

MIRAJE (UMR Économie Publique)

Journées MICCES Avignon 2004

Laure Bamière Elodie Debove Stéphane De Cara Caroline Godard
Pierre-Alain Jayet Binta Niang

1 Présentation générale

1.1 L'équipe

Au sein de l'UMR d'économie publique INRA-INA Paris-Grignon, l'équipe travaillant sur le thème du changement climatique dans une optique de modélisation appliquée est composée de trois membres permanents (DR2, CR2, IR2), de deux thésardes et d'un CDD employé dans le cadre d'un projet de recherche GICC. Les chercheurs de l'équipe participent à deux programmes européens financés dans le cadre du 6ème PCRD. Dans le cadre de ces projets, de nouveaux CDD devraient renforcer les effectifs en lien avec la problématique du changement climatique dans le secteur agricole. Le texte qui suit complète la présentation effectuée le 22 janvier lors des journées MICCES, présentation accessible sur le site de l'UMR (<http://www.grignon.inra.fr/economie-publique/>, rubrique Publications, sous-rubrique 2004).

1.2 Les objectifs

Dans la perspective d'une analyse coûts-bénéfices complète, les travaux menés au sein de l'UMR visent à évaluer :

- Les coûts et bénéfices associées aux politiques de régulation environnementale visant à limiter les émissions d'origine agricole et à favoriser la séquestration ;
- Les impacts du changement climatique dans le secteur agricole ;
- La capacité d'adaptation des systèmes au changement climatique.

Les travaux s'appuient sur la modélisation de l'offre agricole fondée sur une logique micro-économique tenant compte de la diversité des contextes (géographiques, pédo-climatiques) et associée à une bonne représentation des phénomènes physiques et biologiques liés aux productions de l'agriculture et de l'élevage. Il est bien entendu essentiel de pouvoir intégrer les changements institutionnels et environnementaux (politique agricole commune, progrès technique, changement climatique).

1.3 Les appuis

Sur ce thème, l'équipe fonctionne essentiellement via le financement sur appel d'offres (GICC 1999, 2000, 2001 ; MIES ; DP ; 6ème PCRD). Elle a également pu bénéficier d'un appui INRA (postes IR2 et IGREF ; groupe informel INRA CAFQA, Expertise collective "stockage C sols agricoles" ; collaboration avec le département EA Avignon, Orléans, Grignon, Clermont, en particulièrement autour du modèle STICS avec co-encadrement de thèse). Des collaborations sont en cours ou en projet avec d'autres institutions (ADEME, co-financement d'une thèse ; INAPG, CEREOPA ; CEA-LSCE en devenir).

2 Méthodes et résultats

2.1 Méthodes

Les recherches reposent sur un travail de modélisation quantitative, et l'instrument majeur dont dispose l'équipe est le modèle AROPAj qui fédère un groupe de programmes de recherche ("cluster MIRAjE", accessible en extranet). La visibilité externe est renforcée à l'aide de liens sur les sites dédiés aux programmes européens (GENEDEC en particulier, coordonné par l'équipe), et grâce aux forums organisés autour de chaque projet financé et susceptible d'être audité (UE, GICC, DP...). Les échanges au sein de l'équipe sont également organisés en interne via le serveur de l'Unité, autour de "cahiers du jour" et de "mementos", ces derniers ayant vocation à devenir les rapports finaux des programmes bénéficiant de financement propre. Consultation et gestion des "Cahiers", mementos" et accès au modèle sont fournis via des "menus".

2.1.1 Caractéristiques générales du modèle

Le modèle AROPAj est un modèle générique, statique, fondé sur la programmation mathématique (optimisation sous contraintes), à fort contenu technique, et qui ne concerne que l'offre agricole. Les prix sont exogènes. Chaque producteur, sous l'hypothèse de rationalité individuelle, choisit l'allocation de ses ressources afin de maximiser sa marge brute. Chaque modèle individuel se compose de modules, dont l'agencement est supposé représenter le comportement économique de fermes représentatives (exploitations type, virtuelles, élaborées à partir du RICA). Les **variables** constitutives du modèle caractérisent des activités de production et de consommation factorielle et contribuent à définir une **fonction objectif** - la marge brute. Des **modules techniques** organisent les relations entre les variables. Ce sont :

- le module agronomique (rotations),
- le module de production et d'alimentation animale,
- le module de démographie bovine et l'ajustement du capital animal,
- les modules dédiés aux **instruments de la PAC** - aides directes, gel de terre, quota, ...
- les modules dédiés aux **indicateurs** à caractère environnemental - en particulier le module calculant les émissions de gaz à effet de serre fondé sur les recommandations de l'IPCC, ou celui concernant la séquestration du carbone (sols, biomasse aérienne).

A chaque exploitation type est associé un programme d'optimisation linéaire. Les résultats peuvent ensuite être agrégés à différentes échelles : région, État membre, UE. Le "programme" d'un producteur est alors, de façon générique, pour la ferme de type k :

$$\max_{x,z} \Pi^k(x, z; \theta^k, \varphi) = p^k(\theta^k, \varphi) \cdot x$$

$$\begin{aligned} \text{st } A^k(\theta^k, \varphi)x - b^k(\theta^k, \varphi)z &\leq 0 & (\lambda) \\ z &= N^k & (\eta) \\ x &\geq 0 & (\mu) \end{aligned}$$

Ferme type : k
Éléments : A^k, b^k, p^k
Paramètres : θ^k, φ
Activités : x, z, λ, η, μ

Une maquette est alors élaborée à partir d'un ensemble de modules permettant de couvrir un certain nombre d'activités et de problèmes à traiter. Outre les modules évoqués ci-dessus, et de façon plus détaillée, sont en cours de développement :

- calcul "endogène" des rendements et des amendements azotés (en relation avec la thèse de Caroline Godard)
- "déjections animales et épandage" (sous la responsabilité de Laure Bamière)

- rétroaction du changement climatique via l’adaptation des systèmes de production (thèse d’Elodie Debove)

Les modules concernant les productions animales sont fortement tributaires d’une collaboration établie avec O. Lapiere (zootechnie INA-PG).

2.1.2 Élaboration du modèle à partir de la maquette générique

La typologie des exploitations agricoles est fondée sur des critères géographiques (région RICA, altitude) et technico-économiques (OTE RICA). Les paramètres ont été estimés à l’aide de méthodes économétriques simples et à “dires d’experts”.

Le calibrage (recalcul partiel des paramètres) est effectué en combinant algorithmes de type calcul de gradient et de type Monte Carlo, selon la formalisation suivante :

$$\min_{\theta} |x^{*k}(\theta^k, \varphi) - \hat{x}^k|^d \text{ où } \theta \in \Theta$$

La version “UE-15” du modèle couvrant les 15 pays de l’UE en 2001, intègre les 101 régions “RICA” représentées au total par 734 fermes type. Le modèle calcule à partir des prix, de paramètres techniques et de paramètres liés à la PAC, pour chaque producteur type, les surfaces cultivées, les effectifs d’animaux, les quantités consommées (achetées ou prises sur la ferme) des aliments pour animaux, et les émissions nettes.

2.1.3 La base de données Artix

D’architecture “client serveur”, **Artix** est une base de données en cours d’élaboration qui rassemblera à terme toutes les informations utiles au fonctionnement du modèle, et plus largement utiles aux travaux réalisés autour de son utilisation.

Elle contient les paramètres proprement dits du modèle, qui sont issus de l’estimation et/ou du calibrage. Elle ne contient aucune information individuelle, tel qu’il en existe sur les fichiers d’origine du RICA, respectant en ce sens les règles d’accès aux données individuelles dans le cadre des conventions d’études avec la Commission Européenne, que ce soit dans le cadre de conventions bilatérales ou dans le cadre de programmes européens de recherche.

Elle contient des données sur les sols au niveau du pays et des régions, des données sur le climat au niveau de la région et de la ferme type, des données sur les apports organiques et l’irrigation pour les fermes type et les cultures. Ces informations sont sujettes à des règles strictes de confidentialité, respectant les contrats qui en ont permis la mise à disposition (par exemple, source JRC, via des équipes INRA).

Cette base contient également les prix des engrais au niveau national, les variétés cultivées selon la région, le type d’engrais azoté apporté et son fractionnement par ferme type.

Elle contient enfin des informations reprises des communications nationales de chaque pays à la CC-NUCC relatives au calcul des émissions de GES.

2.1.4 Couplage AROPAj et STICS

Une des thèses en cours (2002 - 2005) porte, entre autres, sur le couplage du modèle économique AROPAj et du modèle biophysique STICS, en vue de produire des fonctions de réponse des rendements aux intrants azotés. On ne donne ici qu’une idée très générale de la procédure retenue.

Les données RICA utilisées par AROPAj ne sont pas assez précises pour le modèle agronomique STICS. D’un autre côté, la “modélisation économique” impose des contraintes sur les courbes de rendement : passage par un point, valeur de la tangente en ce point, concavité de la fonction en tout point de l’intervalle “utile” de variation des rendements.

On travaille région par région, groupe par groupe, et culture par culture. Une première étape consiste à inférer les données manquantes au modèle STICS qui permettent de produire une courbe de rendement respectant au mieux les contraintes économiques. Les entrées nécessaires à STICS et non contenues dans

les données RICA sont entre autres, la variété, le “sol” (en faisant référence aux données fournies par l’Unité INFOSOL) et le précédent cultural.

Une fois ces données établies, STICS est utilisé pour fournir, pour chaque groupe et chaque culture traités, une courbe de rendement en fonction des apports azotés (organiques ou minéraux), ajustée sur une fonction générique (une fonction exponentielle en l’occurrence).

Ce travail repose sur une étroite collaboration avec une équipe du Département EA d’Avignon (N. Brisson et D. Ripoche), ainsi que sur la collaboration de C. Le Bas et D. Arrouays (EA Avignon), et J. Roger-Estrade (INA-PG).

2.1.5 Impact biophysique du changement climatique et implication économique

La seconde thèse (2004-2006) porte sur les capacités d’adaptation des cultures (associant climat, sol, et culture). Cela suppose d’étudier les cultures potentiellement nouvelles pour une région soumise à un changement climatique, en tenant compte du potentiel agronomique du sol. Cette étude s’intéressera aux coûts de l’adaptation et à l’évolution des rendements calculée sur la base des travaux précédents. Il s’agira de reprendre les courbes fonction de réponse des rendements aux apports azotés et d’étudier leur déformation sous l’influence du changement climatique.

Enfin, il est prévu d’intégrer le risque sur les productions et les systèmes de productions, pour l’agriculture européenne, rapporté aux événements extrêmes (probabilisés).

2.1.6 Émissions de GES et stockage de Carbone

A partir du lien entre les émissions nettes de GES et les activités agricoles, le modèle économique a permis d’estimer les coûts d’abattement dans le secteur agricole européen. La question économique sous-jacente est double : (i) A quel coût les producteurs seraient-ils susceptibles de réduire leurs émissions pour un objectif agrégé de réduction donné ? (ii) A quel montant de réduction de réduction peut-on s’attendre pour un niveau d’incitation donné ?

Le modèle est utilisé pour mesurer l’impact de politiques dites de premier rang, telle que l’instauration d’une taxe portant directement sur les émissions. Malgré les difficultés pratiques associées à la mise en œuvre de tels instruments, notamment du fait de l’observation au mieux imparfaite des émissions, ces simulations fournissent une référence et un mode d’évaluation des coûts d’abattement à l’optimum.

Les études et calculs réalisés permettent d’évaluer le potentiel d’abattement que l’on obtiendrait par la régulation (à quels niveaux d’émissions conduirait l’instauration de politiques économiques selon les instruments et le contexte). Elles permettent également de mesurer l’hétérogénéité des coûts d’abattement (“qui abat”, et “où abat-on”, pour un niveau donné d’incitation).

Afin de mesurer les émissions dues à l’activité agricole, plusieurs méthodes sont disponibles :

- utiliser des coefficients moyens d’émissions par unité d’activité agricole,
- utiliser des résultats de modèles biophysiques,
- un couplage “dur” entre le modèle économique et un modèle biophysique,
- la méthode finalement retenue est celle qui est proposée par l’IPCC, à partir d’un inventaire des émissions calculées avec des paramètres nationaux.

Ce choix résulte d’un compromis entre la précision et la disponibilité des données, le temps de calcul et la comptabilité des entrées/sorties. Dans les faits, le choix de la méthode importe surtout quand on cherche à estimer les coûts d’abattement. Il a le mérite de faire reposer nos calculs sur les méthodes d’évaluations reconnues dans les négociations internationales.

2.2 Quelques résultats

Ceux-ci concernent le dernier volet évoqué ci-dessus.

A partir des données IPCC sur les émissions de GES d’origine agricole, le modèle peut simuler la mise en place d’une taxe portant directement sur les émissions. Cette taxe affecte la marge brute des

producteurs qui modifient en conséquence leurs émissions. Pour une valeur donnée de la taxe, on déduit pour chaque agriculteur type la réduction d'émission qu'il va effectuer en modifiant son activité.

A cette valeur de la taxe correspond donc un certain niveau d'abattement. En faisant varier le niveau de la taxe, on est ainsi capable de décrire la courbe de coût marginal d'abattement à l'échelle géographique souhaitée (ferme type, région, Etat membre, UE). De façon équivalente l'approche duale consiste à associer des quotas aux émissions, le coût d'abattement correspond alors au prix fictif du quota.

Dans la mesure où il n'est pas possible de mesurer les émissions de chaque agriculteur et donc d'implémenter une taxe portant directement sur les émissions, il est nécessaire d'utiliser des instruments de second rang. Des travaux portant sur la France ont été publiés sur ce sujet (2000).

Une présentation plus complète et actuelle de résultats directement en relation avec ce qui vient d'être exposé est disponible dans un rapport final d'un programme GICC, dont une partie est reprise dans un article soumis à une revue scientifique. Les cartes et graphiques associés sont également disponibles sur le lien affiché en préambule.

Ces résultats sont tributaires de collaborations avec les équipes précitées du Département EA, ainsi qu'avec J.M. Gilliot (Unité EGC Grignon).

3 Perspectives

Les travaux de l'équipe croisent l'économie et la biophysique mais aussi les politiques agricoles et les politiques environnementales. Ils s'appuient en partie sur le modèle AROPAj, développé à la demande de décideurs publics ou privés européens ou nationaux, modèle permettant d'aborder les relations entre agriculture et environnement.

L'une des principales orientations données aux travaux en cours porte sur les relations à double sens entre une agriculture engendrant des externalités, positives et négatives, et le milieu (pour ne s'en tenir qu'au changement climatique, l'agriculture est "source" et "puits" de carbone atmosphérique).

Il s'agira de participer à une hiérarchisation des impacts sur les systèmes de production, entre régulation des externalités et adaptation des systèmes, entre politique de régulation des marchés agricoles et politique à finalité environnementale, entre tendance et aléas liés aux événements extrêmes.

L'objectif en la matière est l'aide à la décision publique concernant les incitations au changement d'utilisation du sol et au changement des pratiques agricoles.

Références

- De Cara, S. : 2001, *Dimensions Stratégiques des Négociations Internationales sur le Changement Climatique*, Thèse de doctorat, Université de Paris 10 - Nanterre, Paris, France.
- De Cara, S., Houzé, M. and Jayet, P.-A. : 2004, Greenhouse gas emissions from agriculture in the EU : A spatial assessment of sources and abatement costs, *Contributed paper*, 2004 AARES Annual conference, Melbourne, Australia. Feb 11-13.
- De Cara, S. and Jayet, P.-A. : 2000a, Emissions of greenhouse gases from agriculture : the heterogeneity of abatement costs in France, *European Review of Agricultural Economics* **27**(3), 281–303.
- De Cara, S. and Jayet, P.-A. : 2000b, Régulation de l'effet de serre d'origine agricole : Puits de carbone et instruments de second rang, *Economie et Prévision* **143/144**(2-3), 37–46.
- De Cara, S. and Jayet, P.-A. : 2001, Agriculture and climate change in the European Union : Greenhouse gas emissions and abatement costs, *Contributed paper*, 2001 AAEA Annual Meeting, Chicago, IL.
- Jayet, P.-A., Chiroleu-Assouline, M., Schubert, K., Schneider, U. A., De Cara, S. and Guichard, L. : 2002, Efficacité des politiques économiques, in D. Arrouays, J. Balesdent, J.-C. Germon, P.-A. Jayet, J.-F. Soussana and P. Stengel (eds), *Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?*, INRA, INRA Editions, Paris, France, pp. 261–308.