

Evaluation environnementale et économique de la production de protéines végétales dans les systèmes de grandes cultures : ESOPE (Évaluation systèmes oléoprotéagineux : environnement-économie)

Environmental and economic assessment of crops as a source of proteins under different production systems

Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 8, Numéro 5, 472-7, Septembre - Octobre 2001, La filière

Auteur(s) : Ghislain GOSSE, Jean-Marc MEYNARD, Jean-Claude SOURIE, Inra, 78850 Thiverval-Grignon, France.

Résumé : Dans le cadre d'une réflexion générale sur les alternatives durables à la suppression des farines carnées dans l'alimentation animale, l'introduction et le renforcement des oléoprotéagineux dans les systèmes de production apparaissent comme les solutions les plus crédibles. Néanmoins, le caractère durable des solutions envisagées doit être évalué sur des bases techniques, environnementales et économiques qui permettront, en outre, d'estimer l'acceptabilité par les agriculteurs des scénarios proposés.

Summary : The major purpose of this project is to provide an environmental and economic assessment of the introduction of protein crops in existing arable systems. As a pertinent environmental evaluation has to be based upon a systemic approach integrating time through crop rotation and ad hoc technical issues, this assessment will be conducted according to the following steps: i) identification and design of technical scenarios (soil type x crop rotation) adapted to a given region, ii) environmental evaluation based on an environmental balance on the duration of the crop rotation, iii) impact of different external economical scenarios such as world price of oil and grain, public subsidies... on farmers' decisions. This project is setup against the existing scientific and technical background, a review of the existing bottlenecks is proposed and these are identified in terms of scientific questions.

Keywords : oil and protein crops, cropping systems, environmental balance, economy.

ARTICLE

Objectifs généraux

Le développement des oléoprotéagineux dans les systèmes céréaliers tant au niveau national qu'europpéen représente-t-il une alternative durable à la suppression des farines carnées dans l'alimentation animale ? Le programme proposé vise à fournir des éléments de réponse à cette question :

définir les conditions d'introduction de ces cultures dans les systèmes agricoles existants, évaluer les impacts micro-économiques et environnementaux des systèmes agricoles incluant des oléoprotéagineux et, enfin, évaluer, au niveau de la filière, l'intérêt environnemental de leur substitution au tourteau de soja importé.

Les évolutions défavorables des marchés mondiaux des céréales, des huiles et des tourteaux, la relance de la production de soja aux États-Unis ainsi que les effets des mesures de politique agricole depuis 1993 et plus récemment depuis 2000 (accord de Berlin) ont entraîné une baisse des oléagineux (colza principalement) et du pois (30 % de surface en moins depuis 1993, date à laquelle un maximum de surface a été atteint). D'après nos simulations fondées sur des modèles régionaux utilisant la programmation mathématique, si aucun soutien spécifique n'est apporté à ces cultures, cette tendance devrait se poursuivre au moins jusqu'en 2002, année d'application complète de l'accord de Berlin. Des baisses de 20 à 30 % des surfaces en colza sont prévues par nos simulations par rapport à la situation 1999. La baisse des surfaces en tournesol, en partie freinée par un soutien spécifique de 500 F/ha, risque de reprendre en raison des fortes contraintes culturelles conditionnant l'obtention de cette aide. La conséquence de cette évolution est une spécialisation céréalière de plus en plus grande des exploitations de grandes cultures. Pour enrayer cette évolution, des aides spécifiques à ces cultures ou aux assolements les incluant sont en cours ou prévues¹. Leur acceptation dépendra notamment des incidences environnementales de ces cultures.

Le développement des cultures oléoprotéagineuses dans les systèmes céréaliers semble favorable à un meilleur respect de l'environnement : réduction naturelle des mauvaises herbes ou des maladies (luzerne, pois, tournesol), suppression d'engrais azotés (légumineuses comme le pois et la luzerne), réduction de la percolation des nitrates vers la nappe (colza d'hiver), activité agricole mieux répartie dans le temps et favorable à une application des intrants aux dates optimales pour leur efficacité (tournesol, luzerne, colza), etc.

La conception d'un développement agricole durable, consacrant une plus grande part des emblavements aux oléoprotéagineux, requiert donc, d'une part, une analyse agronomique et micro-économique de leur insertion dans les systèmes de production et, d'autre part, une évaluation des impacts environnementaux. Enfin, ce projet devra déboucher sur une comparaison globale des impacts environnementaux des filières nationales ou européennes avec l'utilisation du tourteau de soja de différentes provenances (États-Unis, Brésil, Argentine).

Étude au niveau des systèmes de production, mise au point des outils d'analyse

Principe général de la démarche

La démarche sera menée au niveau régional de manière à prendre en compte la réalité des sols, climats et systèmes de production. La méthodologie sera mise au point sur une région du Bassin parisien choisie en fonction de la qualité des références disponibles (choix à discuter : Indre, Eure-et-Loir, Somme, Oise). Elle sera ensuite étendue à d'autres régions (voir *infra*).

L'articulation entre les approches agronomique, économique et environnementale sera réalisée au niveau du système de cultures : pour chacun des systèmes de cultures étudié, caractérisé par une succession d'espèces et par les itinéraires techniques appliqués à chacune d'elles, on estimera des

résultats économiques et environnementaux. En effet, d'une part, la dimension pluriannuelle est nécessaire pour que les impacts environnementaux (souvent liés aux périodes d'interculture ou à des effets cumulatifs d'une année sur l'autre) soient correctement évalués et, d'autre part, le choix de la succession de cultures influe sur les itinéraires techniques et sur les rendements et doit être considéré dans l'analyse économique.

La démarche s'effectuera en quatre temps.

* *Identification de l'ensemble des scénarios techniques* (type de sol x système de cultures) susceptibles d'être mis en œuvre dans la région. Chacun des systèmes de cultures sera caractérisé par l'ordre de succession des cultures, le coût des engrais, phytosanitaires, semences, carburants, les dates et doses moyennes de fertilisation azotée, les matières actives phytosanitaires employées en moyenne, la nature des facteurs limitants éventuels et le niveau de production obtenu (quantité et qualité). Cette matrice sera générée sous la responsabilité de l'équipe « Systèmes de cultures » de l'UMR d'agronomie Inra-Ina-PG, en s'appuyant sur les modèles agronomiques disponibles, les expérimentations locales et l'expertise des agronomes de l'Inra et des Instituts techniques.

* *Estimation des impacts environnementaux* à chaque scénario technique. Ces impacts (voir liste détaillée plus loin) seront calculés en fonction des données de la matrice établie dans l'étape précédente, en s'appuyant sur les modèles de bilans environnementaux et les indicateurs d'impact disponibles. Ce travail sera réalisé sous la responsabilité de l'équipe « Bilans environnementaux » de l'UMR environnement et grandes cultures de Grignon.

* *Simulation des conséquences*, sur le choix des systèmes de culture par les agriculteurs et les impacts environnementaux associés, de différents scénarios économiques exogènes de prix des produits agricoles et de soutiens publics. On fait l'hypothèse que l'Europe est un « petit pays » dans le domaine des oléagineux et des protéagineux ; ses choix n'auront donc pas d'incidence sur les marchés mondiaux des graines, de l'huile et des tourteaux. Les simulations seront réalisées sous la responsabilité de l'équipe de J.-C. Sourie dans l'UMR d'économie publique de Paris-Grignon et en utilisant les modèles de programmation linéaire développés par celle-ci. Les hypothèses de prix et de soutiens publics seront définies en relation étroite avec la DPEI du ministère de l'Agriculture.

* *L'analyse des résultats* permettra de définir, dans la région d'étude :

- les conditions économiques (prix et soutien public) d'un développement des oléoprotéagineux dans la région ;

- les espèces concernées ;

- l'impact environnemental des différents scénarios, donc l'intérêt environnemental d'un développement des oléoprotéagineux dans les exploitations agricoles.

À chaque étape, une validation des modèles et références utilisés sera réalisée par l'analyse de leur cohérence avec les données expérimentales et agricoles de la région d'étude.

Établissement de la matrice des scénarios techniques

* *Types de sols* : trois ou quatre types de sol, différant principalement par la profondeur, les potentialités agricoles et les caractéristiques de l'horizon de surface seront distingués dans la région ; sur certains sols, certaines cultures seront considérées comme interdites, en fonction des références locales.

* *Cultures concernées* pour le Sud du Bassin parisien, région sans irrigation : blé, orge d'hiver, orge de printemps brassicole, colza d'hiver, tournesol, pois protéagineux (de printemps ou d'hiver), féverole de printemps, maïs non irrigué. Pour la Picardie, ajouter la betterave sucrière et la pomme de terre.

* *Rotations culturales* : toutes les successions combinant ces différentes espèces seront envisagées, à l'exception de celles qui, généralement pour des raisons parasitaires, n'ont aucune viabilité (par exemple, monoculture de colza, tournesol ou pois, successions colza-tournesol, etc.).

* *Itinéraires techniques* : pour chaque culture, plusieurs itinéraires techniques seront déclinés. Ainsi, par exemple pour le blé, plusieurs itinéraires techniques différant par la variété et le niveau d'intrants et correspondant à des objectifs de rendement et de qualité différents seront choisis. Pour les oléoprotéagineux, on introduira également dans la matrice des variantes techniques qui n'existent pas encore aujourd'hui mais qui seront disponibles à court ou à moyen terme (pois protéagineux d'hiver, modalités de protection intégrée contre les parasites, etc.). Les références concernant les itinéraires techniques adaptés aux différents objectifs de production seront issues des travaux des Unités d'agronomie de Toulouse et de Grignon, de l'ITCF et du Cetiom, et des Chambres d'agriculture locales, le cas échéant. Les références concernant les stratégies de désherbage liées aux différentes successions seront conçues en collaboration avec l'Unité de malherbologie et agronomie de Dijon ; les systèmes sans travail du sol ne seront pas pris en compte dans l'étude, les connaissances restant trop fragmentaires sur ce sujet.

* *Interactions entre cultures et entre parcelles* : les rendements, la fourniture d'azote par le sol, les risques parasitaires et donc la protection phytosanitaire de chaque culture seront estimés en fonction, entre autres, des cultures des deux années précédentes. L'histoire plus ancienne de la parcelle ne sera prise en compte que pour définir les stratégies de désherbage et dans le cas particulier des monocultures de céréales (« déclin » du piétin-échaudage). Les hypothèses de prix et de soutien public vont influencer les surfaces des différentes cultures et donc, indirectement, les pressions parasitaires. Cependant, les connaissances actuelles sur les relations entre surface relative des différentes cultures et risques parasitaires ne sont pas suffisantes pour que l'on puisse introduire ces effets dans la matrice des systèmes de culture ou dans le modèle de programmation linéaire.

* *Production* : les performances de chaque culture dans chaque système de culture seront estimées en s'appuyant à la fois sur les modèles de fonctionnement de cultures disponibles, sur différentes références expérimentales et sur des avis d'experts. Il est important que les performances soient à la fois cohérentes :

- avec les modèles de bilans environnementaux (par exemple, un itinéraire technique qui accroît les coefficients d'utilisation de l'engrais influe à la fois sur la production et sur la réduction des pollutions : ces deux effets doivent être d'ampleurs compatibles) ;

- avec les données économiques locales (les modèles ne prenant en général pas en compte les effets des parasites, des adventices ou de la structure compacte du sol sur la production ; les rendements simulés sont souvent supérieurs aux rendements réels : un tel biais n'est pas acceptable dans une étude des relations entre données économiques et environnementales).

La synthèse des différentes sources disponibles pose des problèmes méthodologiques que l'équipe proposante s'attachera à résoudre.

Analyse environnementale

Pour un scénario technique donné, la variabilité climatique est prise en compte ; les simulations d'émissions directes sont réalisées sur un nombre maximum d'années climatiques (environ 20 ans) et seront analysées, dans un premier temps, en valeurs moyennes et, dans un second temps, si nécessaire par une analyse fréquentielle.

Pour un scénario technique donné, défini selon les modalités détaillées au paragraphe « Établissement de la matrice des scénarios techniques », les étapes classiques de l'ACV (Analyse de cycle de vie) seront appliquées comme suit.

* *Définition du système étudié*, la priorité étant donnée à la comparaison de différents scénarios de production au niveau du secteur agricole. Dans ce cas, le système est borné « en bout de champ », c'est-à-dire matière première récoltée et mise à disposition en « bout de champ ». Dans un second temps (voir plus loin « Comparaison entre filières », les meilleurs scénarios techniques au niveau agricole, replacés dans l'ensemble de leur filière de transformation et d'utilisation, seront comparés à l'utilisation du tourteau de soja de provenance nord et sud-américaine.

* *Quantification des émissions*, pour chaque scénario technique et par atelier² : bilans massiques, bilans énergétiques et émissions vers les différents milieux (le sol, l'atmosphère, les eaux), en séparant les émissions directes des émissions indirectes (liées à la production de l'ensemble des intrants et matériels nécessaires à l'application de l'itinéraire technique).

* *Quantification des impacts environnementaux*. Pour chaque scénario technique, une quantification et une interprétation des impacts environnementaux suivants seront réalisées : bilan énergétique (selon les différents vecteurs énergétiques), bilan de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O et CFC), acidification de l'atmosphère (notamment NH₃), pollution des nappes (NO₃, pesticides), eutrophisation des eaux de surface, ozone troposphérique, bilans pesticides (écotoxicologie pour différents milieux), évaluation des risques érosifs potentiels. Une approche qualitative des aspects impacts biologiques doit être élaborée : elle utilisera notamment les acquis existants sur les indicateurs de biodiversité (voir plus loin « Limites actuelles de l'étude et travaux à développer »).

* *Étude de sensibilité* sur les facteurs clés des scénarios envisagés, cette étude restant une démarche préalable à une démarche d'optimisation mono- ou multicritères.

* *Simulation des rendements* pour les différentes cultures pour l'ensemble des scénarios identifiés au paragraphe « Production ».

Les sorties suivantes du module « environnement » sont notamment reprises pour l'étude économique : rendement (t/ha), émissions directes et indirectes, bilan énergétique, bilan de gaz à effet de serre, acidification de l'atmosphère, pollution des nappes, eutrophisation, ozone troposphérique et bilan pesticides.

Analyse économique

Dans une première étape, un essai de couplage et des interrogations du modèle seront réalisés pour un système de production type de grandes cultures situé dans la région test choisie. Ultérieurement, on envisagera la manière de réaliser une extrapolation spatiale de ce type de modèle.

** Modèles micro-économiques de systèmes*

Les modèles micro-économiques dont nous disposons permettent de simuler les conséquences des mesures de politique agricole, des évolutions des marchés et des techniques sur le choix des rotations et sur les indicateurs micro-économiques classiques : marge brute, revenu agricole, niveaux des primes PAC. Les activités du modèle sont les scénarios techniques (rotations distinguées par type de conduite et par type de sol). Au cours des simulations, le revenu agricole des producteurs est maximisé en fonction d'un ensemble de contraintes techniques (surface des différents sols dans l'exploitation, quota de betterave, contraintes de travail et de matériel) et de contraintes comportementales limitant l'expression d'une rationalité économique « pure », trop théorique. Grâce à cette approche systémique, les modèles comparent non seulement des plantes à protéines entre elles (rappelons que le pois, le colza alimentaire et non alimentaire se retrouvent assez fréquemment dans les mêmes exploitations) mais aussi les plantes à protéines aux autres cultures de la rotation et notamment aux céréales. Ce modèle permet simultanément une comparaison de différentes conduites appliquées aux différentes rotations.

** Enrichissement du modèle*

On introduira de nouvelles activités dans les rotations : le pois d'hiver ainsi que des intercultures précédant les cultures de printemps (pois de printemps, tournesol).

L'introduction des effets environnementaux se fera en ajoutant aux activités du modèle un vecteur d'effets environnementaux, à savoir les émissions gazeuses et les pollutions des nappes par la fertilisation azotée, les quantités de matières actives des pesticides classées en fonction d'hypothèses de dangerosité. Ces vecteurs des effets environnementaux seront élaborés soit à dire d'experts, soit à partir des modèles biotechniques de rotations. L'utilisation de ces modèles biotechniques est intéressante car elle apporte la dimension pluri-annuelle et pourra permettre, dans un second temps, des analyses fréquentielles.

Compte tenu de ce couplage, le modèle va estimer les conséquences à la fois économiques et environnementales des adaptations des systèmes de production, ces adaptations découlant des incitations économiques (mesures de PAC, mesures agri-environnementales sous forme d'incitations économiques ou de contraintes quantitatives, prix de marché), exogènes aux systèmes de production.

Cette formalisation éco-environnementale des systèmes de production donne la possibilité de mobiliser l'ensemble des méthodes multicritères et de réfléchir aux conditions techniques et économiques aboutissant à une convergence entre « rentabilité » et amélioration des impacts environnementaux, en évitant au moins dans un premier temps la monétarisation des effets externes toujours très délicate (grandes variations du montant des évaluations).

Extrapolation spatiale et comparaison entre filières d'utilisation

Extrapolation spatiale

C'est une question essentielle puisque les impacts environnementaux et la rentabilité des systèmes de production de grande culture varient fortement suivant leur localisation spatiale. À l'intérieur de chaque région, la représentativité régionale sera acquise par la répétition de la démarche sur différentes exploitations types, choisies à partir des données des centres de gestion. En économie, avec le modèle MAORIE, modèle régional constitué par un assemblage de modèles de système de production, un pas important a été fait vers la maîtrise de cette extrapolation.

Sachant que la localisation du site de chaque exploitation présente dans le modèle est parfaitement connue, on peut associer ce site à un contexte pédo-climatique. Si on admet que toutes les parcelles de l'exploitation se situent dans ce contexte, il devient alors possible, pour chacune des exploitations, de définir un vecteur environnemental. Soulignons qu'une démarche similaire a été utilisée pour estimer les rendements et les charges variables d'une culture ligno-cellulosique par exploitation agricole, pour un échantillon représentatif situé en Poitou-Charentes. Le modèle biotechnique Inra-STICS a été utilisé avec succès pour estimer les rendements en fonction des contextes pédo-climatiques auxquels les exploitations appartenaient.

Pour assurer une validité nationale aux résultats, il sera nécessaire de réitérer la démarche dans plusieurs régions. Le nombre de ces régions ne pourra pas être trop important étant donné le coût de constitution de la matrice des scénarios techniques. Cependant, étant donné la nouveauté de la démarche, il est difficile d'évaluer les temps nécessaires et la sensibilité des résultats aux caractéristiques des différentes régions. Il pourrait être préférable d'attendre les premiers résultats pour définir la stratégie d'exploration de la diversité des situations régionales.

Pour conduire cette extrapolation régionale, l'équipe de J.-C. Sourie étudiera les systèmes de production ayant des oléagineux et des protéagineux et leurs évolutions sur la base du RICA et des statistiques du SCEES (enquêtes structures, RGA).

Évaluation environnementale et analyse du cycle de vie des différents aliments du bétail d'origine végétale utilisables en substitution des produits d'origine animale

Les meilleurs scénarios seront les seuls comparés à l'utilisation du tourteau de soja.

L'unité fonctionnelle est le litre de lait ou le kilogramme de viande produit (si l'efficacité de conversion aliment => lait ou viande est suffisamment fiable pour les produits envisagés), sinon il faut définir une unité fonctionnelle caractérisant la valeur alimentaire du produit (MAD - matière azotée digestive -, énergie, pourcentage de fibres, etc.).

En première approximation, les « émissions en cours d'élevage » sont supposées identiques pour les différentes matières premières. L'évaluation portera sur l'ensemble de la filière, du champ à l'animal en passant par les phases industrielles et de transport.

L'étude visera à comparer les ACV des différents protéagineux et céréales susceptibles d'être utilisés en remplacement des farines animales :

- le tourteau de soja importé soit des États-Unis, soit d'Amérique du Sud (Brésil, Argentine). Cette utilisation servira de référence à la comparaison entre toutes les utilisations ;
- les tourteaux d'oléagineux : colza, tournesol ;
- les protéagineux : pois, féverole ;
- les céréales : blé, maïs (grain, ensilage), la prise en compte des céréales étant indispensable pour comparer des rations alimentaires comparables tant au niveau protéinique qu'énergétique ;
- la luzerne déshydratée.

Les étapes de l'étude seront présentées comme suit :

- pour chaque filière, la description des itinéraires techniques avec, pour chaque atelier, les bilans massique et énergétique et les émissions vers l'atmosphère, les eaux ;
- pour chaque filière, une interprétation des impacts environnementaux suivants : bilan énergétique, bilan de gaz à effet de serre, acidification de l'atmosphère, pollution des nappes et bilan pesticides ;
- analyse comparée des différentes filières en termes d'impacts environnementaux : avantages et inconvénients ;
- synthèse et recommandations.

Participation à la définition d'un cahier des charges pour la définition des observations et des données agronomiques, environnementales et économiques nécessaires pour un observatoire de l'environnement en grandes cultures

L'insertion de l'environnement dans les systèmes agricoles nécessite une approche temporelle de longue durée, au moins supérieure à la succession des cultures dans une rotation. La documentation et/ou la paramétrisation des processus restent donc un exercice coûteux qu'il faut nécessairement optimiser.

Le couplage que l'on se propose de réaliser, entre les composantes économiques, agronomiques et environnementales, devrait permettre d'identifier les observations, les données nécessaires à acquérir pour des systèmes de cultures incluant des oléoprotéagineux. Cette expérience pourrait servir de base à la définition de systèmes de grandes cultures plus généraux.

Limites actuelles de l'étude et travaux à développer

Les limites de l'étude proposée et, par conséquent, les travaux nécessaires pour y remédier peuvent se structurer autour de plusieurs thèmes.

Production

* Prise en compte de l'ensemble des variables liées aux itinéraires techniques qui ne sont pas aujourd'hui intégrées (ou qui sont très mal prises en compte) dans les modèles de bilans environnementaux

* Itinéraires techniques et productivité chez la féverole, en priorité, mais aussi chez le pois d'hiver

Composantes physiques de l'environnement

* Renforcement des travaux sur les émissions de gaz traces en agriculture, notamment sur les précurseurs de gaz ayant divers impacts sur l'environnement (NO_x, COV, etc.)

* Amélioration des bilans pesticides avec, notamment, une prise en compte des émissions gazeuses et des combinaisons matières actives x conditionnement

* Utilisation des modèles fonctionnels pour élaborer des indicateurs de performance à différents niveaux d'organisation (parcelle, exploitation, région, etc.)

Composantes biologiques de l'environnement

* Influence de l'assolement régional sur les risques parasitaires

* Impact des systèmes de culture sur la biodiversité, la faune sauvage, la microfaune et la microflore du sol

* Effets allélopathiques du colza qui pourraient être utilisés pour limiter maladies et mauvaises herbes dans les cultures suivantes

Amélioration de la représentativité technique et économique des modèles

* Prise en compte du comportement de l'acteur économique dans la prise de décision

* Évolution des structures, combinaison des facteurs temps x travail x capital

* Utilisation des solutions quasi optimales de la programmation linéaire pour accroître le réalisme des résultats

* Modélisation de l'incertitude sur les itinéraires techniques (essentiellement fonction du climat) et la production ; utilisation d'informations sur cette incertitude dans la recherche des solutions optimales et quasi optimales

Spatialisation et agrégation de l'information

Afin de prolonger la démarche dans différentes régions tout en minimisant le temps de constitution des matrices de données environnementales, on examinera, sur la base des travaux réalisés sur une région, s'il est possible d'estimer correctement certains indicateurs environnementaux à partir de caractéristiques des systèmes de production facilement observables ou couramment enregistrées.

Afin de généraliser ce travail, il conviendrait de le prolonger par le montage d'un modèle économique et environnemental représentant la production française d'oléagineux et de protéagineux, agrégation de modèles régionaux établis pour les principales zones de production. Les acteurs professionnels et instituts techniques seraient associés à ce projet mais l'Inra devrait conserver la maîtrise du modèle.

Élaboration d'indicateurs de performance

Les indicateurs environnementaux sont conçus pour un objectif donné. Pour généraliser les comparaisons environnementales des systèmes de cultures avec la présence d'oléoprotéagineux, on pourrait, d'une part, évaluer les qualités des indicateurs existants et, d'autre part, élaborer les indicateurs *ad hoc* à partir des modèles de bilans environnementaux existants et/ou à partir d'autres approches.

Échéancier

Ce projet ESOPE est en cours de finalisation d'un point de vue budgétaire ; aussi l'échéancier proposé est-il défini à partir du jour J0 du début de projet.

J0 + 1 mois :

- besoins de soutien public du pois dans le contexte de l'agenda 2000 en fonction des niveaux de production visés ;
- impacts sur les assolements et notamment sur les surfaces des oléagineux ;
- impacts sur les résultats économiques.

J0 + 6 mois :

- résultats des impacts économiques de mesures de politique agricole dans deux régions de production de pois, besoins en soutien selon les scénarios politiques (variantes agenda 2000, découplage des aides) et selon les hypothèses d'évolution des marchés ;
- évaluation des impacts environnementaux d'une succession de cultures colza - blé - pois ; - blé pour un type de sol caractéristique du Bassin parisien (limon profond).

J0 + 12 mois :

- élaboration de la matrice des scénarios techniques ;
- génération des impacts environnementaux et validation sur des cas « types » ;

- insertion des indicateurs environnementaux dans quelques modèles de systèmes de production types. Résultats attendus fin 2002 (en fonction de l'avancement des travaux de la partie agronomique et de ceux de la partie environnementale).

JO + 24 mois : extrapolation régionale.

Notes :

¹ Nos modèles de simulation ont permis d'estimer ces niveaux d'aide à 500 F par hectare de tournesol et 1 000 F par hectare de pois de printemps, compte tenu des techniques culturales actuellement pratiquées.

² Atelier : étape technologique cohérente ; par exemple, l'ensemble des techniques de travail du sol.

REFERENCES

COLBACH N, DUBY C, CAVELIER A, MEYNARD JM (1997). Influence of cropping systems on foot and root diseases of winter wheat: fitting a statistical model. *Eur J Agron*, 6 : 61-77.

DEJOUX JF, MEYNARD JM, REAU R, ROCHE R, SAULAS P (2001). Evaluation of environment friendly crop management systems for winter rapeseed based on very early sowing dates. *Agronomie* (accepté sous réserve de modifications).

GOSSE G, *et al.* (2000). Modélisation du bilan environnemental d'une culture de colza. In : *Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnementales*. MAILLARD P, BONHOMME R, eds. Paris : Inra, les colloques de l'Inra, n° 93 : 117-34.

GOSSE G, LEVIEL B, FALISSE A, *et al.* (1999). *Evaluation of risks and monitoring of nitrogen and pesticides fluxes at the crop level under Romanian and Bulgarian Danubian plain situation*. EU-COPERNICUS Project report.

MEYNARD JM, ASKEW MF, BOCKEY D (1998). Éléments de réflexion sur les priorités de recherche concernant les systèmes de culture à oléagineux dans l'Union européenne. *OCL*, 5 : 82-5.

REINHARDT GA, CALZONI J, CASPERSEN N, *et al.* (2000). *Bioenergy for Europe: which ones fit best? An environmental analysis for the community*. FAIR V Programme, contract CT 98 3832. Heidelberg, Germany : ed. IFEU (Institute for Energy and Environmental Research).

SOURIE JC (2001). Coûts d'opportunité et offre d'une culture ligno-cellulosique annuelle, définitions, intérêts et modalités concrètes de calcul. Compte rendu final Rapport AGRICE (à paraître).

SOURIE JC, MILLET G, KERVÉGANT E, BONNAFOUS P (2000). *Évolution des politiques agricoles et adaptations des exploitations de grande culture*. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Inra-UMR d'économie publique, 76 p.

Illustrations



Photo 1. Capteurs disposés dans le sol pour la mesure de l'humidité, de la température du sol et pour prélever les échantillons de la solution du sol pour la détermination de la concentration en azote minéral et en pesticides.



Photo 2. Matériel de mesures des flux de NO_x , ozone et chaleur à partir de la méthode des gradients (mesures faites dans un champ de 13 ha de maïs à proximité d'Aix-en-Provence).



Photo 3. Matériel de mesures de dépôt d'ozone et de flux de chaleur, de vapeur d'eau et de CO_2 par la méthode des corrélations turbulentes (avec l'anémomètre sonique).