

APPROCHE ÉCONOMIQUE DE L'EFFET DE SERRE D'ORIGINE AGRICOLE

A Kyoto (1997), la France s'est engagée à stabiliser, à l'horizon 2008-2012, ses émissions de Gaz à effet de serre au niveau de 1990. L'intégration du secteur agricole dans une politique d'incitation à la réduction des émissions peut contribuer au respect de ces engagements. L'analyse, fondée sur la modélisation des choix des activités agricoles par les exploitants, montre qu'une réduction substantielle des émissions nettes nationales d'origine agricole est envisageable à un coût global intéressant étant donné les coûts individuels de réduction des émissions. Il est cependant nécessaire de favoriser le stockage de carbone pour que le résultat soit probant, par exemple en autorisant le boisement des jachères fixes. L'adoption d'une taxe sur les sources d'émissions permettrait d'inciter les exploitants à réduire leurs émissions. La régulation des émissions de méthane ne peut cependant reposer sur la seule taxation des achats d'aliments du bétail et requiert l'usage d'instruments économiques plus complexes.

Les activités agricoles : sources d'émissions et puits de carbone

L'élevage, source d'émissions de méthane (CH₄), et l'épandage d'engrais azotés, source d'émissions de protoxyde d'azote (N₂O), contribuent à l'augmentation des concentrations de Gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. Le méthane est principalement produit par la fermentation entérique chez les ruminants. Les caractéristiques de l'alimentation donnée au bétail (en termes de digestibilité et de partage aliments simples / aliments composés) jouent un rôle prépondérant dans ce phénomène. De même, les flux de protoxyde d'azote sont directement liés à la quantité d'apports azotés. Les activités végétales permettent un stockage du carbone dans le sol et la partie aérienne des plantes qui contribue à ralentir l'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère. La contribution nette (émission brutes - stockage) du secteur agricole à l'ensemble des émissions nettes françaises (8 %) est, certes, plus faible que celle des secteurs des transports ou de l'énergie qui représentent plus de la moitié des émissions de CO₂. Toutefois, ce secteur offre des perspectives de réduction substantielles par le biais d'une réorientation des comportements vers des pratiques moins polluantes et permettant un stockage de carbone plus important. Ce point est d'autant plus important que le respect des engagements français à Kyoto est contraint par la rigidité à la baisse induite par le choix nucléaire dans la production d'énergie.

Des coûts de réduction des émissions hétérogènes

A quel coût pour les producteurs un objectif donné de réduction des émissions peut-il être atteint ? La réponse

1 - La méthode de mesure des coûts de réduction des émissions

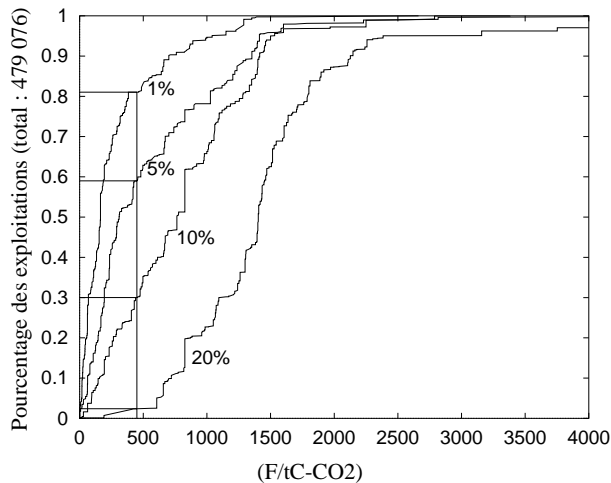
L'évaluation des coûts individuels de réduction des émissions s'appuie sur les propriétés duales de la programmation linéaire et en nombres entiers. Une première simulation permet de calculer les émissions nettes (émissions brutes - stockage) de référence pour chacune des exploitations-types de notre analyse (voir encadré 2). Le bilan en émissions est fondé sur un coefficient d'équivalence entre gaz (Pouvoir radiatif global ou PRG) et converti en tonnes de carbone sous forme CO₂ (tC-CO₂). Le flux annuel de protoxyde d'azote est fonction des apports d'azote, et celui de méthane, de la composition et de la digestibilité de l'alimentation du bétail. Le stockage de carbone est fonction des surfaces allouées aux différentes activités végétales. On impose ensuite une réduction graduelle des émissions nettes (de 1% à 20% par pas de 1%). Le coût marginal de réduction est la perte de marge associée à une réduction unitaire supplémentaire des émissions nettes de l'exploitant. Il est donné par le prix fictif associé à cette contrainte et calculé par le modèle de programmation linéaire utilisé. La perte de marge entre la situation de référence et la situation contrainte donne le coût total de réduction des émissions. Pour chaque taux de réduction et chaque agriculteur-type, sont ainsi obtenus les points et la pente de la fonction de coût total de réduction des émissions. Le taux de réduction global, uniformément réparti entre les groupes, est égal au taux de réduction individuel.

à cette question est essentielle pour déterminer si les bénéfices environnementaux l'emportent sur les coûts de réduction. Elle l'est aussi pour évaluer la réaction des producteurs face à une éco-taxe par unité d'émission. Afin de maximiser son profit, un producteur doit choisir le niveau de son activité de manière à ce que le coût de réduction d'une unité supplémentaire de ses émissions soit égal à l'économie de taxe correspondante. L'égalité entre la taxe et le coût marginal de réduction des émissions détermine donc le niveau de réduction des émissions

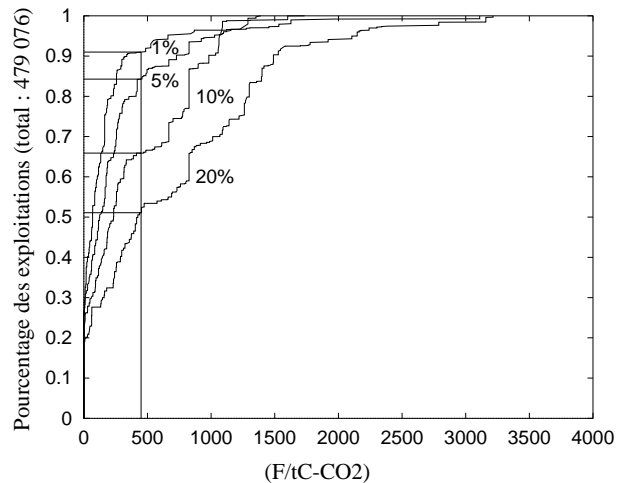
qu'est prêt à consentir un producteur pour un montant donné de taxe sur les émissions.

La diversité des productions et des conditions de production conduit à des niveaux d'émissions très variés. Pour un même taux de réduction, la perte de marge subie diffère donc d'une exploitation à l'autre. Le graphique 1a montre l'hétérogénéité de ces coûts. Pour quatre taux de réduction des émissions, il donne la répartition du coût marginal de réduction au sein des exploitations.

Figure 1. Répartition des coûts marginaux d'abattement par exploitation



1a : Sans autorisation de boisement sur jachère



1b : Avec autorisation de boisement sur jachère

Si on impose un taux de réduction faible, une grande majorité des exploitations fait face à des coûts faibles. La dispersion s'accroît quand le taux de réduction des émissions augmente. Le déplacement de la médiane vers la droite à mesure que la contrainte d'émission se resserre est très marqué : d'environ 300 F pour un taux de réduction raisonnable de 5 %, le coût marginal approche de 1 500 F pour un taux de 20 %. Graphiquement, cette augmentation des coûts marginaux de réduction pour de nombreux exploitants se traduit par une forme en S de plus en plus marquée des courbes de répartition à mesure que le taux de réduction augmente.

soit relativement faible pour un grand nombre d'exploitations, laissant entrevoir une baisse substantielle des émissions nettes à un coût raisonnable.

L'autorisation de boisement sur jachère

Dans le cadre actuel de la Politique agricole commune (PAC), il n'est pas possible de maintenir une activité forestière sur une jachère fixe primée. L'autorisation de boisement sur jachère permettrait d'augmenter le stockage de carbone tout en procurant aux exploitants les revenus liés à l'exploitation du bois. Elle contribuerait ainsi à diminuer les coûts marginaux de réduction et permettrait une baisse plus sensible des émissions nettes. Dans ce cas, les courbes de répartition se déplacent vers le haut (graphique 1b). Fournissant à certains producteurs la possibilité de stocker des quantités importantes de carbone, l'autorisation de boisement "dessaie" la contrainte de limitation des émissions. Deux faits graphiques illustrent ce résultat : (i) 20 % des exploitants sont en mesure de réduire leurs émissions d'au moins 20 % à un coût marginal nul (la contrainte d'émissions est respectée sans coût grâce au stockage de carbone additionnel et aux revenus de l'exploitation du bois) ; (ii) pour tous les taux de réduction simulés, la majorité des exploitants affichent un coût marginal unitaire maintenant inférieur à 450 F. La différence entre les deux situations s'atténue pour les coûts marginaux élevés. Dans cette région se situent les exploitations pour lesquelles les émissions nettes sont les plus rigides à la baisse.

2 - Le modèle d'offre agricole

L'offre agricole française est représentée par 691 exploitations-types dont le comportement est modélisé par autant de programmes linéaires. Les choix des activités de production des agriculteurs sont guidés par la maximisation de leur marge brute en tenant compte de la diversité des conditions technico-économiques de production et du cadre actuel de la PAC. Conformément à ce critère, chaque exploitant choisit les niveaux de ses activités (végétales, animales, alimentation du bétail) en fonction de paramètres qui lui sont propres (coûts variables associés aux différentes cultures, dotations initiales en surfaces et en capital animal,...) et de paramètres économiques généraux (prix de vente, mesures de la PAC,...).

Pour un peu moins d'un cinquième des exploitants, la faible réduction est onéreuse puisque, même si elle n'excède pas 1 % des émissions initiales, le coût marginal de réduction des émissions dépasse 450 F/t C-CO₂ (niveau de la taxe sur les émissions retenu plus loin). Une taxe de 450 F/t C-CO₂ conduirait néanmoins près de 60 % des exploitations à réduire leurs émissions dans une proportion supérieure à 5 % (30 % réduiraient de 5 à 10 %, 28 % de 10 à 20 % et 2 % de plus de 20 %). Il semble donc que le coût marginal de réduction des émissions

Taxes et primes sur les émissions

L'adoption d'une taxe sur les émissions permet d'inciter les agents à choisir des activités moins polluantes. De manière équivalente, une prime par unité de carbone piégée renforce l'intérêt des productions qui permettent un stockage de carbone conséquent. Pour être efficace

socialement dans un contexte de concurrence et d'information parfaites, la taxe et la prime unitaires doivent être égales au dommage marginal causé par la pollution. L'hypothèse retenue correspond à un dommage marginal constant et égal à 450 F/t C-CO₂. Dans la mesure où taxe et prime reflètent la valeur sociale d'une réduction marginale des émissions, l'effet externe est internalisé et la situation optimale est rétablie (schéma de premier rang). L'effet d'un schéma de taxe et de prime sur les émissions est analysé selon qu'est interdit (scénario GES95) ou autorisé (GESFP) le boisement sur jachère (tableau 1). Les résultats obtenus sont comparés à la situation de référence (scénario PAC95). Un indicateur agrégé – intitulé "critère social" – est fourni pour mesurer les conséquences globales de telles politiques. Il est constitué de la somme algébrique : (i) du profit des producteurs mesuré par la marge brute (+) ; (ii) des recettes fiscales (+) ; (iii) d'une évaluation monétaire du dommage environnemental (évalué sur la base de 450 F/t d'équivalent CO₂) (-) ; (iv) des impacts sur le budget agricole (-) (via les dépenses nettes du FEOGA).

Un schéma de taxe et de prime sur les émissions qui ne serait pas accompagné de l'autorisation de boisement sur jachère conduirait à une réduction modérée du dommage (2.3 %), essentiellement due à la réduction des émissions de méthane. Les allocations des surfaces variant peu, les émissions de protoxyde d'azote et le stockage de carbone sont stables. N'ouvrant pas droit aux primes à la jachère ni à une rémunération spécifique, le boisement n'est pas attractif. La réduction des émissions est obtenue grâce à la réorientation des rations vers moins d'aliments grossiers achetés, moins d'intraconsommations et plus de concentrés achetés. Globalement, une telle politique se traduirait presque uniquement par un transfert du revenu des exploitants agricoles vers le budget public.

L'importance de l'autorisation de boisement sur jachère est confirmée par l'analyse du scénario GESFP. Cette mesure permet une réduction importante des émissions (13.3 %) grâce à un basculement des jachères primées en forêt. La réallocation des surfaces en céréales, oléagineux et protéagineux (SCOP) vers la forêt induit une

diminution des consommations d'engrais azotés et donc des émissions de protoxyde d'azote. En revanche, le comportement des éleveurs est relativement indépendant des mesures ayant trait au boisement.

Par rapport au scénario précédent, les primes liées au boisement atténuent la perte de marge des exploitants et réduisent la recette fiscale. D'un point de vue global, l'autorisation de boisement permet de dépasser un simple transfert en dégageant un gain collectif grâce surtout à la possibilité offerte à certains exploitants de réduire leurs émissions à moindre coût. Ce résultat est robuste pour des valeurs différentes de la taxe de premier rang (pour une taxe allant de 225 à 900 F/t C-CO₂, la réduction des émissions nettes est comprise entre 10 et 20 % et la réduction de marge brute entre 2 et 8 %).

Difficultés informationnelles et combinaisons de taxes opérationnelles

Un schéma de taxe sur les émissions se heurte à la difficulté de contrôle *ex post* du niveau réel des émissions. Cette difficulté peut être aisément contournée par l'adoption d'une taxe sur les facteurs utilisés si les émissions peuvent être déduites de manière fiable par l'observation des quantités de facteurs utilisées. Ainsi, une taxe par unité d'engrais – fondée sur les relations techniques entre azote épandu et émissions – peut se substituer à un schéma direct de taxation des émissions. De la même manière, la prime au stockage de carbone peut s'appuyer sur l'observation des surfaces allouées aux différentes activités végétales.

La difficulté principale concerne les émissions de méthane. Les schémas évoqués ci-dessus sont difficilement envisageables dans ce cas puisque la répartition de l'alimentation animale entre intraconsommation et alimentation achetée n'est pas aisément observable par la puissance publique. Cette difficulté est renforcée par le fait que l'intraconsommation est en moyenne plus méthanogène que les aliments concentrés achetés. Une taxe qui n'affecterait que l'alimentation achetée favoriserait ainsi l'intraconsommation et pourrait être responsable d'une augmentation des émissions ou d'une diminution moindre que prévue.

Tableau 1. Comparaison des scénarios GES95 et GESFP par rapport à la référence PAC95

| | Unité | PAC95 | GES95 | $\Delta^{(*)}$ | | GESFP | $\Delta^{(*)}$ | |
|-----------------------------|-------------------|--------------|--------------|----------------|-------------|--------------|----------------|-------------|
| Céréales | Mha | 7.50 | 7.48 | -0.01 | -0.2% | 7.16 | -0.33 | -4.5% |
| SCOP hors gel | Mha | 10.53 | 10.56 | 0.03 | 0.3% | 9.98 | -0.55 | -5.2% |
| Gel tournant primé | Mha | 1.89 | 1.92 | 0.03 | 1.8% | 0.74 | -1.15 | -60.8% |
| Gel fixe primé (forêt) | Mha | 0.00 | 0.01 | 0.01 | - | 1.72 | 1.72 | - |
| Fourrages et prairies | Mha | 8.95 | 8.86 | -0.08 | -0.9% | 8.92 | -0.03 | -0.3% |
| Intraconso. céréales | Mt | 11.57 | 10.96 | -0.62 | -5.3% | 10.78 | -0.79 | -6.8% |
| Alim. conc. ach. tot. | Mt | 11.63 | 12.23 | 0.61 | 5.2% | 12.26 | 0.63 | 5.5% |
| Alim. grossier total | Mt | 1.25 | 1.15 | -0.10 | -8.0% | 1.15 | -0.10 | -8.0% |
| Effectifs UGB | MUGB | 19.66 | 19.54 | -0.12 | -0.6% | 19.54 | -0.12 | -0.6% |
| Bilan carbone stocké | Mt | 9.65 | 9.65 | 0.00 | 0.0% | 5.04 | 5.39 | 55.8% |
| Bilan N ₂ O émis | 1000t | 59.00 | 59.00 | 0.00 | 0.0% | 58.00 | -1.00 | -1.7% |
| Bilan méthane émis | Mt | 1.72 | 1.68 | -0.05 | -2.7% | 1.68 | -0.04 | -2.6% |
| Emissions nettes | MtCO ₂ | 51.53 | 50.35 | -1.19 | -2.3% | 44.70 | -6.84 | -13.3% |
| Marge brute | 1000MF | 121.26 | 115.06 | -6.20 | -5.1% | 116.02 | -5.24 | -4.3% |
| Recette fiscale | 1000MF | 0.00 | 6.18 | 6.18 | - | 5.49 | 5.49 | - |
| Dommage ^(**) | 1000MF | -6.32 | -6.18 | 0.15 | -2.3% | -5.49 | 0.84 | -13.3% |
| FEOGA hors restitutions | 1000MF | -37.05 | -37.14 | -0.10 | 0.3% | -36.97 | 0.08 | -0.2% |
| <i>Critère social</i> | <i>1000MF</i> | <i>77.89</i> | <i>77.92</i> | <i>0.02</i> | <i>0.0%</i> | <i>79.06</i> | <i>1.17</i> | <i>1.5%</i> |

(*) Variations absolue et relative par rapport à la référence PAC95.

(**) Le dommage est obtenu sur une hypothèse de 450 F/t C-CO₂ (facteur de conversion de C-CO₂ : 12/44).

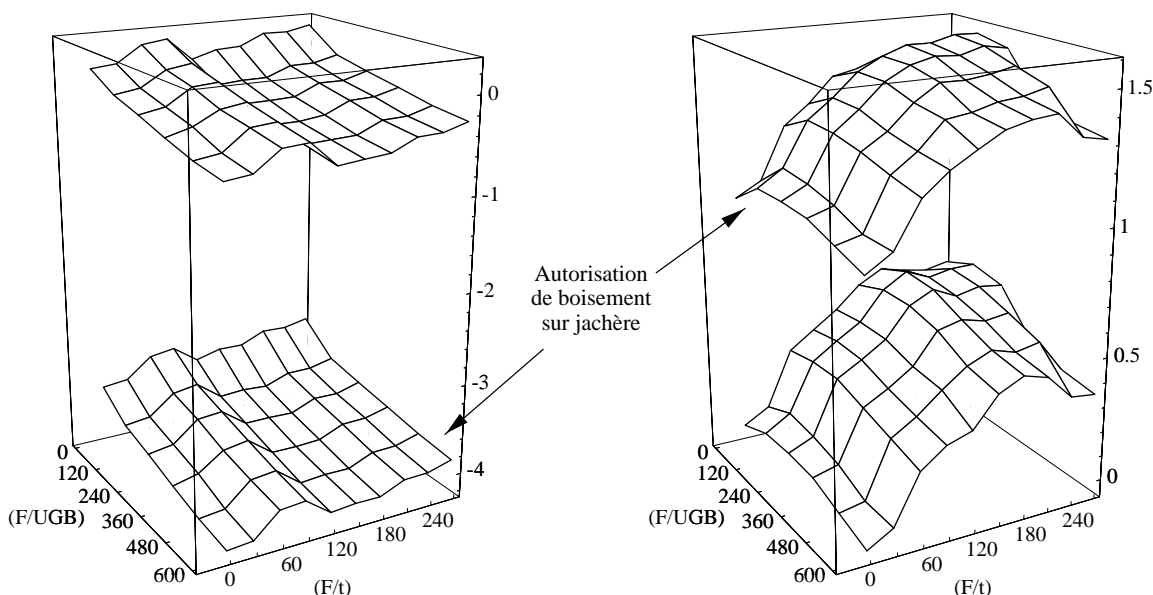
Des schémas opérationnels de taxation des sources d'émissions contrôlables ont donc été testés. Ils combinent une taxe sur le cheptel fondée sur l'Unité gros bétail (UGB) et une taxe sur l'alimentation achetée. La combinaison de ces deux instruments permet de limiter les effets négatifs d'une taxation qui porterait uniquement sur l'alimentation achetée. Les agents ayant intérêt à porter leur choix sur une alimentation moins méthano-gène, elle conserve un caractère plus incitatif qu'une taxe portant uniquement sur l'animal.

Une fois de plus, les résultats des simulations sont discutés selon que le boisement sur jachère est autorisé ou non. Le graphique 2 présente les variations, dans chacune des deux situations, des émissions nettes totales (2a) et du critère social agrégé calculé comme précédemment (2b). La combinaison des taxes leur confère un effet significatif. La combinaison optimale est relativement robuste que le boisement sur jachère soit autorisé ou non. La taxe "optimale" sur l'animal est proche de 120 F/UGB et la taxe sur l'aliment est proche de 180F/tonne d'aliment acheté.

Les variations importantes du critère social sont fortement liées à l'autorisation de boisement sur jachère. Cette mesure a pour effet de modifier les allocations de surface dans le sens d'une amélioration concomitante du critère social et du bilan environnemental. Les variations imputables aux taxes sur l'alimentation et les animaux apparaissent relativement indépendantes de l'autorisation de boisement sur jachère indiquant un faible impact des mesures d'encouragement au stockage de carbone sur les émissions de méthane.

Quoique positive d'un point de vue environnemental et au regard de l'efficacité économique, l'autorisation du boisement sur jachère n'est pas neutre du point de vue de la répartition des revenus entre les agriculteurs. L'introduire dans un schéma de régulation des émissions favoriserait les agriculteurs disposant d'importantes ressources en terres qui peuvent compenser une partie de leur émissions grâce au stockage de carbone. Les agriculteurs n'ayant pas cette possibilité - en particulier, les éleveurs - seraient alors relativement plus pénalisés.

Figure 2. Impact d'un couple de taxes sur l'animal (axe x en F/UGB) et l'aliment (axe y en F/t) selon que le boisement sur jachère est autorisé ou non



2a : Variations des émissions nettes (10^6 tC-CO₂) par rapport à la référence PAC95.

2b : Variations du critère social (10^9 F) par rapport à la référence PAC95.

S. De Cara et P.-A. Jayet, INRA ESR, Grignon

Pour en savoir plus

De Cara, S. et Jayet, P.-A. (1999). "Emissions of greenhouse gases from agriculture : The heterogeneity of abatement costs in France", papier présenté au IXth EAAE Congress, Varsovie, 24-28 août, *Cahiers de Grignon*, n° 99/04, INRA ESR, Grignon.

De Cara, S. et Jayet, P.-A. (1999). "Evaluation et régulation de l'effet de serre d'origine agricole", *Cahiers de Grignon*, n° 98/12, INRA ESR, Grignon. A paraître dans *L'Actualité Economique*.

De Cara, S. et Jayet, P.-A. (1999). "Régulation des émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole : un essai d'évaluation économique", *Cahiers de Grignon*, n° 99/02, INRA ESR, Grignon. A paraître dans *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*.

Jayet, P.-A., De Cara, S. et Le Moguédec, G. (1997). "De l'agriculture et de l'élevage à l'effet de serre. Impact de la régulation économique", *Etudes et documents*, n° 30, étude réalisée pour le compte de la MIES, INRA ESR Grignon.

Diffusion, abonnement : INRA Édition, route de Saint-Cyr, 78026 Versailles Cedex France.

Tél : 01 30 83 34 06. Télécopie : 01 30 83 34 49.

Abonnement d'un an (6 numéros) : France 150 F ; Étranger 180 F. Paiement à l'ordre du régisseur des Publications.

Dépôt légal : 4ème trimestre 1999. Commission Paritaire n° 2147 ADEP.

Réalisation et impression : Suzanne Jumel et Patrick Gabriel, INRA ESR, 65 Boulevard de Brandebourg, 94205 Ivry cedex