

## Impacts environnementaux des agricultures intensives européennes : évaluation, maîtrise, quels problèmes pour la recherche ?

Ghislain Gosse, Jean Boiffin, Pierre Stengel

### Des systèmes agricoles intensifs : un outil nécessaire que l'on se doit d'améliorer pour le futur

Face à une population mondiale croissante dont le régime alimentaire comporte de plus en plus de protéines animales, l'agriculture de demain devra assurer une production primaire encore plus importante qu'aujourd'hui. Le développement de la production agricole implique soit une intensification des systèmes existants, soit une extension des terres cultivées conduisant à la destruction d'écosystèmes fragiles et de forêts ainsi qu'à l'utilisation inconsidérée de ressources limitées comme l'eau. Cette dernière alternative ne pouvant conduire qu'à une détérioration irréversible de l'environnement, l'agriculture de demain

se doit d'envisager des modèles d'intensification agricole respectueux de l'environnement, adaptés aux conditions régionales et principalement fondés sur une plus grande technicité.

À cet égard, les systèmes intensifs de l'agriculture européenne peuvent être considérés comme des prototypes dont on doit aujourd'hui tirer toutes les leçons, positives et négatives. Ils peuvent être qualifiés d'intensifs par le fait qu'ils assurent une grande quantité de capital à l'unité de terre ou de travail mise en jeu, ce qui se traduit, entre autres, par l'utilisation massive d'intrants et par des niveaux de productivité physique élevés quand on les rapporte au travail ou à la surface.

D'un point de vue environnemental, l'amélioration des systèmes agricoles requiert :

- que soient mieux évalués les impacts de l'agriculture sur les différents milieux (air, sol, eau) et les ressources biologiques ;

- que soit mise en place une stratégie de maîtrise de ces impacts intégrant le contexte socio-économique et ses fluctuations ainsi que les incertitudes liées à la connaissance des processus conduisant à l'émission de matières polluantes.

Bien que, à court terme, le principe de précaution permette de gérer ces incertitudes, le renforcement des recherches adaptées à ces nouveaux enjeux reste une manière efficace de les réduire et de fiabiliser les techniques à mettre en place.

### Évaluation des impacts environnementaux de l'agriculture : un préalable et un enjeu international

Si l'évaluation des consommations d'intrants et des rendements agricoles est relativement aisée, celle des impacts environnementaux d'un système de production agricole est complexe et encore trop mal estimée.

Cette complexité résulte des causes suivantes :

- les interventions agricoles constituent des perturbations massives (flux d'intrants) et multifactorielles (travail du sol) du fonctionnement des écosystèmes ;

- les échelles de temps (de la journée avec des émissions de gaz à effet de serre comme le  $N_2O$  au siècle avec la matière organique du sol) et d'espace (35 % du territoire français en terres arables) mises en jeu requièrent des outils d'analyse, d'intégration et une validation expérimentale lourde et coûteuse ;

- la mesure des flux de polluants aux bornes d'un système agricole est délicate à réaliser d'un point de vue métrologique et méthodologique. Par exemple pour les composés azotés, ils peuvent varier de un, deux, voire trois ordres de grandeur infé-

G. Gosse : Unité de recherches en bioclimatologie, INRA, 78850 Thiverval-Grignon, France.

J. Boiffin, P. Stengel : INRA, Direction scientifique environnementaux physique et agronomie, rue Fernand-Christ, 02007 Laon cedex, France.

Tirés à part : G. Gosse

rieurs à la quantité d'engrais apportée. Cette observation illustre la nécessité de mettre en place des méthodes de mesures spécifiques pour les composés gazeux azotés.

Évaluer un impact environnemental nécessite une bonne caractérisation des flux aux bornes du système étudié puis une analyse du devenir de ces constituants dans les écosystèmes voisins (pouvant aller de la région à la planète) et, finalement, une caractérisation de leur écotoxicité dans les différents écosystèmes.

Au niveau international, certains de ces composés ( $N_2O$ ,  $CH_4$ ) font l'objet de négociations internationales (accord de Kyoto sur les gaz à effet de serre). Aujourd'hui, l'évaluation de ces flux se fait dans le cadre de l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) sur la base d'un pourcentage de la quantité d'intrants, par exemple la consommation d'engrais azotés, pour évaluer un gaz à effet de serre tel le  $N_2O$ . Cette approche devra être améliorée par une meilleure connaissance des processus biogéochimiques qui sont à l'origine de ces émissions et ainsi permettre une prise en compte de la diversité pédoclimatique caractéristique de l'agriculture européenne. À titre d'exemple, l'agriculture en France contribue respectivement pour 59, 58 et 94 % des émissions de  $CH_4$ ,  $N_2O$  et  $NH_3$  dues aux activités humaines [1].

Ces considérations, illustrées par des exemples concernant les composés azotés, peuvent être étendues aux autres facteurs de l'environnement comme la consommation en eau, la qualité des eaux (charge minérale, pesticides), l'érosion notamment dans la zone méditerranéenne, la qualité des sols et les aspects biologiques de l'environnement (organismes génétiquement modifiés, biodiversité).

## Maîtriser les impacts environnementaux : l'exploitant agricole, un décideur clé, dans un contexte fluctuant

Satisfaire la demande alimentaire et maîtriser les impacts environnementaux des systèmes agricoles intensifs impose de relever les défis suivants :

– maîtriser l'ensemble des entrées et sorties de matière et les mécanismes s'y rapportant dans ou hors des parcelles cultivées *via* le drainage et les solutés qu'il entraîne, le ruissellement et les matières en suspension, les dépôts atmosphériques, les prélèvements et émissions de gaz carbonique ou de polluants atmosphériques ;

– maîtriser les impacts biologiques des pratiques agricoles (en particulier des traitements phytosanitaires), non seulement sur la culture et ses prédateurs mais aussi sur l'ensemble des êtres vivants et des communautés végétales ou animales qui habitent et entourent le champ cultivé. Cette maîtrise ne doit pas seulement s'exercer à court terme (pour éviter, par exemple, une perturbation du comportement des abeilles) mais aussi à long terme (risque d'apparition de résistances aux produits phytosanitaires, appauvrissement des ressources génétiques) et prendre en compte les utilisateurs des produits ;

– maîtriser les impacts, c'est-à-dire mettre en place une production intégrée prenant en compte l'ensemble des aspects environnementaux. Par exemple, si on veut introduire des cultures intermédiaires pour « piéger » les nitrates, c'est l'ensemble de l'itinéraire technique et du système de culture qu'il faudra repenser, en élaborant d'autres moyens de lutte sur les ennemis des cultures, par le biais des variétés, des dates ou des densités de semis, du travail du sol, etc. En particulier, la mise en place de zones de dénitrification destinées à réduire les teneurs en nitrates conduit à des émissions de  $N_2O$  qui est un puissant gaz à effet de serre. Vaut-il mieux réduire le gaz à effet de serre dans l'atmosphère ou les teneurs en nitrates dans les nappes phréatiques ? La réponse dépend du contexte régional et de la priorité que l'on accorde aux problèmes environnementaux que l'on envisage de résoudre (changement climatique ou qualité des eaux). Il faut pour cela que l'on se dote d'outils d'évaluation, comme l'analyse du cycle de vie d'un produit, prenant en compte l'ensemble des impacts.

Le développement durable de l'agriculture nécessite la prise en compte des impératifs environnementaux sans pour autant compromettre l'organisation et la rentabilité économique de l'exploitation agricole. Aux trois défis précédents s'en ajoute donc un quatrième, qui engage la responsabilité des acteurs du jeu politique et socio-économique et ceux qui

les conseillent. Il consiste à mettre sur pied des mécanismes de rémunération et des réglementations adaptés, suscitant de la part des producteurs un comportement conforme aux objectifs environnementaux. Il est, à cet égard, hautement souhaitable que les évolutions de la politique agricole commune et les négociations internationales aboutissent à préserver la diversité des assolements, qui est l'élément le plus fondamental de la production intégrée.

## Les besoins en recherche : de nouveaux thèmes prioritaires

Pour répondre de façon efficace aux défis cités, il faut acquérir un grand nombre de nouvelles connaissances car les outils de diagnostic et de prévision, prenant en compte notamment le long terme et des échelles d'espace allant de la parcelle à la petite région en passant par l'exploitation, font cruellement défaut.

### La gestion et la protection des ressources physiques (sol, eau, atmosphère)

Un gros effort est à accomplir pour appréhender de manière plus complète et plus précise l'ensemble des processus de pollution pour lesquels l'agriculture est une source ou un récepteur. Jusqu'à une période récente, la recherche avait surtout investi le secteur des nitrates, en tant que co-produits de l'amélioration des rendements agricoles, ainsi que le secteur des métaux lourds, parce que leur présence justifiait quelques précautions dans l'utilisation des boues comme matières fertilisantes. Aujourd'hui, il faut se pencher sur des problèmes beaucoup moins bien étudiés :

– l'émission et la réception des polluants atmosphériques comme les gaz à effet de serre ( $N_2O$ ,  $CH_4$ ), les gaz précurseurs de l'ozone troposphérique ( $NO_x$ ) et l'ammoniac en tant que source d'acidification des sols ;

– le devenir des pesticides dans l'environnement et ses divers moyens de contrôle ;

– les problèmes d'effluents et de produits

résiduaire, en s'intéressant à leurs aspects les moins connus aujourd'hui comme la présence éventuelle et l'évolution dans le sol des micropolluants organiques et des germes pathogènes ;

– la prise en compte d'échelles d'espace plus grandes comme le bassin versant ou la petite région afin d'aborder, d'une part, les problèmes d'aménagement et de gestion des bassins hydrologiques pour protéger la qualité des nappes et des eaux et, d'autre part, la gestion du paysage rural.

## La gestion et la protection des ressources biologiques

L'objectif visé ici est d'élaborer des stratégies de protection qui ne soient pas simplement phytosanitaires mais écosanitaires, ce qui ne signifie nullement un rejet unilatéral du chimique mais plutôt une diversification des moyens d'action. Pour cela, il convient d'amplifier les recherches en écotoxicologie pour étudier l'impact des intrants ou de leurs dérivés sur les organismes non cibles, c'est-à-dire autres que les ennemis des cultures directement visés.

La compréhension et la prévision des apparitions et des contournements de résistances chez les ennemis des cultures, ce qui implique un développement des

études de génétique des populations dont l'étude de la dissémination des gènes de résistance fait partie, constituent un autre domaine de recherche prioritaire.

Enfin, compte tenu des restrictions de plus en plus sévères qui pèsent sur la protection chimique, il faut poursuivre et accroître les efforts réalisés en matière de sélection de variétés résistantes qui permettront, bien sûr, de réduire l'utilisation des fongicides et des insecticides. On se trouve alors confronté à la multitude de combinaisons espèces cultivées-maladies ou ravageurs, ce qui amène à faire deux types de choix :

– d'une part, créer en priorité les outils et méthodes « génériques » qui permettront, pour toutes les espèces végétales, de repérer et de caractériser des gènes ou des groupes de gènes intéressants, afin de pouvoir, ensuite, accroître l'efficacité des processus de sélection ;

– d'autre part, bien définir les projets de mise au point de matériel végétal résistant en fonction des probabilités de réussite et des relais qui peuvent être pris par les sélectionneurs.

Néanmoins, la génétique ne résoudra pas tout : dans bien des cas, les progrès vers une meilleure préservation de l'environnement viendront non pas d'une solution de remplacement aux traitements chimiques, dont on ne peut guère se pas-

ser à moyen terme, mais d'un raisonnement plus précis aboutissant à des traitements moins systématiques, fondés sur des données épidémiologiques et des méthodes d'avertissement.

## Outils de gestion de l'environnement

Pour mieux maîtriser la gestion de l'environnement, allant de l'organisation de l'entreprise à l'économie, il conviendra d'étudier :

- les systèmes de production intégrés ;
- la mise au point de nouveaux outils pour la gestion de l'exploitation agricole, afin de s'assurer, par exemple, que les mesures agri-environnementales sont compatibles avec l'organisation du travail et la rentabilité de l'exploitation ;
- les systèmes de traçabilité et de certification, qui vont bientôt concerner aussi l'environnement et qui peuvent devenir, selon ce qu'on en fait, soit un atout soit une énorme contrainte pour l'agriculteur ;
- l'économie de l'environnement, avec entre autres les questions de l'évaluation et de la rémunération de la gestion des biens et services non marchands que l'agriculture produit ou assure au bénéfice de la société ou d'autres activités.

## Conclusion

L'environnement est clairement une des trois composantes du développement durable de l'agriculture, les deux autres étant le domaine social et l'économie. Cette composante environnementale a été quelque peu sous-estimée dans le passé, à une époque où la satisfaction des besoins alimentaires étaient la première priorité de l'agriculture européenne.

Aujourd'hui, maîtriser les impacts environnementaux représente le défi majeur lancé aux agricultures européennes. Le relever, c'est accroître les compétences agri-environnementales tout au long de la chaîne du savoir en agriculture, au moyen :

- d'une formation accrue des experts agri-environnementaux (conseillers agricoles...);
- de formations nouvelles pour les agriculteurs (si la démarche essai-erreur utilisée a fait preuve de son efficacité pour les questions de production, elle se révèle

## Summary

### Environmental impact of intensive agriculture in Europe: assessment, management, and research issues

G. Gosse, J. Boiffin, P. Stengel

*Intensive agricultural systems are essential for production and must be improved in order to promote sustainable agricultural development. The framework of such improvement involves three main orientations. Firstly, a reliable assessment of the environmental impact of agriculture based upon sound knowledge of pollution processes. Secondly, actions to monitor these impacts. Although many techniques already exist, choices are difficult to make because agriculture is currently evolving and will evolve even further in the future, and exchanges of pollution between environments or economic stakeholders have to be avoided. These actions are sometimes urgent, but they have to be decided within a volatile socioeconomic context. And finally, as many questions are now emerging and many processes are not very well known, research organizations such as INRA have to define new research priorities. These priorities are covered in the following three topics: management and protection of physical resources, management and protection of biological resources, and finally development of tools for management of the environment.*

Cahiers Agricultures 1999 ; 8 : 255-8.

insuffisante voire inopérante pour les problèmes environnementaux) ;  
– d'un renforcement des besoins en recherche publique dans le secteur de l'environnement.

En outre, la maîtrise de ces impacts environnementaux devra intégrer la diversité des contextes socio-économiques des agricultures européennes et, surtout, la diversité des systèmes de cultures existants ■

### Référence

1. Fontelle JP, *et al.* Inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au cours de la période 1990-1996. 1998, CITEPA, A385.

---

## Résumé

### Impacts environnementaux des agricultures intensives européennes : évaluation, maîtrise, quels problèmes pour la recherche ?

G. Gosse, J. Boiffin, P. Stengel

Les systèmes agricoles intensifs ou, mieux, les systèmes à forte productivité sont des outils nécessaires mais qui doivent être améliorés. La stratégie d'amélioration repose sur trois axes. D'abord, évaluer de façon fiable les impacts environnementaux en se fondant sur une solide connaissance des processus sources de pollution. Ensuite, mettre en place rapidement des actions afin de maîtriser ces impacts. Bien qu'un vaste éventail de techniques existe, le choix en est rendu délicat car l'agriculture évolue aujourd'hui et le fera peut-être encore plus demain dans un contexte socio-économique changeant. Enfin, éviter les transferts de pollution entre milieux ou entre acteurs économiques. Évaluation et prise de décisions doivent donc pouvoir s'appuyer sur des bases scientifiques fiables et utilisables. En matière d'environnement, élaborer de nouvelles priorités sur les thèmes suivants : gestion et protection des ressources physiques, gestion et protection des ressources biologiques et développement d'outils d'évaluation et de gestion de l'environnement.

---