

Vers une meilleure prise en compte des externalités agricoles dans l'espace dans les modèles de prix hédoniques

L'impact de l'agriculture sur son environnement immédiat et, par conséquence, sur le bien-être des résidents est régulièrement débattu. En effet, les activités agricoles influent sur la fourniture de plusieurs biens publics valorisés positivement ou négativement par les résidents qui en bénéficient. Ces valorisations peuvent alors se refléter dans le prix de leurs maisons. Les activités d'élevage participent par exemple au maintien de certains paysages traditionnels mais génèrent aussi des pollutions olfactives et aquatiques. Le débat est d'autant plus complexe que la demande pour ces différents « biens » et « maux » publics s'expriment à des distances différentes, si bien que les populations affectées ne sont pas nécessairement les mêmes. Ces différences spatiales peuvent être exacerbées ou atténuées par l'expression d'autres mécanismes spatiaux tels que le fonctionnement local du marché immobilier ou les spécificités locales non-observées liées, par exemple, aux caractéristiques des bassins versants et des paysages. Les travaux présentés ci-dessous cherchent à intégrer ces spécificités dans des modèles de prix hédoniques afin de caractériser les préférences des résidents pour les diverses activités agricoles dans l'espace, au travers du prix des maisons achetées. Les travaux sont appliqués au cas de la Bretagne. Ils mettent en évidence une diffusion différenciée des nuisances et des aménités des élevages bovins d'une part et de volailles et de porcs d'autre part. Enfin, ils permettent d'isoler les nuisances issues des algues vertes et d'en donner une estimation monétaire.

Abdel Osseni

Institut Agro Agrocampus-Ouest, INRAE, SMART-LERECO,
Rennes, France.

François Bareille

(auteur de correspondance),
AgroParisTech, INRAE, Univ. Paris-Saclay, Economie Publique,
Thiverval-Grignon, France.

Pierre Dupraz

Institut Agro Agrocampus-Ouest, INRAE, SMART-LERECO,
Rennes, France.

Spatialisation de l'approche hédonique

La monétarisation des externalités agricoles constitue une longue tradition de la recherche en économie de l'environnement. Débutée dans les années 1980 à partir de l'application des méthodes de préférences déclarées, elle s'est poursuivie dans les années 1990 avec l'application de méthodes de préférences révélées et, en premier lieu, de la méthode des prix hédoniques (Le Goffe, 2000). Cette méthode repose sur la théorie de Lancaster (1966) selon laquelle le prix d'un bien marchand dépend de l'ensemble de ses attributs permettant ainsi de déterminer la valeur de chacun de ses attributs indépendamment. La méthode des prix hédoniques a souvent été appliquée au marché immobilier pour déterminer la valeur que les résidents attribuent aux externalités (ou aménités) environnementales. La détermination de cette valeur est cruciale pour la conception de politiques environnementales adéquates et la constitution de budgets pertinents.

Nous présentons ici les résultats de recherche (Osseni et al., 2019 ; Osseni et al., 2020) sur la valeur des externalités agricoles évaluées à partir de la méthode des prix hédoniques dans un cadre spatial

(voir encadré méthodologique). Le travail entrepris dans Osseni et al. (2019) constitue une avancée méthodologique permettant de prendre en compte les effets de diffusion des externalités agricoles dans l'espace. En corrigeant pour les autres processus, tels que le fonctionnement local du marché immobilier et d'autres spécificités locales pouvant être à la source de corrélations spatiales, nous arrivons à décrire la forme et la force des différentes externalités dans l'espace pour les différents types d'élevages. Dans Osseni et al. (2020), nous estimons les préférences des résidents pour des plages non-polluées par les algues vertes et présentons l'intérêt de contrôler pour les différents processus spatiaux.

Encadré méthodologique

Le travail entrepris dans Osseni et al. (2019) se distingue du reste de la littérature sur les prix hédoniques par l'application du cadre original de Rosen (1974) dans un cadre spatial. En particulier, ce travail montre que les différents modèles d'économétrie spatiale disponibles dans la boîte à outil de l'économètre correspondent à différentes hypothèses sur la forme des processus économiques et physiques en jeu dans les données. Tout d'abord, nous expliquons que les modèles avec un retard spatial sur la variable dépendante (ici, les prix) supposent que le prix des maisons voisines est un déterminant du prix d'équilibre du marché immobilier, au-delà du partage de nombreuses caractéristiques environnementales entre maisons voisines (comme les paysages ou les infrastructures de la commune). Ce mécanisme a déjà été proposé dans la littérature où des auteurs suggèrent qu'un tel effet, lié au fonctionnement même du marché immobilier, amplifie la variation du prix de la maison liée à la variation d'une caractéristique environnementale.

Nous expliquons ensuite que les modèles économétriques avec un retard spatial sur l'erreur permettent de capturer des variables omises spatialement corrélées qui peuvent modifier la mesure de l'impact de l'agriculture sur la fourniture de biens publics. Par exemple, les pollutions olfactives générées par un élevage dépendent du sens et de la force du vent. Une même activité d'élevage n'affectera pas l'utilité des résidents voisins de la même manière. Il convient alors de capter au mieux ces facteurs inobservés, via leur corrélation dans l'espace.

Enfin, notre principale contribution est d'expliquer que les modèles économétriques avec des retards spatiaux sur les variables explicatives permettent de capturer les effets agrégés des différentes externalités spatiales générées par une même activité agricole à deux échelles géographiques différentes. Dans le détail, nous expliquons que (i) si une activité agricole affecte conjointement la provision de plusieurs biens publics (que l'économètre n'observe pas directement) et (ii) si la demande pour chaque bien ou mal public décroît différemment avec la distance à l'activité agricole considérée, alors (iii) il est possible qu'une même activité agricole soit valorisée positivement (respectivement négativement) par les résidents à proximité mais négativement (respectivement positivement) par les résidents plus lointains. Autrement dit, il est possible que les externalités positives dominent les externalités négatives à courte distance mais s'estompent ensuite plus rapidement (et *vice versa*).

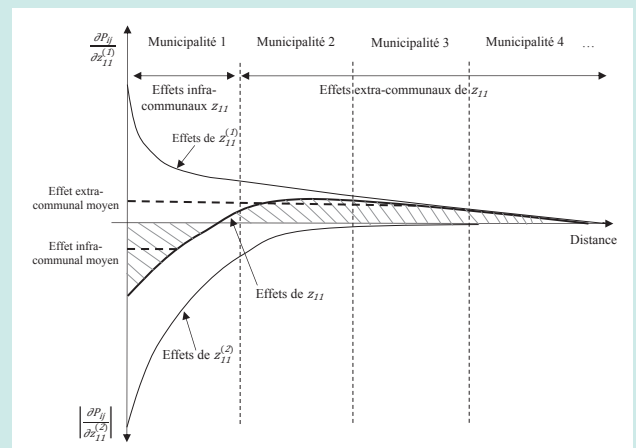
La Figure 1 présente théoriquement et graphiquement les effets agrégés d'une activité agricole sur le bien-être des résidents aux

Evaluation des externalités des activités d'élevage en Bretagne

La superficie agricole utilisée de la Bretagne couvrait 1,6 million d'hectares en 2014, soit environ 60 % de la superficie totale de la région. L'élevage y est la principale activité agricole : la Bretagne fournit 22 % du lait français, 56 % de la production porcine française et 44 % de la production nationale d'œufs. L'élevage laitier favorise le maintien de prairies et d'un paysage typique de bocage composé de haies et de talus. Grâce à l'attractivité de ses campagnes, de sa culture régionale et de son littoral, la Bretagne représente la troisième

échelles infra-municipale (le cas où l'activité considérée impacte le prix des maisons situées dans la même commune) et extra-municipale (le cas où l'activité considérée impacte le prix des maisons situées dans d'autres communes). Prenons le cas d'une activité agricole z_{11} située dans la municipalité 1 et produisant un bien public ($z_{11}^{(1)}$) et un mal public ($z_{11}^{(2)}$). Il peut s'agir par exemple d'élevages bovins qui génèrent des pollutions olfactives mais qui contribuent au maintien d'un paysage traditionnel, notamment au travers de la pratique du pâturage. Les deux biens publics impactent la valeur des maisons de manière décroissante avec la distance. Comme l'effet de la distance est plus important dans le cas du mal public (l'odeur) et que celui-ci affecte davantage le prix des maisons à l'échelle infra-municipale que le bien public (paysage), nous aboutissons au cas où la valeur agrégée de l'activité agricole à l'échelle municipale est négative alors qu'elle est positive à l'échelle extra-municipale.

Figure 1 : production jointe de biens et maux publics et effets de la distance sur le consentement à payer des résidents (adaptée de Osseni et al., 2019)



Alors que la diffusion des prix et l'hétérogénéité spatiale ont déjà été considérées dans la littérature sur la valeur des externalités agricoles à partir de la méthode des prix hédoniques, la diffusion des externalités comme présentée dans la Figure 1 n'avait jamais été explorée de la sorte. Les trois effets spatiaux peuvent apparaître conjointement ou séparément dans nos données ; nous estimons donc les $8=2^3$ modèles économétriques correspondants à ces différentes combinaisons pour déterminer celui qui convient le mieux à nos données bretonnes.

région touristique française. Les qualités environnementales de la région sont toutefois menacées par les activités d'élevage intensif (par exemple les pollutions olfactives et aquatiques ou le retournement des prairies). Dans Osseni et al. (2019), nous estimons un modèle de prix hédonique en économétrie spatiale sur un échantillon de transactions immobilières de 2010 à 2012 dans les communes bretonnes non littorales de moins de 4 000 habitants. L'échantillon est constitué de 2 476 maisons constituées en moyenne de cinq pièces, avec un éloignement moyen à la mer de 17 km et un prix de 124 214,50 euros (en euros 2012).

Le Tableau 1 présente les résultats de l'estimation de la fonction de prix hédoniques dans le modèle linéaire (classiquement utilisé dans la littérature) et du meilleur (au sens de ses performances statistiques) modèle spatial estimé avec la matrice de poids spatiale des 40 voisins les plus proches. Il s'agit du modèle « spatial lag of exogenous variables » (couramment noté SLX), correspondant à la mise en place des retards spatiaux sur les seules variables explicatives (voir encadré méthodologique). Nos résultats confirment que les résidents bretons accordent une valeur aux biens publics affectés par les différentes activités agricoles et, en particulier, qu'ils accordent une valeur négative aux activités d'élevage (Le Goffe, 2000). Toutefois, nous distinguons ici les élevages bovins des élevages de porcs et de volailles, nous permettant ainsi de souligner les différences de diffusion de leurs externalités respectives dans l'espace.

Premièrement, l'impact de la densité de bovins sur l'utilité des résidents est différent aux deux échelles considérées (voir Tableau 1). À l'échelle infra-municipale, l'effet négatif correspond à la domination d'externalités négatives de proximité comme les nuisances olfactives ou la densité de mouches sur les externalités positives comme la beauté du paysage et le maintien de la biodiversité. Nous observons un

effet positif à l'échelle extra-municipale, indiquant que les externalités positives s'atténuent moins vite que les nuisances avec la distance. Ces externalités positives ont une incidence agrégée plus importante sur l'utilité des résidents que les nuisances de proximité. Nous trouvons des résultats similaires pour les prairies temporaires et permanentes. Une interprétation possible des impacts négatifs des prairies à l'échelle infra-municipale concerne l'augmentation des risques d'inondation localement (les prairies permanentes bretonnes sont principalement des zones humides). Les impacts positifs à l'échelle extra-municipale peuvent s'interpréter par la fourniture de certains services comme l'attrait du paysage ou la fourniture d'habitats pour la biodiversité, susceptibles de bénéficier aux activités de loisirs tels que la randonnée ou la chasse et qui peuvent profiter à des habitants plus lointains. Nos résultats sur la densité animale et les prairies montrent que les résidents les plus proches souffrent de la présence des élevages bovins alors que les résidents plus éloignés apprécient leur présence.

Deuxièmement, nous trouvons que les activités liées à l'élevage de porcs et de volailles ont des effets négatifs sur le bien-être des résidents, et ce à toutes les échelles. Les effets infra-municipaux sont parfois non-significativement différents de 0 (à un seuil d'erreur de 10 %) avec l'utilisation de certaines matrices de poids, mais ils ne sont jamais positifs. Les effets négatifs à l'échelle infra-municipale sont moins importants que les effets de diffusion à l'échelle extra-municipale. Ce résultat est peut-être dû à l'épandage de lisiers hors de la commune de l'exploitation, souvent nécessaire pour respecter la réglementation sur la gestion des effluents animaux.

Consentement à payer pour réduire les marées vertes

A partir du même cadre d'analyse, nous estimons dans Osseni et al. (2020) la valeur qu'attribuent les résidents bretons aux pollutions par les algues vertes. Si cette pollution d'origine agricole est récurrente

Tableau 1 : Coefficients estimés à partir des modèles hédoniques linéaire et spatial sélectionnés avec la matrice de poids spatiale des 40 voisins les plus proches (N=2 476)

Variables	Linéaire		Meilleur modèle spatial (SLX)			
	Effet direct	Ecart-type	Effet direct	Ecart-type	Effet indirect	Ecart-type
Surface oléoprotéagineux	-0,11	0,52	-0,43	0,58	-0,63	2,02
Surface céréales	0,16 °	0,09	-0,34 *	0,14	1,33 ***	0,27
Surface autres cultures	1,49	3,52	4,33	4,82	-41,26 °	21,61
Surface prairies permanentes	-0,17	0,21	-0,63 *	0,29	1,41 *	0,61
Surface prairies temporaires	-0,17 °	0,09	-0,51 ***	0,15	0,78 *	0,32
Surface jachère	-1,14	3,59	-4,76	4,90	43,29 °	22,09
Densité porcs et volailles	-3,62E-04 **	1,25E-04	-6,78E-05	1,43E-04	-8,60E-04 *	3,58E-04
Densité bovins	-8,46E-04 *	4,06E-04	-1,13E-03 *	4,62E-04	2,29E-03 °	1,40E-03
Effets fixes	Oui		Oui			
R ²	0,421		0,447			
MV	-1101,86		-1045,121			
AIC	2267,7		2214,241			

***, **, *, ° correspondent aux p-value de 0,1 %, 1 %, 5 %, et 10 % respectivement.

Note : Les colonnes « Effet direct » expriment les effets directs moyens (correspondant aux effets infra-municipaux dans notre cadre d'analyse). La colonne « Effet indirect » expriment les effets de diffusion moyens (nuls dans le cas du modèle linéaire). Dans le cas du meilleur modèle spatial (SLX), ces effets de diffusion sont reconnus dans la littérature en économétrie spatiale comme des effets de débordement locaux. Les variables de surface sont exprimées en pourcentage de la surface agricole utile de la municipalité considérée. Les variables de densité animale sont exprimées en kilogrammes d'azote équivalents rapportés à la surface totale de la municipalité considérée. Les modèles économétriques spatiaux – incluant le SLX – sont estimés à partir de la méthode du maximum de vraisemblance (MV). Le modèle linéaire est estimé à partir des moindres carrés ordinaires.

Tableau 2 : effets estimés avec la matrice de poids spatiale des 80 voisins les plus proches (N=8003)

Mesure de la variable de pollution	Linéaire		Meilleur modèle (SARAR)			
	Effet direct	Ecart-type	Effet direct	Ecart-type	Effet indirect	Ecart-type
Distance aux algues vertes	0,058 ***	0,012	0,043 ***	0,015	0,028 **	0,011
Distance aux algues vertes / distance à la mer	-0,078 ***	0,022	-0,087 ***	0,026	-0,059 **	0,022

***, ** correspondent aux p-value de 0,1 % et 1 %.

Note : les colonnes « Effet direct. » expriment les effets directs moyens. La colonne « Effet indirect » expriment les effets de diffusion moyens. Dans le cas du meilleur modèle spatial (SARAR), ces effets de diffusion sont reconnus dans la littérature en économétrie spatiale comme des effets de débordement globaux. Pour une même distance à la mer (variable incluse dans la régression), une augmentation de la distance aux algues vertes signifie une réduction de la pollution perçue par le résident. Dans la deuxième spécification, une augmentation du ratio entre la distance aux algues vertes et celle à la mer implique une augmentation de cette pollution perçue.

dans de nombreuses régions du monde, l'estimation de ses impacts sur le bien-être des résidents à partir de l'analyse du marché immobilier n'a été réalisée que par Wolf et Klaiber (2017). Nous appliquons la même approche à notre cas d'étude en insistant toutefois sur l'intérêt de prendre en compte les processus spatiaux dans l'estimation de la fonction de prix hédonistes. Dans ce contexte, nous nous limitons toutefois à l'analyse du rôle de la diffusion des prix et de l'hétérogénéité spatiale non observée. L'hétérogénéité spatiale non observée concerne certains déterminants des algues vertes comme les caractéristiques géographiques et topographiques des baies affectées (par exemple les températures et courants marins). Ces caractéristiques peuvent par ailleurs influencer la valeur attribuée par les résidents à ces sites littoraux. Il convient donc de les contrôler. Par rapport à Wolf et Klaiber (2017), nous introduisons aussi les activités agricoles qui affectent, comme nous l'avons vu plus haut, le bien-être des résidents, mais qui influent aussi sur l'apparition des algues vertes en aval. Cette prise en compte permet de supprimer les potentiels reports de valeurs attribuées aux autres pollutions d'origine agricole sur la seule pollution aux algues vertes. Nous estimons des modèles économétriques capturant conjointement ou indépendamment (i) les processus de diffusion des prix, (ii) l'hétérogénéité spatiale non-observée et (iii) les caractéristiques agricoles des communes étudiées.

Nous estimons ces modèles sur les mêmes communes que précédemment mais sur un échantillon élargi à 8 003 observations. Les maisons sont en moyenne situées à 18 km de la plage polluée la plus proche. Nos tests statistiques indiquent que le meilleur modèle est celui qui intègre les trois spécificités susmentionnées (formellement appelé le SARAR). Une analyse complémentaire utilisant la distance relative à la plage polluée la plus proche (c'est-à-dire la distance euclidienne aux algues vertes divisée par celle à la mer) donne les mêmes conclusions. Le Tableau 2 compare les résultats du SARAR avec un modèle linéaire similaire à celui utilisé par Wolf et Klaiber (2017), pour les deux mesures de pollutions. Une simple comparaison des effets totaux (égaux à la somme des effets directs et indirects) montre que le modèle linéaire sous-estime la valeur attribuée à une réduction de la pollution aux algues vertes de l'ordre de 20 % à 50 %. Au point moyen, nous trouvons qu'un éloignement de 10 % de la plage polluée la plus proche augmente le prix de la maison de 950 € (en € de l'année 2012). Une analyse plus précise montre qu'un tiers de ces gains sont liés au fonctionnement même du marché immobilier. Ces résultats illustrent une nouvelle fois l'intérêt de l'économétrie spatiale pour l'application de la méthode des prix hédonistes, afin de capter au

mieux les mécanismes de formation des prix sur le marché immobilier et corriger les biais qu'ils occasionnent.

Enfin, en extrapolant ces pertes à l'échelle de la Bretagne et en supposant un taux d'actualisation de 4 %, nous trouvons que les résidents sont prêts à payer en moyenne 200 €/habitant/an pour réduire les pollutions aux algues vertes au minimum observé dans nos données (c'est-à-dire à une valeur du ratio distance aux algues vertes / distance à la mer égale à 0,22). Alternativement, ces résidents sont prêts à recevoir une compensation moyenne de 50 €/habitant/an pour que toutes les plages soient polluées. Ces chiffres doivent être mis en face des dépenses de la région Bretagne et de la France pour lutter contre les algues vertes qui avoisinent les 5 à 10 €/habitant/an. Les pouvoirs publics disposent donc d'une forte marge de manœuvre pour accroître les efforts financiers visant à lutter contre les algues vertes, quitte à récupérer tout ou partie de ces coûts par l'accroissement de taxes sur l'immobilier.

Le cadre d'analyse développé permet de mieux décrire la forme et la force des externalités agricoles dans l'espace. Si le travail réalisé contribue à la littérature de manière principalement méthodologique, nos résultats ont aussi des implications politiques. En particulier, ils montrent que, puisque les externalités agricoles influencent l'utilité des résidents des communes voisines, une intervention publique par la mairie seule ne peut pas être optimale. Il convient donc de privilégier une intervention par des collectivités territoriales plus larges. Ce résultat fait écho aux débats autour de la prochaine réforme de la Politique agricole commune concernant notamment le ciblage et le montant des mesures en faveur de l'environnement et les bons niveaux territoriaux de leur gestion et de leurs financements.

Pour en savoir plus :

- Lancaster K. J. (1966).** A new approach to consumer theory. *Journal of political economy*, 74(2), 132-157.
- Le Goffe P. (2000).** Hedonic pricing of agriculture and forestry externalities. *Environmental and resource economics*, 15(4), 397-401.
- Osseni A. F., Bareille F. et Dupraz P. (2019).** Externalités et distances. *Revue économique*, 70(5), 655-694.
- Osseni A. F., Bareille F. et Dupraz P. (2020).** Hedonic valuation of harmful algal bloom pollution: Why econometrics matters? *Land Use Policy* [en presse].
- Rosen S. (1974).** Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of political economy*, 82(1), 34-55.
- Wolf D. et Klaiber H. A. (2017).** Bloom and bust: Toxic algae's impact on nearby property values. *Ecological economics*, 135, 209-221.

Edité par le Département ECOSOCIO de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
 Mission Publications : 4 allée Adolphe Bobierre - CS 61103 35011 Rennes Cedex
 Directeur de la publication : Alban Thomas – Rédaction : Sophie Drogué (Rédactrice en chef)
 Reproduction partielle autorisée avec mention de l'origine
 Diffusion au format pdf sur le site : A venir. Dépôt légal - ISSN - Commission Paritaire : A venir
 Composition : InGraphie, 75 bis rue Maréchal Foch, 61700 Domfront-en-Poiraie