

Impact des prix de l'énergie et de la régulation des émissions de GES sur les systèmes d'exploitation agricole en France*

P.-A. Jayet

Unité Mixte de Recherches INRA-INA en Economie Publique, BP01, Centre INRA de Versailles-Grignon,
F-78850 Grignon ; jayet@grignon.inra.fr

Résumé

L'agriculture est confrontée à des défis majeurs en matière de coût des ressources énergétiques, de variation du climat, et de contribution à la maîtrise du changement climatique d'origine anthropique. Pour différents qu'ils soient, en ampleur et en nature, ces phénomènes ne sont pas sans interaction entre eux. Cet article a pour objectif d'apporter un éclairage sur les enjeux économiques, au travers d'une mesure quantitative des effets au-delà des réflexions générales que l'on peut conduire sur un tel problème. Ces effets sont ceux d'une variation du prix de l'énergie et d'une internalisation du coût de réduction des émissions de gaz à effet de serre, à l'échelle française et européenne. On montre qu'un prix du « carbone à effet de serre » proche de ce qui est actuellement observé sur les marchés d'échange de permis d'émission aurait des effets aussi importants que ceux que l'on peut imputer à une hausse de 50% du prix de l'énergie. Ces effets sur l'agriculture (marge brute et réduction des émissions d'origine agricole) semblent par ailleurs additifs au premier ordre.

* Les résultats présentés dans ce papier sont redevables des programmes européens « GENEDEC » et « INSEA » financés dans le cadre du 6^{ème} PCRD.

1. Rareté de l'énergie et effet de serre : deux problèmes

Les évolutions constatées du climat et du prix de l'énergie sont deux phénomènes majeurs. Mais les rapports entre ces évolutions et leurs rapports avec l'activité économique sont complexes. On admet généralement l'idée d'un effet de serre d'origine anthropique auquel est associée l'évolution du climat, et l'on peut concevoir que cet effet de serre est pour partie lié à la consommation d'énergie. Mais, tant que l'effet externe que représente l'effet de serre d'origine anthropique n'est pas intégré dans les règles du marché, il n'y a pas de lien évident avec l'évolution des prix de l'énergie qui peut trouver une explication simple avec la raréfaction de certaines ressources énergétiques.

Cependant, même s'il s'agit plus d'une conjonction que d'une corrélation, ces deux phénomènes vont conduire l'agriculture à s'adapter de façon substantielle. Ce secteur dispose d'atouts. En matière d'effet de serre, l'agriculture offre des marges de manœuvre à des pays dont les coûts de réduction sont élevés, en particulier dans un pays comme la France avec une production importante d'électricité d'origine nucléaire. Si le taux d'émission de GES par habitant est un des plus faibles parmi les pays "développés", le coût marginal de réduction est très important dans le secteur de l'énergie. Par ailleurs, avec la production de biomatériaux, au premier rang desquels les biocombustibles et les biocarburants (alcool de blé ou de betterave, esters d'huiles végétales), l'agriculture pourrait offrir en quantité significative des ressources énergétiques en substitution aux énergies fossiles.

L'évolution des prix relève essentiellement de choix publics ou privés confrontés à la rareté à court ou moyen terme de certaines ressources énergétiques et aux stratégies visant à s'assurer dans la durée de la ressource. L'effet de serre d'origine anthropique présente la quadruple caractéristique d'affecter un bien public (le climat), d'être un effet externe (les actions des agents économiques ayant des conséquences sur les autres agents sans que ces effets donnent lieu à une contrepartie), d'être global (en un endroit donné de la planète, le climat est susceptible d'être modifié et d'une façon qui ne dépend ni de l'émetteur ni de sa localisation), et d'être retardé (les émissions d'aujourd'hui modifient les concentrations de GES sur une durée longue et les effets sur les paramètres climatiques – en particulier la température – des concentrations à un moment donné seront également ressentis sur un temps long).

Gestion d'une ressource non renouvelable d'un côté, régulation d'un effet externe de l'autre, les deux problèmes ont ceci en commun d'imposer à l'autorité publique une régulation dynamique. La régulation n'empêchera pas les phénomènes de se produire ; elle pourrait en atténuer la portée à un coût qui reste à déterminer. Sans préjuger de la nécessité de compenser les effets de la régulation chez les pollueurs, l'efficacité économique peut être assurée par la mise en œuvre du principe "pollueur-payeur" sous forme d'une taxe. Ce type d'approche nous sera utile lorsque nous chercherons à évaluer les coûts marginaux de réduction des gaz à effet de serre. Quant à la hausse des prix de l'énergie, nous tenterons aussi d'en mesurer les effets directs, hors mesure de compensation.

Les gaz à effet de serre d'origine agricole sont essentiellement le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O), le dioxyde de carbone (CO₂) n'intervenant que pour 15% environ dans les émissions directes en Europe. Le premier est aussi l'un des vecteurs énergétiques dont le développement reste important (le gaz naturel), et il apparaît en outre comme énergie renouvelable issue de la fermentation anaérobie de substrats biologiques. Le second vient en grande partie des amendements sous forme d'engrais minéraux, très consommateurs d'énergie pour leur propre production. L'activité humaine rend encore plus complexes les cycles biologique et physique du carbone et de l'azote. Cette complexité associée à la complexité de la mesure et du contrôle des effets additionnels imputables à l'activité humaine participe de la difficulté de définir et de mettre en œuvre la régulation économique.

Pour être complet, il conviendrait d'intégrer à l'analyse la production et la consommation à la ferme de biocarburant et de biocombustible, à l'image de "l'autoconsommation" d'amendement azoté d'origine animale pour les cultures ou de céréales pour l'alimentation animale. Pour l'analyse quantifiée, il faudrait disposer d'estimations précises sur les coûts de production de ces biomatériaux produits à petite échelle. Cette dimension n'est ici pas prise en compte, mais des travaux régulièrement enrichis existent par ailleurs (voir la courte synthèse de SOURIE *et al.*, 2005).

Dans le même ordre d'idées, en ce qui concerne la dimension "effet de serre", il conviendrait d'intégrer à l'analyse le stockage du carbone soit dans les sols agricoles, soit *via* la possibilité de boisement de terres agricoles. Ce travail fait l'objet d'un programme européen en cours et, à ce stade, l'hétérogénéité de la qualité des données nous conduit à limiter l'analyse à ce que nous considérons comme mieux établi.¹

La présente étude a pour but de fournir quelques éléments chiffrés en matière de sensibilité aux deux phénomènes précités. Nous nous focaliserons d'une part sur la réduction des émissions de GES *via* une taxe de "premier rang" appliquée directement aux émissions et, d'autre part, sur l'impact d'une hausse significative du prix de l'énergie *via* son impact sur les charges variables d'exploitation. Les impacts seront déclinés en matière de marge brute du secteur agricole, de l'allocation des terres parmi les principales productions, de collecte et d'autoconsommation de céréales, et d'émissions de gaz à effet de serre. Nous aborderons également les effets induits que les phénomènes étudiés pourraient avoir quant aux coûts d'opportunité de la terre et des quotas laitiers. Les résultats sont obtenus à partir d'une nouvelle version du modèle AROPAj développée dans le cadre du programme européen GENEDEC². Les résultats retenus pour la France seront systématiquement comparés aux résultats conjointement obtenus pour l'Union Européenne (UE-15). En matière d'effet de serre, l'optique retenue ici consiste à ne faire porter à l'agriculture que le coût du dommage imputable aux seules émissions directes de gaz à effet de serre qu'elle provoque. Cela concerne pour l'essentiel l'émission de protoxyde d'azote principalement due aux amendements azotés pour les productions végétales, l'émission de méthane principalement due à la fermentation entérique chez les herbivores, et les émissions de ces deux gaz associées à la gestion des effluents d'élevage³.

2. Les effets attendus de la régulation des émissions de GES d'origine agricole et de l'évolution du prix de l'énergie

A terme, la prise en compte de l'effet de serre par la puissance publique au travers des politiques de lutte contre les excès du changement climatique aura un effet sur le prix de l'énergie lui-même. En effet, les politiques de régulation par les prix (la taxe) ou par les quantités (les quotas), pour ne mentionner que les instruments économiques, pèseront sur tous les gaz impliqués, parmi lesquels le gaz carbonique qui tient la première place au-delà de la sphère agricole. En jouant sur la réduction des émissions de gaz carbonique qui proviennent pour l'essentiel de la combustion de produits riches en carbone, ce sont les prix des énergies fossiles qui seront affectés, démultipliant la hausse des prix de l'énergie que provoquerait la seule rareté de l'énergie.

La conjugaison des effets de la rareté de l'énergie et de la réduction volontaire des émissions de gaz à effet de serre joue pleinement quand il s'agit des énergies fossiles à base de carbone. Tous les vecteurs énergétiques seront par contrecoup affectés par la hausse des prix, même quand il s'agit de l'électricité d'origine nucléaire dont la demande augmentera. Mais du côté des gaz à effet de serre autres que le dioxyde de carbone, il n'y a pas *a priori* à attendre de phénomène de report, les activités économiques qui sont la cause des émissions des premiers ne se substituant pas en principe aux activités à l'origine des émissions du CO₂.

En d'autres termes, la conjugaison des phénomènes est plus le résultat d'une addition que d'une corrélation. Il convient alors de traiter séparément les deux phénomènes, puis ensuite de tenter de montrer de quelle manière les systèmes de production agricoles peuvent répondre à cette conjugaison.

1 : Un travail en ce sens a été publié par DE CARA et JAYET (2000)

2 : <http://www.grignon.inra.fr/economie-publique/genedec/>

3 : On fait souvent appel aux "analyses de cycle de vie" pour intégrer la totalité des émissions associées à la consommation d'un produit. Notre approche est différente et fondée sur un principe d'économie publique qui veut que l'effort supporté par l'auteur d'un effet externe soit à la hauteur du dommage marginal dont il est directement responsable. A charge pour le régulateur de mettre en œuvre ce principe tout au long de la "filière". Dans cette veine, il apparaît plus judicieux de faire supporter le coût social des émissions éventuelles de gaz carbonique imputables à la fabrication d'engrais par les entreprises de ce secteur ; à charge pour elles d'optimiser le choix des ressources énergétiques pour la fabrication d'engrais. On notera que le méthane, matière première pour la fabrication d'engrais, n'a pas à être pénalisé en cette qualité, mais qu'il devrait l'être uniquement pour les quantités mobilisées comme combustible.

2.1. Répercussions de la hausse du prix de l'énergie

La hausse des prix de l'énergie se répercute sur les charges d'exploitation *via* les charges directes en énergie. Cette hausse pèse aussi sur les charges imputables à des facteurs de production eux-mêmes fortement dépendants en amont de matières premières affectant les marchés de l'énergie. C'est le cas du méthane pour la production d'engrais, qui offre cette double valorisation de matière première chimique et de combustible.

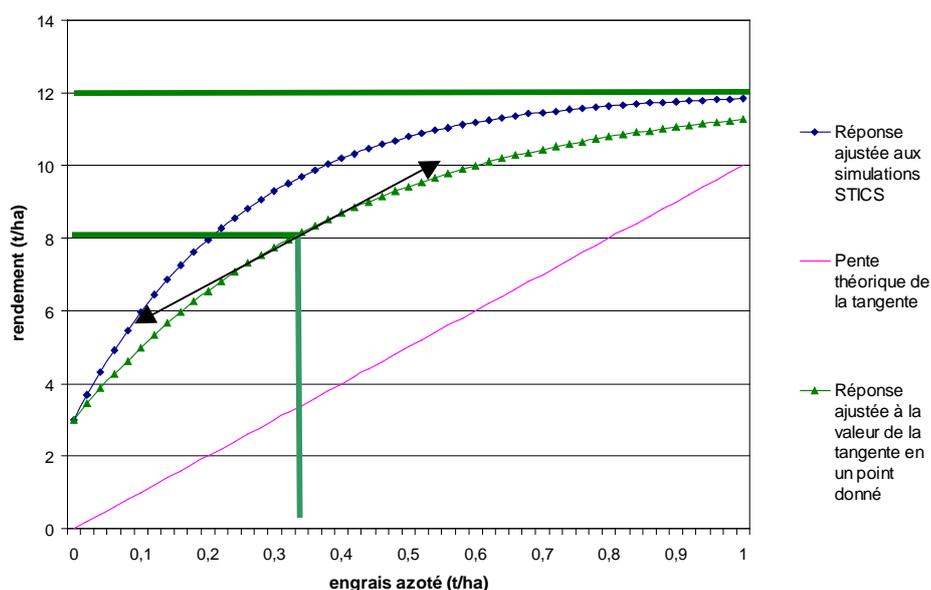
On peut classiquement décliner l'impact de la hausse des prix de l'énergie sur les revenus d'une façon qui renvoie à trois types simples de modélisation souvent utilisés.

La première approche relève d'une simple logique de mécanique comptable. Il suffit pour cela de connaître la part de l'énergie dans les charges, et la part des charges dans le produit brut. On raisonne alors à volume constant de facteurs et de produits.

Les modèles d'optimisation relevant de la programmation mathématique permettent de déterminer idéalement le niveau des facteurs et des produits, sous des contraintes techniques (ressources limitées en terre) et économiques (quota). Les premiers modèles relèvent de la programmation linéaire, où les variables sont par exemple les surfaces allouées aux différentes productions. Les coefficients que sont par exemple les rendements (déterminant les productions à partir des surfaces) sont alors des paramètres renseignés de façon exogène.

En troisième niveau, nous avons les modèles de programmation non linéaires, qui supposent que toutes les relations entre variables caractérisant l'ensemble de production soient spécifiées. Cela signifie par exemple que les rendements des cultures sont des fonctions explicites des facteurs de production tels que les engrais (GODARD, 2005). Il est d'ailleurs possible de combiner la puissance des algorithmes de programmation linéaire avec l'introduction de ces "fonctions de réponse", en calculant la solution optimale en deux temps. Dans un premier temps, pour chaque unité de surface destinée à une production donnée, on ajuste la consommation factorielle et le rendement de sorte que productivité marginale et prix relatif soient égaux (figure 1). Dans un deuxième temps, il suffit d'utiliser un modèle de programmation linéaire du type précédent. On doit cependant tenir compte du fait que la solution ainsi calculée n'est la solution optimale que si tout ou partie de la production est vendue au prix indiqué. En cas de consommation totale du produit sur la ferme (ce qui peut être le cas avec l'alimentation animale), le prix du marché devrait être remplacé par un prix dual lui-même déterminé par la solution optimale.

FIGURE 1 – Ajustement sur la fonction de réponse en fonction du rapport de prix (prix du facteur rapporté au prix du produit ; BAMIÈRE *et al*, 2005, JAYET *et al*, 2005).



La méthode a été appliquée à l'échelle d'une région, la Picardie (GODARD, 2005). Les données existent pour l'appliquer à l'échelle européenne, et la base de données est en cours d'élaboration. Dans les analyses qui suivent (sections 3 et 4), nous nous en tiendrons à l'optimisation de l'allocation des terres réalisée au sein d'un ensemble de groupes types d'exploitations agricoles, sans optimiser l'ajustement des charges et des rendements à l'échelle de la parcelle.

Qualitativement, le résultat que l'on peut attendre d'une hausse du prix de l'énergie est une baisse des rendements et des charges, ainsi qu'une baisse de la marge brute à l'hectare. Devraient également baisser les surfaces consacrées aux cultures dont les marges brutes sont les plus sensibles à la variation des prix de l'énergie. De façon générale, les charges directes en énergie ne représentent qu'une part faible de l'ensemble des charges variables. L'impact pourrait surtout venir, pour les productions végétales, de l'évolution des prix des engrais, avec comme conséquence une meilleure valorisation de l'azote d'origine organique qui est un coproduit du lait ou de la viande et de l'azote d'origine symbiotique (légumineuses et associations graminées – légumineuses). Par ailleurs, des cultures consommatrices d'énergie peuvent aussi laisser place aux prairies et fourrages, diminuant les coûts directs de l'alimentation animale. On peut alors s'attendre à un effet ambigu du prix de l'énergie sur les productions animales.

2.2. Réduction des émissions de gaz à effet de serre

En l'absence de problème informationnel et d'incertitude, les deux modes de régulation d'un effet externe que sont les instruments "prix" (la taxe) et "quantité" (le quota de pollution) sont socialement équivalents (en termes de bien-être global) lorsqu'ils sont fixés au niveau requis par l'optimum social. L'effet de serre imputable à l'unité supplémentaire "d'équivalent CO₂" ne dépendant pas de l'agent qui émet cette unité, la taxe est unique (impersonnelle) et doit être équivalente au dommage marginal social supporté par l'économie dans son ensemble.

La fonction de dommage social est réputée mal connue, comme en témoignent les rapports de l'IPCC⁴. Mais il reste intéressant de déterminer le coût marginal de réduction des gaz à effet de serre pour les différents secteurs et agents de l'économie, ne serait-ce que pour à la fois mesurer ce que représenterait l'effort de réduction et pour identifier les secteurs aux coûts de réduction les moins élevés. Nous nous intéresserons donc à l'offre de réduction des émissions d'origine agricole lorsque nous introduirons une taxe et que variera cette taxe sur les émissions de gaz à effet de serre. Cette taxe sera répercutée sur les différents gaz à effet de serre en fonction de leur pouvoir radiatif global⁵. Ce type de calcul est évidemment possible dès lors que l'on dispose d'un modèle adapté. Cela signifie que l'on puisse disposer de relations établissant le niveau des émissions en fonction de l'activité économique – ou des variables du modèle caractérisant cette activité. Nous nous appuyerons là encore sur les recommandations de l'IPCC en ce qui concerne les variables caractérisant l'agriculture et l'élevage. En théorie équivalente à l'introduction de la taxe, l'introduction de quota sur les émissions nous permettrait d'estimer les coûts marginaux de réduction, *via* les "variables duales" associées aux contraintes de quota.

En réalité, qu'il s'agisse de quota ou de taxe, nous estimerons un potentiel qu'une politique économique mise en œuvre ne permettrait que difficilement d'atteindre. Taxe ou quota sur les émissions sont les instruments d'une politique de "premier rang" signifiant que l'on ne pourrait élaborer une régulation socialement plus efficace. D'un point de vue pratique, à des coûts raisonnables, on ne pourrait taxer les émissions directes, mais plutôt les causes supposées des émissions. Par exemple, on chercherait à taxer l'animal ou taxer l'aliment du bétail quand on cible le méthane, et taxer les engrais quand on cible le protoxyde d'azote. Mais on ne saurait véritablement taxer que ce qui est facilement observable (l'animal, par ailleurs identifié comme source de prime *via*

4 : International Panel for Climate Change : ses rapports sont réguliers (1995, 2001) et font état de la difficulté d'évaluer le dommage collectif imputable à l'unité supplémentaire émise de gaz à effet de serre.

5 : Les PRG (pouvoirs radiatifs globaux) retenus sont ceux que préconise l'IPCC en tenant compte des effets radiatifs cumulés sur 100 ans. Ils sont respectivement de 23 tonnes de CO₂ par tonne de méthane et de 296 tonnes de CO₂ par tonne de N₂O. Nous ne discutons pas ici du caractère théoriquement arbitraire de l'horizon – 100 ans – ni du fait que ces équivalences fondées sur la physique devraient être remises en cause dès lors que le taux d'actualisation serait positif (voir par exemple DE CARA *et al.*, 2005b).

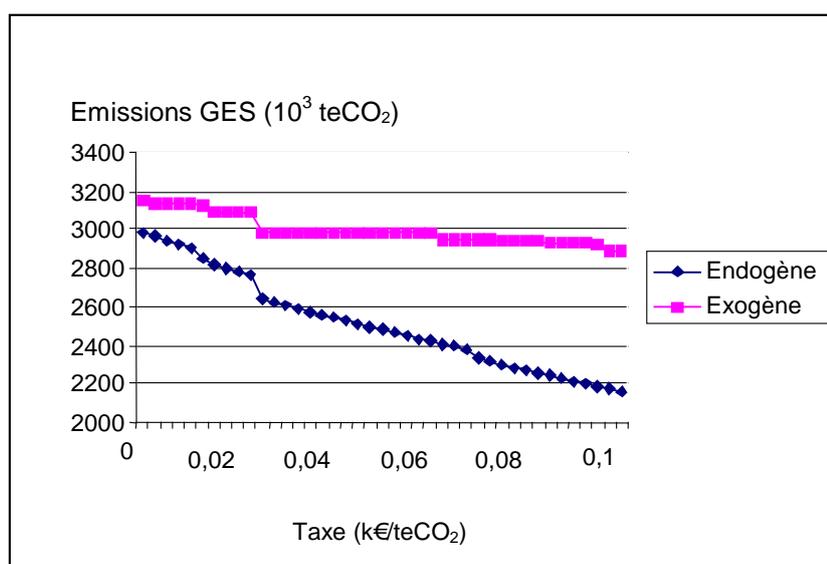
la PAC) ou ce qui passe par le marché (les aliments achetés). En d'autres termes, on taxera les engrais minéraux (mais non les amendements issus de l'élevage), on taxera les animaux (même si ce type de taxe n'incite pas l'éleveur à adopter une alimentation plus économe en émission de GES) et on taxera les aliments industriels (mais non les céréales ou les fourrages produits et consommés sur l'exploitation, lesquels de surcroît passent pour être plus "méthanogènes"). Ces analyses de second rang ont déjà été explorées (DE CARA et JAYET, 2000).

Le secteur agricole présente cette caractéristique d'impliquer un très grand nombre d'entreprises (d'après le RICA européen (UE-15), le nombre d'exploitants à temps complet est de l'ordre de 3 millions). Avec des conditions pédoclimatiques de production très variables et des incitations publiques visant à maintenir une activité pas nécessairement conforme aux règles du marché, ce secteur nous habitue à une grande dispersion de la productivité marginale des facteurs. On doit évidemment s'attendre à ce qu'il en aille de même pour les coûts marginaux de réduction des gaz à effet de serre. Des études précédentes l'ont montré (DE CARA *et al.*, 2005a).

Le dernier élément d'ordre général que l'on souhaite développer ici tient au fait qu'une politique de réduction de gaz à effet de serre "unilatérale" (ou du moins mise en œuvre par un nombre limité de pays) peut se traduire par un effet de report⁶ allant à l'encontre de l'objectif recherché. Rappelons que l'impact sur le climat des émissions de gaz à effet de serre est "global". Si la réduction des émissions par certains agents économiques se traduit par la limitation de leur activité, on peut observer un report de l'activité chez des agents qui ne sont pas soumis aux mêmes limitations. On mentionnera simplement à cet égard que la principale source de réduction des émissions attendue par la Commission Européenne d'ici 2012 est la réforme de la PAC (pour 19 Millions de tonnes équivalent CO₂ sur un total de 41 MteCO₂, CE rapport ECCP-I, 2005).

Notre objectif étant ici de contribuer aux estimations du potentiel de réduction et de son coût, nous revenons vers la modélisation et ses limites. En relation avec la section précédente, où nous avons abordé les biais que peuvent induire certaines limites des modèles, nous mentionnons l'inflexion du potentiel de réduction que l'on obtiendrait si nous disposions des fonctions de réponse permettant l'ajustement des rendements et des charges face à tout changement de prix (taxe comprise). Dans une version antérieure du modèle présenté en section 3, on évalue cet impact comme la différence des deux courbes d'offre de réduction "sans" et "avec" prise en compte de cet ajustement. Cette estimation a été obtenue à l'échelle d'une Région (la Picardie, figure 2, selon GODARD, 2005). L'écart de réduction est important puisqu'une taxe de 100 €/t équivalent CO₂ (teCO₂) se traduirait par une réduction de 10% dans un cas ("sans") et de 25% dans l'autre ("avec").

FIGURE 2 – Effet de l'optimisation des rendements sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre en Picardie d'origine agricole (GODARD, 2005).



6 : Le terme anglais *leakage* est en général utilisé pour évoquer ce phénomène.

3. Le modèle et les hypothèses retenues

3.1. Le modèle AROPAj

Le modèle AROPAj est un modèle d'offre fondé sur la représentation du fonctionnement d'un ensemble de groupes types d'exploitations agricoles. Cet ensemble couvre l'agriculture européenne en ce qui concerne les grandes cultures et les productions animales. Il s'appuie pour une large part sur les données du Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA) européen. La typologie est fondée, au sein de chaque Région RICA, sur trois critères disponibles dans le RICA :

- l'altitude (3 classes),

- l'orientation technico-économique (15 classes dont 13 sont représentées dans AROPAj après exclusion des orientations "Cultures permanentes, dont la vigne" et "Maraîchage-horticulture-arboriculture"),

- la dimension économique (variable quantitative synthétique).

Dans la dernière version opérationnelle du modèle qui est fondée sur le RICA européen 2002, les 101 Régions RICA agricoles de l'Union européenne à 15 (c'est-à-dire les 104 régions RICA hors les 3 villes-Etat allemandes) se déclinent, au total, en 1 074 groupes autonomes d'exploitations agricoles. Ils représentent près de 2 millions d'exploitants (320 000 pour la France) sur plus de 87 millions d'hectares (24 millions pour la France), selon les coefficients de pondération proposés par le RICA. Le tableau 1 donne quelques indications sur ce que le modèle représente à l'échelle des Etats membres de l'UE, qu'il s'agisse d'éléments qui sont directement estimés à partir du RICA ou de résultats issus de la solution de référence.

Chaque groupe type "fonctionne" comme un agent économique qui maximise sa marge brute sous des contraintes techniques et qui intègre dans ses choix les instruments économiques spécifiés dans l'analyse (parmi ceux-ci, on trouve la plupart des instruments mis en œuvre dans le cadre de la PAC, et on peut y ajouter les instruments des réformes à venir ou les instruments de la régulation de l'effet de serre d'origine agricole).

TABLEAU 1 – Quelques caractéristiques du modèle et de la “solution de référence” pour les 15 Etats membres de l'Union (à partir du RICA 2002).

	Nombre d'exploitations (1 000)	Nombre de groupes types	Marge brute / exploitation (k€)	Feoga / exploitation (k€)	Feoga / ha (k€)
Belgique	36,5	27	27,4	13,1	0,353
Danemark	48,2	22	39,2	17,0	0,348
Allemagne	255,5	144	79,5	19,4	0,337
Grèce	273,4	54	8,5	3,0	0,578
Espagne	302,1	155	23,6	9,0	0,230
France	320,2	157	55,1	22,9	0,319
Grande Bretagne	123,5	59	80,2	26,5	0,288
Irlande	128,7	22	19,5	9,1	0,291
Italie	596,6	278	17,3	4,8	0,347
Luxembourg	1,5	13	52,4	14,5	0,213
Pays-Bas	65,4	19	59,8	14,0	0,489
Autriche	79,3	38	21,7	7,7	0,325
Portugal	208,8	37	7,6	2,7	0,248
Finlande	49,3	20	29,4	8,0	0,225
Suède	38,0	29	56,7	17,2	0,203
UE	2527,0	1074	33,2	10,9	0,309

On trouvera une présentation concise du modèle dans des papiers récemment publiés (DE CARA *et al.*, 2005a ; DEBOVE *et al.*, 2005 ; JAYET et LABONNE, 2005), ou détaillée dans un rapport qui vient d'être rédigé dans le cadre du programme européen GENEDEC, ou encore sur internet ("miraje"⁷). Le modèle est par construction statique, de période de base annuelle, même si évidemment on peut l'utiliser sur un enchaînement d'itérations que l'on peut "dater". Il est de conception modulaire, de sorte que tout est fait pour faciliter l'ajout d'un espace géographique (tel que les pays ayant rejoint l'UE en 2005, dès que le RICA les concernant sera disponible), l'ajout d'un module (l'ajout en cours porte sur l'épandage des effluents d'élevage et le bilan "azote" de l'exploitation), l'ajout d'une série d'instruments économiques (en cours, les modalités du "découplage"). Il repose sur une maquette "générique" qui permet de décliner la représentation du fonctionnement d'une exploitation agricole selon une grande diversité d'exploitations. Et les données sur lesquelles il est fondé sont également choisies en fonction de la garantie d'en disposer dans le temps et de façon homogène pour les espaces géographiques représentés. Enfin, toutes les étapes de la construction du modèle – typologie par classification, estimation des paramètres, calibrage de chacun des modèles individuels, et simulation suivant un scénario défini par l'utilisateur – sont automatiques. Il fonctionne actuellement sur un serveur de calcul fonctionnant sous Unix, permettant de réaliser et suivre les opérations à distance.

3.2. Hypothèses et scénarios

Trois séries de paramètres caractérisent les simulations réalisées et les scénarios dans lesquels elles s'inscrivent.

En premier lieu, du côté des paramètres généraux du modèle, parmi les paramètres propres aux groupes types d'exploitants, seul le coefficient d'ajustement du capital animal est activé, à la valeur de 15% (sauf mention contraire quand il sera maintenu à 0 afin de mesurer l'impact de cet ajustement). Cela signifie que le capital animal (*i.e.* le nombre de têtes des animaux caractérisant la capacité des ateliers – bovins adultes, porcins, ovins, caprins, volailles –) peut évoluer avec des valeurs comprises entre 85 et 115% de la valeur estimée lors du calibrage du modèle. Les quotas laitiers sont inchangés. Tous les autres paramètres techniques et les prix, hors ce qui est précisé ci-dessous, sont par hypothèse inchangés. C'est en particulier le cas des prix des produits agricoles, des produits animaux et des aliments du bétail. C'est aussi le cas des rendements (voir la section 2). Les instruments de la Politique Agricole Commune sont ceux de la politique active en 2002, c'est-à-dire l'Agenda 2000.

En second lieu, lorsque l'on prend en compte l'évolution des prix de l'énergie, on modifie les charges variables des cultures de la façon suivante. On intègre l'évolution des charges en énergie directe au titre des carburants et lubrifiants, que l'on suppose en moyenne égales à 15% des charges variables prises en compte dans le modèle (engrais, pesticides, carburants, semences) et estimées en 2002. On intègre également un effet de transmission des prix de l'énergie sur les prix des engrais, avec un coefficient de transmission de 85%. Rappelons que les charges variables dans le modèle sont estimées à partir du RICA pour chaque culture présente chez chacun des groupes types d'exploitants agricoles.

Le modèle est alors modifié en lui ajoutant 3 paramètres qui viennent eux-mêmes modifier le coefficient de coût de chaque hectare de culture : le "contenu en énergie" des charges variables (valeur retenue : 0,15), le coefficient de transmission du prix de l'énergie sur les charges en engrais (valeur retenue : 0,85) et le prix relatif de l'énergie. On a donc retenu pour les deux premiers nouveaux paramètres une valeur indépendante de la culture et du groupe type. On fera évoluer le prix relatif entre 1 et 1,5.

En troisième lieu, en matière d'effet de serre, on retiendra les paramètres utilisés dans la version précédente du modèle (DE CARA *et al.*, 2005a), paramètres que l'on adaptera à la nouvelle typologie associée au RICA 2002. Ces paramètres permettent d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre à partir de variables sélectionnées du modèle (essentiellement les surfaces par culture, les effectifs animaux par catégorie – âge, sexe et destination lait ou viande – et les aliments ingérés par les animaux distinguant les concentrés simples ou composés et les aliments produits et consommés sur la ferme). On prend en compte les émissions de GES hors CO₂ (*i.e.* CH₄ et N₂O) selon 21 sources

7 : miraje : <http://www.grignon.inra.fr/economie-publique/MIRAJE/model/detail.htm>

répertoriées par l'IPCC, les paramètres étant eux-mêmes par défaut ceux préconisés par l'IPCC (2001). Néanmoins, lorsque c'est possible et compte tenu des variables calculées par le modèle, on adopte alors un mode plus précis et plus souple de comptabilisation des émissions. C'est en particulier le cas avec les activités d'aliments du bétail. Le tableau 2 résume en 8 postes les sources et la matérialisation des relations avec les activités du modèle.

TABEAU 2 – Relations entre les principales sources d'émissions de GES (CH₄ et N₂O) et les activités du modèle.

	Surface	Alimentation animale	Effectifs animaux
N ₂ O sols agricoles (engrais de synthèse)	X (N ut.)		
N ₂ O sols agricoles (résidus de culture et fixation biologique N)	X (N ut.)		
N ₂ O sols agricoles (épandage d'effluents d'élevage)			X
N ₂ O sols agricoles (production animale)			X
N ₂ O gestion des effluents d'élevage			X
CH ₄ gestion des effluents d'élevage		X	
CH ₄ fermentation entérique		X	(X)
CH ₄ riz	X		

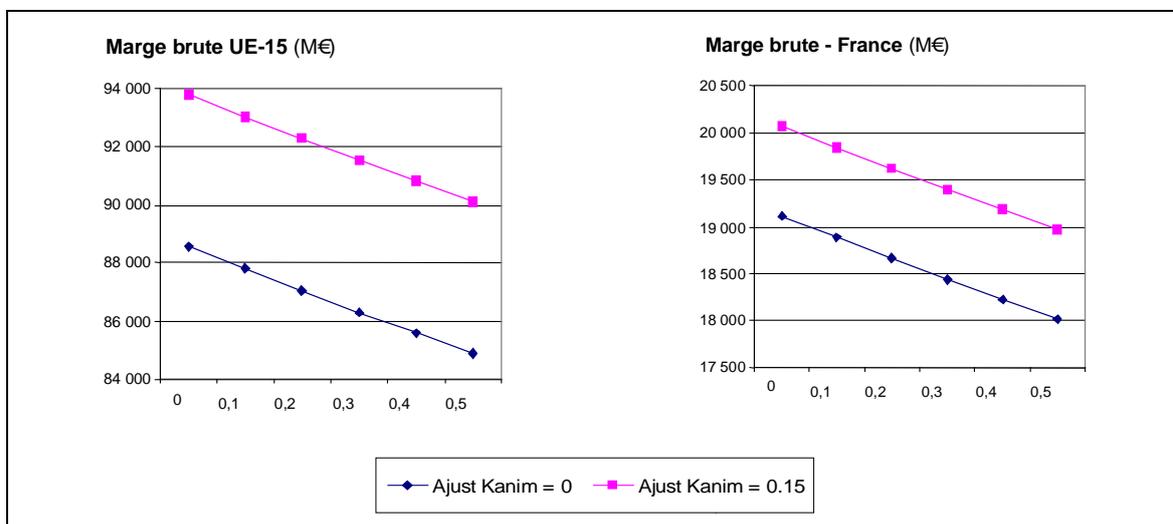
La taxe directe sur l'effet de serre affecte les émissions alors intégrées sous forme d'une activité agréant les GES *via* leur PRG (pouvoir radiatif global) dans la fonction d'objectif de chacun des groupes types de producteurs, cette taxe représentant le coût de cette activité. On fera varier la taxe de 0 à 100 €/teCO₂

4. Essai d'évaluation des impacts par la simulation

A l'aide de la dernière version du modèle AROPAj, nous proposons des résultats issus d'explorations numériques de l'effet direct d'une hausse du prix de l'énergie, de l'effet de l'introduction d'une taxe sur les émissions de GES et de l'effet de la conjugaison des deux phénomènes. Ces résultats doivent être compris comme relevant de la prospective, limitée à l'évolution des seuls prix de l'énergie et taxe sur l'effet de serre. L'exercice est évidemment construit "toutes choses égales par ailleurs".

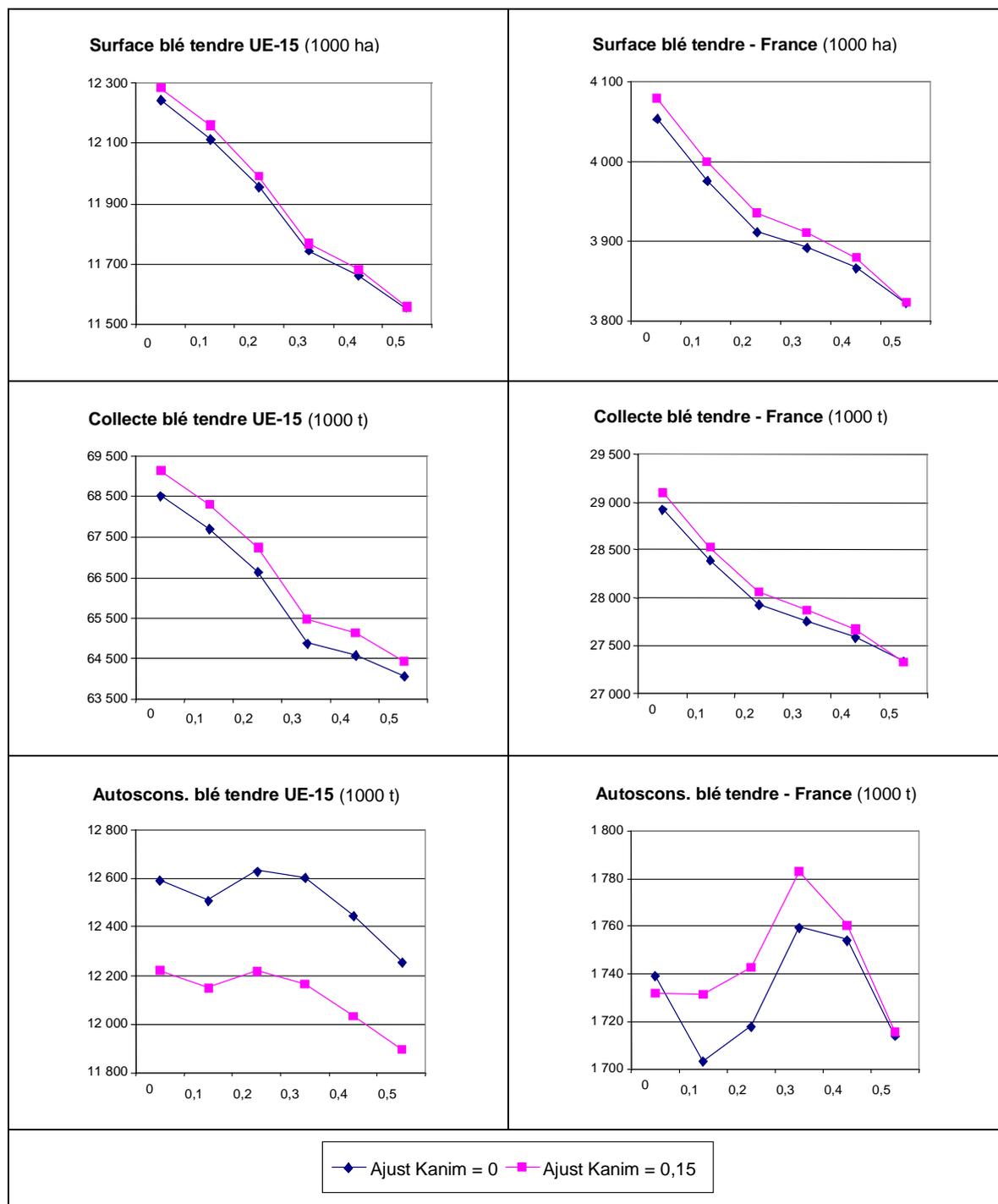
Nous nous intéresserons particulièrement aux surfaces et aux productions, à travers l'exemple du blé tendre, aux marges brutes des exploitations et aux "prix fictifs" associés à la ressource en terre et au quota laitier. Nous produirons systématiquement les résultats pour la France d'une part, et l'Union Européenne à quinze d'autre part.

FIGURE 3 – Evolution de la marge brute (France et UE, en M€) en fonction de la hausse du prix relatif de l'énergie pour 2 niveaux d'ajustement du capital animal (0 et 15%).



Le premier résultat concerne l'évolution des marges brutes. Pour l'ensemble des exploitations, la baisse est régulière et atteindrait 4% pour l'UE et 6% pour la France lorsque la hausse du prix de l'énergie atteint 50% (figure 3). Sans variation du prix de l'énergie, la baisse est de l'ordre de 7,5% pour l'UE et de 9% pour la France (voir aussi la figure 8) lorsqu'on introduit une taxe de 20 €/teCO₂ (ce "prix" étant voisin du prix du CO₂ observé sur les marchés avec cotation). Avec une taxe de 49,1 €/teCO₂, permettant d'atteindre une réduction de 8% des émissions de GES, toutes choses égales par ailleurs⁸, la baisse de la marge brute, comparée à celle de 2002, serait un peu inférieure à

FIGURE 4 – Evolution de la production de blé tendre en fonction de la hausse du prix relatif de l'énergie pour 2 niveaux d'ajustement du capital animal (0 et 15%).

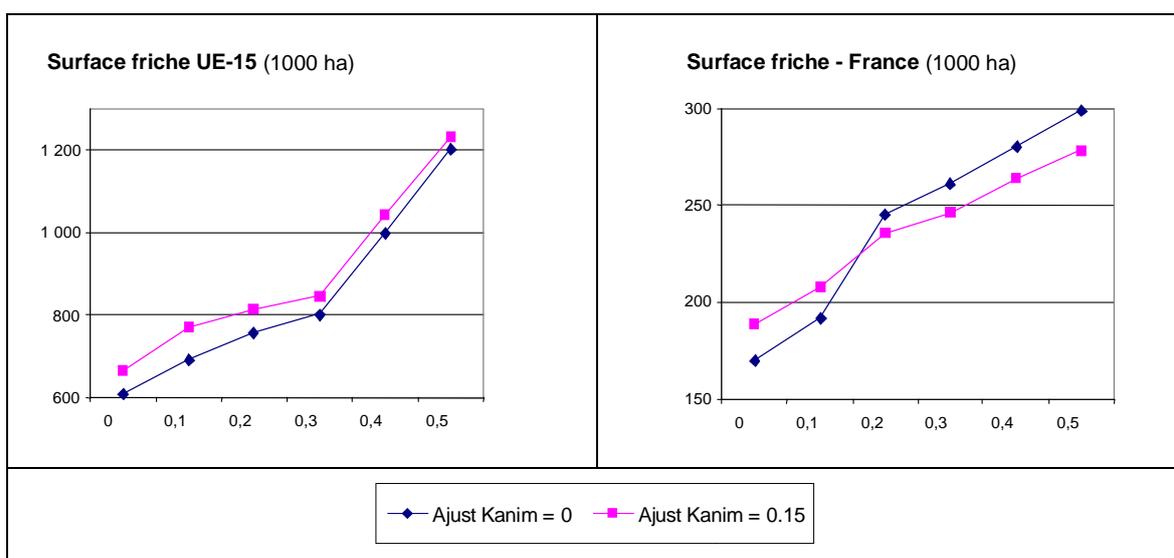


⁸ : Tous secteurs économiques confondus, l'engagement moyen de réduction de la part de l'UE sur la période 2008-2012 rapporté aux émissions de 1990 est de 8%. On notera que, compte tenu de l'évolution du secteur, en particulier avec l'évolution de la PAC, les émissions agricoles de l'UE ont décliné de 10% environ entre 1990 et 2003 (se référer aux données de l'UNFCCC, ou au rapport ECCP-I de la CE).

18% à l'échelle de l'UE et approcherait les 22% pour la France⁹. Sur les plages de valeurs retenues pour les simulations, les effets des deux phénomènes sont additifs au premier ordre.

Les résultats sont plus complexes lorsqu'on s'intéresse au niveau des activités (surface, collecte et consommation à la ferme). Surface et collecte de blé tendre diminueraient régulièrement et significativement lorsque le prix de l'énergie augmente, à la différence de l'autoconsommation dont l'évolution alterne hausse puis baisse (figure 4) : la baisse de la surface serait de 6,6% pour l'UE et de 6,7% pour la France, et celle de la collecte respectivement de 7,2% (UE) et 6,3 (France). La friche (hors gel de terre subventionné) "profite" évidemment de la baisse des surfaces en production (figure 5). Globalement (figure 6), les céréales et les oléoprotéagineux seraient les plus affectés, puis dans une moindre mesure les plantes fourragères, ceci au profit des prairies et des terres mises en retrait (gel subventionné et friche).

FIGURE 5 – Evolution de la surface en friche (hors gel de terre subventionné) en fonction de la hausse du prix relatif de l'énergie pour 2 niveaux d'ajustement du capital animal (0 et 15%).



Le type de modèle utilisé se prête bien à l'impact du changement de l'environnement des prix ou des politiques sur la valorisation des facteurs quasi fixes, tels que les ressources en terre ou les quotas laitiers. Il suffit pour cela d'analyser l'évolution des variables duales associées aux contraintes pertinentes lorsque change cet environnement¹⁰. Rappelons que la valeur duale de la terre peut être comparée à un prix de location annuelle, tandis que le prix duale du quota laitier est également comparable au prix d'un quota locatif.

En moyenne, suivant en cela les indications données ci-dessus concernant les marges brutes, le prix de la terre et le prix du quota seraient affectés par une hausse du prix de l'énergie, en France plus que dans le reste de l'Union Européenne (tableaux 3 et 4). Cela est particulièrement vrai pour la terre, avec une baisse près de 2 fois plus élevée (près de 11% contre près de 6%) si le prix de l'énergie augmente de 50%. L'impact sur le prix du quota laitier est très faible dans le reste de l'Europe, alors qu'il est significatif en France atteignant une baisse de 3,5% pour une hausse du prix de l'énergie toujours égale à 50%.

Néanmoins, il s'agit là de valeurs moyennes. La figure 7 illustrant la dispersion des situations individuelles (représentées en fonction du prix fictif de la terre en référence et de la variation relative de ce prix lorsque le prix de l'énergie augmente de 50%) montre qu'une analyse en termes de

9 : Ces résultats numériques sont obtenus par interpolation linéaire des résultats eux-mêmes obtenus par les simulations.

10 : En toute rigueur, comme le modèle fait appel à de la programmation mathématique en nombres entiers, l'analyse des valeurs duales telle que nous la proposons est soumise à restriction. Néanmoins, l'effet de masse dû au grand nombre de modèles individuels rend faible la probabilité de variations « inattendues » même si la figure 7 par exemple semble indiquer que cette probabilité n'est pas nulle.

variance serait pertinente. Il conviendrait alors d'analyser ces résultats en fonction des critères auxquels le RICA nous donne accès (région, dimension économique en particulier).

FIGURE 6 – Evolution de l'allocation des terres entre référence et hausse du prix relatif de l'énergie de 50%.

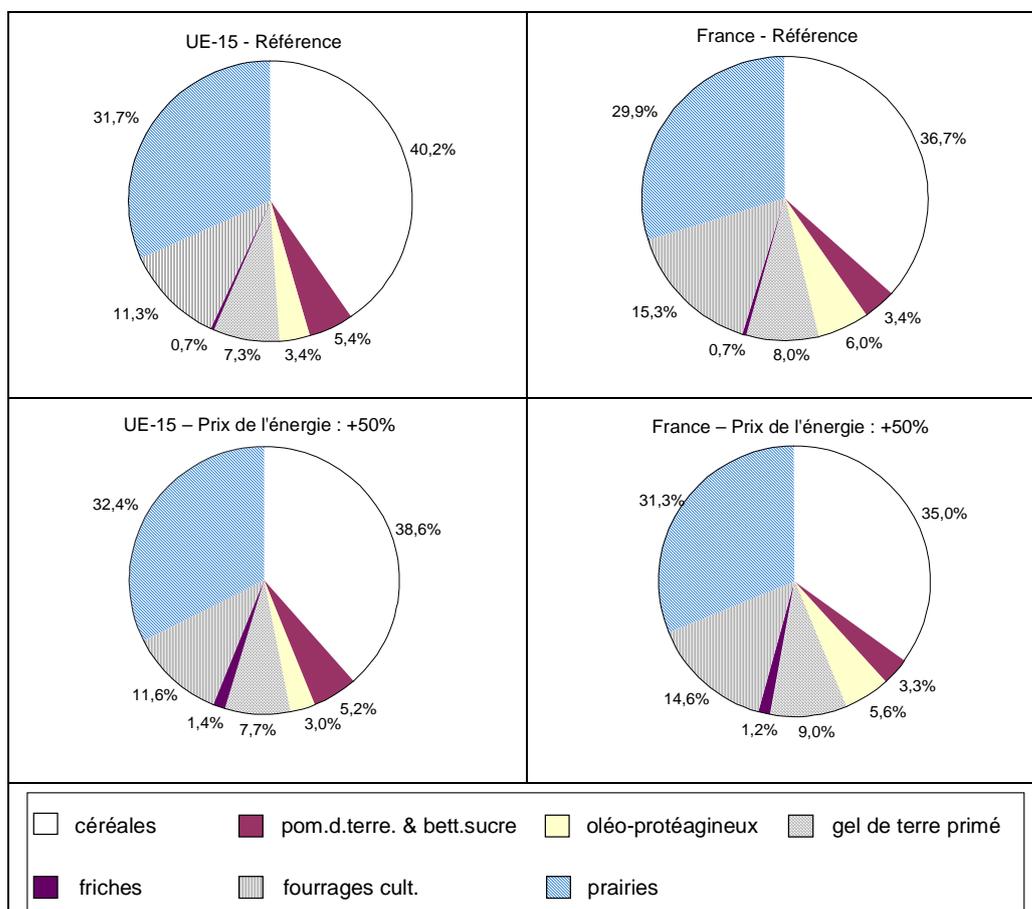


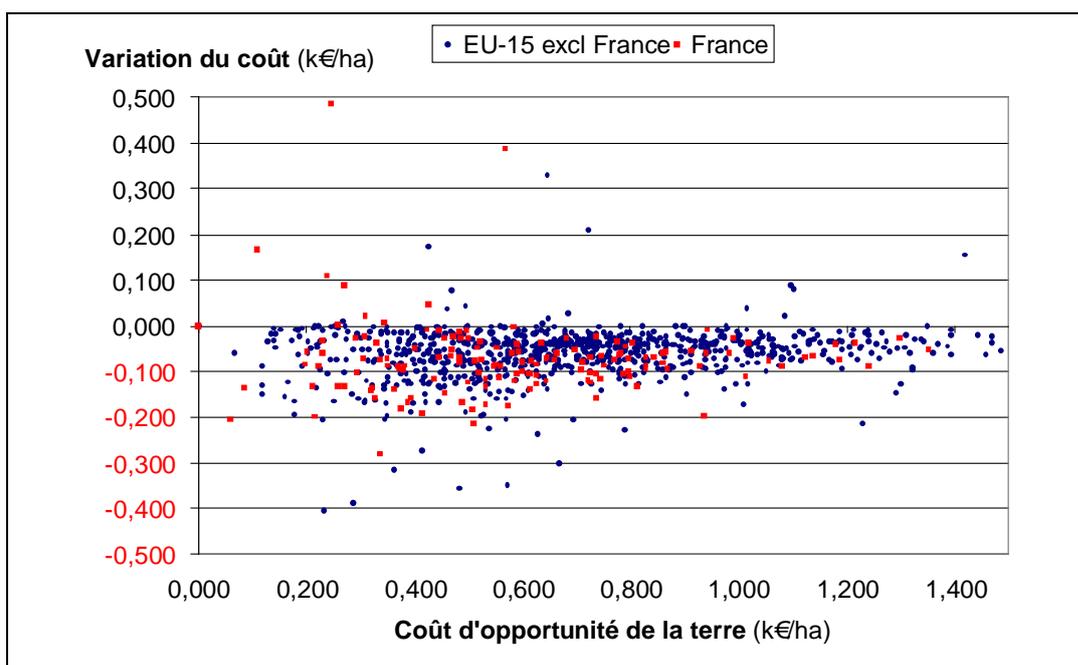
TABLEAU 3 – Prix dual de la terre (k€ha) et variation relative entre référence et situation avec hausse du prix relatif de l'énergie de 50% - ajustement du capital animal (15%).

	UE-15	UE-15 France exclue	France
Valeur moyenne non pondérée en situation de référence	0,819	0,874	0,600
Variation relative moyenne non pondérée	-0,065	-0,059	-0,100
Valeur moyenne pondérée en situation de référence	0,851	0,903	0,574
Variation relative moyenne pondérée		-0,058	-0,107

TABLEAU 4 – Prix dual du quota laitier (€l) et variation (€l) entre référence et situation avec hausse du prix relatif de l'énergie de 50% - ajustement du capital animal (15%).

	UE-15	UE-15 France exclue	France
Valeur moyenne non pondérée en situation de référence	0,2588	0,2559	0,2712
Variation absolue moyenne non pondérée	-0,0023	-0,0008	-0,0086
Valeur moyenne pondérée en situation de référence	0,2518	0,2456	0,2739
Variation absolue moyenne pondérée		-0,0002	0,0095

FIGURE 7 – Distribution des groupes d'exploitations en fonction des valeurs duales de la terre en situation de référence (avec ajustement du capital animal) et de la variation du prix dual de la terre lorsque change le prix de l'énergie (+50%)



A l'image de la baisse de la rémunération des facteurs "terre" et "quota" cohérente avec la baisse des marges consécutive à la hausse du prix de l'énergie, l'impact d'une taxe "GES" non compensée se traduirait par une baisse significative dès les premiers efforts en termes de réduction des émissions. Nous nous intéressons maintenant aux effets cumulés de la hausse du prix de l'énergie et de l'introduction de la taxe "GES" sur la réduction des émissions.

Comme on pouvait s'y attendre, la hausse de prix de l'énergie conduit à modifier produits et facteurs agricoles de sorte que les émissions de GES diminuent (figure 9). Au premier ordre et sur la plage de valeurs traitées par simulation, les effets cumulés de la hausse du prix de l'énergie et de l'introduction de la taxe sont additifs. En un sens, la hausse du prix de l'énergie "permet" de diminuer le niveau de la taxe permettant d'atteindre un effort donné de réduction des émissions de GES.

TABLEAU 5 – Taxe sur les émissions de GES d'origine agricole pour atteindre une réduction de 8% des émissions européennes calculées pour différentes options pour la "référence" et la "cible".

Prix de l'énergie qui prévalent dans le calcul des émissions de GES (variation en %)		Taxe unique UE (€/teCO ₂)	Réduction de GES agricoles en France associée à la taxe (%)
Référence	Cible		
0	0	49,1	8,8
50	50	49,3	9,2
0	50	35,8	9,1

Sans tenir compte de la hausse du prix de l'énergie, une taxe de 49,1 €/teCO₂ permettrait d'atteindre une réduction de 8% des émissions européennes par rapport à la solution de référence du modèle (calibrage sur la base de l'année RICA-2002)¹¹. A ce niveau de taxe, la réduction en France serait de 8,8%, offrant ce paradoxe d'un coût marginal plus faible en France qu'en Europe avec une réduction relative de la marge brute plus forte (tableau 5). Si on intègre la hausse du prix de l'énergie dans la situation finale sans modifier la situation initiale, la taxe uniforme européenne serait de 35,8 €/teCO₂ si l'on souhaite une réduction des émissions agricoles européennes de 8%. A ce niveau de taxe, la

11 : Ce résultat est cohérent avec le résultat publié d'une taxe de 55,6 €/t CO₂eq pour une réduction de 8% entre une référence RICA-1997 et une situation Agenda2000, obtenue avec la version précédente du modèle AROPAj (DE CARA *et al.*, 2005a).

réduction en France serait de 9,2%. Mais une application stricte de la règle de l'additionnalité, qui voudrait que l'on ne tienne compte que de l'impact direct d'une politique de protection du climat sans y intégrer l'évolution subie (ou choisie pour d'autres objectifs) de l'économie, conduirait à retenir une taxe de 49,3 €/teCO₂. L'impact en France serait une réduction de 9,1% des émissions de GES d'origine agricole.

FIGURE 8 – Effet combiné de la hausse du prix de l'énergie et de l'introduction d'une taxe sur les émissions de GES sur la marge brute (10⁹€).

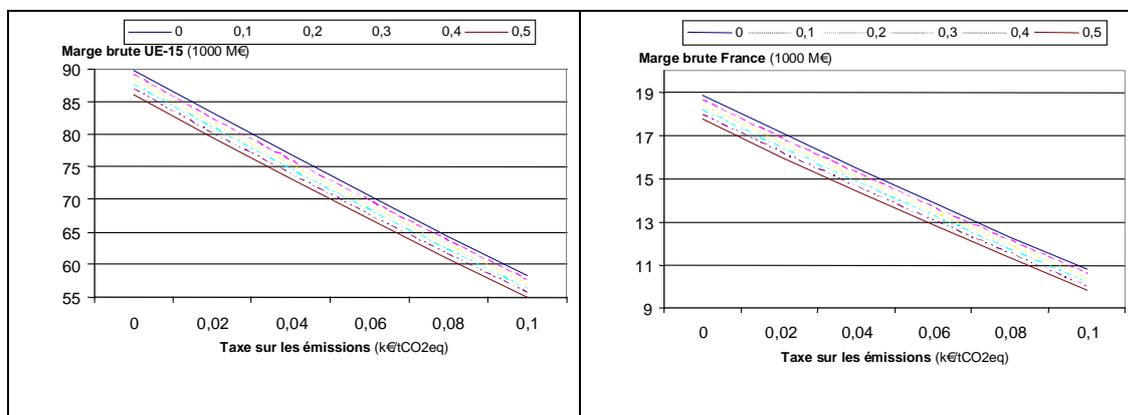
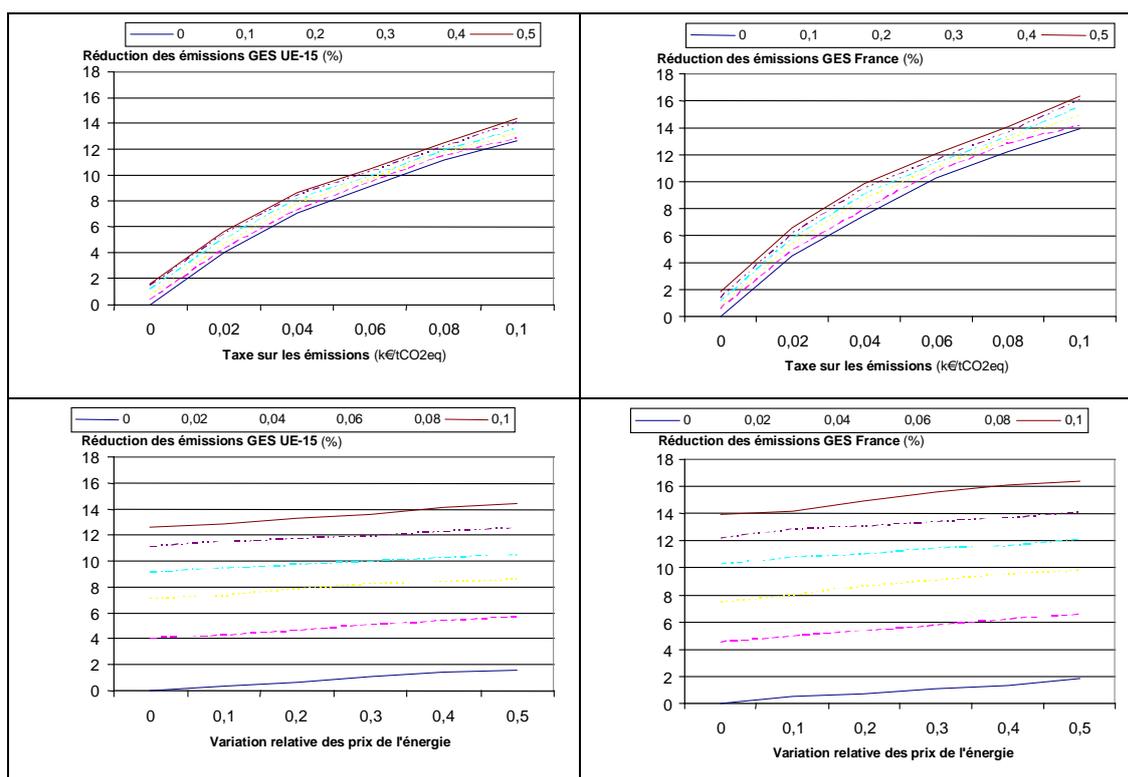


FIGURE 9 – Effet combiné de la hausse du prix de l'énergie et de l'introduction d'une taxe sur les émissions de GES sur la réduction des émissions (% rapporté aux émissions « initiales »).



5. Perspectives

Le secteur agricole comme l'économie dans son ensemble devra s'adapter à une hausse durable du prix de l'énergie, même si les effets directs semblent en définitive relativement modérés aussi bien en termes de marge brute que au niveau des activités. Un "prix" du CO₂ à effet de serre de 20 €/t aurait un impact du même ordre de grandeur que celui causé par une hausse du prix de l'énergie de 50%. L'impact cumulé d'une hausse de 50% du prix de l'énergie et d'une taxe sur les émissions de GES de 20 €/teCO₂ serait une baisse de la marge brute agricole de plus de 12% pour l'UE-15 et de près de 15% pour la France.

Les deux phénomènes, même s'ils peuvent interagir, sont de nature économique différente, le premier étant la conséquence d'un problème de rareté et le second relevant d'une externalité perçue comme négative. Si l'on s'en tient à la recherche de l'efficacité économique, les consommateurs d'énergie tout comme les responsables de l'effet externe doivent percevoir les "bons" signaux économiques que seraient des prix respectivement équivalents au coût marginal social du bien rare et au dommage marginal social imputable à l'externalité. Rien n'empêche qu'il y ait compensation, dans la mesure où elle est forfaitaire, non couplée aux prix.

Indépendamment de cela, et paradoxalement, le secteur agricole dispose d'atouts importants.

Il offre des marges de manœuvre appréciables en matière de réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre, sur plusieurs plans. Les coûts marginaux de réduction sont relativement peu élevés tout en restant compatibles avec des niveaux de réduction significatifs. Les gaz concernés, représentant environ 15% des émissions brutes (un peu plus en France) sont des gaz à fort PRG mais de durée de vie plus courte (surtout le CH₄) que le CO₂ en grande partie émis par les autres secteurs de l'économie. Ces paramètres peuvent s'avérer déterminants dans les négociations futures portant sur le climat et les facteurs qui peuvent le modifier à court et long terme. Par ailleurs, l'agriculture offre de nombreuses options techniques offrant un potentiel important de réduction, avec toutefois le double inconvénient d'être souvent limité dans le temps et difficile à contrôler. Ces limites affectent le potentiel de puits de carbone que recèle l'agriculture si l'on s'en tient au stockage du carbone dans les sols (ARROUAYS *et al.*, 2003). Ces limites tombent quand il s'agit de reboiser des sols agricoles, et le potentiel devient véritablement significatif et durable. Tout comme le serait l'utilisation des terres pour produire des biomatériaux, biocombustibles et biocarburants qui se substitueraient aux ressources carbonées fossiles. Cependant, l'analyse coût-bénéfice qu'il convient d'actualiser doit intégrer l'ensemble des parties prenantes (producteur, consommateur, contribuable) et les effets externes.

Les marges de manœuvre offertes par l'agriculture concernent aussi sa contribution à la maîtrise de l'énergie, *via* la production d'énergies renouvelables. L'agriculture joue aussi pour son propre compte, par la consommation de l'énergie produite sur l'exploitation, dans la mesure où c'est techniquement faisable à faible coût.

Les énergies renouvelables offrent alors en théorie un double dividende à l'agriculture, puisque ce secteur peut être crédité d'un effort de réduction des émissions nettes de GES (*via* l'économie d'énergie fossile) et d'une rémunération des énergies renouvelables qui devrait augmenter à la mesure de la raréfaction des énergies fossiles. Les directives de la Commission Européenne sur l'adjonction de produits renouvelables dans les carburants commercialisés en Europe devraient permettre d'accroître cet avantage. Il convient cependant de ne pas oublier que ces carburants de substitution ne devraient pouvoir bénéficier d'une quelconque indication d'origine sans contrevenir aux règles de l'OMC.

Il reste que l'agriculture est confrontée à deux défis majeurs. L'un vient de sa dépendance, directe et indirecte, à l'énergie, tout en offrant des ressources énergétiques renouvelables. La compétition entre les utilisations des sols agricoles pour des produits alimentaires et des produits non alimentaires pourrait contribuer à infléchir des tendances lourdes telles que la baisse des prix des produits agricoles. L'autre défi tient à la place dévolue à l'agriculture dans la maîtrise du changement climatique, alors même que l'agriculture est par nature fortement dépendante du climat à travers ses principaux paramètres (pluviosité, température, concentration en CO₂). En tant que contributrice au changement climatique par ses émissions de GES et sa capacité à stocker du carbone, l'agriculture offre des marges de manœuvre appréciables à tout Etat engagé dans un accord de réduction des émissions de GES.

Mais pour bénéficier de tout éventuel soutien public que la théorie économique justifie, il convient de s'assurer du contrôle des efforts fournis (à l'instar de ce qui devrait être fait pour la mise en œuvre des mesures agro-environnementales préconisées par la PAC). Il convient aussi de préciser ce qui relève d'un effort réellement engagé pour le climat. Il semble que pour les années 2008-2012, la réduction attendue des émissions de GES par l'agriculture vienne surtout de la PAC réformée pour d'autres motifs. La hausse du prix de l'énergie offrirait le même type d'opportunité. Les autorités européennes et nationales devront clarifier rapidement ces points, tout en respectant les accords déjà ratifiés.

L'imbrication du marché de l'énergie et du marché d'un produit de type "équivalent carbone à effet de serre" complique singulièrement l'analyse. Un prix de l'énergie en hausse signifie (on vient de le voir pour l'agriculture) des émissions de GES en retrait, un coût marginal de réduction en baisse et donc un prix du "carbone effet de serre" en baisse. De même, taxer les émissions de GES, et parmi ces GES le CO₂ en grande partie émis par la combustion directe, devrait provoquer une baisse de la demande d'énergie, et donc atténuer la hausse du prix (hors taxe) observée récemment. De manière qualitative, l'imbrication complique la résolution du problème de "l'additionnalité" évoqué dans le paragraphe précédent, en modifiant sans doute substantiellement l'équilibre sur ces deux marchés.

Enfin, il est un autre défi, global, au-delà des défis qui s'offrent à l'agriculture, et qui vient de la caractéristique d'un climat "bien public global" et d'un effet de serre qui est transfrontière. Réduire en un lieu (l'Europe) les émissions de GES, c'est réduire l'activité économique en ce lieu, et c'est offrir une opportunité de croissance à ceux qui sont "hors accord de réduction". On peut accepter l'idée d'un engagement unilatéral pour le bien commun ; on peut accepter l'idée du partage de l'activité économique. Mais si l'on veut mettre en avant la protection de l'environnement, encore convient-il de s'assurer que le bénéfice global (sans même évoquer le bénéfice de ceux qui s'engagent) soit bien réel. La réforme de la PAC engagée avec le "découplage" des soutiens publics et des marchés agricoles pourrait se traduire par un changement significatif dans l'occupation des sols et dans les productions agricoles européennes. Une délocalisation possible des productions avec des techniques et des conditions pédoclimatiques différentes se traduirait hors Europe par des émissions de GES qui devraient être estimées. Le bilan des émissions nettes consécutives à cette délocalisation devrait alors enrichir l'analyse coût-bénéfice de la réduction des émissions de gaz à effet de serre intégrant les effets induits par l'évolution du marché de l'énergie.

Références bibliographiques

- ARROUAYS D., BALESDENT J., GERMON J.C., JAYET P.A., SOUSSANA J.F., STENGEL P., (2002), *Stocker du carbone dans les sols agricoles ?* Expertise scientifique collective, INRA, rapport d'expertise, Octobre 2002, 332 p.
- BAMIÈRE L. GODARD C., DEBOVE E., DE CARA S., JAYET P.A., NIANG B., (2005), "Interface between agriculture and the environment: integrating yield response functions in an economic model of EU agriculture", Seminar EAAE, Parma, 3-5 February 2005, Proceedings in *Modelling Agricultural Policies*, Monte Università Parma, ed. Filippo Arfini, pp 475-495.
- DEBOVE E., CHAKIR R., JAYET P.A., (2005), Decoupling of direct payments : an application of the AROPAj model (preliminary results) projecting regionally differentiated impacts on the EU-15 farming sector, Expert workshop jointly organized by DG JRC, DG AGRI, SG RTD, JRC Séville, 6-7 octobre 2005, 16p., proceedings à paraître.
- DE CARA S., JAYET P.A. (2000), Régulation de l'effet de serre d'origine agricole : puits de carbone et instruments de second rang, *Économie et Prévision*, vol. 3, n°143-144 "Economie de l'environnement et des ressources naturelles", 2000/06, pp 37-46.
- DE CARA S., HOUZÉ M., JAYET P.A., (2005a), Green house gas emissions from agriculture in the EU: a spatial assessment of sources and abatement costs, *Environmental And Resource Economics*, vol. 32, n° 4 . pp 551-583.
- DE CARA S., DEBOVE E., JAYET P.A., (2005b), Global Warming Potentials and multi-greenhouse gas price instruments, Venice Summer Institute: David F. Bradford Memorial Conference on The Design of Climate Policy, Venise, 26-27 juillet 2005
- European Commission DG AGRI, Mitigation potential of Greenhouse Gases in the Agricultural Sector, European Climate Change Programme (COM(2000)88), Working Group 7 – Agriculture, Final Report http://www.europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/agriculture_report.pdf
- GODARD C., (2005), Modélisation de la réponse à l'azote du rendement des grandes cultures et intégration dans un modèle économique d'offre agricole à l'échelle européenne. Application à l'évaluation des impacts du changement climatique, thèse soutenue le 13 décembre 2005 à l'INA-PG.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- JAYET P.A., LABONNE J., (2005), « Impact d'une réforme de la Politique Agricole Commune par le découplage », *Economie et Prévision*, n°167 2005-1, 16p.
- JAYET P.A., GODARD C., DEBOVE E., (2005), Couplage de STICS avec AROPAj: un modèle d'interfaçage par le biais de courbes de réponse, journées "STICS", Carry le Rouet, 18 mars 2005, 4p.
- SOURIE J.C., TRÉGUER D., ROZAKIS S., 2005, L'ambivalence des filières biocarburants, INRA Sciences Sociales, n° 2 décembre 2005, 8 p.