dernières suppriment les impacts négatifs du projet sur la biodiversité. Dans un deuxième temps, si ces pertes sont inévitables, des mesures de réduction doivent être proposées et autant que possible adoptées (on parle aussi de mesure d'atténuation), elles diminuent autant que possible l'intensité et/ou la durée des impacts du projet. Finalement, et en dernier recours, les impacts résiduels doivent être compensés par la mise

en œuvre de mesures de compensation.

La compensation peut être vue comme un outil de conciliation entre les actions de développement économique et les besoins de conservation d'un territoire. A ce titre, la séquence ERC peut être déclenchée dans plusieurs cas, notamment dans le cadre des études d'impact³. C'est particulièrement lorsque l'étude d'impact révèle le besoin d'avoir recours à une dérogation « espèces protégées », une incidence « loi sur l'eau », une application de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), du défrichement, et des sites Natura 2000, que l'application de la séquence ERC est obligatoire. Celle-ci peut aussi être mobilisée dans le cadre de la prise en compte de la cohérence territoriale et les continuité écologiques, qui est obligatoire lors de la mise en œuvre d'un projet d'aménagement.

C'est le maître d'ouvrage qui est soumis à l'obligation d'appliquer la séquence ERC, et donc, le cas échéant, de mettre en œuvre et de financer la mise en œuvre des mesures compensatoires, même dans le cas d'une contractualisation avec un bureau d'étude dans le but d'externaliser la conception et la réalisation des mesures.

Les mesures de compensation sont constituées d'un ensemble d'actions écologiques de restauration ou réhabilitation, de création, et d'évolution de pratique de gestion. Ces actions sont complétées par des mesures d'accompagnement et un suivi, qui assurent le maintien et l'effectivité des actions écologiques dans le temps. Une mesure compensatoire doit par ailleurs respecter un certain nombre de principes : l'additionnalité, l'équivalence, la proximité, la pérennité et la gouvernance (CGDD, 2013).

Le principe d'additionnalité revêt deux caractéristiques : l'additionnalité écologique et l'additionnalité administrative. La première garantit que la mesure de compensation engendre une plus-value écologique compensant effectivement les pertes résiduelles, c'est-à-dire qu'une simple mesure de préservation ne peut tenir lieu de mesure de compensation : des actions écologiques doivent nécessairement être engagées, en plus de la préservation préexistante. La deuxième garantit que les mécanismes de compensation ne se substituent pas au devoir d'autres acteurs publics, notamment ceux chargés de la protection de l'environnement. Les mesures de compensation ne doivent pas être un moyen de rentabiliser, via la vente à des aménageurs, des parcelles de terrains normalement protégées par des organismes publics du fait d'un mandat octroyé par le législateur (CGDD, 2013).

Le principe d'équivalence garantit que les pertes écologiques résiduelles significatives soient inférieures ou égales aux gains écologiques significatifs engendrés par les mesures de compensation. Pour mesurer l'effectivité de ce principe, des outils d'évaluation de la qualité environnementale de la compensation sont utilisés. Le maître d'ouvrage doit tenir compte du principe d'équivalence tout au long de la mise en place de son projet. D'abord en amont, pour anticiper la compensation et la faisabilité de cette dernière notamment en termes d'équivalence. À ces stades, il peut alors être préférable de repenser les mesures d'évitement et de réduction pour réduire au maximum les pertes résiduelles trop difficiles à compenser de manière équivalente. Ensuite, pendant la mise en place de la compensation en garantissant effectivement son caractère d'équivalence. Et finalement, lors du suivi de la compensation, en contrôlant l'atteinte des objectifs écologiques visés.

Le principe de proximité garantit que la zone où la compensation est effectuée n'est pas trop éloignée de la zone d'impact initial. Il existe une certaine interaction avec le principe d'équivalence puisque la biodiversité n'est homogène que dans une zone géographique limitée, la destruction d'un type d'espèce devant être compensée de manière équivalente.

3. dont les conditions d'application sont codifiées à l'article R.122 -2 du Code de l'environnement

Le principe de pérennité, vise à garantir le maintien de la qualité environnementale de la zone de compensation à la fin de la durée de l'engagement du maître d'ouvrage, cette durée devant figurer dans l'arrêté et étant propre à chaque projet. La durée de la mesure dépend de la forme contractuelle et de la volonté des signataire, elle donc incertaine, mais peut aller jusqu'à 99 ans.

Finalement, le principe de gouvernance s'assure que l'encadrement du projet et le contrôle des résultats sont réalisés par le maître d'ouvrage, mais aussi par des acteurs locaux aux intérêts différents, permettant ainsi une meilleure garantie du respect de la mesure compensatoire.

2.2 La compensation écologique dans la littérature économique

Une présentation de la littérature traitant précisément de la question de la compensation devrait également permettre de préciser des intuitions quand à l'influence de celle-ci sur le prix des terres agricoles, et de placer la question de recherche de cette étude dans la littérature existante. Néanmoins, comme mentionné en introduction, il n'existe que très peu de travaux s'intéressants au cas français de la compensation. Nous avons cité les travaux de Vaissière et al. (2017) et de Le Coent et al. (2016), mais comme expliqué précédemment, il s'agit là d'études portant plus sur l'efficacité de la compensation, sur son appréciation qualitative par rapport à l'atteinte de ses objectifs, et sur les pistes d'amélioration qu'elle pourrait suivre. Au contraire, nous ne nous attachons pas ici à la question de savoir si la compensation est une *bonne* politique de lutte contre l'érosion de la biodiversité, mais plutôt à celle de ces effets indirects sur le prix des terres agricoles.

Beaucoup d'articles étudient cependant le comportement des agriculteurs et la réaction du prix des terres par rapport à des effets comparables (sous certains angles) à ceux de la compensation. La section précédente place la compensation dans le cadre théorique liée à la question de la formation du prix des terres agricoles, tout en s'appuyant sur ce cadre théorique, celle-ci tente de décrire quels effets similaires à la compensation influencent le prix des terres dans la littérature empirique.

Tout d'abord, il est possible de considérer la compensation comme ayant, dans certains cas, des effets similaires à ceux d'une subvention. En effet, en cas de changement de méthode de gestion l'agriculteur est payé pour effectuer une pratique considérée comme bénéfique pour l'environnement. Le manque à gagner et le sur-coût de cette pratique en terme de rendement sont compensés par le montant de la compensation. Ce mécanisme est proche de celui d'une subvention. Or Latruffé et al. (2014) montrent que les agriculteurs bénéficiaires de subventions sont, dans certains cas, amenés à capitaliser ces dernières dans le prix de la terre.

La compensation pose aussi des questions en terme de gestion de l'incertitude. Dans le cadre du PVM ("*present value model*"), la présence de la compensation peut être vue comme l'ajout d'une contrainte législative, augmentant l'incertitude quant à la valeur d'une terre. D'après Titman (1985) cette incertitude peut être capitalisée dans le prix de la terre sous la forme d'une valeur d'option.

L'effet des aménités environnementales est également très développé dans la littérature étudiant le prix des terres agricoles. La compensation peut, sous certaines formes créer un tel effet, la restauration d'une zone riche en biodiversité crée par exemple une aménité environnementale. Or, au sein du PVM le prix de la terre est la caractérisation monétaire de tout ce que la terre peut et pourra rapporter à son propriétaire, mais également ce qu'elle représente à ses yeux. Ainsi, comme l'énonce Bastian et al. (2002), les caractéristiques intrinsèques de la terre, en tant qu'aménité environnementale, et en tant que source de revenu à ce titre d'aménité, ne sont pas acquises par le propriétaire. Néanmoins, il a conscience de ces dernières et les capitalise aussi dans le prix du terrain. Un argument similaire à celui-ci est présenté dans Henneberry and Barrows (1990), les auteurs y expliquent que le zonage peut être perçu comme une perspective de préservation

contre les externalités négatives liées à l'urbanisation pour les activités agricoles avoisinant la zone protégée. Cette préservation est traduite dans l'augmentation du prix des terrains voisins de cette zone. Dans les cas où la compensation est réalisée sur une surface importante et que sa pérennité est crédible, des phénomènes semblables d'augmentation des terres voisines des zones de compensation peuvent se produire.

Cheshire and Sheppard (1995), Geoghegan et al. (1997), Tyrväinen and Miettinen (2000), présentent dans leurs travaux des preuves de l'impact des aménités environnementales sur le prix du foncier à bâtir. En effet, sachant qu'un des vecteurs d'augmentation des prix de vente des terrains agricoles réside dans l'anticipation que ces derniers puissent être transformés en terrains à bâtir, la présence d'une aménité environnementale fait augmenter la valeur d'un terrain agricole en cas de viabilisation. Par anticipation, le prix de la terre agricole peut donc être amené à augmenter.

Finalement, la compensation joue un rôle dans les problématiques d'usage des terres et de conversion des sols agricoles. Autour de la zone de compensation, la présence de cette dernière peut être interprétée comme le premier d'une série de projets de préservation de la biodiversité, pour l'ensemble de la région. Autrement dit, la compensation peut être vue comme le signal d'une tendance au verdissement futur d'une région, plutôt qu'à l'urbanisation⁴ de celle-ci. Néanmoins, la baisse de la probabilité d'urbanisation d'une région (ou la hausse de son verdissement) n'a pas de conséquences claires (Deaton and Vyn, 2010).

Dans certaines études, comme celle de Brueckner (1990), les phénomènes de préservation ou de zonage impactent négativement le prix des terres environnantes. Néanmoins, les effets peuvent également être positifs : les marchés locaux sont plus proches, les producteurs peuvent produire des biens plus périssables et plus chers, ces rendements financiers supérieurs peuvent alors être capitalisés dans le prix de la terre.

Si le signe de cet effet semble incertain, au regard des études comme celles de Vermont (2016), on peut supposer que la zone géographique dans laquelle la compensation a lieu, puisse en partie le prédire. En effet, il est courant de voir apparaître des effets opposés de certains déterminants selon que l'on se trouve dans une zone péri-urbaine ou rurale. Plus précisément, en zone péri-urbaine, l'étalement urbain peut être vu comme positif pour la zone. Il rend le centre de la ville plus accessible depuis celle-ci, voir la fait même passer de péri-urbaine à urbaine. Selon cette logique, la disparition de l'opportunité d'urbanisation peut-être perçue négativement, les prix des terrains voisins vont alors baisser. Cette logique, mais également celle de Livanis et al. (2006), est similaire à celle énoncée par Thünen (1826). Ainsi, quand la ville se rapproche les terrains prennent de la valeur.

Au contraire, dans les zones rurales, les ménages ont tendance à beaucoup moins valoriser la distance aux pôles d'activités, la compensation et la perspective de verdissement est alors perçue plutôt positivement, car allant dans le sens des préférences des individus vivants dans ces zones, les prix des terrains auront alors tendance à augmenter (Bockstael et al., 2000).

2.3 La compensation écologique comme objet de la théorie économique

Cette revue de la littérature théorique et empirique permet d'expliquer comment la compensation pourrait influencer le prix des terres agricoles, et le complexité d'une telle relation. Dans cette partie nous pouvons constater que l'effet de la compensation pourrait s'exprimer à travers plusieurs mécanismes, créant un cadre d'analyse complexe. Il est possible de regrouper tous ces mécanismes en trois catégories :

Effet Ciblé - Effet Périphérique On distingue les mécanismes par lesquelles la compensation génère une augmentation du prix des terres *destinées* à la compensation, de celle du prix des terres *avoisinant* ces dernières.

4. Ceci peut notamment être expliqué par la théorie de l'option réelle, qui justifie dans l'article de Towe et al. (2008) la préservation sur le court-moyen terme des espaces environnants les zones de compensation.

Effet Immédiat - Effet d'Anticipation On distingue les mécanismes par lesquelles la compensation fait varier le prix des terres agricoles en valorisant ou dévalorisant directement ces dernières, de la variation résultant d'un processus d'anticipation de valorisation ou de dévalorisation, de la part des propriétaires, ou des éventuels acquéreurs.

Zone Péri-Urbaine - Zone Rurale On distingue finalement les mécanismes opérant en zone péri-urbaine de ceux en zone rurale. Les dynamiques et problématiques d'aménagement étant loin d'être les mêmes selon ces zones, il est très probable que la compensation y ait des effets très différents.

L'objectif de cette étude est de tester l'effet de la compensation sur le prix des terres agricoles. Cela peut concerner des terres agricole faisant l'objet de mesure de compensation, par exemple dans le cadre de la mise en œuvre de mode de gestion alternatif, ou des terres avoisinant des terrains sur lesquels des mesures de compensation sont réalisées. Les données disponibles pour cette étude ne permettent pas de discriminer entre ces deux cas. En effet, l'échelle de l'analyse est à la PRA, et non pas à la parcelle. Les deux types d'effet **périphériques** et **ciblés**, sont donc pris en compte, mais confondus.

Les **effets immédiats** et les **effets d'anticipations** seront tous les deux pris en compte. Ils regroupent en effet un ensemble de mécanismes expliquant l'influence de la compensation sur le prix des terres agricoles. Néanmoins, en pratique, il est possible que l'existence relativement nouvelle de ce dispositif ne permette pas d'identifier tous les mécanismes relevant de l'anticipation, cette dernière n'ayant pas forcément eu le temps de se former chez les personnes concernés⁵. La mise en place des politiques de compensation ayant débuté avant la période étudiée (2010-2016), il n'est pas possible de différencier les effets immédiats de ceux d'anticipations, là encore, les deux sont donc pris en compte, mais confondus.

En ce qui concerne la différence entre les mécanismes opérant en **zones péri-urbaines** et **zones rurales**, les deux cas sont pris en compte, l'ajout d'une variable sur le zonage permet de les analyser séparément.

3 Modélisation Économétrique

3.1 Cadre théorique de la formation des prix des terres agricoles

Les deux premiers cadres théoriques du prix du foncier agricole sont ceux de Ricardo (1817) et de Thünen (1826), celles-ci ne sont pas en lien direct avec le prix des terres, mais l'abordent indirectement à travers le concept de la rente foncière. La première, celle de Ricardo, énonce le fameux principe de la *rente différentielle de fertilité* que son auteur décrit comme "*différence entre le produit obtenu par l'emploi de deux quantités égales de travail et de capital*"⁶. L'augmentation du prix des denrées agricoles est ainsi dû à la mise en culture de terres de moins en moins fertiles, sur lesquelles les coûts de production sont de plus en plus élevés. Cette rente est capitalisée dans le prix de la terre, ce dernier est alors égal à la rente divisée par le taux de capitalisation⁷ (Cavailhès et al., 2011).

Dans la deuxième, Von Thünen justifie la formation d'une rente différentielle spatiale par les coûts de transport des produits agricoles vers le marché urbain. Les terres les plus éloignées du centre sont les moins chères, car les coûts de transport pour se rendre dans le centre sont à la charge des agriculteurs qui en sont éloignés. Réciproquement, ceux vivant plus proche du centre paient leur terre plus cher, mais n'ont pas à leur charge le coût de transport des premiers.

De ces deux théories ont ensuite découlé les suivantes : le PVM, le modèle hédonique, et le modèle de l'option réelle. Dans cette section elles sont détaillées et reliées à la notion de compen-

5. Il s'agit là de s'intéresser à la diffusion de l'information relative à la compensation dans les cercles concernés.

6. "the difference between the produce obtained by the employment of two equal quantities of capital and labor."

7. C'est-à-dire le rapport des revenus qu'on peut tirer d'un bien immobilier à son prix de vente.

sation écologique.

3.1.1 L'analyse par les options réelles

L'analyse par les options réelles est traditionnellement utilisée dans les milieux financiers pour l'aide à l'investissement. Elle est basée sur l'idée qui consiste à prendre en compte les actifs sous-jacents non financiers d'un actif financier. Towe et al. (2008) résume son application à la littérature foncière et sa différence avec le PVM de la manière suivante : Les points communs entre un actif terrien (capital fixe) et un actif financier (intangible) sont l'irréversibilité de l'investissement, l'incertitude des rendements, et la possibilité de repousser la période de conversion⁸. Compte tenu de ces caractéristiques communes, là où le PVM, présenté ci-dessous, ignore l'incertitude et l'irréversibilité liée à la conversion d'une terre, le modèle de l'option réelle en tient compte, en introduisant une valeur au fait d'attendre dans le but d'acquérir plus d'information.

Une application intéressante est proposée dans l'article de Towe et al. (2008). Ce dernier explique comment la présence de programme de conservation des terres agricoles aux États-Unis crée un phénomène d'attente qui entraîne la préservation des espaces environnant la zone de conservation. Dans le modèle de l'option réelle, l'attente est en effet valorisée car elle compense, par l'opportunité d'acquérir plus d'information, la présence d'incertitude introduite par le nouvel usage. Ce phénomène a également été documenté par la Caisse des Dépôts et Consignation en ce qui concerne la compensation en France⁹.

Il est probable que la législation autour de la compensation influence le prix des terres agricoles via l'incertitude qu'elle crée, et lors de l'analyse des résultats de cette étude, cette hypothèse sera prise en compte ; néanmoins, la forme de ce modèle ne sera pas utilisée. En effet, les modèles d'options réelles centrent leur analyse autour de cet effet d'incertitude. Dans le cas présent, d'autres effets sont en jeu, une forme capable de capter d'autres vecteurs d'influence de la compensation sur le prix des terres agricoles que celle exclusivement liée aux anticipations et à la gestion de l'incertain se doit d'être utilisée.

3.1.2 Le modèle hédonique

Le modèle hédonique, ou la régression hédonique, est une méthode dite des *préférences révélées* qui vise à décomposer la valeur (le prix¹⁰) d'un bien par la somme de celle de ses attributs. Le prix est ainsi expliqué, à la marge, par la contribution de chaque élément étant lié à la création, ou à la possession du bien qui lui est attaché. Cette méthode se base sur la théorie du consommateur développée par Lancaster (1966).

La forme de ces modèles convient mieux à l'étude menée ici que l'analyse par les options réelle. C'est d'ailleurs une méthode très utilisée dans cette littérature (Vermont, 2016). Tous les éléments qui influencent le prix des terres agricoles, via leur valorisation en tant qu'attribut, peuvent être intégrés au modèle hédonique. Dans le contexte de l'analyse de l'impact de la compensation écologique sur le prix de foncier agricole, le but est d'intégrer toutes les caractéristiques, ou attributs, qui donnent de la valeur à une terre, et d'y rajouter l'attribut "compensation écologique". Au sein de ces modèles, chaque coefficient peut être interprété comme l'effet marginal de la variable explicative qu'il précède.

8. d'une terre agricole en site de compensation, d'une option réelle en liquidité.

9. <https://www.caissedesdepotsdesterritoires.fr/cs/ContentServer?pagename=Territoires/Articles/Articles&cid=1250279189162>.

10. La question de savoir si le prix reflète effectivement la valeur des terres agricole est discutée plus bas

3.1.3 La théorie du PVM

La théorie du PVM décrit le prix des terres agricoles comme étant égal à la valeur actualisée du flux des revenus présents et futurs. Le prix de la terre est alors un indicateur inter-temporel¹¹ consistant, reflétant la pluri-dimensionnalité de la valorisation d'un terrain donné, par des individus aux préférences hétérogènes. Selon la théorie du PVM, le contenu informationnel du prix de la terre viendrait de quatre éléments (Cheshire and Sheppard, 1995) : (i) le fait que le prix soit déterminé par les rendements qu'une terre peut fournir à son propriétaire ; (ii) le prix donne alors une mesure de la préférence temporelle et des anticipations de croissance des propriétaires ; (iii) il correspond également au sentier d'exploitation optimal de la ressource ; (iv) il est une valorisation privée et individuelle.

Au delà de son contenu informationnel quant aux caractéristiques intrinsèques de la terre, le prix informe aussi sur les caractéristiques extrinsèques, comme les infrastructures environnantes et les évolutions anticipées de l'usage de la terre.

On ne peut pas fondamentalement opposer ce modèle au modèle hédonique, d'un point de vue théorique Feichtinger et al. (2013) font le lien entre les deux¹². Dans le prolongement de cette idée de proximité entre les deux approches, une littérature très prolifique s'est développée. Une fois le lien entre un facteur donné et le prix de la terre établi empiriquement au travers d'un modèle hédonique, cette littérature utilise le PVM comme justification théorique de cette connexion, c'est notamment ce qui sera fait ici. Une forme hédonique est estimée, puis le cadre d'analyse du PVM est mobilisé pour justifier les résultats obtenus.

Les liens entre prix des terres agricoles et attributs de ces dernières présents dans la littérature du PVM, et potentiellement transposables à la compensation sont les suivants :

- La compensation affecte les qualités intrinsèques d'un terrain. Elle modifie les modalités de gestion agricoles du terrain vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement, ainsi elle contribue à préserver et à améliorer la qualité des terres. Cette amélioration peut être directement reflétée dans le prix de la terre.
- La compensation affecte également les qualités extrinsèques d'un terrain. Elle représente une aménité environnementale pour le terrain concerné et les terrains avoisinants ce qui, au delà des services qu'elle peut générer évoqués au point précédant, est directement valorisé et peut être capitalisé dans le prix des terres concernées et périphériques.
- La compensation affecte aussi les anticipations des individus quant à la valeur qu'une terre a, et aux différentes modalités d'exploitation qu'elle aura dans le futur. Elle est un nouvel usage elle envoie des signaux quant au(x) projet(s) d'urbanisation à venir, elle ajoute de l'incertitude. Autant de facteurs que le prix peut cristalliser.

A l'issue de cette analyse, le modèle hédonique, combiné au cadre théorique du PVM, semble être approprié à cette étude, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'utilisation de certains modèles économétriques peut parfois être contraignante en terme d'hypothèse, or, le modèle hédonique permet d'identifier un grand nombre d'effets sans nécessiter la formulation d'hypothèses trop complexes. De plus, c'est un modèle basé sur un concept théorique souple, c'est à dire qu'on peut lui associer des explications provenant d'autres théories, notamment celles du PVM. Finalement, ses résultats peuvent être facilement interprétés en effets marginaux.

11. Il est important de noter que dans un contexte de concurrence pure et parfaite le prix représente effectivement un indicateur inter-temporel de la valorisation de la terre, mais pour l'acquéreur le plus offrant.

12. Ils sont semblables uniquement sous la restriction d'un certain nombre d'hypothèses comme celle des anticipations rationnelles, et de la connaissance des futurs paiements liés à l'activité. Tout en considérant un grand nombre d'éléments comme la forme des marchés, comme de simples *shifters* au niveau de la régression hédonique.

3.2 Spécification économétrique

Nopu8 utilisons dans cette étude des données de panel (2010-2016 et 710 PRA) contenant une dimension spatiale et temporelle. Ces deux caractéristiques permettent de modéliser l'hétérogénéité individuelle qui peut exister entre les différentes PRA, et l'auto-corrélation spatiale.

3.3 L'hétérogénéité individuelle

Les données de panel permettent de tenir compte de la spécificité de chaque individu, et de leurs caractéristiques non-observables. On peut en effet s'intéresser à plusieurs type de variabilité : celle entre individu, indépendamment de la période (inter-individuelle) ; celle entre période, pour un individu donné (intra-individuelle) ; celle entre chaque période, pour l'ensemble des individus (inter-temporelle) ; et finalement, celle qui existe entre chaque individu pour une année donnée (intra-temporelle).

Le choix de la modélisation de l'hétérogénéité individuelle est une étape fondamentale lorsque l'on utilise des données de panel (Sevestre, 2002). Selon Baltagi (1995) et Lee and Yu (2012), le choix entre un modèle à effet fixe ou aléatoire se fait selon les données et la spécification du modèle. Le modèle à effet aléatoire est plus adapté lorsque l'intérêt est porté sur le processus général de détermination de la variable dépendante, et lorsque l'on souhaite aboutir à des conclusions générales sur ce processus. Les effets individuels y sont alors considérés comme aléatoires.

Dans le cas présent, un modèle à effet aléatoire est utilisé, puisqu'un grand nombre de variables sont fixes dans le temps, et que ce ne sont pas aux spécificités de chaque PRA qu'un intérêt est porté mais bien au processus général de détermination du prix des terrains agricoles, et de l'influence de la compensation écologique dans ce processus. De plus, dans les sections suivantes, plusieurs tests statistiques justifient le choix de ce modèle aléatoire. Par ailleurs, le modèle utilisé ici ne comporte pas d'effet spécifique temporel¹³.

3.4 L'auto-corrélation spatiale

Une fois la question de l'hétérogénéité individuelle traitée grâce à l'exploitation de données de panel, la présence d'auto-corrélation spatiale doit être testée, et, le cas échéant, modélisée. L'auto-corrélation spatiale se définit comme l'absence d'indépendance entre observations géographiques. Elle mesure le degré auquel un attribut dans une zone donnée, est similaire au même attribut dans les zones voisines (Anselin (1988)). Elle peut provenir de la présence d'effets spatiaux réels dans la détermination des données, ou d'une mauvaise spécification du modèle, engendrant l'omission de variables elles-mêmes spatialement corrélées.

Une fois la présence d'auto-corrélation spatiale est confirmée, il est nécessaire de choisir sous quelle hypothèse il est pertinent de la considérer, afin de l'intégrer au modèle. Selon Elhorst (2014) l'auto-corrélation spatiale peut être modélisée par l'inclusion de variable(s) spatialement décalée(s), c'est-à-dire des moyennes pondérées d'observations issues des zones voisines¹⁴ d'un lieu donné.

Dans le modèle auto-régressif spatial (SAR "*Spatial Auto-Regressif model*"), la variable spatialement décalée est la variable dépendante. Cela correspond à l'hypothèse selon laquelle la variable dépendante est partiellement expliquée par la valeur que prend cette même variable dans les zones voisines. Dans le modèle régressif croisé (SLX - "*Spatial Lag of X model*"), ce sont une ou plusieurs variables explicatives sont spatialement décalées. Cela correspond à l'hypothèse selon laquelle que ce n'est pas la valeur de la ou des variable(s) explicative(s) observée(s) dans la zone concernée qui explique(nt) une partie de la variable dépendante, mais bien la (ou leurs) valeur(s) observée(s)

13. Dans le contexte de cette étude il n'y a pas de raisons, a priori, pour qu'il y en ait, la compensation écologique existant depuis 1976, et les politiques récentes ne faisant que lui redonner un souffle.

14. C'est la forme de la matrice de poids qui détermine si deux zones sont considérées comme voisines ou non.

dans les zones voisines de la zone en question. Finalement, le modèle aux erreurs spatialement corrélées (SEM - "*Spatial Error Model*") intègre l'auto-corrélation spatiale dans son terme d'erreur, c'est cette dernière qui est spatialement décalée. L'auto-corrélation spatiale a alors deux sources potentielles : soit elle provient de variables explicatives omises, qui seraient elles-même spatialement corrélées avec les variables explicatives spatiales du modèle - elles biaisent l'estimation, et sont qualifiées de choc exogène commun ; soit elle provient, comme l'indique Anselin (1988), d'une mauvaise spécification des zones géographiques.

Dans le cas présent, comme dans celui de Chakir et al. (2011), les prix des terres agricoles peuvent être spatialement corrélés via des caractéristiques régionales, ou liée à la PRA, inobservées, comme l'histoire commune de la zone, ce qui pourrait être une des raisons de l'auto-corrélation spatiale. De plus, nous avons ici recours à un grand nombre de variable agrégées spatialement, les modèles SAR et SLX, supportent mal leur utilisation, car complexifiant grandement l'interprétation des résultats associés à ces modèles. C'est donc le modèle SEM que nous retenons. Par la suite, son utilisation sera justifiée par un test statistique.

Un autre élément central de l'analyse spatiale est le choix de la matrice de poids, c'est l'objet mathématique qui définit la structure du voisinage du modèle. Chakir et al. (2011), définissent la matrice de poids W comme "*[une] matrice carrée d'ordre N ($N = \text{nombre d'observations}$), où chaque terme w_{ij} représente la façon dont la localisation i et la localisation j sont connectées spatialement.*". Tout au long de l'analyse différentes matrices de poids seront utilisées, afin, d'une part de sélectionner la plus adapter, et d'autre part, de tester la robustesse des résultats spatiaux.

3.5 Le modèle RE-SEM

Nous choisissons donc de modéliser l'hétérogénéité individuelle via un effet aléatoire (RE - *Random Effect*), et d'intégrer l'auto-corrélation spatiale dans le terme d'erreur (SEM). Les deux modèles seront estimés séparément, et finalement conjointement dans le modèle RE-SEM (*Random Effect Spatial Error Model*), de manière similaire aux travaux de Chakir and Le Gallo (2013), mais aussi à ceux de Anselin (2010) et Chakir et al. (2011). Le modèle hédonique, de forme réduite RE-SEM s'écrit alors :

Soit P_{it} le prix de la terre agricole dans la PRA i à la date t :

$$P_{it} = \alpha + \sum_{k=1}^K \alpha_k X_{kit} + \sum_{l=1}^L \gamma_l X_{li} + u_{it}$$

$$u_{it} = \mu_i + \epsilon_{it}$$

$$\epsilon_{it} = \lambda \sum_{j=1}^N w_{ij} \epsilon_{jt} + v_{it}$$

avec $i = [1 : 710]$ et $t = [2010 : 2016]$

Ainsi, le prix de la terre est expliqué par : une constante α , la somme de la valeur de ses k attributs X_{kit} selon les PRA i et les périodes t lorsque ces attributs varient dans le temps, la somme des ces l attributs X_{li} uniquement selon les PRA i lorsque ceux-ci sont fixes dans le temps, et un terme d'erreur u_{it} . Ce terme se décompose lui même en un effet spécifique individuel μ_i (comme expliqué précédemment il est considéré comme étant aléatoire), de l'élément de l'erreur spatialement corrélé ϵ_{it} ¹⁵, et de l'erreur idiosyncrasique v_{it} .

μ_i est supposé non auto-corrélé, c'est-à-dire non-corrélé avec la perturbation idiosyncrasique, et non-corrélé avec les variables explicatives. Cette dernière hypothèse est forte, elle suppose que

15. Ce terme est composé de l'effet spatial λ , la matrice de poids w_{ij} et de l'erreur ϵ_{it} .

l'effet individuel, dans le cas présent, les caractéristiques inobservées de chaque PRA, n'est pas corrélé avec les variables explicatives. Il est difficile de supposer que des caractéristiques propres à une PRA et non observables ne soient pas corrélées avec une variable explicative comme, par exemple, le revenu médian de la PRA. Il est donc nécessaire de tester la présence d'effets individuels spécifiques, c'est-à-dire non normalement distribués comme l'hypothèse en est faite (e.g. analyse de la variance, multiplicateur de Lagrange, Honda c.f. 6.1).

4 Données utilisées

4.1 Variables utilisées

Le paragraphe suivant décrit, pour chacune des variables, le type de données utilisées. La Table 1 résume l'ensemble de ces données ainsi que leurs sources.

Le prix de la terre agricole est représenté par la moyenne sur trois ans du prix de vente des transactions observées de terrains agricoles¹⁶, à l'échelle des PRA, par an, pour les terres libres, il s'agit de la variable dépendante du modèle.

La compensation écologique est représenté de plusieurs façons sur la base du nombre de mètres carrés compensés à l'échelle de la commune, et donc agrégée à l'échelle de la PRA. Cette information est extraite de GéoMCE et nous permet donc de construire les variables suivantes :

- *CompAggNAF* est en fait la surface compensée en mètre carrée rapportée à la surface NAF (Nature Agriculture Forêt) de la commune en hectare. Cette indicateur permet de rapporter les surfaces compensées à la surface encore disponible pour la compensation, la mise en culture ou l'aménagement. Elle pondère en quelque sorte la donnée brute par la taille de la commune, et son potentiel de développement ;
- *CompPres* est une variable binaire associée à la présence de compensation dans la PRA ;
- *CompFreq* est une variable indiquant le nombre de mesure de compensation dans la PRA.

A noter que GéoMCE ne recense pas encore la totalité des mesures de compensation ayant eu lieu depuis l'existence du dispositif, et que les variables susmentionnées sont statiques dans le temps.

La densité de la population est calculée comme le rapport entre le nombre d'habitant et la superficie de la PRA au mètre carré. En effet, les zones de concentration démographique, traduisant souvent un certain dynamisme économique, peuvent être des lieux de tension sur le prix du foncier, agricole ou non.

Le revenu médian correspond au revenu médian moyen par commune, lui même moyenné à l'échelle de la PRA. La encore, le revenu traduit le dynamisme économique de la zone, lui même corrélé avec le prix du foncier, agricole ou non.

Le taux d'artificialisation correspond ici à la proportion d'espace non-NAF (Nature Agriculture Forêt) dans la commune.¹⁷ La disponibilité de terre non urbanisée influence le prix des terres agricoles ou non, puisqu'elle en approxime l'offre restante.

La variation de la surface agricole est calculée comme le pourcentage de variation de la surface agricole entre 2010 et 2000. Cette variable reflète la tension éventuelle sur le marché des terres agricoles, et donc la variation de son offre.

16. C'est-à-dire que le prix à l'année n est égal à la somme du prix de vente observé moyen des années n , $n-1$ et $n-2$ divisé par trois.

17. Il existe de nombreuses manières de calculer un taux d'artificialisation, la notion pouvant elle même être interprétée de différente manière, la méthode employée ici est propre à cette étude et ne prétend pas être supérieure à une autre. L'indicateur utilisé ici correspond donc à la proportion de la surface de la commune qui n'est pas un espace naturel, ni une terre agricole, ni un espace forestier.

La catégorie dans le zonage urbain en aire urbaine date de 2012. A chaque commune est attribuée une des catégories suivantes :

- 111 : Commune appartenant à un grand pôle (10 000 emplois ou plus)
- 112 : Commune appartenant à la couronne d'un grand pôle
- 120 : Commune multipolarisée des grandes aires urbaines
- 211 : Commune appartenant à un moyen pôle (5 000 à moins de 10 000 emplois)
- 212 : Commune appartenant à la couronne d'un moyen pôle
- 221 : Commune appartenant à un petit pôle (de 1 500 à moins de 5 000 emplois)
- 222 : Commune appartenant à la couronne d'un petit pôle
- 300 : Autre commune multipolarisée
- 400 : Commune isolée hors influence des pôles

Cet encodage est effectué à l'échelle communale, la variable utilisée est donc, pour chaque catégorie, le nombre de communes y appartenant. Par ailleurs, ce sont seulement les catégories 111, 112, 120, 211 et 400 qui sont retenues. Cette variable permet là encore de capturer le dynamisme économique de la zone, ce qui peut influencer le prix des terres, agricole ou non.

La présence d'un littoral est une variable binaire qui indique la présence d'un bord de mer ou d'un bord de lac dans la PRA. Cette variable permet de capturer l'effet aménité environnemental apporté par la proximité d'un terrain au littoral, et augmentant son prix.

La qualité des sols est classée en quatre niveaux *text1* très bonne, *text2* bonne *text3* moyenne, *text4* mauvaise, une variable binaire est construite par niveau, pour éviter la colinéarité, le niveau le plus haut (*text1*) est supprimé. Cette variable influence le prix des terres agricoles, puisqu'elle est fortement corrélée au revenu que l'exploitant pourra en tirer.

L'étude s'effectue à l'échelle de la France et à la résolution de la petite région agricole. Ces régions ont été définies en 1946 comme étant homogènes du point de vue de l'activité agricole. Il y en a 713 en France, et 710 d'entre-elles sont utilisées.

L'ancienneté de ce découpage peut poser question, à ce titre l'Association Française d'Agronomie (AFA) écrit que *"les mutations technologiques et économiques, les processus de spécialisation et de redistribution des activités, font qu'il est parfois difficile aujourd'hui de reconnaître le bien-fondé des limites de 1946."* Néanmoins, elle ajoute que *"Les informations sur ces terroirs restent pertinentes pour les questions agronomiques."*, ce qui confirme la pertinence de l'utilisation de ce découpage.¹⁸

En ce qui concerne la période étudiée, toutes les données de panel sont disponibles¹⁹ sur la période 1997 - 2016. Cependant, les données GéoMCE ne référencant uniquement qu'une partie des mesures de compensation ayant eu lieu depuis 2010, c'est uniquement la période 2010-2016 qui est traitée.

5 Analyse spatiale exploratoire et statistiques descriptives

5.1 Tests de l'auto-corrélation spatiale

La première étape de cette analyse spatiale consiste à s'interroger sur l'existence d'une interdépendance entre les observations spatialisées du modèle, et plus précisément celles de la variable dépendante, et celles de la variable d'intérêt (la compensation). Pour mesurer l'auto-corrélation spatiale, la statistique la plus commune est celle de Moran (1948). Nous calculons également celle de Geary. Pour ce faire, il est nécessaire de construire une matrice de poids, cette dernière, définie la notion de voisinage en liant les points géographiques entre eux selon une certaine règle choisie. Bien sûr la construction de la matrice influence le résultat de la statistique, ainsi les Tables 6

18. <http://agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/ateliers-terrain-de-l-afa/les-agricultures-de-nos-regions/>.

19. ou créés par imputation, en utilisant le taux de variation annuel moyen.

et 7, disponibles en annexe, présentent les résultats des deux tests d’auto-corrélation spatiale entre le prix des terres agricoles et le nombre de mesures de compensation, pour trois matrices de poids différentes. La première (*nn4*), prend en compte les 4 voisins les plus proches du centre de la PRA, la deuxième (*nn6*), les 6 voisins les plus proches de la PRA, et la dernière (*dist*) prend en compte tous les voisins présents dans un certain périmètre tracé autour du centre de la PRA, ce périmètre est défini comme étant la plus grande distance nécessaire pour atteindre trois voisins.²⁰ On peut voir que la significativité du test est robuste au changement de matrice de poids, le prix des terres agricoles est spatialement auto-corrélé (Table 6). On constate que c’est également le cas pour la variable explicative d’intérêt, la compensation (Table 7).

La deuxième étape de cette analyse spatiale consiste à compléter d’une analyse spatiale locale les résultats précédents. Les statistiques de Moran et de Geary utilisées précédemment captent l’auto-corrélation spatiale à une échelle globale. A l’inverse, le Moran local, ou LISA (*Local Indicator of Spatial Association*) permettent d’analyser la structure locale de l’auto-corrélation spatiale, c’est-à-dire qu’ils permettent d’identifier les zones où se concentrent des valeurs particulièrement élevées ou basses de la variable en question, où encore, les PRA contribuant le plus à l’auto-corrélation spatiale globale (Anselin, 1995). La Table 8 présente les cartes d’auto-corrélation spatiale locale pour la variable dépendante en début et fin de période, et pour le nombre de mesure compensatoire observée sur la totalité de la période. Les deux types d’auto-corrélation spatiales identifiés pour la variable dépendante sont HH et BB (Haut-Haut et Bas-Bas). La première indique une valeur haute entourée (dont les voisins sont dotés) de valeurs hautes, la deuxième, une valeur basse entourée de valeurs basses.

5.2 Analyse spatialisée et statistiques descriptives : prix des terres agricoles, compensation et variation des surfaces agricoles

Cartographie et Variation

La première ligne de la Table 2 présente le prix des transactions de terrains agricoles en 2010 et 2016 à l’échelle des PRA. L’analyse simultanée de ces deux cartes permet d’envisager le marché des terres agricoles en niveau et en variation sur la période d’intérêt. A ce titre, plusieurs remarques peuvent être formulées :

Tout d’abord, en comparant ces deux cartes, il est manifeste que la variation temporelle de la variable dépendante est spatialement très stable. Les zones où le prix des transactions est le plus élevé sont sensiblement les mêmes en 2010 et en 2016. On notera seulement une légère baisse de ce prix dans les zones les plus tendues en 2010, ces dernières restant tout de même les plus chères par rapport au reste de la France. En effet, la valeur maximale de 2010 est plus élevée qu’en 2016, néanmoins, la valeur la plus basse est plus élevée en 2016 qu’en 2010. Ceci est également illustré par la Table 9 : entre 2010 et 2016 la moyenne de prix de vente a augmenté, néanmoins, l’écart type s’est légèrement réduit, traduisant un spectre de prix de vente moins important.

Ces tendances sont confirmées par les calculs de variance, moyenne, écart-type, minimum et maximum, effectués sur toute la période 1997-2016, également présenté Table 9. Sur cette période, la moyenne du prix des transactions des terrains agricoles a augmenté. La hausse du prix de vente des terrains agricoles est également visible sur cette même période. La variance est très stable, indiquant là encore peu de variabilité temporelle. L’augmentation des écart-types laisse à penser que la variabilité spatiale est très forte, augmente avec les années, et écrase la variabilité temporelle, elle plutôt faible. En effet, que ce soit en 2010 ou en 2016 on observe que les régions les plus tendues sont le Nord, le Sud-Est et Ouest et l’extrême Est. En Bretagne et dans le Centre

20. Plus tard dans l’exposé, une matrice de contiguïté de type *queen* est aussi utilisée à titre indicatif, elle considère comme voisin deux zones partageant une frontière. Cependant, cette dernière est vite exclue, en effet elle n’est pas pertinente, les PRA ayant des formes trop complexes et diverses.

21. Avant imputation de certaines données.

de la France les prix sont beaucoup plus bas, à l'exception de quelques PRA situées au Sud du bassin parisien.

Bien que ces observations soient à tempérer puisqu'elles ne présentent que la moyenne du prix des transactions de terres agricoles observées, et peuvent donc être différentes de la réalité du marché de la zone en question, elles suggèrent qu'en somme, la variabilité temporelle de la variable dépendante est assez faible, mais que sa variabilité spatiale est élevée.

La deuxième ligne de la Table 2 représente, de gauche à droite, le nombre de mesure de compensation par PRA, et la variation de la surface agricole entre 2000 et 2010. Il n'y a pas de corrélation manifeste entre la présence de mesures compensatoires et le prix des transactions de terrains agricoles. Il y a un nombre élevé de mesures dans la région Grand Est et dans certaines PRA de la région PACA, qui sont des zones tendue où les terrains se vendent à prix élevés. Néanmoins, on constate également un nombre important de mesures compensatoires en Bretagne, zone où les prix des transactions sont plutôt de faible niveau. Finalement, il n'y a pas non plus de corrélation manifeste entre la présence de mesures de compensation et la déprise agricole.

Il est important de rappeler, là encore, que les données GéoMCE sont en cours de construction.

Normalité et distribution

La Table 10, disponible en annexe, présente le diagramme de dispersion du logarithme de la variable dépendante par rapport aux deux des trois variables utilisées pour la compensation (le nombre de mesure (CompFreq) et la surface compensée rapportée à la surface NAF (CompAggNaf)) pour chaque année. Afin d'homogénéiser la distribution, trois PRA où le nombre de mesure de compensation était extrêmement élevé par rapport au reste de la distribution ont été retirées, il s'agit des PRA 30471 (département du Gard), 38199 (département de l'Isère) et 69199 (département du Rhône). Il n'y a pas de corrélation manifeste entre les variables associées à la compensation et le prix des transactions agricoles. D'autre part, le test de Kolmogorov-Smirnov indique que le logarithme de la variable dépendante est normalement distribuée, ce qui est également représenté sur le qq-plot de la Figure 3, également disponible en annexe.

5.3 Statistiques descriptives : les autres variables explicatives

La Table 3 présente les statistiques descriptives pour toutes les variables du modèles (variables fixes dans le temps et observations de 2010 pour les variables temporelles).

Les Tables 11 et 12, disponibles en annexe, présentent les matrices de corrélation entre l'ensemble des variables explicatives du modèle (variables fixe dans le temps et observations de 2010 et 2016 pour les variables temporelles) ainsi que le niveau de significativité de cette corrélation. Les corrélogrammes des Figures 1 et 2 présentent ces même éléments de manière plus visuelle : les corrélations positives sont affichées en bleu et les négatives en rouge. L'intensité de la couleur et la taille des cercles sont proportionnelles aux coefficients de corrélation.

Plusieurs remarques peuvent être formulées à l'égard de ces deux corrélogrammes. Tout d'abord, ils sont très similaires, la corrélation des variables temporelles entre elles, et avec les autres variables explicatives, ne change que très peu qu'il s'agisse de 2010 ou de 2016. Cela s'explique par le fait qu'il y a très peu de variabilité temporelle pour la plupart des variables datées.

On observe une corrélation négative entre la part d'agriculteurs dans la population et le revenu médian, le taux d'artificialisation, la population, et le nombre de communes appartenant à un grand pôle dans la PRA. On note une corrélation positive et assez importante entre la présence d'un littoral, la population, et le nombre de communes appartenant à un grand pôle, et négative avec la proportion d'agriculteurs. On observe également une corrélation positive entre le nombre de communes isolées, le nombre d'agriculteurs, la surface Nature Agriculture et Forêt, la superficie, et le nombre de communes appartenant à un petit pôle.

Ces résultats sont assez intuitifs, les zones où il y a beaucoup d'agriculteurs dans la population

sont souvent des zones rurales, excentrées, plutôt dans les terres que sur la côte, et au revenu modeste. En revanche, les zones côtières, très attractives, notamment pour le tourisme, connaissent un fort taux d'artificialisation, une démographie importante et des revenus conséquents. Cependant, il est important de noter que c'est la part des agriculteurs dans la population qui est négativement corrélée au revenu et au taux d'artificialisation, et non le nombre d'agriculteurs. Un nombre d'agriculteurs important est lui plutôt lié à une grande surface naturelle.

Comme l'explique (RITTER), les modèles hédoniques sont susceptibles de souffrir de problème de colinéarité, dans cette étude, ceci nous semble cependant écarté. En effet, il existe une corrélation mécanique entre les différentes variables représentant la compensation, mais elles ne sont jamais utilisées simultanément au sein d'une spécification. En dehors de cela, la compensation n'est pas corrélée aux autres variables explicatives (valeurs très faibles et non significatives). Finalement, dans la suite de l'étude, la robustesse de la significativité des variables explicatives d'une spécification à l'autre, ainsi que la faiblesse des écart-types finissent de convaincre de l'absence de colinéarité. Ceci est donc encourageant quant à la capacité du modèle à isoler l'effet propre de la compensation sur le prix des transactions agricoles.

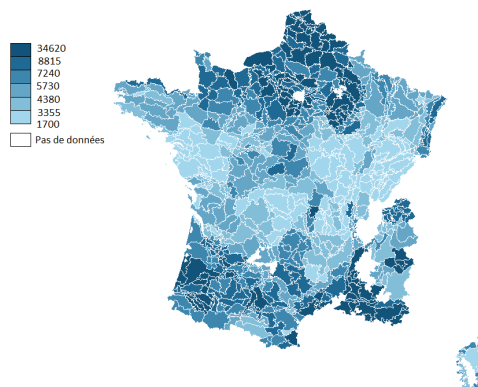
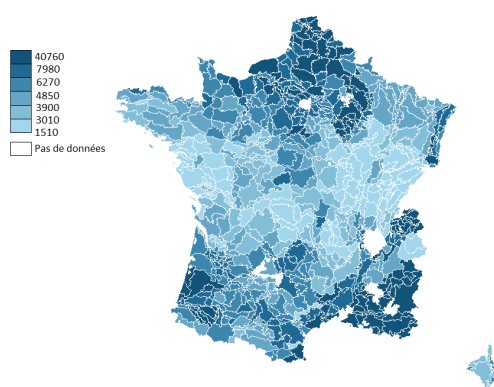
TABLE 1 – Tableau synthétique des données utilisées

Nom	Format	Source	Code
Variable dépendante			
<i>Prix des transactions agricoles</i>	Pour chaque année, associe la moyenne tri-annuelle des prix des transactions observées sur les terres agricoles libres en euro, de 2010 à 2016	Safer-SSP-Terres d'Europe-Scafr	<i>PTTA</i>
Variables en panel			
<i>Densité de Population</i>	Nombre d'habitant/Surface de la PRA	INSEE	<i>Densité</i>
<i>Revenu médian</i>	Revenu médian par personne en moyenne à l'échelle de la PRA en euro	INSEE	<i>RM</i>
<i>Taux d'artificialisation</i>	Ratio de la surface non NAF (Nature Agriculture Forêt) dans la surface totale de la commune	CEREMA	<i>Arti_P</i>
Variables fixes			
<i>Variation de la surface agricole</i>	Pourcentage de baisse de la surface agricole utilisée entre 2000 et 2010	DISAR - Recensement Agricole	<i>Var_SurfAg</i>
<i>Catégorie dans le zonage urbain</i>	Catégorie de la commune dans le zonage en aires urbaines 2010	INSEE	<i>CATAEU2010_indice</i>
<i>Présence d'un Littoral</i>	Variable binaire	DGLAN/SIDAUH	<i>littoral</i>
<i>Qualité des sols</i>	Classée en quatre niveaux dont trois conservés	INRA	<i>text2, text3, text4</i>
<i>Compensation 1</i>	Surface compensée en mètre carré rapportée à la surface NAF de la commune en hectare	GéoMCE	<i>CompAggNAF.</i>
<i>Compensation 2</i>	Nombre de mesure de compensation	GéoMCE	<i>CompFreq.</i>
<i>Compensation 3</i>	Présence de compensation	GéoMCE	<i>CompPres.</i>

TABLE 2 – Cartographie de la variable dépendante, de compensation et de variation de la surface agricole

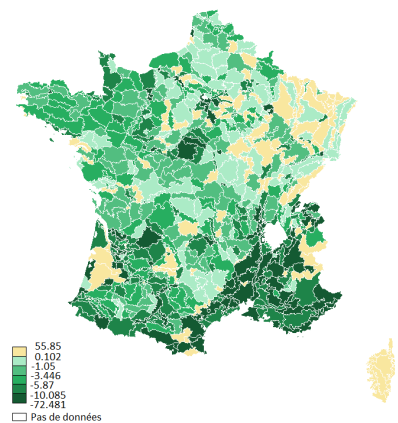
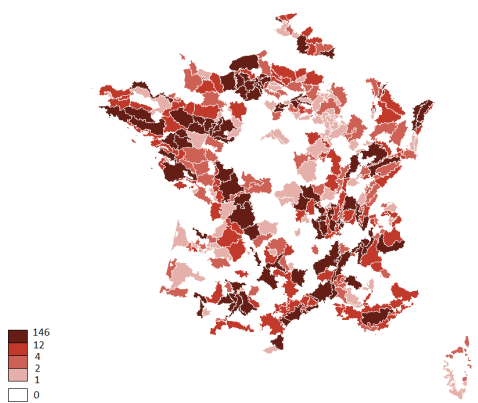
Prix des transactions de terrains agricoles en 2010 à l'échelle des PRA. Source données : Safer-SSP-Terres d'Europe-Scafr.²¹

Prix des transactions de terrains agricoles en 2016 à l'échelle des PRA. Source données : Safer-SSP-Terres d'Europe-Scafr



Nombre de mesure de compensation. Source données : GéoMCE

Variation de la surface agricole entre 2000 et 2010. Source données : DISAR



Note : Échelle en quantile

TABLE 3 – Statistiques Descriptives

	description	min	max	mediane	moyenne	erreur-type de la moyenne	écart-type
CompAgg	m ²	0,0	13514,9	0	455,9	49,1	1309,4
CompFreq	nombre de mesure	0,00	146,00	0	5,95	0,64	17,10
CompPres	indicatrice	0,00	50,00	0	1,88	0,17	4,46
CompAggNAF	m ² / ha	0	0,00479587	0	0,0001066	0,00001426	0,000037991
Arti_06_P	m ²	-7327,7	46090,75	5159,05	7293,77	272,08	7254,82
Pop_2010	nombre d'habitant	0	1572490	31728	83420,4	5960,7	158940,1
Pop_2015	nombre d'habitant	0	1601569	32550	86201	6159,4	164237,8
Littoral	indicatrice	0	66	0	1,54	0,21	5,49
Surface_NAF_2010	m ²	0	3495987840	423945545	621349393,8	22611042,99	602914038,2

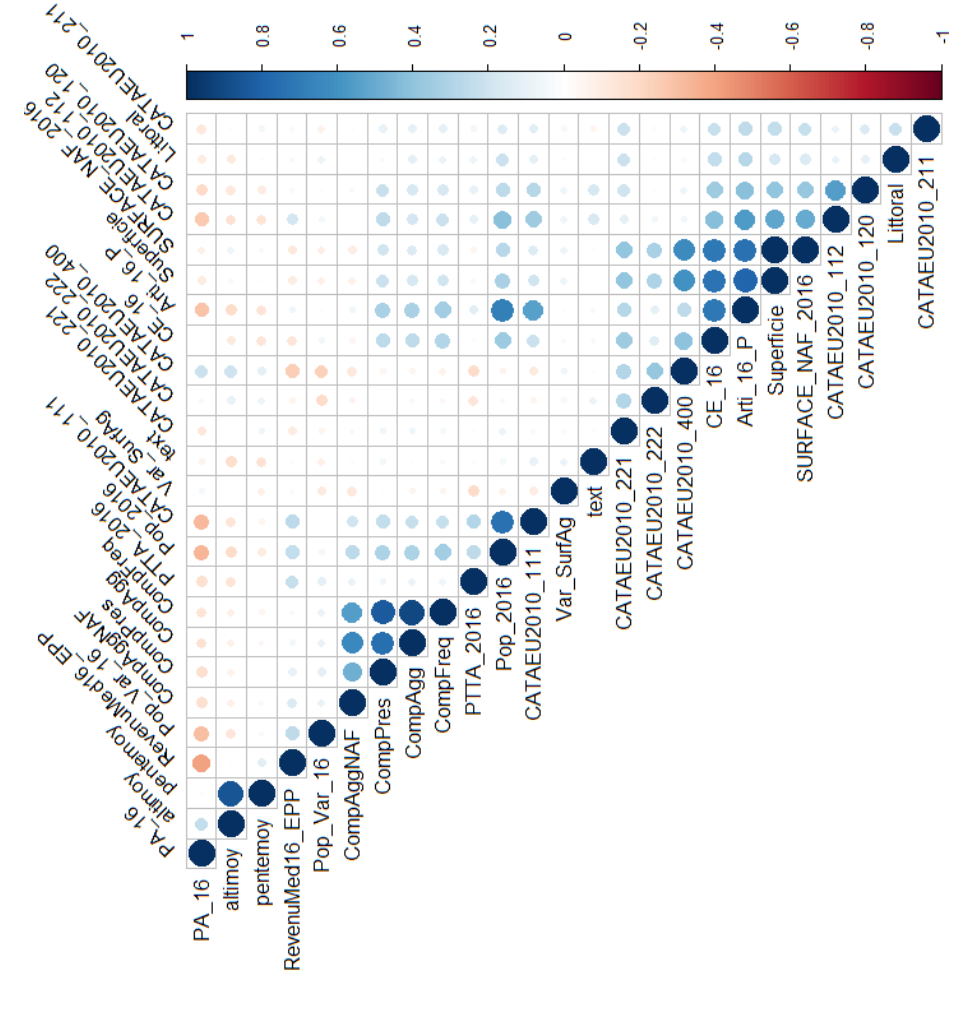


FIGURE 2 – Matrice de corrélation des variables explicatives 2016

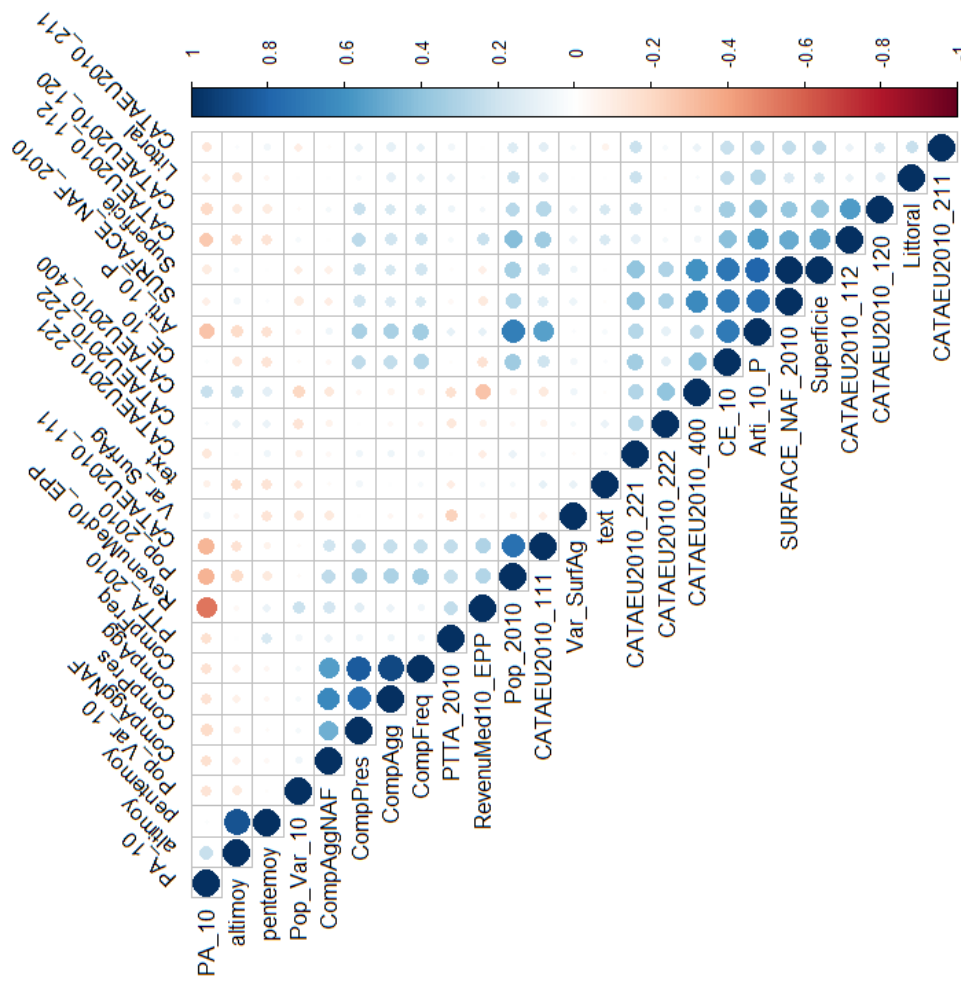


FIGURE 1 – Matrice de corrélation des variables explicatives 2010

6 Résultats et discussion

6.1 Résultats économétriques

Dans le but de trouver la meilleure spécification économétrique qui permette de traiter à la fois l'hétérogénéité individuelle, et l'auto-corrélation spatiale, plusieurs modèles, sous différentes spécifications, sont testés. Plus précisément, l'analyse distincte des modèles de panel ne traitant que de l'hétérogénéité spatiale, puis de ceux ne traitant que de l'auto-corrélation spatiale, est effectuée. Les résultats de cette analyse, dont le détails est disponible en annexe, attestent de la pertinence de l'exploitation simultanée de la dimension de panel et de la dimension spatiale. Les résultats du modèle RE-SEM, prenant donc en compte ces deux aspect sont présentés ici.

Au cours cette présentation, différentes spécifications sont utilisées. Comme énoncé précédemment, la compensation est modélisée de trois façons différentes : *CompFreq*, le nombre de mesure de compensation dans la PRA, *CompPres*, la présence ou non de mesure de compensation dans la PRA, et *CompAggNAF*, la surface de compensation totale divisée par la surface NAF de la PRA. Ces trois représentations correspondent respectivement aux modèles A, B et C.

La Table13 présente les estimations suivantes : ρ , l'effet spatial (λ dans le SEM); σ_v^2 , la variance de l'erreur idiosyncrastique²²; σ_1^2 , la variance totale; σ_μ^2 , la variance associée à l'effet individuel; θ , une fonction des composants de la variance totale (Millo, 2017). On peut voir que la moyenne de chacun de ces éléments est non nulle. Les tests LM présentés en Table 5, indiquent respectivement la significativité des effets aléatoires et spatiaux. Les hypothèses nulles étant l'absence d'effet aléatoire, et d'auto-corrélation spatiale, sont toutes deux rejetées, et ce pour toutes les spécifications incluant toutes les variables explicatives (7), et pour chacune des matrices de poids. L'utilisation de ce modèle est ainsi justifiée.

Par ailleurs, il est important de noter que le modèle est estimé avec la méthode des moments généralisés. La méthode la plus classique d'estimation des modèles RE-SEM est le maximum de vraisemblance, néanmoins, comme expliqué dans Kapoor et al. (2007), cette méthode peut parfois générer des erreurs computationnelles, ce qui a été le cas dans cette étude. Il est alors recommandé par les auteurs d'utiliser la méthode des moments généralisés.

Les deux résultats majeurs qui ressortent de l'exploitation de ce modèle dont les résultats sont présentés Table 4, sont les suivants : premièrement, on relève que les variables dont la force explicative est robuste sont le nombre de commune isolées, la variation de surface agricole, le revenu médian, l'altitude moyenne, et l'effet région ; et deuxièmement, les variables explicatives liées à la compensation ne sont pas significatives. Il est intéressant de noter que l'on retrouve ces mêmes résultats dans les analyses isolées de la dimension de panel et spatiale.

22. c'est-à-dire la variance qui n'est ni du à l'effet spatial, ni à l'effet individuel.

TABLE 4 – Résultats RE-SEM

Spécification A7

Residuals:	Min.	1st QU.	Median	Mean	3rd QU.	Max.
	-1.17306	-0.18650	0.00645	0.00134	0.20338	1.60102
Coefficients:						
(Intercept)	Estimate	Std. Error	t-value	Pr(> t)		
CompFreq	8.4466e+00	6.7901e-02	124.3962	< 2.2e-16 ***		
Densite	1.8370e-04	6.7866e-04	0.2707	0.7866360		
littoral	9.4184e+00	2.4872e+01	0.3787	0.7049299		
CATAEU2010_111	8.6898e-03	3.1080e-02	0.2796	0.7797903		
CATAEU2010_112	3.7601e-03	1.6125e-03	2.3319	0.0197059 *		
CATAEU2010_120	8.3931e-04	5.3990e-04	1.5546	0.1200507		
CATAEU2010_211	-1.9646e-05	1.3588e-03	-0.0145	0.9884644		
CATAEU2010_400	6.8073e-03	6.3212e-03	1.0769	0.2815234		
Var_SurfAg	-2.1906e-03	7.5794e-04	-2.8902	0.0038501 **		
RM	-2.9281e-03	1.2572e-03	-2.3291	0.0198544 *		
altimoy	4.4461e-05	2.5968e-06	17.1212	< 2.2e-16 ***		
text2	-1.3544e-04	4.2775e-05	-3.1663	0.0015439 **		
text3	4.6090e-02	3.7186e-02	1.2394	0.2151831		
text4	3.9773e-02	4.3398e-02	0.9165	0.3594283		
Reg11	4.7053e-02	4.7059e-02	0.9999	0.3173696		
Reg21	-3.2824e-01	7.9652e-02	-4.1209	3.773e-05 ***		
Reg22	-3.6731e-01	7.3157e-02	-5.0209	5.143e-07 ***		
Reg23	-7.8360e-02	8.9932e-02	-0.8713	0.383770		
Reg24	-2.3000e-01	9.2329e-02	-2.4911	0.0127346 *		
Reg25	-5.6544e-01	6.7768e-02	-8.3438	< 2.2e-16 ***		
Reg26	-3.0303e-01	9.0891e-02	-3.3340	0.0008561 ***		
Reg31	-1.0730e+00	7.4028e-02	-14.4946	< 2.2e-16 ***		
Reg32	2.3479e-01	9.2160e-02	2.5477	0.0108450 *		
Reg33	-7.7328e-01	8.4810e-02	-9.1413	< 2.2e-16 ***		
Reg34	-4.0992e-01	1.0379e-01	-3.9494	7.833e-05 ***		
Reg42	-1.2264e+00	7.6254e-02	-16.0827	< 2.2e-16 ***		
Reg43	-9.7770e-01	7.1562e-02	-13.6622	< 2.2e-16 ***		
Reg53	-6.8881e-01	7.7911e-02	-8.8410	< 2.2e-16 ***		
Reg54	-7.8876e-01	7.5196e-02	-10.4894	< 2.2e-16 ***		
Reg72	-2.6992e-01	6.0913e-02	-4.4312	9.370e-06 ***		
Reg73	-3.5758e-01	5.7867e-02	-6.1793	6.440e-10 ***		
Reg74	-8.6794e-01	8.7716e-02	-9.8949	< 2.2e-16 ***		
Reg82	-5.1807e-01	5.8068e-02	-8.9218	< 2.2e-16 ***		
Reg83	-5.6061e-01	6.7590e-02	-8.2944	< 2.2e-16 ***		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Spécification B7

Residuals:	Min.	1st QU.	Median	Mean	3rd QU.	Max.
	-1.17462	-0.18654	0.00685	0.00131	0.20381	1.60052
Coefficients:						
(Intercept)	Estimate	Std. Error	t-value	Pr(> t)		
CompagnAF	8.4473e+00	6.7824e-02	124.5470	< 2.2e-16 ***		
Densite	7.4886e-02	3.3467e-01	0.2238	0.8229432		
littoral	7.2725e+00	2.6612e+01	0.2733	0.7846405		
CATAEU2010_111	8.8463e-03	3.1081e-02	0.2846	0.7759324 *		
CATAEU2010_112	3.8100e-03	1.5924e-03	2.3926	0.0167284 *		
CATAEU2010_120	-2.3440e-05	5.3731e-04	-0.0172	0.9862366		
CATAEU2010_211	6.9710e-03	1.3608e-03	-0.0172	0.9862574		
CATAEU2010_400	-2.1901e-03	7.5818e-04	-2.8886	0.0038690 **		
Var_SurfAg	-2.9167e-03	1.2605e-03	-2.3139	0.0206722 *		
RM	4.4455e-05	2.5957e-06	17.1263	< 2.2e-16 ***		
altimoy	-1.3546e-04	4.2789e-05	-3.1658	0.0015464 **		
text2	4.6177e-02	3.7189e-02	1.2417	0.2143561		
text3	4.0151e-02	4.3402e-02	0.9251	0.3549161		
text4	4.7237e-02	4.7081e-02	1.0033	0.3157074		
Reg11	-3.2926e-01	7.9521e-02	-4.1405	3.466e-05 ***		
Reg21	-3.6850e-01	7.3032e-02	-5.0458	4.517e-07 ***		
Reg22	-8.0609e-02	8.9610e-02	-0.8996	0.3683576		
Reg23	-2.3157e-01	9.5892e-02	-2.4449	0.0157386 *		
Reg24	-5.6676e-01	7.561e-02	-8.3888	< 2.2e-16 ***		
Reg25	-3.0478e-01	9.0774e-02	-3.3575	0.0007864 ***		
Reg26	-1.0741e+00	7.3968e-02	-14.5211	< 2.2e-16 ***		
Reg31	2.3283e-01	9.1725e-02	2.5383	0.0111392 *		
Reg32	-7.7731e-01	8.4530e-02	-9.1957	< 2.2e-16 ***		
Reg33	-4.1059e-01	1.0374e-01	-3.9578	7.565e-05 ***		
Reg42	-1.2278e+00	7.6260e-02	-16.1001	< 2.2e-16 ***		
Reg53	-9.7662e-01	7.1366e-02	-13.6847	< 2.2e-16 ***		
Reg54	-6.8812e-01	7.7848e-02	-8.8394	< 2.2e-16 ***		
Reg72	-2.8959e-01	7.5189e-02	-10.5014	< 2.2e-16 ***		
Reg73	-3.5794e-01	6.0749e-02	-4.4589	8.237e-06 ***		
Reg74	-8.6831e-01	8.7716e-02	-9.8991	< 2.2e-16 ***		
Reg82	-5.1893e-01	5.8369e-02	-8.8904	< 2.2e-16 ***		
Reg83	-5.6126e-01	6.7585e-02	-8.3045	< 2.2e-16 ***		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

TABLE 5 – Test LM1 et LM2

		Spécification A_7	
	Matrice de poids	Statistique	P-value
LM1 - H_0 Absence d'effet aléatoire	nn4	102.91	<2.2e-16
	nn6	102.91	<2.2e-16
	dist	102.91	<2.2e-16
		Spécification B_7	
	Matrice de poids	Statistique	P-value
LM2 - H_0 Absence d'auto-corrélation	nn4	20.074	<2.2e-16
	nn6	23.495	<2.2e-16
	dist	17.827	<2.2e-16
		Spécification B_7	
	Matrice de poids	Statistique	P-value
LM1 - H_0 Absence d'effet aléatoire	nn4	102.91	<2.2e-16
	nn6	102.91	<2.2e-16
	dist	102.91	<2.2e-16
	Matrice de poids	Statistique	P-value
LM2 - H_0 Absence d'auto-corrélation	nn4	20.176	<2.2e-16
	nn6	23.641	<2.2e-16
	dist	17.847	<2.2e-16
		Spécification C_7	
	Matrice de poids	Statistique	P-value
LM1 - H_0 Absence d'effet aléatoire	nn4	102.92	<2.2e-16
	nn6	102.92	<2.2e-16
	dist	102.92	<2.2e-16
	Matrice de poids	Statistique	P-value
LM2 - H_0 Absence d'auto-corrélation	nn4	20.063	<2.2e-16
	nn6	23.461	<2.2e-16
	dist	17.671	<2.2e-16

6.2 Discussion

Face à ces résultats, une question émerge : Pourquoi dans notre modèle la compensation écologique n'impacte pas le prix des terres agricoles ? Précédemment dans cette étude, de nombreuses justifications théoriques ont pu être mobilisées pour justifier cet impact, il est donc surprenant que cet impact puisse être non significatif. Bien que l'hypothèse selon laquelle la présence de compensation n'aurait pas d'impact sur le prix du foncier agricole ne peut être écartée, les hypothèses alternatives quant à cette absence de significativité sont les suivantes :

Premièrement, le modèle présenté peut poser des problèmes d'endogénéité, des variables associées à la compensation. Cette endogénéité peut avoir comme explications possibles la simultanéité, l'erreur de mesure ou une variable omise. Au sujet de la simultanéité, il est probable que la compensation ait lieu dans des zones où le prix des terres agricoles est *déjà* haut, c'est à dire que la compensation n'a pas lieu aléatoirement sur le territoire. En effet, puisque la compensation est la contre-partie des projets d'aménagement, que d'après le principe de proximité elle doit avoir lieu proche de ces derniers, et que les zones où ces projets émergent à un rythme soutenu sont souvent des zones dynamiques économiquement, où le prix des terrains (du fait de leur demande) et des terres agricoles (du fait de leur raréfaction) sont déjà élevés, il est tout à fait possible de trouver ce genre de simultanéité (on pense par exemple à la région PACA). BenDor and Brozović (2007) explicitent ce problème dans leurs travaux, dans leur cas c'est la décision de restauration d'une zone humide qui n'est pas un processus aléatoire, dans le cas présent c'est la compensation.

Or, le modèle hédonique fait l'hypothèse d'une relation exogène entre le lieu de la compensation et le prix des terres agricoles ex-ante.

Une autre source d'endogénéité, est celle pouvant provenir d'une erreur de mesure des variables utilisées, et du manque de variables explicatives. En effet, un certain nombre de données utilisées dans ce modèle sont agrégées, moyennées, ou manquent de précisions par rapport au phénomène qu'elles sont sensées capturer. Plus précisément, la qualité des données fait défaut à deux reprises dans l'analyse. Premièrement, concernant la variable représentant le prix de la terre agricole, les données de la SAFER ne référencent que la moyenne sur trois ans du prix des transactions observées à l'échelle des PRA, ce qui peut être très différent de la réalité du marché si les ventes observées ne sont pas représentatives de celui-ci. Par ailleurs, les données ne concernent que les terres libres, et excluent donc les terres louées. A ce titre, d'après Courleux (2011) les ventes de terres agricoles libres à *des agriculteurs* représentaient 14.7% du total des ventes entre 2000 et 2007. Cependant, d'après GraphAgri (2016), les ventes de terres libres à des agriculteurs étaient de 68,4 milliers d'hectare en 2015 sur un ensemble de 179,4 ha, soit 38,13% du total des ventes de terres agricoles pour cette année-là. Quoiqu'il en soit, l'exclusion des terres louées génère un biais dans la présente analyse qui pourrait être à la source de l'absence de significativité des variables liées à la compensation.

Deuxièmement, les données disponibles via GéoMCE ne représentent qu'un échantillon de l'ensemble des mesures de compensation ayant eu lieu sur la période considérée, ne sont pas datées, et ne permettent pas d'avoir des précisions sur la nature de la mesure ou sur type de contrat dont elle est à la source (acquisition foncière, bail rural environnemental, bail emphytéotique, etc.).

En effet, GéoMCE ne référence qu'une partie des mesures de compensation ayant été réalisées entre 2010 et 2016, or, bien que le dispositif ait été peu utilisé avant les années 2010, il date de 1976. Un biais de sélection est inhérent au fait que la base de donnée soit en cours de construction, il ne doit pas être négligé²³. Le manque d'observations, puisque la base référence seulement 1451 communes ayant fait de la compensation dans 332 PRA, pourrait donc expliquer le manque de significativité des variables liées à la compensation.

Par ailleurs, puisque les mesures de compensation n'ont pas de durée fixe, le fait que les données la concernant ne soient pas datées pourrait biaiser le résultat. En effet, si une mesure compensatoire a été réalisée dans la PRA, sur la période 2010-2016 la base de donnée enregistre sa présence, cependant elle n'indique pas à quelle date cette dernière a été effective, ou si elle l'est encore. Néanmoins, au vu de la longueur de la période étudiée (2010-2016) et de la moyenne de durée de vie des mesures de compensation, l'hypothèse est faite que toutes les mesures référencées dans la base ont duré au moins de 2010 à 2016. Cependant, il existe un biais potentiel généré par le non référencement de la durée des mesures de compensation, similaire à celui évoqué dans Kaza and BenDor (2013) : l'augmentation éventuelle du prix des terres agricoles provenant d'un effet aménité causé par la compensation met du temps à être visible. Les propriétaires fonciers de terrains avoisinants une zone de compensation riche en biodiversité n'intègrent pas immédiatement sa présence et sa valeur. Celle-ci augmentant, par ailleurs, avec l'expansion de la biodiversité, se faisant ainsi, elle aussi, au fil des années, or l'absence d'informations sur la période d'effectivité de chaque mesure empêche de réaliser des analyses de l'impact de la compensation avec un décalage temporel.

Finalement, un certain nombre d'informations, qui pourraient pourtant s'avérer fondamentales dans la caractérisation de la relation entre prix des terres agricoles et compensation, ne sont pas disponibles. Les données de GéoMCE ne prennent par exemple pas en compte les mesures qui ne sont pas surfaciques, et qui consistent en aménagements ponctuels tels que les abris ou

23. GéoMCE recense les mesures de compensation à partir de diverses bases de données de différentes DREAL et à partir des arrêtés préfectoraux. Initialement, le recensement a consisté en une numérisation des dossiers physiques, mais GéoMCE est conçu pour, à l'avenir, importer directement les données depuis les outils métiers existants du MTES. Voir : http://carto.geo-ide.application.i2/1044/20160404_CEREMA_Mesures_compensatoires.map.

gîtes artificiels pour la faune. A certains égards, cela ne pose pas de problème, les mesures de compensation dites "non surfaciques" ne font pas concurrence aux autres usages des terres (agriculture et aménagement), et ne peuvent donc pas faire monter les prix des terres agricoles via une raréfaction de l'offre. Néanmoins, cela peut constituer un biais dans le sens ou la présence même de compensation (peu importe sa taille) peut aussi avoir des effets sur le prix du foncier agricole, et ce par des effets d'anticipation d'usages potentiels et de diffusion des pratiques, ou encore, via des effets positifs ou négatifs de voisinage. Ces données ne permettent pas non plus de savoir si, sur un terrain en question destiné à la compensation, l'activité agricole peut perdurer, en intégrant des pratiques plus respectueuses de l'environnement, malgré la compensation ou non. Or, ces deux situations n'ont pas du tout les mêmes effets sur le marché agraire.

Des pistes de recherches pour faire face à ces limites sont proposées dans la conclusion.

7 Conclusion

Dans le but de traiter de la question de l'impact de la compensation écologique sur le prix du foncier agricole à l'échelle des PRA, sur la période 2010-2016, un modèle économétrique de panel spatialisé RE-SEM a été estimé.

A l'issue de cette étude plusieurs conclusions peuvent être formulées :

Tout d'abord, à travers l'analyse isolée de la dimension de panel puis spatiale, la pertinence de l'exploitation de l'auto-corrélation spatiale et l'hétérogénéité individuelle, et plus particulièrement leur combinaison au sein d'un modèle RE-SEM, a pu être démontrée.

De plus, estimer ces différents modèles a permis de sélectionner le meilleur du point de vue de la précision de l'estimation des paramètres (le modèle RE-SEM), et de constater la robustesse de la significativité des variables suivantes : le nombre de communes isolées par PRA (effet négatif), la variation de la surface agricole (effet négatif), le revenu médian (effet positif), l'altitude moyenne (effet négatif), et l'effet fixe région²⁴.

Enfin, l'absence de significativité des variables associées à la compensation dans ce modèle, avec les données disponibles, est manifeste.

La section précédente a permis de formuler deux hypothèses pour expliquer nos résultats : une première du à la simultanéité entre le prix des terres agricoles et la présence de compensation ; et l'autre, au manque de données plus précises et exhaustives sur la compensation et le prix des terres agricoles.

En ce qui concerne la simultanéité, un modèle économétrique en équations simultanées pourrait estimer à la fois l'impact de la compensation sur le prix des terres agricoles, et l'impact du prix des terres agricoles sur la compensation. Plus précisément : une équation estimerait le prix des terres en fonction de la compensation et d'autres variables ; une deuxième estimerait la compensation en fonction du prix des terres agricoles et d'autres variables. Cependant, ces estimations sont relativement complexes dans un modèle de panel spatialisé. Cela nécessiterait également de disposer de données sur les facteurs déterminant la compensation. Pour résoudre le problème d'erreur de mesure des variables, la disponibilité de données plus précises exhaustives sur la compensation est donc dans tous les cas essentielle. De manière plus générale, pour éviter les problèmes d'endogénéité, il pourrait être envisageable de chercher un facteur corrélé avec la compensation et non corrélé avec le prix de la terre agricole dans le but de réaliser une procédure d'instrumentalisation.

Une autre option serait de mener une étude de double différence²⁵ sur deux PRA ou régions similaires, mais dont l'une réaliserait plus de compensation que l'autre. Plus précisément, si nous

24. Les mêmes modèles ont été estimés sur le sous-échantillon des PRA ayant des mesures de compensation et les résultats sont similaires. Ceci appuie là encore leur robustesse.

25. Méthode statistique utilisée pour estimer l'effet d'un traitement, par exemple celui d'une politique publique. Elle consiste à comparer la différence entre le groupe de contrôle et le groupe traité avant et après l'introduction du traitement

avons disposé, là encore, de données plus fines, à l'échelle de la parcelle par exemple, nous aurions pu utiliser la méthode décrite dans Kaza and BenDor (2013), un estimateur d'appariement. Cette méthode non-paramétrique permettant de simuler un design expérimental même en l'absence de ce dernier.

Ainsi, seul le développement d'informations plus fines sur la *durée* et le *type* de compensation pourrait permettre de tirer des conclusions plus certaines sur l'impact de la compensation sur le prix du foncier agricole, un sujet dont la pertinence demeure certaine.

Références

- Akaike, H. (1998). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In *Selected papers of hirotugu akaike*. Springer, 199–213.
- Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics : methods and models*, 4. Springer Science & Business Media.
- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association (lisa). *Geographical analysis* 27 : 93–115.
- Anselin, L. (2010). Thirty years of spatial econometrics. *Papers in regional science* 89 : 3–25.
- Baltagi, B. H. (1995). *Econometric analysis of panel data*, 2. Wiley New York.
- Bastian, C. T., McLeod, D. M., Germino, M. J., Reiners, W. A. and Blasko, B. J. (2002). Environmental amenities and agricultural land values : a hedonic model using geographic information systems data. *Ecological economics* 40 : 337–349.
- BenDor, T. and Brozović, N. (2007). Determinants of spatial and temporal patterns in compensatory wetland mitigation. *Environmental Management* 40 : 349–364.
- Bockstael, N. E., Irwin, E. G. et al. (2000). Economics and the land use-environment link. *The international yearbook of environmental and resource economics* 2001 : 1–54.
- Breusch, T. S. and Pagan, A. R. (1979). A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica : Journal of the Econometric Society* : 1287–1294.
- Brueckner, J. K. (1990). Growth controls and land values in an open city. *Land Economics* 66 : 237–248.
- Cavaillès, J., Hilal, M. and Wavresky, P. (2011). L'influence urbaine sur le prix des terres agricoles et ses conséquences pour l'agriculture. *Economie et statistique* 444 : 99–125.
- CGDD (2013). Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels p95 - 107.
- Chakir, R., De Cara, S. and Vermont, B. (2011). Émissions de gaz à effet de serre dues à l'agriculture et aux usages des sols en France : une analyse spatiale. *Economie et statistique* 444 : 201–221.
- Chakir, R. and Le Gallo, J. (2013). Predicting land use allocation in France : A spatial panel data analysis. *Ecological Economics* 92 : 114–125.
- Cheshire, P. and Sheppard, S. (1995). On the price of land and the value of amenities. *Economica* : 247–267.
- Commissariat Général au Développement Durable (2013). Lignes Directrices Nationales sur la Séquence Éviter, Réduire et Compenser les Impacts sur les Milieux Naturels. Tech. rep., Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire.

- Courleux, F. (2011). Augmentation de la part des terres agricoles en location : échec ou réussite de la politique foncière? *Économie et statistique* 444 : 39–53.
- Deaton, B. J. and Vyn, R. J. (2010). The effect of strict agricultural zoning on agricultural land values : The case of ontario’s greenbelt. *American Journal of Agricultural Economics* 92 : 941–955.
- Elhorst, J. P. (2014). *Spatial econometrics : from cross-sectional data to spatial panels*. Springer.
- Feichtinger, P., Salhofer, K. et al. (2013). What do we know about the influence of agricultural support on agricultural land prices? *Journal of International Agricultural Trade and Development* 62.
- Fienup, M. and Plantinga, A. J. (2018). Unintended effects of environmental policies : The case of urban growth controls and agricultural intensification. *Unintended Consequences of Environmental Policies : the Case of Urban Growth Controls* : 29.
- Geoghegan, J., Wainger, L. A. and Bockstael, N. E. (1997). Spatial landscape indices in a hedonic framework : an ecological economics analysis using gis. *Ecological economics* 23 : 251–264.
- GraphAgri (2016). Exploitations, foncier, installation, pratiques culturelles. Tech. rep., Agreste.
- Henneberry, D. M. and Barrows, R. L. (1990). Capitalization of exclusive agricultural zoning into farmland prices. *Land Economics* 66 : 249–258.
- Honda, Y. (1985). Testing the error components model with non-normal disturbances. *The Review of Economic Studies* 52 : 681–690.
- Kapoor, M., Kelejian, H. H. and Prucha, I. R. (2007). Panel data models with spatially correlated error components. *Journal of econometrics* 140 : 97–130.
- Kaza, N. and BenDor, T. K. (2013). The land value impacts of wetland restoration. *Journal of Environmental Management* 127 : 289 – 299, doi :<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.04.047>.
- Lancaster, K. J. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of political economy* 74 : 132–157.
- Latruffe, L., Piet, L., Dupraz, P. and Mouël, C. L. (2014). Influence of agricultural support on sale prices of french farmland : A comparison of different subsidies, accounting for the role of environmental and land regulations. *Factor Markets* .
- Le Coent, P., Calvet, C. et al. (2016). Challenges of achieving biodiversity offsetting through agri-environmental schemes : evidence from an empirical study. Tech. rep.
- Lee, L.-f. and Yu, J. (2012). Spatial panels : Random components versus fixed effects. *International Economic Review* 53 : 1369–1412.
- Livanis, G., Moss, C. B., Breneman, V. E. and Nehring, R. F. (2006). Urban sprawl and farmland prices. *American Journal of Agricultural Economics* 88 : 915–929.
- Millo, G. (2017). Econometric Models for Spatial Panel Data : Package ‘splm’.
- Ricardo, D. (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*. Ink book.
- Sevestre, P. (2002). *Econométrie des données de panel*. Dunod, Paris France .
- Thünen, J. v. (1826). Der isolierte staat. *Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie* .

- Titman, S. (1985). Urban land prices under uncertainty. *The American Economic Review* 75 : 505–514.
- Towe, C. A., Nickerson, C. J. and Bockstael, N. (2008). An empirical examination of the timing of land conversions in the presence of farmland preservation programs. *American Journal of Agricultural Economics* 90 : 613–626.
- Tyrväinen, L. and Miettinen, A. (2000). Property prices and urban forest amenities. *Journal of environmental economics and management* 39 : 205–223.
- Vaissière, A.-C., Tardieu, L., Quétier, F. and Roussel, S. (2017). Preferences for biodiversity offset contracts on arable land : a choice experiment study with farmers. *European Review of Agricultural Economics* .
- Vermont, B. (2016). Prix des terrains à bâtir : Une analyse spatiale. Tech. rep., Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire.

Table des figures

1	Matrice de corrélation des variables explicatives 2010	19
2	Matrice de corrélation des variables explicatives 2016	19
3	Normalité de la Distribution de la Variable Dépendante	32

Liste des tableaux

1	Tableau synthétique des données utilisées	16
2	Cartographie de la variable dépendante, de compensation et de variation de la surface agricole	17
3	Statistiques Descriptives	18
4	Résultats RE-SEM	21
5	Test LM1 et LM2	22
6	Auto-corrélation Spatiale du Prix des Transaction des Terres Agricoles	31
7	Auto-corrélation Spatiale de la Compensation Écologique	31
8	Auto-corrélation spatiale locale	32
9	Statistiques Descriptives du Prix Nominaux des Transactions de Terres Agricoles sur la Période 1997-2016	33
10	Diagramme de Dispersion : Variable dépendante et compensation par année	34
11	Matrice de Corrélation	37
12	Matrice de corrélation - P-value	37
13	RE-SEM - Variances	38
14	Résultats Pooled (1)	39
15	Résultats Pooled (2)	40
16	Résultats Modèle à Effet Aléatoire (1)	41
17	Résultats Random (2)	42
18	Test du multiplicateur de Lagrange sur la significativité de l'effet individuel	43
19	Moyenne de prix des transactions agricoles par hectare, par région	43
20	Test de Moran sur les résidus des régression MCO des Coupes Transversales en t = 2016	44
21	Résultats MCO	45
22	Résultats SEM	46
23	SEM - L'effet spatial λ	47
24	Tests LM - Choix du modèle spatial	47

8 Annexes

8.1 Étude du modèle en panel à effet aléatoire

Cette sous-section d'intéresse tout d'abord, à la pertinence de l'utilisation de la dimension de panel, et qui plus est au travers d'un effet aléatoire. Pour répondre à cela, le modèle pooled (Table 14 et 15) est comparé au modèle aléatoire (Table 16 et 17)²⁶ Le modèle pooled considère chaque observation PRA/année comme une observation à part entière. Les PRA n'ont pas de caractéristiques individuelles spécifiques, autrement dit la variabilité individuelle n'est pas significative, et ne peut pas être utilisée pour apporter une force explicative au modèle.

A l'inverse, le modèle aléatoire considère ces effets individuels spécifiques comme significatifs et suivant une distribution aléatoire. La Table 18 fournit les résultats des tests de Breusch-Pagan (Breusch and Pagan, 1979) et de Honda (Honda, 1985) pour les spécifications 7. On peut voir que l'hypothèse nulle, selon laquelle la variance associée à l'effet individuel serait nulle est rejetée, en d'autres termes, utiliser la dimension de panel, et exploiter l'hétérogénéité individuelle est pertinent.

Dès lors, l'intérêt du modèle pooled, présenté en Table 14 et 15, est rejeté et la dimension de panel est par la suite exploitée. Néanmoins, il reste à savoir si l'effet aléatoire est la bonne manière de représenter l'hétérogénéité individuelle, cette dernière pouvant également être modélisée à travers un effet fixe. A ce titre, comme expliqué dans les sections précédentes (cf. 3.1), la présence de variables fixes dans le temps ne permet pas d'utiliser un effet fixe.

Ainsi, à l'issue de cette analyse, deux conclusions sont tirées : d'une part l'utilisation de la dimension de panel est pertinente, et d'autre part sa modélisation sous la forme d'un effet aléatoire est justifiée.

Pour finir, il reste à savoir quelle spécification est la plus appropriée. En effet, plusieurs variables explicatives ont été présentées dans les sections précédentes, et toutes ne sont pas forcément pertinentes. Pour répondre à cette question, les variables explicatives sont ajoutées une par une (Table 14 à 17). La spécification 7 est finalement la plus adaptée. Cette dernière contient toutes les variables sauf le taux d'artificialisation (montrée non significative Table 16), et la pente moyenne, remplacée par l'altitude moyenne, ces deux variables étant fortement corrélées (cf. Figure 1 et 2). La spécification 7 contient également un effet fixe région, la pertinence de cet effet est notable ; le R-squared ajusté du modèle pooled passe de 0.176 à 0.615. De plus, que ce soit pour le modèle pooled ou aléatoire les coefficients associés aux régions sont quasiment tous significatifs, et négatifs puisque c'est la région la plus chère (93 - Provence-Alpes-Côte d'Azur) qui a été retirée par soucis de colinéarité.

En s'intéressant plus en profondeur à la significativité de chacune des variables explicatives, il est apparent que, pour le modèle pooled (Table 14 et 15), les variables significatives de manière robuste sont : la présence d'un littoral avec un effet positif sur la variable dépendante ; le nombre de communes appartenant à un grand pôle, avec là aussi un effet positif ; le nombre de communes isolées avec un effet négatif ; et la variation de la surface agricole qui a un effet positif sur le premier jeu de régression, mais dès lors qu'un effet fixe région est ajouté, a bien une relation décroissante significative avec la variable dépendante. A l'ajout de cet effet fixe, le littoral n'est plus significatif. En effet, l'ajout de cet effet capte toutes les caractéristiques inobservables propre à une région, l'information sur la présence de littoral est donc, à priori, déjà contenu dans l'effet région. Le revenu médian et l'altitude moyenne sont aussi significatifs avec un effet respectivement positif et négatif sur le prix des transactions agricoles observées. Pour les spécifications avec un effet aléatoire (Table 16 et 17), les résultats sont très similaires.

Il est surprenant que le taux d'artificialisation ne soit pas significatif dans le modèle aléatoire,

26. A chaque étape, différentes spécifications sont testées en ajoutant une à une les variables explicatives, elles sont indexées de 1 à 7. Finalement, une seule spécification est retenue, celle contenant toutes les variables explicatives et les effets fixes région.

néanmoins il est possible que l'effet qu'il est supposé capter soit déjà inclus dans la variation de la surface agricole. En effet, en présence d'artificialisation, certaines terres agricoles sont transformées en terrains constructibles, la variation de la surface agricole est donc négative. Dès lors, le prix de la terre agricole, par un mécanisme classique d'offre et de demande, augmente. La variation de la surface agricole peut également capter les phénomènes d'abandons de culture de la terre, du fait d'un manque de rentabilité, cela peut provenir d'un manque de fertilité, ou encore d'un manque d'accessibilité. Ce dernier est, dans une certaine mesure, également capté par l'altitude moyenne. En effet, les zones difficiles d'accès ne sont pas favorables à l'activité agricole, la pente joue donc négativement sur le prix des terres. L'influence négative du nombre de communes isolées, et l'influence positive du revenu médian sur la variable dépendante impliquent que le prix des terres agricoles aurait tendance à être plus élevé dans des zones de dynamisme économique, habitées par une population plutôt riche et dense. Finalement, la pertinence de l'effet région n'est pas surprenante, inclure un tel critère permet de capter tout ce qui est commun aux PRA d'une même région, et non contenu dans les autres variables explicatives, et donc une grande partie des caractéristiques inobservables. Cet effet rajoute ainsi beaucoup de force explicative au modèle.

Finalement, la significativité des variables compensation n'apparaît pas comme caractéristique d'un phénomène robuste.

8.2 Étude du modèle spatial SEM

Symétriquement à la partie précédente, la question est ici de savoir si l'exploitation de l'auto-corrélation spatiale est intéressante, et si son utilisation au sein d'un modèle SEM est justifiée. Un focus est porté sur la dimension spatiale, l'aspect panel étant ponctuellement mis de côté, l'analyse suivante est réalisée sur des coupes transversales.

Dans la partie 5.1 la présence d'auto-corrélation spatiale avait été identifiée pour la variable dépendante, et la compensation. Néanmoins, pour être certain que sa prise en compte dans ce modèle est pertinente, les résidus du modèle MCO sont analysés, sur les coupes transversales 2010, 2013 et 2016 (début, milieu, et fin de période). La Table 21 présente les résultats de ce modèle, sur les spécifications 7, pour ces trois années. La variabilité temporelle des données est très faible, les résultats sont donc tous très proches au fil des années, par la suite c'est uniquement l'année 2016 qui est conservée. La Table 20 présente les résultats du test de Moran effectué sur les résidus de cette régression. On constate que l'hypothèse nulle, selon laquelle les erreurs ne sont pas spatialement corrélées est rejetée pour toutes les spécifications, et ce pour différentes matrices de poids. Ceci plaide en faveur de l'utilisation de la dimension spatiale. Désormais, il reste à savoir si sa modélisation au sein d'un modèle aux erreurs spatialement corrélées est adéquate.

La Table 24 présente les résultats du test LM sur la pertinence du choix du modèle SEM. L'hypothèse nulle, selon laquelle le modèle MCO est préférable au modèle SEM est rejetée pour toutes les spécifications 7 et avec chaque matrice de poids. Cela indique qu'utiliser un modèle SEM est pertinent, et peut s'ajouter à la liste des justifications présentées en 3.2 expliquant le choix de son utilisation. A ce stade, la pertinence de l'exploitation de l'auto-corrélation spatiale au sein d'un modèle SEM est établie. En outre, ceci est confirmé par la significativité des effets spatiaux λ , présenté en Table ??.

En s'intéressant aux résultats du modèle SEM, présentés en Table 22, il est manifeste que les variables significatives sont sensiblement les mêmes, et vont toujours dans le même sens. C'est aussi le cas pour les régressions MCO présentées en Table 21, même si l'intérêt de ce modèle était plus l'extraction des erreurs résiduelles plutôt que l'exploitation de ces résultats. De manière plus précise, les variables qui semblent robustes à ce stade pour les spécifications 7 sont : le nombre de communes isolées, la variation de la surface agricole, le revenu médian, l'altitude moyenne, et l'effet fixe région.

Pour revenir aux résultats du SEM uniquement, il est clair que la matrice de type queen, ou matrice de contiguïté, n'est pas très adaptée. En effet, le critère d'information d'Akaike²⁷ est

27. Le critère d'Akaike repose sur l'équilibre entre la qualité de l'ajustement et la complexité du modèle, plus

toujours plus élevé lorsqu'on l'utilise. Ceci est également confirmé par les résultats de la Table 23, il peut y être vu que l'effet spatial est significatif pour toutes les matrices de poids, sauf queen. Ceci s'explique par l'hétérogénéité de la forme des PRA. A l'issus de cette analyse cette matrice n'est plus utilisée.

Finalement, la encore on constate l'absence, ou l'absence de robustesse de la significativité des variables associées à la compensation.

8.3 Tables et figures

TABLE 6 – Auto-corrélation Spatiale du Prix des Transaction des Terres Agricoles

		Statistique de Moran			
	Matrice de poids	Statistique	Prévision	Variance	p-value
$H_0 =$ Absence d'auto-corrélation spatiale	nn4	0.5313	-0.0014	0.0006	<0.02e-14
	nn6	0.45401	-0.0014	0.0041	<0.02e-14
	dist	0.54273	-0.0014	0.0048	<0.02e-14
		Statistique de Geary			
	Matrice de poids	Statistique	Prévision	Variance	p-value
$H_0 =$ Absence d'auto-corrélation spatiale	nn4	0.4849	1.0000	0.0017	<0.02e-14
	nn6	0.5389	1.0000	0.0011	<0.02e-14
	dist	0.4925	1.0000	0.0011	<0.02e-14

TABLE 7 – Auto-corrélation Spatiale de la Compensation Écologique

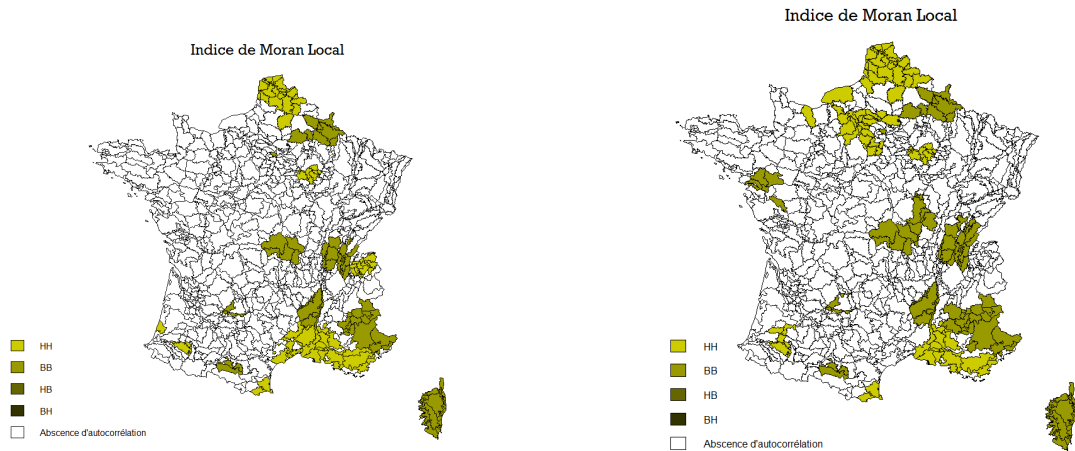
		Statistique de Moran			
	Matrice de poids	Statistique	Prévision	Variance	p-value
$H_0 =$ Absence d'auto-corrélation spatiale	nn4	0.2157	-0.0014	0.0004	<0.02e-14
	nn6	0.23789	-0.0014	0.00059	<0.02e-14
	dist	0.18807	-0.0014	0.00047	<0.02e-14
		Statistique de Geary			
	Matrice de poids	Statistique	Prévision	Variance	p-value
$H_0 =$ Absence d'auto-corrélation spatiale	nn4	0.7733	1.0000	0.0022	<0.06e-6
	nn6	0.7762	1.0000	0.0014	<0.06e-6
	dist	0.7940	1.0000	0.0013	<0.06e-6

ce dernier est bas, meilleur est le modèle (Akaike, 1998).

TABLE 8 – Auto-corrélation spatiale locale

A. Prix des transaction agricoles observées en 2010

B. Prix des transactions agricoles observées en 2016



C. Nombre de mesure de compensation 2010-2016

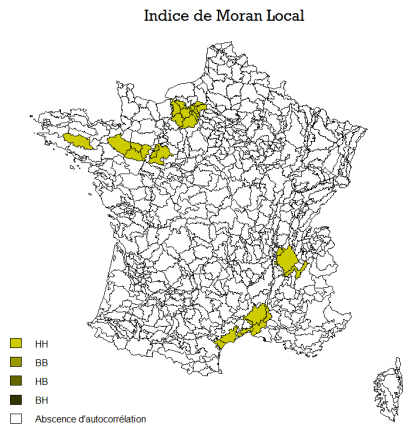


FIGURE 3 – Normalité de la Distribution de la Variable Dépendante

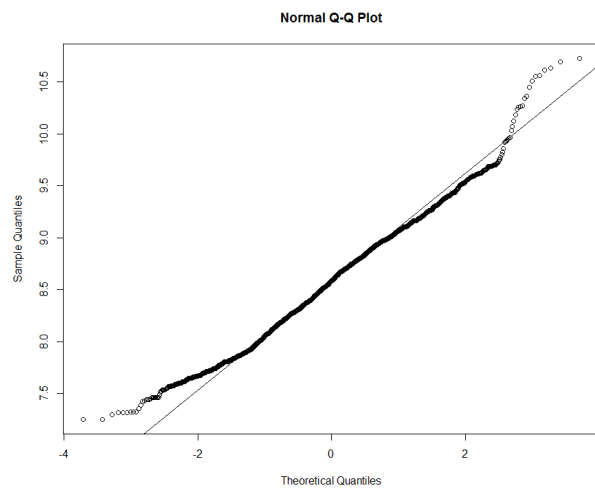
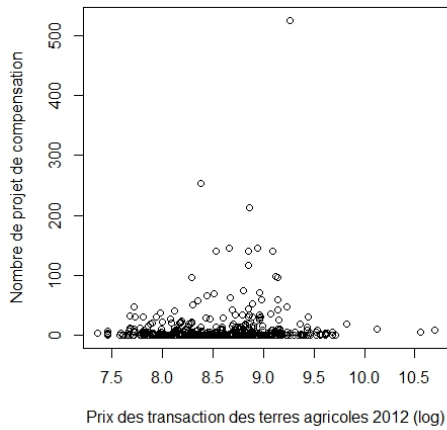
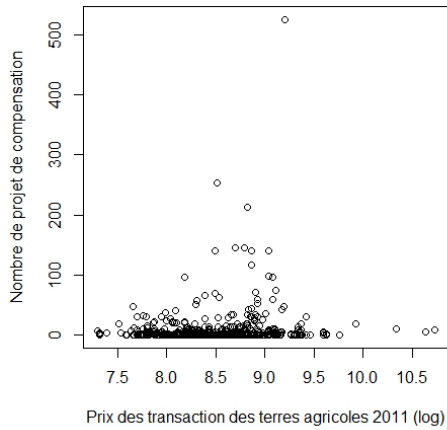
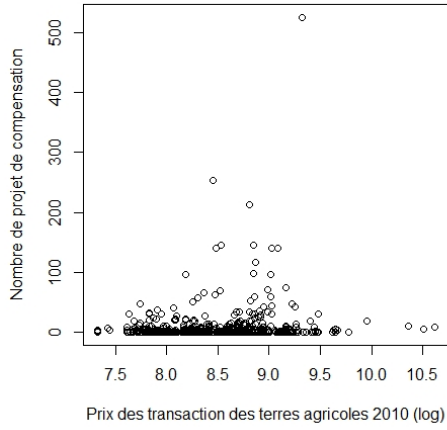


TABLE 9 – Statistiques Descriptives du Prix Nominaux des Transactions de Terres Agricoles sur la Période 1997-2016

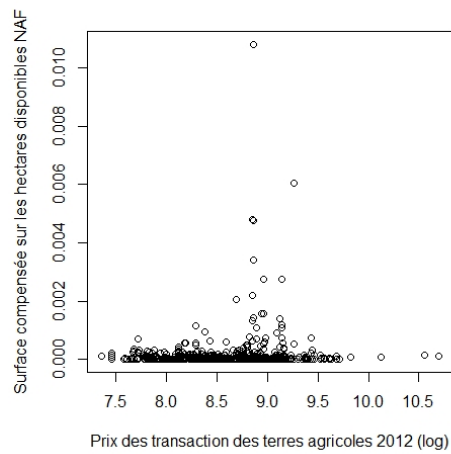
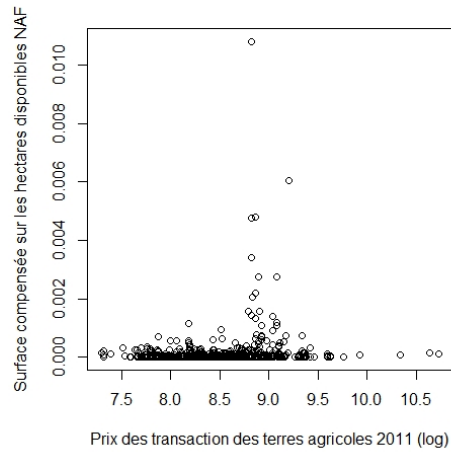
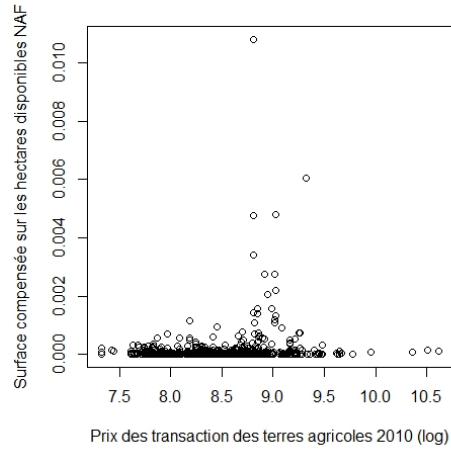
Année	Moyenne en euro	Ecart-Type	Variance	Max en euro	Min en euro
1997	3272.53	1537.82	2364898.83	18110	990
1998	3464.08	1566.99	2455457.98	18300	1030
1999	3619.78	1650.70	2724820.49	18250	1130
2000	3857.88	1785.32	3187350.96	20500	1170
2001	4124.63	2004.34	4017377.96	24740	1210
2002	4335.30	2188.2	4788420.7	28950	1240
2003	4579.95	2524.5	6373103.87	33260	1370
2004	4809.56	2918.26	8516251.02	28430	1490
2005	4969.28	3285.06	10791593.49	36220	1470
2006	5113.72	3530.52	12464564.60	39870	1570
2007	5162.25	3149.70	9920584.79	43430	1610
2008	5417.90	3242	10510593.9	40750	1760
2019	5473.50	3123.75	9757843.23	35610	1790
2010	5638.80	3378.5	11414450.5	40760	1510
2011	5664	3493.18	12202285.08	45570	1470
2012	5852.76	3448.6	11892822.68	44130	1560
2013	6008.92	3248.78	10554558.00	38690	1410
2014	6143.26	3119.27	9729867.72	28500	1410
2015	6295.9	3278.3	10747274.96	28030	1680
2016	6284.39	3358.48	11279405.95	34620	1700

TABLE 10 – Diagramme de Dispersion : Variable dépendante et compensation par année

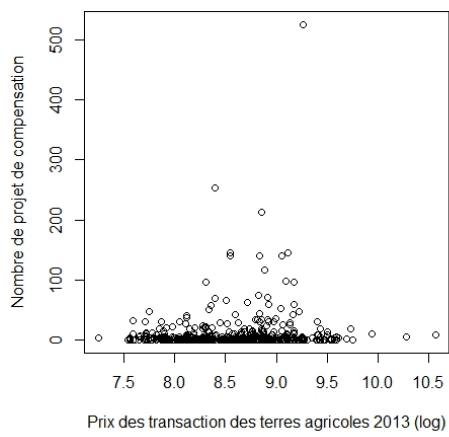
CompFreq



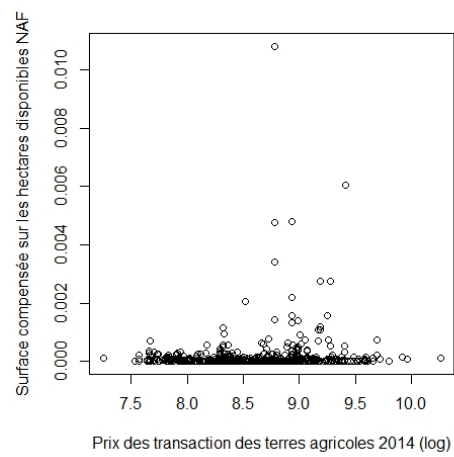
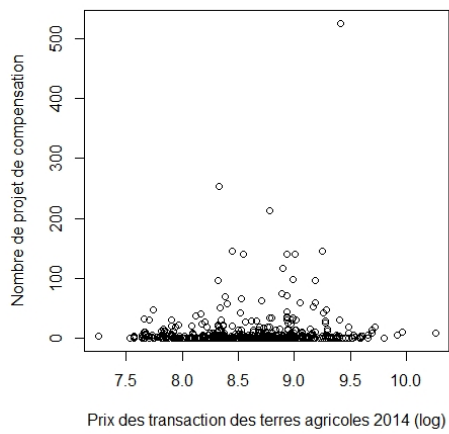
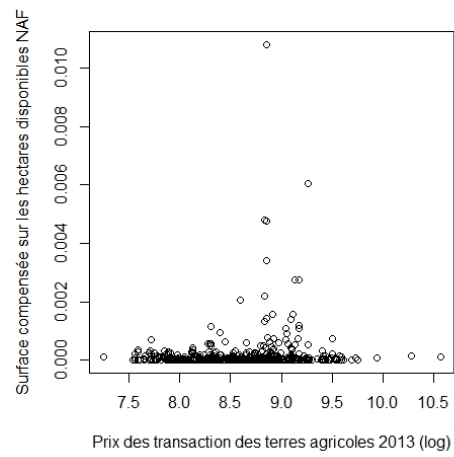
CompAggNAF



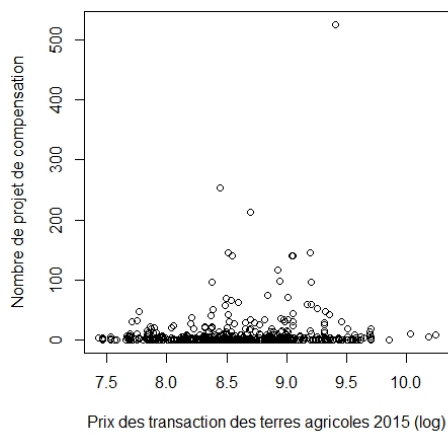
CompFreq



CompAggNAF



CompFreq



CompAggNAF

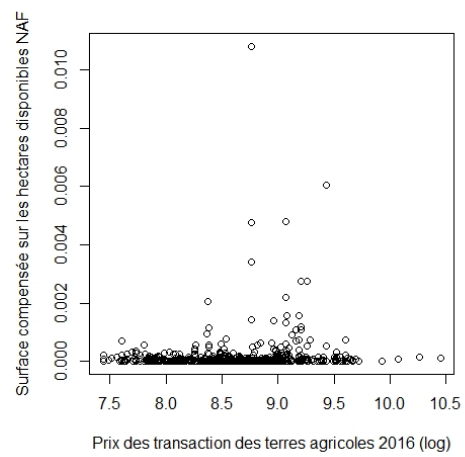
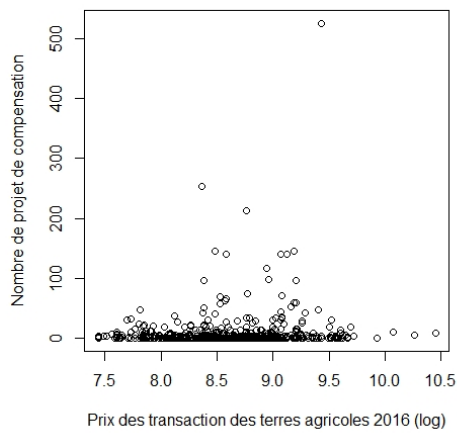
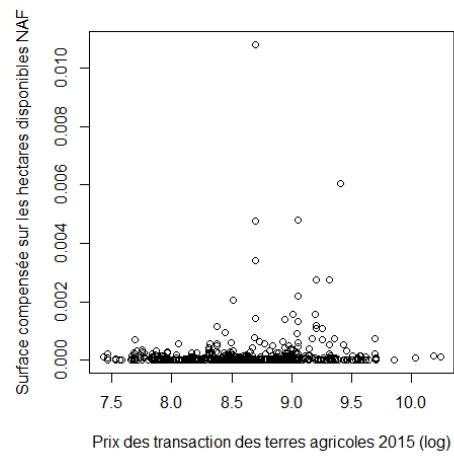


TABLE 13 – RE-SEM - Variances

	Spécification A_7	Spécification B_7	Spécification C_7
ρ	0.37522614	0.37539646	0.37497354
σ_v^2	0.01180725	0.01180851	0.01180579
σ_1^2	0.51301280	0.51256972	0.51311257
σ_μ^2 ²⁸	0.07160079	0.07153732	0.07161525
θ	0.84829137	0.84821769	0.84831550

28. $\sigma_1^2 = \sigma_v^2 + T\sigma_\mu^2$.

TABLE 14 – Résultats Pooled (1)

	Dependent variable : log(PTTA)														
	A ₁	B ₁	C ₁	A ₂	B ₂	C ₂	A ₃	B ₃	C ₃	A ₄	B ₄	C ₄	A ₅	B ₅	C ₅
CompFreq	-0.001 (0.0004)			-0.0003 (0.0004)			-0.0003 (0.0004)			-0.0003 (0.0004)			0.0002 (0.0004)		
CompPres		-0.003* (0.002)			-0.003* (0.002)			-0.003* (0.002)			-0.003** (0.002)			-0.002 (0.002)	
CompAggNAF			0.087 (0.188)			0.030 (0.185)			0.015 (0.185)			0.051 (0.185)			0.040 (0.185)
Densite	55.071*** (16.003)	55.364*** (16.002)	52.233*** (17.110)	15.943 (15.963)	16.137 (15.958)	14.879 (17.008)	12.713 (15.998)	12.907 (15.993)	12.136 (17.028)	20.972 (15.966)	21.239 (15.960)	19.249 (16.998)	10.798 (15.975)	11.169 (15.973)	9.624 (17.006)
littoral	0.120*** (0.018)	0.119*** (0.018)	0.118*** (0.018)	0.126*** (0.018)	0.126*** (0.018)	0.125*** (0.018)	0.122*** (0.018)	0.122*** (0.018)	0.121*** (0.018)	0.126*** (0.018)	0.127*** (0.018)	0.126*** (0.018)	0.133*** (0.018)	0.133*** (0.018)	0.133*** (0.018)
CATAEU2010_111	0.012*** (0.001)	0.012*** (0.001)	0.012*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.012*** (0.001)	0.012*** (0.001)	0.012*** (0.001)
CATAEU2010_112	0.001** (0.0003)	0.001** (0.0003)	0.001** (0.0003)	-0.00001 (0.0003)	0.00004 (0.0003)	-0.00004 (0.0003)	-0.0001 (0.0003)	-0.0001 (0.0003)	-0.0001 (0.0003)	0.0002 (0.0003)	0.0002 (0.0003)	0.0002 (0.0003)	0.0005 (0.0004)	0.001 (0.0004)	0.0005 (0.0004)
CATAEU2010_120	0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)
CATAEU2010_211	0.005 (0.004)	0.005 (0.004)	0.005 (0.004)	0.006 (0.004)	0.007* (0.004)	0.006 (0.004)	0.007* (0.004)	0.007* (0.004)	0.007* (0.004)	0.005 (0.004)	0.005 (0.004)	0.005 (0.004)	0.010*** (0.004)	0.010*** (0.004)	0.010*** (0.004)
CATAEU2010_400	-0.005*** (0.0004)	-0.005*** (0.0004)	-0.005*** (0.0004)	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.003*** (0.0005)	-0.003*** (0.0005)	-0.003*** (0.0005)
Var_SurfAg	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)
RM				0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)	0.0005*** (0.00000)
altimoy				-0.00005*** (0.00002)	-0.00005*** (0.00002)	-0.00005*** (0.00002)	-0.00005*** (0.00002)	-0.00005*** (0.00002)	-0.00005*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)
pentenoy										0.012*** (0.003)	0.013*** (0.003)	0.012*** (0.003)			
Arti_P													-0.00001*** (0.00000)	-0.00001*** (0.00000)	-0.00001*** (0.00000)
Constant	8.476*** (0.011)	8.477*** (0.011)	8.474*** (0.011)	7.838*** (0.048)	7.837*** (0.048)	7.836*** (0.048)	7.844*** (0.048)	7.843*** (0.048)	7.841*** (0.048)	7.850*** (0.048)	7.850*** (0.048)	7.848*** (0.048)	7.865*** (0.048)	7.865*** (0.048)	7.866*** (0.048)
Observations	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828
R ²	0.142	0.142	0.142	0.174	0.175	0.174	0.175	0.176	0.175	0.178	0.178	0.178	0.179	0.179	0.179
Adjusted R ²	0.141	0.141	0.140	0.172	0.173	0.172	0.173	0.174	0.173	0.176	0.177	0.176	0.176	0.177	0.176

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

TABLE 15 – Résultats Pooled (2)

	Dependent variable :					
	log(PTTA)					
	A_6	B_6	C_6	A_7	B_7	C_7
CompFreq	-0.0003 (0.0004)			0.0004 (0.0003)		
CompPres		-0.003** (0.002)			0.001 (0.001)	
CompAggNAF			0.003 (0.185)			-0.157 (0.143)
Densite	9.522 (16.038)	9.847 (16.033)	9.280 (17.072)	13.228 (11.061)	13.148 (11.062)	17.900 (11.882)
littoral	0.115*** (0.018)	0.115*** (0.018)	0.115*** (0.018)	0.013 (0.013)	0.013 (0.013)	0.012 (0.013)
CATAEU2010_111	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.010*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)
CATAEU2010_112	-0.0001 (0.0003)	-0.0001 (0.0003)	-0.0001 (0.0003)	0.001** (0.0002)	0.001** (0.0002)	0.001** (0.0002)
CATAEU2010_120	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)
CATAEU2010_211	0.006 (0.004)	0.006 (0.004)	0.006 (0.004)	0.009*** (0.003)	0.009*** (0.003)	0.009*** (0.003)
CATAEU2010_400	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.004*** (0.0005)	-0.003*** (0.0003)	-0.003*** (0.0003)	-0.003*** (0.0003)
Var_SurfAg	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)
RM	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.0001*** (0.00000)	0.0001*** (0.00000)	0.0001*** (0.00000)
altimoy	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)	-0.0001*** (0.00002)
text2	0.015 (0.021)	0.018 (0.021)	0.015 (0.021)	0.085*** (0.015)	0.084*** (0.015)	0.084*** (0.015)
text3	-0.026 (0.022)	-0.023 (0.022)	-0.027 (0.022)	0.072*** (0.018)	0.072*** (0.018)	0.072*** (0.018)
text4	-0.059** (0.027)	-0.060** (0.027)	-0.059** (0.027)	0.082*** (0.020)	0.081*** (0.020)	0.080*** (0.020)
Reg11				-0.377*** (0.030)	-0.379*** (0.030)	-0.381*** (0.030)
Reg21				-0.397*** (0.027)	-0.400*** (0.027)	-0.401*** (0.027)
Reg22				-0.111*** (0.035)	-0.115*** (0.035)	-0.117*** (0.035)
Reg23				-0.152*** (0.035)	-0.153*** (0.037)	-0.128*** (0.037)
Reg24				-0.612*** (0.027)	-0.614*** (0.027)	-0.617*** (0.027)
Reg25				-0.261*** (0.035)	-0.265*** (0.035)	-0.266*** (0.035)
Reg26				-1.055*** (0.028)	-1.057*** (0.028)	-1.059*** (0.027)
Reg31				0.230*** (0.035)	0.227*** (0.035)	0.222*** (0.035)
Reg41				-0.703*** (0.032)	-0.705*** (0.032)	-0.707*** (0.032)
Reg42				-0.512*** (0.039)	-0.515*** (0.039)	-0.516*** (0.039)
Reg43				-1.235*** (0.029)	-1.237*** (0.029)	-1.235*** (0.029)
Reg52				-0.975*** (0.027)	-0.976*** (0.027)	-0.973*** (0.027)
Reg53				-0.675*** (0.030)	-0.675*** (0.030)	-0.675*** (0.030)
Reg54				-0.757*** (0.028)	-0.759*** (0.028)	-0.759*** (0.028)
Reg72				-0.264*** (0.023)	-0.267*** (0.023)	-0.269*** (0.023)
Reg73				-0.302*** (0.023)	-0.303*** (0.023)	-0.303*** (0.023)
Reg74				-0.896*** (0.033)	-0.897*** (0.033)	-0.897*** (0.033)
Reg82				-0.540*** (0.021)	-0.540*** (0.021)	-0.537*** (0.021)
Reg83				-0.591*** (0.024)	-0.592*** (0.024)	-0.592*** (0.024)
Constant	7.855*** (0.050)	7.852*** (0.050)	7.852*** (0.050)	8.196*** (0.042)	8.201*** (0.042)	8.203*** (0.042)
Observations	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828
R ²	0.178	0.178	0.178	0.618	0.618	0.618
Adjusted R ²	0.175	0.176	0.175	0.615	0.615	0.615

Note :

*p<0.1 ; **p<0.05 ; ***p<0.01

TABLE 16 – Résultats Modèle à Effet Aléatoire (1)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
<i>Dependent variable : log(PTTA)</i>															
CompFreq	-0.001 (0.001)			-0.0003 (0.001)			-0.0003 (0.001)			-0.0003 (0.001)			-0.00004 (0.001)		
CompPres		-0.070* (0.036)			-0.080** (0.035)			-0.081** (0.035)			-0.079** (0.035)			-0.077** (0.036)	
CompAggNAF			0.063 (0.485)			0.164 (0.477)			0.150 (0.477)			0.182 (0.476)			0.164 (0.477)
Densite	88.915** (40.327)	91.942** (40.263)	86.919** (43.096)	-5.053 (39.777)	-1.339 (39.660)	-10.248 (42.493)	-7.637 (39.848)	-4.004 (39.724)	-12.340 (42.537)	-1.986 (39.752)	1.698 (39.638)	-7.721 (42.450)	-8.888 (39.857)	-4.997 (39.773)	-14.039 (42.552)
litotal	0.118** (0.047)	0.125*** (0.047)	0.117** (0.047)	0.127*** (0.046)	0.135*** (0.046)	0.126*** (0.046)	0.123*** (0.046)	0.131*** (0.046)	0.122*** (0.046)	0.128*** (0.046)	0.136*** (0.046)	0.127*** (0.046)	0.129*** (0.046)	0.135*** (0.046)	0.129*** (0.046)
CATAEU2010_111	0.011*** (0.002)	0.012*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.012*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.012*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.012*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.012*** (0.003)	0.012*** (0.003)	0.012*** (0.003)
CATAEU2010_112	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.00001 (0.001)	0.0002 (0.001)	-0.00001 (0.001)	-0.0001 (0.001)	0.0001 (0.001)	-0.0001 (0.001)	0.0002 (0.001)	0.0004 (0.001)	0.0001 (0.001)	0.0003 (0.001)	0.0004 (0.001)	0.0003 (0.001)
CATAEU2010_120	0.003 (0.002)	0.003 (0.002)	0.003 (0.002)	0.003* (0.002)	0.004* (0.002)	0.003* (0.002)	0.003* (0.002)	0.003* (0.002)	0.003 (0.002)	0.004* (0.002)	0.004* (0.002)	0.004* (0.002)	0.003* (0.002)	0.003* (0.002)	0.003* (0.002)
CATAEU2010_211	0.006 (0.010)	0.006 (0.010)	0.005 (0.010)	0.006 (0.010)	0.007 (0.010)	0.006 (0.010)	0.006 (0.010)	0.007 (0.010)	0.006 (0.010)	0.005 (0.010)	0.006 (0.010)	0.004 (0.010)	0.008 (0.010)	0.009 (0.010)	0.008 (0.010)
CATAEU2010_400	-0.005*** (0.001)	-0.005*** (0.001)	-0.005*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)
Var_SurfAg	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)
RM				0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00004*** (0.00000)	0.00004*** (0.00000)	0.00004*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)
altimoy							-0.0001 (0.00005)	-0.0001 (0.00005)	-0.00005 (0.00005)				-0.0001 (0.00005)	-0.0001 (0.00005)	-0.0001 (0.00005)
penimoy										0.012* (0.007)	0.012* (0.007)	0.012* (0.007)			
Arri_P															
Constant	8.472*** (0.027)	8.495*** (0.030)	8.471*** (0.027)	7.888*** (0.036)	7.913*** (0.037)	7.886*** (0.036)	7.904*** (0.039)	7.931*** (0.040)	7.902*** (0.039)	7.867*** (0.037)	7.893*** (0.039)	7.866*** (0.037)	7.910*** (0.039)	7.933*** (0.041)	7.909*** (0.039)

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

TABLE 17 – Résultats Random (2)

	<i>Dependent variable :</i>					
	log(PTTA)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
CompFreq	-0.0003 (0.001)			0.0003 (0.001)		
CompPres		-0.003 (0.004)			0.001 (0.003)	
CompAggNAF			0.137 (0.479)			-0.091 (0.362)
Densite	-10.700 (39.999)	-10.261 (39.989)	-15.029 (42.691)	9.096 (27.497)	8.969 (27.499)	11.688 (29.559)
littoral	0.116** (0.046)	0.116** (0.046)	0.115** (0.046)	0.020 (0.033)	0.020 (0.033)	0.020 (0.033)
CATAEU2010_111	0.011*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.011*** (0.002)	0.003* (0.002)	0.003* (0.002)	0.003** (0.002)
CATAEU2010_112	-0.0001 (0.001)	-0.00002 (0.001)	-0.0001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)
CATAEU2010_120	0.004* (0.002)	0.004* (0.002)	0.004* (0.002)	0.0005 (0.001)	0.0004 (0.001)	0.001 (0.001)
CATAEU2010_211	0.006 (0.010)	0.006 (0.010)	0.005 (0.010)	0.009 (0.007)	0.009 (0.007)	0.009 (0.007)
CATAEU2010_400	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)
Var_SurfAg	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.009*** (0.002)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)
RM	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)	0.00005*** (0.00000)
altimoy	-0.0001 (0.00005)	-0.0001 (0.00005)	-0.0001 (0.00005)	-0.0001*** (0.00004)	-0.0001*** (0.00004)	-0.0001*** (0.00004)
text2	0.014 (0.053)	0.016 (0.053)	0.013 (0.053)	0.086** (0.039)	0.086** (0.039)	0.086** (0.039)
text3	-0.027 (0.056)	-0.024 (0.056)	-0.029 (0.056)	0.072 (0.045)	0.072 (0.045)	0.072 (0.045)
text4	-0.063 (0.070)	-0.063 (0.070)	-0.062 (0.070)	0.078 (0.050)	0.078 (0.050)	0.077 (0.050)
Reg11				-0.322*** (0.073)	-0.324*** (0.072)	-0.326*** (0.072)
Reg21				-0.382*** (0.069)	-0.384*** (0.069)	-0.385*** (0.069)
Reg22				-0.097 (0.088)	-0.100 (0.088)	-0.102 (0.087)
Reg23				-0.135 (0.089)	-0.138 (0.092)	-0.119 (0.093)
Reg24				-0.596*** (0.067)	-0.597*** (0.067)	-0.600*** (0.067)
Reg25				-0.261*** (0.090)	-0.265*** (0.089)	-0.265*** (0.089)
Reg26				-1.039*** (0.069)	-1.041*** (0.069)	-1.042*** (0.069)
Reg31				0.225** (0.089)	0.223** (0.089)	0.219** (0.088)
Reg41				-0.692*** (0.082)	-0.694*** (0.082)	-0.696*** (0.081)
Reg42				-0.464*** (0.095)	-0.466*** (0.095)	-0.467*** (0.095)
Reg43				-1.214*** (0.073)	-1.216*** (0.073)	-1.215*** (0.073)
Reg52				-0.976*** (0.068)	-0.978*** (0.069)	-0.975*** (0.068)
Reg53				-0.672*** (0.076)	-0.673*** (0.076)	-0.672*** (0.076)
Reg54				-0.761*** (0.071)	-0.763*** (0.071)	-0.763*** (0.071)
Reg72				-0.262*** (0.059)	-0.264*** (0.059)	-0.266*** (0.059)
Reg73				-0.298*** (0.058)	-0.299*** (0.058)	-0.299*** (0.058)
Reg74				-0.899*** (0.084)	-0.900*** (0.084)	-0.900*** (0.084)
Reg82				-0.509*** (0.052)	-0.510*** (0.052)	-0.508*** (0.052)
Reg83				-0.596*** (0.062)	-0.597*** (0.062)	-0.598*** (0.062)
Constant	7.919*** (0.058)	7.918*** (0.058)	7.917*** (0.058)	8.383*** (0.064)	8.385*** (0.063)	8.387*** (0.064)
Observations	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828	4.828
R ²	0.135	0.135	0.135	0.273	0.273	0.273
Adjusted R ²	0.132	0.132	0.132	0.268	0.268	0.268

Note :

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

TABLE 18 – Test du multiplicateur de Lagrange sur la significativité de l’effet individuel

Spécification A_7		
Test : H_0 : Variance de l’effet individuel = 0	Statistique	p-value
Breusch - Pagan (χ^2)	10601	<2.2e-16
Honda (N)	102.96	<2.2e-16
Spécification B_7		
Test : H_0 : Variance de l’effet individuel = 0	Statistique	p-value
Breusch - Pagan (χ^2)	10600	<2.2e-16
Honda (N)	102.96	<2.2e-16
Spécification C_7		
Test : H_0 : Variance de l’effet individuel = 0	Statistique	p-value
Breusch - Pagan (χ^2)	10602	<2.2e-16
Honda (N)	102.97	<2.2e-16

TABLE 19 – Moyenne de prix des transactions agricoles par hectare, par région

Région	Moyenne	Rang	Signe du coefficient
11	7854.67	5	-
21	6580.43	8	-
22	8394.43	3	-
23	8233.83	4	-
24	4921.26	12	-
25	6702.95	6	-
26	3012.35	19	-
31	11888.21	2	+
41	4317.33	15	-
42	6184.61	9	-
43	2569.01	20	-
52	3414.28	17	-
53	4611.03	13	-
54	3926.57	16	-
72	6668.23	7	-
73	6139.10	10	-
74	3212.23	18	-
82	5819.41	11	-
83	4374.60	14	-
93	13325.45	1	Ref.
Moyenne	5970		

TABLE 20 – Test de Moran sur les résidus des régression MCO des Coupes Transversales en $t = 2016$

Spécification $A_7(2016)$						
	Matrice de poids	Statistique de Moran	Prévision	Variance	p-value	
$H_0 =$ Absence d'auto-corrélation spatiale	nn4	0.1736	-0.0015	0.00064	2.6e-12	
	nn6	0.1764	-0.0015	0.00044	2.2e-16	
	dist	5.6130e-02	-1.4534e-03	7.4843e-05	1.405e-11	
Spécification $B_7(2016)$						
	Matrice de poids	Statistique de Moran	Prévision	Variance	p-value	
$H_0 =$ Absence d'auto-corrélation spatiale	nn4	0.1743	-0.00145	0.0006	2.172e-12	
	nn6	0.1764	0.0004	0.0014	<2.2e-16	
	dist	5.5711e-02	-1.4534e-03	7.4844e-05	1.953e-11	
Spécification $C_7(2016)$						
	Matrice de poids	Statistique de Moran	Prévision	Variance	p-value	
$H_0 =$ Absence d'auto-corrélation spatiale	nn4	0.1742	-0.0014	0.00064	2.202e-12	
	nn6	0.1761	-0.00145	0.00044	<2.2e-16	
	dist	5.540175e-02	-1.4535	7.48442e-05	2.484e-11	

TABLE 21 – Résultats MCO

	Dependent variable :								
	log(PTTA)			log(PTTA)			log(PTTA)		
	A _T (2010)	B _T (2010)	C _T (2010)	A _T (2013)	B _T (2013)	C _T (2013)	A _T (2016)	B _T (2016)	C _T (2016)
CompFreq	0.001 (0.001)			0.004 (0.001)			0.001 (0.001)		
CompPres		-0.0002 (0.003)			0.001 (0.003)			0.001 (0.003)	
CompAggNAF			-0.119 (0.393)			-0.168 (0.375)			-0.094 (0.381)
Densite	8.153 (31.067)	8.120 (31.067)	11.664 (33.195)	8.884 (29.148)	8.845 (29.149)	13.961 (31.307)	14.215 (28.948)	14.098 (28.964)	16.948 (31.196)
littoral	0.036 (0.036)	0.035 (0.036)	0.035 (0.036)	0.012 (0.035)	0.012 (0.035)	0.011 (0.035)	-0.018 (0.035)	-0.018 (0.035)	-0.018 (0.035)
CATAEU2010_111	0.002 (0.002)	0.003 (0.002)	0.003 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.003 (0.002)	0.003 (0.002)	0.003* (0.002)
CATAEU2010_112	0.0002 (0.001)	0.0002 (0.001)	0.0002 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)	0.001 (0.001)
CATAEU2010_120	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	-0.00002 (0.002)	-0.00004 (0.002)	0.0001 (0.002)	0.0001 (0.002)	0.0002 (0.002)	0.0002 (0.002)
CATAEU2010_211	0.010 (0.007)	0.010 (0.007)	0.010 (0.007)	0.009 (0.007)	0.009 (0.007)	0.010 (0.007)	0.009 (0.007)	0.010 (0.007)	0.010 (0.007)
CATAEU2010_400	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.002*** (0.001)	-0.002*** (0.001)	-0.002*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)
Var_SurfAg	-0.004** (0.001)	-0.004** (0.001)	-0.004** (0.001)	-0.003** (0.001)	-0.003** (0.001)	-0.003** (0.001)	-0.003** (0.001)	-0.003** (0.001)	-0.003** (0.001)
RM	0.0001*** (0.00001)	0.0001*** (0.00001)	0.0001*** (0.00001)	0.0001*** (0.00001)	0.0001*** (0.00001)	0.0001*** (0.00001)	0.0001*** (0.00001)	0.0001*** (0.00001)	0.0001*** (0.00001)
altimoy	-0.0001 (0.00005)	-0.0001 (0.00005)	-0.0001 (0.00005)	-0.0002*** (0.00004)	-0.0002*** (0.00004)	-0.0002*** (0.00005)	-0.0001** (0.00005)	-0.0001** (0.00005)	-0.0001** (0.00005)
text2	0.099** (0.042)	0.100** (0.042)	0.099** (0.042)	0.078* (0.040)	0.077* (0.040)	0.077* (0.040)	0.081** (0.041)	0.080* (0.041)	0.081* (0.041)
text3	0.096** (0.048)	0.096** (0.048)	0.095** (0.048)	0.077* (0.046)	0.077* (0.046)	0.076* (0.046)	0.029 (0.047)	0.030 (0.047)	0.039 (0.047)
text4	0.080 (0.054)	0.079 (0.054)	0.079 (0.054)	0.094* (0.051)	0.094* (0.051)	0.093* (0.052)	0.077 (0.053)	0.076 (0.053)	0.075 (0.053)
Reg11	-0.671*** (0.087)	-0.672*** (0.086)	-0.673*** (0.086)	-0.349*** (0.081)	-0.351*** (0.081)	-0.353*** (0.081)	-0.239*** (0.082)	-0.244*** (0.082)	-0.245*** (0.082)
Reg21	-0.554*** (0.075)	-0.555*** (0.075)	-0.555*** (0.075)	-0.449*** (0.072)	-0.451*** (0.072)	-0.453*** (0.072)	-0.252*** (0.074)	-0.257*** (0.073)	-0.259*** (0.073)
Reg22	-0.321*** (0.095)	-0.323*** (0.095)	-0.323*** (0.095)	-0.116 (0.092)	-0.119 (0.091)	-0.122 (0.091)	0.038 (0.094)	0.030 (0.093)	0.027 (0.093)
Reg23	-0.312*** (0.097)	-0.307*** (0.100)	-0.298*** (0.100)	-0.194** (0.093)	-0.198** (0.096)	-0.167* (0.096)	0.006 (0.095)	0.013 (0.098)	0.035 (0.099)
Reg24	-0.757*** (0.073)	-0.758*** (0.073)	-0.759*** (0.073)	-0.649*** (0.070)	-0.651*** (0.070)	-0.654*** (0.070)	-0.472*** (0.072)	-0.478*** (0.072)	-0.480*** (0.072)
Reg25	-0.402*** (0.097)	-0.403*** (0.096)	-0.404*** (0.096)	-0.292*** (0.093)	-0.297*** (0.092)	-0.297*** (0.092)	-0.086 (0.095)	-0.095 (0.095)	-0.094 (0.095)
Reg26	-1.156*** (0.075)	-1.157*** (0.075)	-1.157*** (0.075)	-1.054*** (0.072)	-1.055*** (0.072)	-1.057*** (0.072)	-0.988*** (0.074)	-0.993*** (0.074)	-0.994*** (0.074)
Reg31	-0.017 (0.096)	-0.020 (0.096)	-0.020 (0.095)	0.257*** (0.092)	0.255*** (0.092)	0.249*** (0.091)	0.397*** (0.094)	0.388*** (0.094)	0.384*** (0.094)
Reg41	-0.850*** (0.088)	-0.852*** (0.088)	-0.852*** (0.088)	-0.692*** (0.085)	-0.694*** (0.085)	-0.697*** (0.084)	-0.604*** (0.087)	-0.610*** (0.087)	-0.613*** (0.086)
Reg42	-0.600*** (0.107)	-0.601*** (0.107)	-0.602*** (0.107)	-0.532*** (0.102)	-0.535*** (0.102)	-0.536*** (0.102)	-0.475*** (0.104)	-0.480*** (0.104)	-0.480*** (0.104)
Reg43	-1.340*** (0.079)	-1.341*** (0.079)	-1.340*** (0.079)	-1.249*** (0.076)	-1.252*** (0.076)	-1.249*** (0.076)	-1.167*** (0.078)	-1.171*** (0.078)	-1.169*** (0.078)
Reg52	-1.039*** (0.074)	-1.038*** (0.074)	-1.039*** (0.074)	-1.007*** (0.071)	-1.009*** (0.071)	-1.005*** (0.071)	-0.890*** (0.072)	-0.890*** (0.073)	-0.886*** (0.072)
Reg53	-0.816*** (0.082)	-0.816*** (0.082)	-0.816*** (0.082)	-0.716*** (0.079)	-0.717*** (0.079)	-0.716*** (0.079)	-0.506*** (0.081)	-0.506*** (0.081)	-0.505*** (0.081)
Reg54	-0.911*** (0.077)	-0.912*** (0.077)	-0.912*** (0.077)	-0.739*** (0.074)	-0.742*** (0.074)	-0.742*** (0.074)	-0.646*** (0.075)	-0.650*** (0.075)	-0.650*** (0.075)
Reg72	-0.392*** (0.064)	-0.393*** (0.063)	-0.394*** (0.063)	-0.270*** (0.061)	-0.272*** (0.061)	-0.275*** (0.061)	-0.159** (0.062)	-0.165*** (0.062)	-0.166*** (0.062)
Reg73	-0.447*** (0.062)	-0.448*** (0.062)	-0.448*** (0.062)	-0.314*** (0.060)	-0.314*** (0.060)	-0.314*** (0.060)	-0.185*** (0.061)	-0.185*** (0.061)	-0.185*** (0.061)
Reg74	-0.878*** (0.090)	-0.878*** (0.090)	-0.878*** (0.090)	-0.926*** (0.087)	-0.928*** (0.087)	-0.928*** (0.087)	-0.880*** (0.089)	-0.882*** (0.089)	-0.882*** (0.089)
Reg82	-0.596*** (0.058)	-0.596*** (0.058)	-0.594*** (0.058)	-0.538*** (0.056)	-0.539*** (0.056)	-0.535*** (0.057)	-0.565*** (0.058)	-0.565*** (0.058)	-0.562*** (0.058)
Reg83	-0.709*** (0.066)	-0.709*** (0.066)	-0.709*** (0.066)	-0.571*** (0.064)	-0.572*** (0.064)	-0.572*** (0.064)	-0.511*** (0.065)	-0.514*** (0.065)	-0.514*** (0.065)
Constant	8.019*** (0.141)	8.021*** (0.141)	8.022*** (0.141)	8.157*** (0.126)	8.163*** (0.126)	8.165*** (0.126)	8.110*** (0.124)	8.121*** (0.123)	8.123*** (0.123)
Observations	690	690	690	690	690	690	689	689	689
R ²	0.606	0.606	0.606	0.635	0.635	0.635	0.632	0.632	0.632
Adjusted R ²	0.586	0.586	0.586	0.616	0.616	0.616	0.614	0.614	0.613
Residual Std. Error	0.314 (df = 656)	0.314 (df = 656)	0.314 (df = 656)	0.301 (df = 656)	0.301 (df = 656)	0.301 (df = 656)	0.307 (df = 655)	0.308 (df = 655)	0.308 (df = 655)

Note : *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

TABLE 23 – SEM - L'effet spatial λ

Spécification A_7		
	Matrice de poids	Statistique
λ	nn4	0.4554 (0.0417)
	nn6	0.5164 (0.0456)
	dist	0.6603 (0.0606)
	queen	0.1919 (0.4730)
Spécification B_7		
	Matrice de poids	Statistique
λ	nn4	0.4525 (0.0418)
	nn6	0.5130 (0.0458)
	dist	0.6475 (0.0621)
	queen	0.1851 (0.4748)
Spécification C_7		
	Matrice de poids	Statistique
λ	nn4	0.4510 (0.04187)
	nn6	0.5117 (0.04589)
	dist	0.6452 (0.0624)
	queen	0.1874 (0.4741)
<i>Notes : la valeur entre parenthèses est l'erreur standard associée à la valeur de chaque λ.</i>	<i>Ce dernier est significatif si sa valeur est supérieur à deux fois l'erreur standard.</i>	<i>Cela est vérifié partout sauf pour la matrice queen.</i>

TABLE 24 – Tests LM - Choix du modèle spatial

Spécification A_7			
	Matrice de poids	Statistique	p-value
LMerr : $H_0 : \lambda = 0$	nn4	0.1736	0.0015
	nn6	0.1764	0.0015
	dist	5.6130e-02	1.4534e-03
Spécification B_7			
LMerr : $H_0 : \lambda = 0$	nn4	0.1736	0.0015
	nn6	0.1764	0.0015
	dist	5.6130e-02	1.4534e-03
Spécification C_7			
LMerr : $H_0 : \lambda = 0$	nn4	0.1736	0.0015
	nn6	0.1764	0.0015
	dist	5.6130e-02	1.4534e-03