

Effets d'une taxe sur les engrais minéraux azotés sur leur consommation, sur l'usage des sols et sur les émissions de gaz à effet de serre

Maxime Ollier¹, Pierre-Alain Jayet^{1*}

¹ UMR Economie Publique AgroParisTech/INRA

* pierre-alain.jayet@inra.fr

Résumé

Les engrais minéraux azotés sont très utilisés par l'agriculture française et européenne. En effet, les plantes ayant besoin d'azote pour leur métabolisme, ces engrais permettent d'augmenter de manière non-négligeable les rendements culturaux. Cependant leur utilisation excessive engendre de sérieux problèmes environnementaux ; des pollutions à impact local, telles que les nitrates qui dégradent la qualité de l'eau en s'infiltrant dans les nappes phréatiques ou les cours d'eau, et des pollutions à impact global, comme l'émission d'un puissant gaz à effet de serre, le protoxyde d'azote.

A travers AROPAj, un modèle technico-économique d'optimisation statique de l'offre agricole européenne, une augmentation de 100 à 300 % du prix initial des engrais azotés d'origine minérale a été mise en œuvre sur 6 calibrages du modèle pour les années 2007 à 2012. L'objectif de cette étude est d'analyser le comportement des agriculteurs, en terme de consommation d'engrais minéraux, d'utilisation des sols et d'émissions de gaz à effet de serre face à l'introduction d'une taxe sur la consommation des engrais azotés, toutes choses égales par ailleurs.

En première approche, les résultats montrent que l'augmentation du prix des engrais azotés induit une baisse significative mais modérée de leur consommation et une diminution des émissions de gaz à effets de serre pour l'union européenne. Des simulations plus précises sont réalisées pour la France, avec la mise en œuvre du module de calcul des rendements fondé sur le modèle de culture STICS pour l'année calibrée 2009. Elles prennent en compte l'impact de la variation de prix sur la productivité (i.e. la variation de rendement rapportée à la variation de consommation d'engrais). Elles montrent une forte variabilité géographique, certaines régions étant plus affectées que d'autres par cette augmentation de prix. La réallocation des terres entre productions du fait de la hausse de prix de l'engrais est également significative, avec par exemple des surfaces allouées au blé diminuant fortement au profit des prairies permanentes et de la friche.

Mots-clés : AROPAj, programmation mathématique, politique agro-environnementale, taxes, engrais minéraux, usage des sols

Introduction

Les engrais minéraux azotés sont fréquemment utilisés en Europe. Bien que nécessaires pour de nombreuses cultures, ils produisent diverses externalités environnementales. Leurs effets sur l’environnement proviennent de trois molécules différentes : les nitrates, le protoxyde d’azote et l’ammoniac. Les nitrates (NO_3^-) polluent l’eau, en contaminant les nappes et autres cours d’eau et peuvent également être mis en cause dans divers problèmes de santé tels que le cancer de l’estomac ou la méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu). Les nitrates causent également des problèmes d’eutrophisation du sol (Conley et al., 2009). Le protoxyde d’azote (NO_2) contribue fortement au réchauffement climatique (Schulze et al., 2009), du fait de son potentiel de réchauffement climatique très élevé (296 équivalent CO_2) et joue également un rôle dans la déstructuration de la couche d’ozone. L’ammoniac (NH_3) peut provoquer des pluies acides.

Les politiques publiques sont particulièrement concernées par ces problèmes, la Commission Européenne a adopté en 2000 une directive-cadre sur l’eau qui vise à préserver la qualité de l’eau en Europe en ciblant les pollutions azotées d’origine agricole (engrais minéraux et organiques). Le rapport met également en avant des pratiques agricoles plus respectueuses de l’environnement, en particulier concernant la réduction d’intrants azotés. A noter qu’en 2010, l’Union Européenne a annoncé l’objectif de réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 10% entre 2005 et 2020.

En économie, les pollutions azotées sont considérées comme des pollutions diffuses (Helfand et al., 1995), c’est-à-dire qu’il manque de l’information (due à des barrières techniques ou économiques) entre la pollution finale et le pollueur. Il n’y a pas un point unique d’émissions mais la pollution provient de diverses sources diffuses et il n’est pas possible de savoir précisément qui est à l’origine de l’externalité négative. Pour les pollutions azotées, la pollution finale est bien connue (eau qui contient des nitrates, émission de protoxyde d’azote, etc...) mais, du fait du trop grand nombre d’agriculteurs, il est impossible de savoir qui a utilisé la plus grosse quantité d’engrais et qui a le plus contribué à polluer. Il y a également une origine naturelle aux nitrates, qui est difficilement discernable des émissions anthropiques.

Pour ces raisons, les instruments de premier rang (tels que la taxe pigouvienne sur les émissions ou les quotas d’émission) sont difficiles à mettre en œuvre pour contrôler les pollutions azotées.

Face aux problèmes environnementaux causés par l’utilisation excessive des engrais minéraux, un objectif public d’amélioration du bien-être social passe par la diminution de la consommation d’engrais. L’objectif de l’étude est d’appréhender la réponse économique des agriculteurs face à l’introduction d’une taxe sur les engrais azotés d’origine minérale, toutes choses égales par ailleurs.

1 Matériel & Méthode

1.1 Le modèle agro-économique

Le modèle de programmation mathématique utilisé dans cette étude est le modèle AROPAj (Jayet et al., 2017), un modèle de l’offre agricole européenne. Le modèle décrit le comportement économique d’un agriculteur représentatif, un « groupe-type » (indexé par k). Les exploitations d’un échantillon (du réseau d’information comptable agricole – RICA) sont regroupées en « groupe-type » dès lors qu’elles possèdent des caractéristiques similaires (l’orientation technico-économique de l’exploitation (OTEX), le nombre d’animaux, la part de chaque culture dans la SAU de l’exploitation, la taille de l’exploitation, l’altitude, la présence d’irrigation). Dans le modèle économique, chaque « groupe-type » est supposé choisir le niveau de production et l’utilisation de facteurs qui maximisent sa marge brute (π_k). L’hypothèse que les « groupe-types » sont des preneurs et non des décideurs de prix est également faite. Le modèle peut donc être écrit de la façon suivante (de Cara et al., 2005) :

$$\begin{cases} \max \pi_k(x_k) = g_k \times x_k \\ \text{s. c. } A_k \times x_k \leq z_k \\ x_k \geq 0 \end{cases}$$

x_k est le vecteur de taille n des activités de production du groupe-type k

g_k est le vecteur des marges brutes

A_k est la matrice $m \times n$ associée au n activités de production et qui définit les m contraintes

z_k est le vecteur de taille m qui contient les paramètres des contraintes

A noter que x_k inclut la surface et le rendement pour chaque culture (24 modes d'occupation du sol font partie du modèle). Les cultures peuvent être vendues sur le marché ou utilisées pour nourrir les animaux (fourrages, prairies, grain). x_k inclut aussi la nourriture achetée, la production de viande et de lait, le nombre d'animaux dans chaque catégorie (il y a 31 catégories pour le bétail, dont 27 pour le secteur bovin, plus les ovins, caprins, porcins et la volaille). g_k inclut toutes les marges brutes qui correspondent à chaque production : revenu plus aides, moins coûts. A_k et z_k contiennent les contraintes qui limitent la production, en termes de faisabilité technique (contraintes de nutrition animale par exemple) mais aussi en termes d'exigences de la PAC (par exemple, un maximum de 170 kg.ha⁻¹ d'engrais organique peut être épandu). Dans ce modèle, il est supposé que le nombre d'animaux ne peut pas varier au-delà de +/-15% du nombre d'animaux initial dans chaque catégorie d'animaux.

La principale source de donnée est le RICA. Pour la version V5 du modèle calibré pour chacune des années 2007 à 2012, le RICA fournit les données exploitables et nécessaires au calibrage, telles que les coûts variables, les prix, les rendements, les surfaces cultivées, le nombre d'animaux, les subventions perçues, l'orientation technico-économique de l'exploitation, pour plus de 80 000 exploitations. Un peu plus de 70 000 exploitations de l'échantillon sont mobilisées par le modèle (dont sont exclues les productions telles que vigne, maraichage, horticulture). Pour l'année 2009, les exploitations de l'échantillon sont regroupées en 1802 « groupes-type », qui représentent plus de 3.7 millions d'exploitants agricole travaillant à plein temps les dans 27 Etats membres l'Union Européenne. Les données sont disponibles à l'échelle régionale (environ 134 régions dans l'Union Européenne à 27 membres, en 2009).

Il est important de noter que le nombre d'exploitations regroupées en un groupe-type, doit être assez grand pour respecter la politique de confidentialité des données du RICA (au moins 15 exploitations par groupe-type) mais aussi pour que les estimations soient robustes et pour réduire le biais lié à l'agrégation.

D'autres sources d'informations peuvent être utilisées pour compléter le RICA, telles que les rapports du GIEC pour le module de calcul des émissions de gaz à effet de serre.

Pour résumer, un groupe-type est un regroupement d'exploitations de la même région, et aussi « proches » que possible en termes d'orientation technico-économique, de dimension économique, d'utilisation de l'irrigation et d'altitude. Chaque groupe-type suit le programme décrit dans l'équation ci-dessus (de Cara et al., 2000).

1.2 Spatialisation

Bien qu'affecté à une région et un groupe type, la position géographique des exploitations de l'échantillon qui le constituent n'est pas dévoilée du fait de la confidentialité des données RICA. Par ailleurs, même si cette position était connue, la notion de position géographique d'un groupe type représentatif resterait à préciser. Cependant, les résultats obtenus grâce aux simulations AROPAj sont spatialisés via une méthode d'économétrie spatiale (Chakir, 2009) qui a été développée sur AROPAj (Cantelaube et al., 2012).

Dans un premier temps, la localisation des cultures est estimée en considérant les données physiques à un niveau de résolution très fin. Ensuite, ces probabilités de localisation des cultures sont affinées en utilisant une méthode d'entropie croisée. Enfin, la localisation des groupes-type est estimée en combinant les données RICA et les résultats sur les probabilités de présence des cultures obtenues précédemment.

La spatialisation est intéressante pour une représentation géographique des résultats avec un haut degré de résolution, ce qui peut être exploité pour l'analyse des impacts des politiques économiques. La spatialisation est également utile et nécessaire lorsqu'il s'agit de coupler le modèle AROPAj avec des modèles physiques, par exemple des modèles hydrogéologiques fonctionnant sur un maillage infrarégional (Bourgeois et al.; 2016). Dans notre étude, la méthode est utilisée pour identifier les régions les plus affectées par la mise en œuvre d'une taxe sur les engrais minéraux azotés.

1.3 Introduction d'une taxe sur les engrais azotés d'origine minérale

Dans cette étude, une taxe uniforme sur le prix des engrais azotés d'origine minérale est mise en place, pour chacune des 6 années RICA 2007 à 2012 sur la base desquelles le modèle a été calibré. On simule l'effet de la taxe augmentant par pas de 20%, jusqu'à 200% du prix initial des engrais minéraux. Ce sont donc 11 simulations pour chaque jeu de données (de 2007 à 2012), pour tous les groupes types de l'UE-27.

On dispose pour la France d'une version améliorée, pour l'année 2009, du fait de l'utilisation du calcul des rendements comme fonctions des intrants « eau d'irrigation » et « azote » (Humblot et al., 2017). Plutôt que d'utiliser les données du RICA sur les rendements, ces fonctions de rendement élaborées à partir du modèle de culture STICS (Brisson et al., 2003), permettent de donner le rendement d'une culture en fonction des apports de quantité d'eau et d'engrais azoté. Par ailleurs, le modèle prend en compte l'amendement organique associé aux effluents d'élevage, sur la base de coefficients de valorisation de chacune des 5 sources organiques (fumiers, lisiers et fientes pour la volaille mais aussi fumiers des ruminants et lisiers des ruminants et porcins) en équivalent azote minéral de référence (sous forme de nitrate d'ammonium).

2 Résultats

2.1 Union Européenne

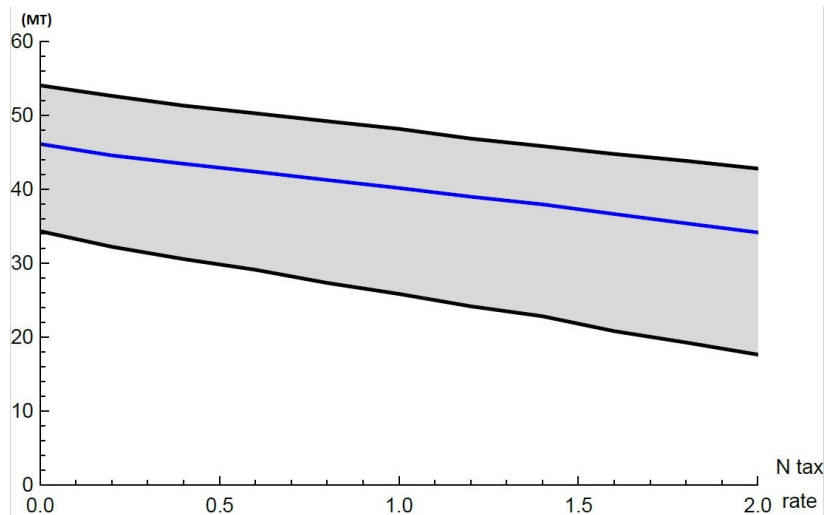


Figure 1. Demande en engrais azotés d'origine minérale pour l'UE-27 sur la période 2007-2012 en fonction du taux de taxe sur le prix initial des engrais.

La demande en engrais minéraux (en millions de tonnes) est représentée dans la figure 1 en fonction du taux de taxe sur le prix initial des engrais minéraux. Le prix des engrais varie donc du prix initial (0.0 sur l'échelle de la taxe) à 300% du prix initial (2.0 sur l'échelle de la taxe). L'intervalle dans lequel s'inscrivent les résultats pour les 6 six années 2007 – 2012 est illustré par la zone grise sur la figure, zone limitée par les « enveloppes » minimum et le maximum en trait noir. La courbe bleue représente la moyenne des 6 simulations calculée pour chaque niveau de taxe.

Lorsque les prix des engrais azotés d'origine minérale sont multipliés par 3, leur consommation diminue en moyenne de 46.2 MT à 36.5 MT, avec une élasticité en prix moyenne de l'ordre de -0.11 pour l'Union Européenne.

L'enveloppe minimale correspond aux simulations pour l'année 2009, année pour laquelle le prix des engrais minéraux était élevé. La consommation d'engrais était donc faible, mais le triplement d'un prix très élevée se traduit par une forte diminution de la consommation. Pour l'année 2009, l'élasticité des engrais azotés minéraux est estimée à -0.23.

La figure 2, représentant l’intervalle de marge brute (en milliards d’euros) pour les simulations associées aux années 2007 - 2012, montre que la hausse des prix des engrais minéraux impacte la marge brute fortement à la baisse.

L’élasticité moyenne de la marge brute agricole rapportée aux prix de l’engrais est estimée en moyenne sur les 6 « années de simulation » à -0.07. Rappelons que l’évaluation publique de la mise en œuvre de la taxe devrait intégrer le produit de la taxe, avec pour effet de réduire fortement la perte de marge brute (lequel produit de la taxe pourrait être en tout ou partie redistribuée de façon forfaitaire aux agriculteurs).

La figure 3 présente l’estimation des émissions de gaz à effets de serre d’origine agricole pour l’UE à 27 sous l’effet d’une taxe sur les engrais minéraux azotés, pour les 6 calibrages du modèle AROPAJ associés aux années 2007-2012. L’augmentation de 200% du prix initial des engrais entraîne en moyenne une réduction de 8.6% des émissions de gaz à effets de serre d’origine agricole pour l’UE.

Ce résultat est principalement le fait de la réduction de la consommation d’engrais minéraux. Rappelons que le processus physique indirectement pris en compte dans le modèle agro-économique est la dénitrification des engrais azotés d’origine minérale, qui provoque la libération de protoxyde d’azote (NO₂), donc une réduction de l’usage des engrais minéraux réduit logiquement les émissions de gaz à effets de serre.

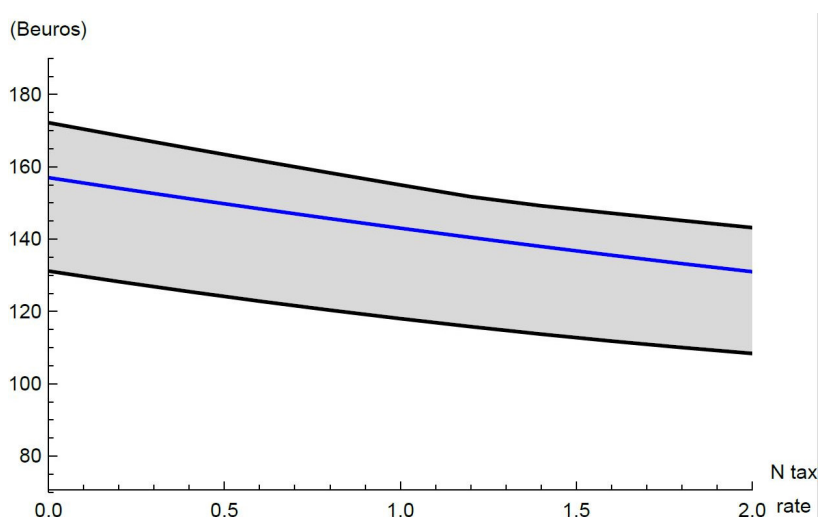


Figure 2. Margé brute agricole pour l’UE-27 sur la base des années 2007-2012 en fonction du taux de taxe sur le prix initial des engrais.

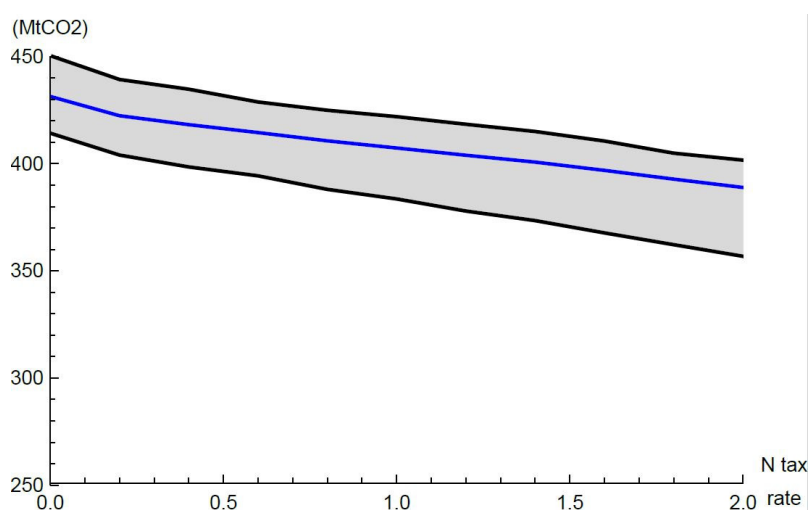


Figure 3. Émissions de gaz à effets de serre d’origine agricole pour l’UE-27 sur la base des années 2007-2012 en fonction du taux de taxe sur le prix initial des engrais.

2.2 France

La figure 4 présente les résultats spatialisés de la consommation d'engrais azotés d'origine minérale lorsque leur prix augmente jusqu'à 300% du prix initial, par pas de 20%. Les plus gros consommateurs de ces engrais minéraux sont la Picardie, la région Centre ou encore la Champagne-Ardenne, ce qui est cohérent avec le fait que ces régions sont de gros producteurs de cultures céréalières (blé, orge, colza...). A l'inverse, les régions de montagne (Massif Central, Pyrénées) ou les régions laitières (Bretagne, Normandie) présentent une faible consommation d'engrais minéraux.

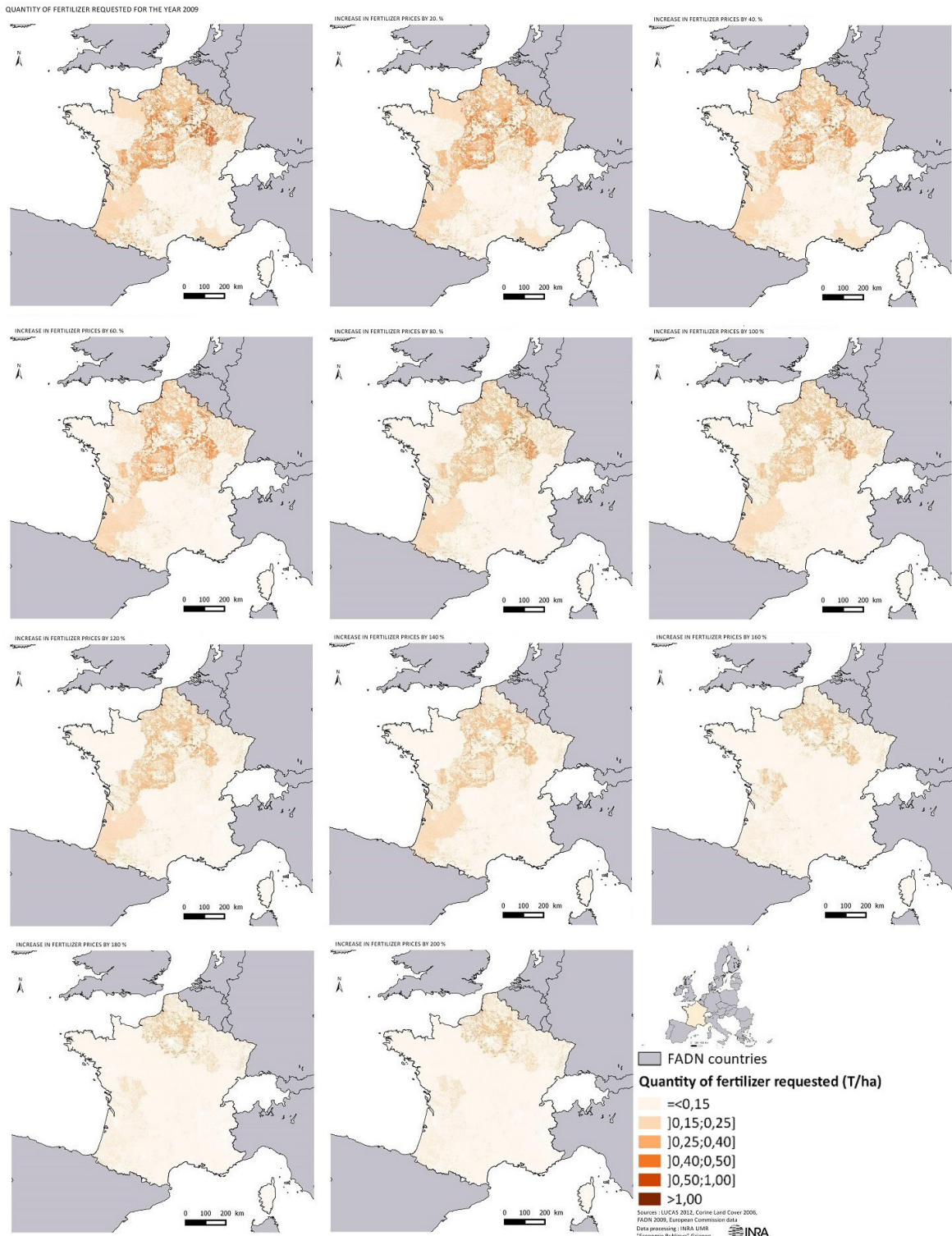


Figure 4. Demande française en engrais azotés minéraux avec l'introduction d'une taxe sur le prix des engrais, 2009.

Avant l’introduction de la taxe, certaines régions telles que le Centre ou le sud de Champagne-Ardenne consomment plus d’une tonne d’engrais minéraux azotés à l’hectare (c’est-à-dire environ 180 kg d’azote). La Picardie est également un gros consommateur d’engrais minéraux (entre 0.5 et 1 tonne à l’hectare). Cependant, les régions Centre et Champagne-Ardenne sont bien plus affectées que la région Picardie par l’introduction de la taxe, à tel point qu’à partir d’une taxe de 120% du prix initial, la demande en engrais azotés pour les régions Centre et Champagne-Ardenne devient inférieure à la demande en Picardie.

Ce résultat s’explique du fait que la marge brute des agriculteurs est plus affectée par la taxe en Champagne-Ardenne ou en région Centre qu’en Picardie. Ceci est probablement dû aux différences de cultures qui peuvent exister entre ces régions. La région Picardie privilégie la culture de la pomme de terre ou de la betterave, là où les cultures de blé, colza et orge sont les principales cultures de Champagne-Ardenne et de Centre.

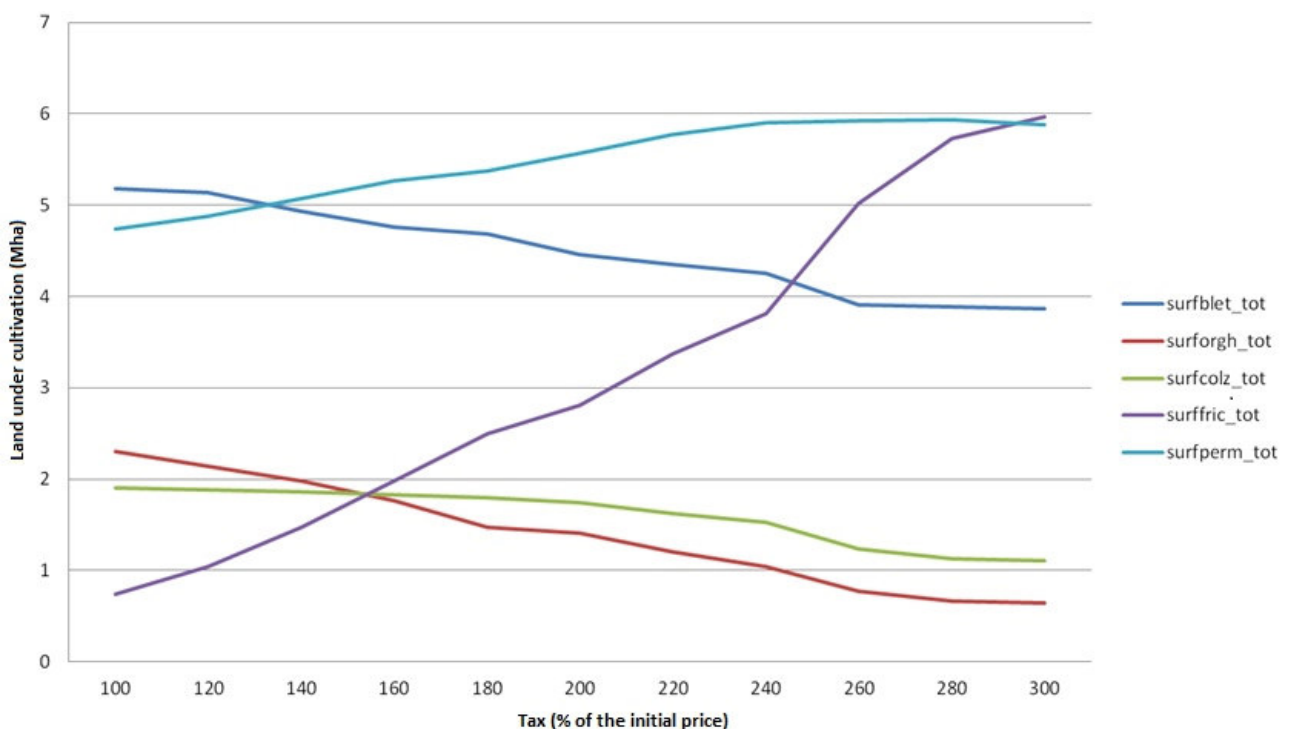


Figure 5. Evolution des surfaces principales cultures françaises sous l’effet de la hausse d’une taxe sur la consommation des engrais azotés, 2009.

La figure 5 présente l’évolution des surfaces des principales cultures françaises pour l’année 2009, suite à l’introduction d’une taxe sur le prix des engrais minéraux azotés. Les simulations mettent en évidence le déclin des surfaces allouées aux cultures céréalières. La surface agricole occupée par le blé passe de 5.2 Mha à 3.9 Mha lorsque le prix des engrais minéraux est multiplié par 3. La surface de l’orge chute également de 74% (de 2.3 Mha à 0.6 Mha) lorsque le prix est initial des engrais triple. D’un autre côté, les surfaces en prairies et friches augmentent fortement. A 0.7 Mha lorsque la taxe n’existe pas, la surface de la friche en France atteint 6 Mha pour une taxe de 200% du prix initial.

La baisse des surfaces occupées par les cultures de vente s’interprète bien. Sous l’effet d’une taxe sur le prix des engrais minéraux, les coûts variables (à l’hectare) de production augmentent pour les agriculteurs, impliquant une baisse de la consommation d’intrant mais également une baisse du rendement, d’où l’abandon par certains agriculteurs des cultures nécessitant beaucoup d’intrants azotés. En compensation des surfaces ainsi « libérées », on observe un accroissement des surfaces en friches et en prairies permanentes, sans pour autant observer un accroissement des surfaces en cultures moins exigeantes en intrants azotés (telles que la pois). Cela peut s’expliquer, avec le modèle, par le fait que les surfaces initiales des cultures de substitution ne sont pas ou sont présentes (et ne sont pas représentés pour les groupes type concernés). Jouent également les limites introduites par les assolements existant lors du calibrage, ainsi que le rôle que joue dans le modèle (et dans la réalité) les aliments du bétail dans leur diversité (céréales auto-consommées, concentrés achetés,

prairies et fourrages), ainsi que l'amplitude limitée laissée à l'ajustement du capital animal (15% à la baisse ou à la hausse dans les simulations réalisées).

Conclusion & Perspectives

Dans cette étude, il a été montré dans quelle mesure une taxe sur la consommation d'engrais minéraux azotés pouvait fortement affecter la consommation d'engrais ainsi que les autres résultats économiques, en particulier la marge brute agricole, pour l'union européenne. La hausse des prix des engrais minéraux résultant de la taxe pourrait également réduire significativement les émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole.

Le focus sur la France, pour l'année 2009, grâce à l'utilisation de fonctions de rendement « endogénéisant » les rendements et les coûts variables en eau d'irrigation et en azote, a pu montrer que les régions ne réagissent pas toutes de la même façon face à l'introduction de la taxe. Les régions de montagne et/ou orientées sur les productions animales sont peu affectées, mais même parmi les régions de grande culture, émergent des différences importantes ; la région Picardie est moins sensible à la hausse du prix des engrais que la région Centre ou la région Champagne-Ardenne. Ce focus sur la France permet également de montrer les effets potentiels de la taxe sur l'usage des sols agricoles.

En perspective, il est prévu d'impliquer plus explicitement les engrais organiques dans l'analyse, en intégrant par exemple les effets de long terme de l'utilisation de ce type d'intrant (cf. l'analyse effectuée par Jayet et Petel, 2015, sur les produits résiduels organiques). Cette analyse aura une dimension environnementale à plusieurs facettes, avec un focus sur les régions sensibles aux pollutions engendrées par la consommation de produits organiques (Menesguen, 2003), pour lesquelles la taxe sur les engrais minéraux est a priori peu efficace.

D'autres instruments que la taxe sur les engrais seront étudiés, par exemple dans le cadre de politiques climatiques visant à réduire fortement les émissions de gaz à effet de serre, ou dans le cadre de politiques visant à la promotion de la production de biomasses à finalité énergétique.

Ce travail repose en grande partie sur la contribution d'un ingénieur recruté en CDD, ainsi que par des doctorants travaillant sur des sujets connexes. Ces travaux s'inscrivent dans les projets portés par un LabEx (BASC) et un Institut de Convergence (CLAND).

Bibliographie

- Conley D.J., Paerl H.W., Howarth R.W., Boesch D.F., Seitzinger S.P., Karl E., Lancelot C., Gene E. (2009), Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus, *Science*, 323(5917), 1014-1015.
- Schulze E.D., Luyssaert S., Ciais P., Freibauer A., Janssens I.A. (2009), Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance, *Nature Geoscience*, 2, 842-850.
- Helfand G.E., House B.W. (1995), Regulating nonpoint source pollution under heterogeneous conditions, *American Journal of Agricultural Economics*, 77(4), 1024-1032.
- Jayet P.A. et al (2017), The European agro-economic AROPAj model, 189p, free access: https://www6.versailles-grignon.inra.fr/economie_publicue/Publications (cliquer sur la page: "Documentation Aropaj")
- de Cara S., Martin Houzé M., Jayet P.A. (2005), Methane and nitrous oxide emissions from agriculture in the EU : A spatial assessment of source and abatement costs, *Environmental & Resource Economics*, 32(4), 551-583.
- de Cara S., and Jayet P.A. (2000), Emissions of greenhouse gases from agriculture: the heterogeneity of abatement costs in France, *European Review of Agricultural Economics*, 27(3), 281-303.
- Chakir, R. (2009). Spatial downscaling of agricultural land-use data: an econometric approach using cross entropy. *Land Economics*, 85(2), 238-251.
- Cantelaube P., Jayet P. A., Carre F., Bamps C., Zakharov P. (2012). Geographical downscaling of outputs provided by an economic farm model calibrated at the regional level. *Land Use Policy*, 29(1), 35-44.
- Bourgeois C. Habets F., Jayet P.A., Viennot P., (2016). Estimating the marginal social value of agriculturally-driven nitrate concentrations in an aquifer: a combined theoretical-applied approach, *Water Economics and Policy*, doi: 10.1142/S2382624X16500211.
- Humblot P., Petsakos A., Jayet P.A. (2017), Farm-level bio-economic modeling of water and nitrogen use: calibrating yield response functions with limited data, *Agricultural Systems*, 151, 47-60.
- Brisson N., Gary C., Justes E., Roche R., Mary B., Ripoche D., Zimmer D., Sierra J., Bertuzzi P., Burger P., Bussi re F., Cabidoche Y., Cellier P., Debaeke P., Gaudill re J., H nault C., Maraux F.B.S., Sinoquet. H. (2003), An overview of the crop model STICS, *European Journal of Agronomy*, 18(3-4), 309-332.
- Jayet P.A., Petel E. (2015), Economic valuation of the nitrogen content of urban organic residue by the agricultural sector, *Ecological Economics*, 120, 272-281.
- Alain Menesguen (2003), Les "mar es vertes" en Bretagne, la responsabilit  du nitrate, Ifremer.