

L'agriculture écologiquement intensive : nature et défis

Sylvie Bonny

INRA,
UMR 210 Economie publique
INRA-AgroParisTech
F-78850 GRIGNON
France
<bonny@grignon.inra.fr>

Résumé

Depuis quelques années voire décennies, un certain nombre de voix appellent à un changement de l'agriculture et de son modèle de production du fait de leurs limites et du changement de contexte. Elles mettent en avant diverses propositions de nouvelles orientations pour l'agriculture. Parmi celles-ci figure notamment l'agriculture écologiquement intensive qui est examinée ici. L'objectif de ce texte est de contribuer à analyser les voies, possibilités et défis socio-économiques d'une agriculture écologiquement intensive, utilisant de façon durable des processus naturels et des fonctionnalités des écosystèmes tout en ayant un bon niveau de rendement. En premier lieu nous présentons la notion d'intensification écologique par comparaison/opposition aux autres formes conventionnelles d'intensification en agriculture. Puis le positionnement de divers acteurs par rapport à la notion d'agriculture écologiquement intensive est examiné. Si en apparence cette orientation recueille un assez bon consensus, il existe en fait de nombreux freins à sa mise en pratique. En dernier lieu nous analysons certaines possibilités, obstacles et conditions au développement d'une agriculture écologiquement intensive : une telle évolution nécessite notamment un contexte en phase.

Mots clés : agriculture durable ; agroécologie ; innovation ; intensification.

Thèmes : ressources naturelles et environnement ; systèmes agraires.

Abstract

Ecologically intensive agriculture: Nature and challenges

Over the last several years, indeed over several decades, a number of voices have called for a change in agriculture and its model of production because of their limitations and changes in the context. They have put forward several proposals for new directions. These include particularly ecologically intensive agriculture, which is examined here. The objective of this paper is to contribute to analyzing the possible pathways to and socioeconomic challenges facing ecologically intensive agriculture, founded upon the sustainable use of natural processes and ecosystem functions while achieving a good level of yield. Firstly, the notion of ecological intensification by comparison/opposition with conventional forms of agricultural intensification is presented. The positions of the various actors, in relationship to the concept of ecologically intensive agriculture, are then examined. If this movement towards ecological intensification is apparently garnering a rather good consensus, there are in fact many hurdles to the implementation of these practices. Finally, we analyze some opportunities, barriers and facing the development of ecologically intensive agriculture. Such an evolution notably requires a context in agreement with it.

Key words: agroecology; innovation; intensification; sustainable agriculture.

Subjects: farming systems; natural resources and environment.

De nombreux acteurs appellent à un changement de paradigme dans le type d'agriculture actuel et la recherche agronomique. Cela est lié à divers facteurs souvent évoqués : limites de l'agriculture des dernières décennies, évolution des demandes adressées à ce secteur, modification du contexte, etc. La nécessité de nouvelles orientations est particulièrement mise en avant pour faire face aux défis des prochaines décennies en matière d'alimentation, de préservation des écosystèmes et de la biodiversité, de contraintes énergétiques, de changement climatique, etc. (Tilman *et al.*, 2002 ; IAASTD, 2009 ; Pretty *et al.*, 2010 ; Godfray *et al.*, 2010a ; Godfray *et al.*, 2010b ; De Schutter, 2011 ; Reganold *et al.*, 2011). Les voies proposées sont diverses, mais au niveau technique un certain nombre se rapporte à une agriculture plus écologique, une écoagriculture, une agriculture à haute intensité écologique utilisant de façon durable des processus naturels et des fonctionnalités des écosystèmes, comme le préconisent nombre de rapports et articles mentionnés précédemment. On considérera plus particulièrement ici l'option d'une « agriculture écologiquement intensive » (AEI) proposée par certains acteurs à partir de diverses recherches et expérimentations de terrain (Griffon, 2006 ; Griffon, 2007 ; Griffon, 2010 ; Cirad, 2007 ; Chevassus et Griffon, 2008). En France, cette orientation a été notamment mise en avant lors du « Grenelle de l'environnement », ensemble de tables rondes organisées en 2007 pour définir des mesures politiques sur les aspects environnementaux.

Certes le terme d'« intensification écologique » n'est pas tout à fait nouveau : on le trouve déjà dans une communication à un colloque du Cirad de 1986 où Egger (1986), de l'université de Heidelberg, avançait ce moyen pour la conservation et l'amélioration des sols tropicaux par des systèmes agrosylvo-pastoraux au Rwanda. Mais une interrogation des principales bases de données bibliographiques (Web of Science, CABI, Food Science and Technology Abstracts, etc.) montre que, sur la période 1975-mai 2011, ce terme est mentionné rarement dans la littérature recensée (19 fois). Une publication de Cassman (1999) souvent citée l'a utilisé dès la fin des

années 1990, mais dans une acception plus restreinte. Dans son article, cela signifie de parvenir à une intensification des systèmes céréaliers qui satisfasse la croissance attendue de la demande alimentaire tout en respectant des normes acceptables de qualité environnementale (Cassman 1999 ; IPNI, 2011) : « *L'intensification écologique est un processus qui accroît l'augmentation des rendements tout en réduisant l'empreinte écologique de l'agriculture.* » (Cassman, 2008). L'accent est notamment mis sur la gestion fine dans le temps et l'espace de tous les facteurs de production. La FAO dans son *Glossaire de l'agriculture biologique* (2009) définit de son côté une notion proche, *l'intensification durable* : « *Maximisation de la production primaire par unité de surface sans compromettre l'aptitude du système à maintenir sa propre capacité de production.* » Mais dans les remarques sur ce terme, il est précisé que le concept d'« intensification écologique » serait préférable vu les processus impliqués en agriculture biologique. De son côté, le terme de « *sustainable intensification* », présent au moins depuis 1993 dans les références des bases de données bibliographiques, y est un peu plus fréquent que celui d'« *ecological intensification* » (89 fois au lieu de 19 sur la période 1975-mai 2011). Cependant, il reste assez rare comparé aux innombrables occurrences de l'expression « *sustainable agriculture* ».

L'intensification écologique (IE) n'est pas seulement une forme d'intensification qui préserve l'environnement selon l'approche de Cassman. Une spécificité du concept tient à l'utilisation des processus écosystémiques : « *L'agriculture doit s'appuyer sur les processus et les fonctionnalités écologiques qui permettent de lutter contre les bioagresseurs, de réduire les nuisances, de mieux valoriser les ressources rares, comme l'eau, ou encore d'améliorer les services écologiques (stockage du carbone, diversité biologique, prévention des catastrophes dites naturelles) : c'est l'intensification écologique.* » (Cirad, 2008). Cette acception, un peu différente de celle d'intensification durable, est retenue ici pour la suite de l'analyse.

La notion d'AEI avancée depuis quelques années est en quelque sorte la cristallisation de diverses expériences,

observations et réflexions de terrain, au Brésil en particulier, que certains ont traduit ensuite par ce concept qui « *combine le pouvoir mobilisateur de la raison et celui du rêve collectif* » (Aggeri, 2011). En effet, outre une conceptualisation scientifique permettant une montée en généralité, un travail de conception collective est nécessaire pour construire des cohérences entre des expériences particulières et leur apporter de la légitimation sociale (Aggeri, 2011). L'AEI a été ainsi reprise comme objectif par divers types d'acteurs ou d'organismes (Cirad, 2010a ; Cirad, 2010b). Mais si l'existence d'un mot d'ordre s'avère très utile pour catalyser les énergies, elle ne saurait suffire *per se* à induire les transformations souhaitées. L'objectif de ce texte est d'analyser davantage certains corollaires, conditions requises, facteurs favorables, obstacles et limites à ce type d'évolution de l'agriculture, en particulier au niveau agro-économique et socio-économique, ce qui a été peu fait jusqu'alors. Cela est pourtant nécessaire pour envisager le développement de ces orientations. En revanche, l'article n'abordera pas les aspects strictement agronomiques et écologiques de l'IE qui relèvent surtout des agronomes et écologues, et ont commencé à faire l'objet d'investigations (par exemple, Doré *et al.*, 2011 ; Malézieux, 2011 ; Médiène *et al.*, 2011). Il n'analysera pas non plus si l'utilisation dans la production agricole des processus écosystémiques peut permettre d'atteindre une production suffisante de nourriture tout en préservant l'environnement et les capacités de reproduction des écosystèmes (Brussaard *et al.*, 2010). En effet, cet aspect fondamental nécessite encore des travaux de recherche à la suite de ceux effectués dans la prospective Agrimonde (Paillard *et al.*, 2010).

Cet article se propose d'aborder diverses questions socio-économiques posées par une transition vers des agricultures écologiquement intensives. En premier lieu, on cherchera à mieux appréhender la notion d'AEI par comparaison aux formes conventionnelles d'intensification. Puis on s'interrogera sur le positionnement des divers acteurs à ce sujet. Enfin, on examinera les obstacles et les freins à la mise en pratique de ces orientations. Les exemples seront surtout centrés sur l'agriculture occidentale et française pour

éviter de couvrir un champ trop large et trop hétérogène. Quand on comparera l'AEI à l'agriculture couramment pratiquée ces dernières années, on désignera cette dernière par le terme d'agriculture conventionnelle (c'est-à-dire établie par l'usage et les conventions courantes). On utilisera aussi la notion de modèle de production. En effet, même si les manières de produire en agriculture sont très diversifiées, on peut chercher à repérer par-delà cette diversité des invariants ou de grands traits caractéristiques : c'est la notion de modèle de production, représentation simplifiée, idéal typique des principales caractéristiques technico-économiques de la production à une période donnée. Celles-ci sont appréhendées tant au niveau technique qu'au niveau économique, social, institutionnel, voire idéologique. On peut ainsi parler d'un modèle de production, plus exactement du modèle ou paradigme dominant à une période donnée.

L'intensification écologique par comparaison/opposition aux autres formes d'intensification

Depuis quelques années, voire décennies, « l'agriculture intensive » est très souvent vilipendée et dénoncée comme source d'effets négatifs, en particulier au niveau environnemental et sanitaire, notamment dans les médias et les associations environnementalistes. Dans le langage courant ce terme est devenu fort négatif. Pourtant le mot intensification à lui seul est incomplet : de quel type d'intensification s'agit-il ?

L'approche économique conventionnelle de l'intensification

Comme l'écrivait Tirel (1987), « la notion d'intensification n'a de sens que rapportée à un facteur de production. Un facteur est exploité de façon intensive lorsqu'on combine à une quantité donnée de ce facteur des

doses importantes d'autres facteurs. Cette notion est étroitement liée à celle de productivité. » Historiquement, en France et dans beaucoup de pays, la terre a longtemps constitué un facteur limitant, les exploitations étant petites. Pour accroître la production et les revenus, on a cherché à augmenter sa productivité en lui associant des quantités importantes d'autres facteurs : notamment du travail, puis, avec la modernisation de l'agriculture d'après 1945, des intrants (engrais, pesticides) et du capital fixe (matériel, équipements, bâtiments). On aboutit ainsi à la définition courante actuelle : une « agriculture intensive est une agriculture qui utilise davantage de facteurs de production par unité de surface. Plus une agriculture est intensive, plus la production par hectare est élevée » (Commission de terminologie, 1993). L'accent est souvent mis sur l'utilisation de deux facteurs pour accroître la productivité de la terre : le travail et/ou le capital. Selon le cas, on a alors des agricultures intensives en travail (*labor-intensive*) ou des agricultures intensives en capital et en intrants (*capital-intensive*). Mais d'autres facteurs de production sont à considérer et peuvent être utilisés aussi pour améliorer la production à l'hectare.

Une approche systémique plus large

Si l'approche économique conventionnelle ne retient que la combinaison de trois facteurs pour produire – terre, travail et capital – en fait d'autres sont nécessaires :

- les fonctionnalités naturelles des écosystèmes (cf. infra) ;
- l'énergie qui n'est pas seulement celle qui est incorporée directement dans le carburant ou l'électricité utilisés, mais aussi, dans certaines comptabilisations, l'énergie indirecte nécessaire à la synthèse des intrants, notamment des engrais azotés, ainsi que l'énergie solaire utilisée dans la photosynthèse ;
- le savoir, les connaissances, éléments essentiels. Il peut s'agir de savoirs traditionnels ou de connaissances scientifiques et techniques sur les besoins des plantes et des animaux en nutriments, leur mode de conduite, la détection et le traitement des maladies, etc. Les savoirs traditionnels

peuvent être tacites ou codifiés, les connaissances scientifiques et techniques peuvent être librement accessibles (mais elles nécessitent un apprentissage parfois difficile) ou incorporées dans divers biens et services ;

- l'information, facteur assez proche du précédent mais concernant notamment l'environnement ou l'état des cultures et des élevages à un instant donné (par exemple, probabilité de développement de certaines maladies, agrométéorologie, teneur du sol en reliquat azoté, applications de la télé-détection, etc.). Il s'agit de connaissances permettant un suivi des productions au fil du temps et des interventions et traitements plus finement ajustés. Cela repose sur l'observation (« l'œil de l'éleveur ») et sur l'emploi de divers capteurs plus ou moins complexes.

Les facteurs de production sont en partie complémentaires ou au contraire substituables. Ainsi avec des connaissances et de l'information sur les besoins des plantes ou des animaux à leurs divers stades, on peut économiser des intrants en adaptant de façon précise les apports aux besoins des cultures et des élevages (raisonnement fin de l'alimentation, des traitements et interventions évitant les pertes). La valorisation des interactions au sein des agroécosystèmes, peut également permettre de réduire le recours aux intrants externes.

L'intensification écologique

Elle se propose d'utiliser les fonctions des écosystèmes, les processus écologiques, mais aussi l'information et le savoir, en remplacement, dans la mesure du possible, des intrants habituels, notamment chimiques. En effet, à doses fortes, ces derniers induisent des retombées défavorables : impacts environnementaux, contribution à l'effet de serre, vulnérabilité au renchérissement attendu des énergies fossiles, inquiétudes des consommateurs, etc. L'une des voies pour y faire face est « une utilisation intensifiée des fonctionnalités naturelles offertes par les écosystèmes » (Chevassus et Griffon, 2008).

La notion d'intensification écologique fait référence simultanément à deux aspects :

1. La production s'efforce de tirer parti des ressources et processus naturels sans les dégrader ;

2. Le niveau de production par hectare est assez élevé.

La première caractéristique définissant l'AEI est que celle-ci cherche à s'appuyer sur les processus et fonctionnalités écologiques pour produire. Ces termes méritent qu'on s'y arrête davantage. En effet, comme l'ont souligné Balmford *et al.* (2008, 2011), il est important de faire une distinction entre processus et services écosystémiques.

À la suite de ces auteurs, on peut distinguer (*figure 1*) :

- les processus de base des écosystèmes (par exemple, production primaire, grands cycles biogéochimiques, cycle de l'eau, interactions écologiques, etc.) ;
- les processus bénéfiques provenant des écosystèmes qui assurent production de biomasse, épuration de l'eau, régulation du climat, pollinisation, et sont à la base des produits finaux obtenus ;

- les nombreux biens et services marchands et non marchands retirés des écosystèmes (nourriture, matériaux, etc.). Ces biens et services proviennent des processus précédents, mais aussi du travail, des investissements, des savoirs et savoir-faire des hommes. Le *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) a rappelé une base essentielle souvent omise : l'importance fondamentale des écosystèmes dans la fourniture des biens et services. Mais cela ne

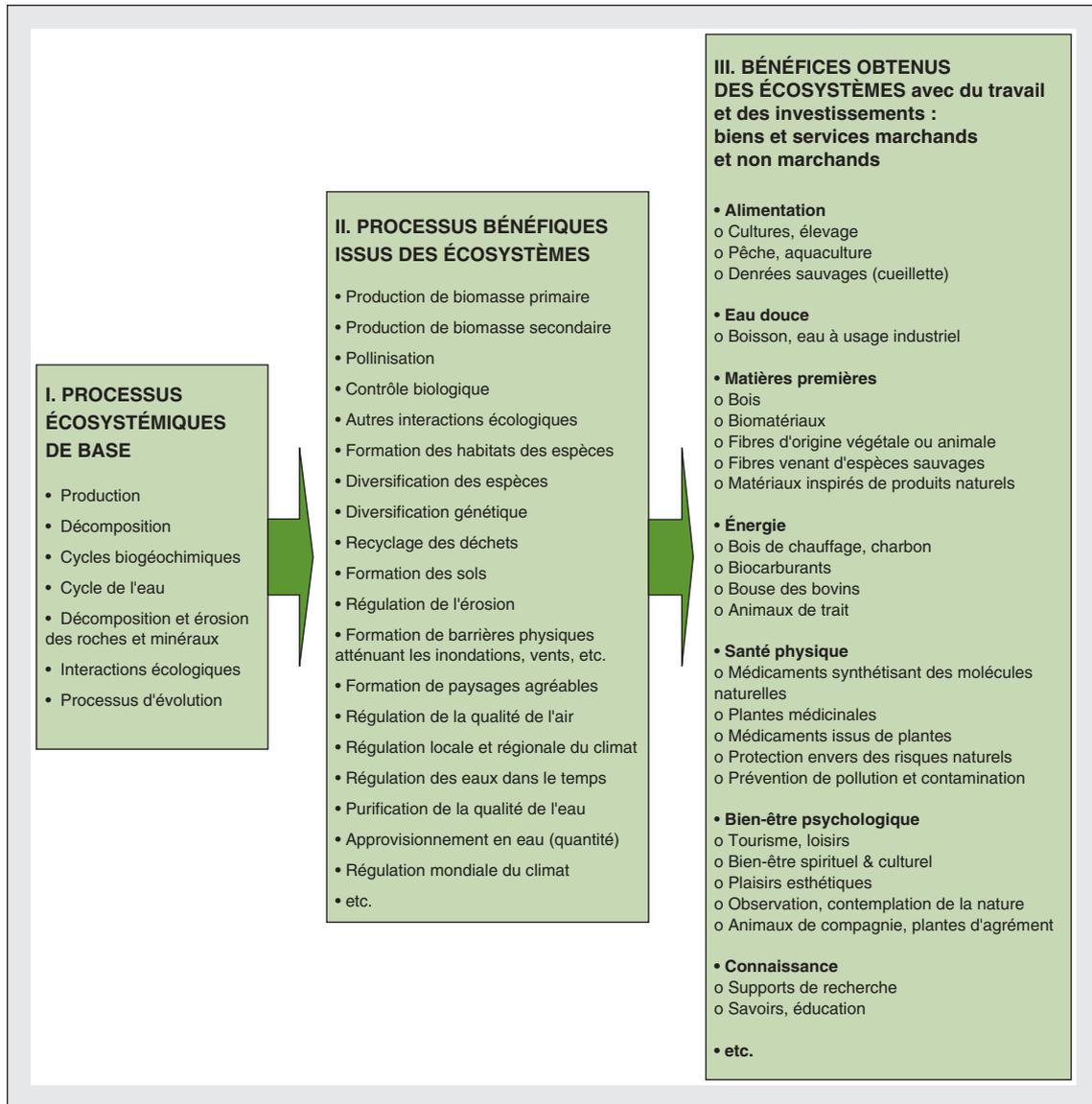


Figure 1. Illustration des relations entre processus écosystémiques de base, processus écosystémiques bénéfiques, et avantages obtenus des écosystèmes (liste non exhaustive) (d'après Balmford *et al.*, 2011, modifié).

Figure 1. Relationships between basic ecosystemic processes, beneficial ecosystemic processes and advantages from ecosystems (non-exclusive list) (adapted from Balmford *et al.*, 2011).

Les processus écosystémiques de base (I) sont le support des processus écosystémiques bénéfiques (II). Ceux-ci sont à la base de la fourniture de divers bénéfices pour l'homme (III).

Tableau 1. Comparaison de quelques voies et moyens de l'agriculture conventionnelle et de l'agriculture écologiquement intensive.

Table 1. Comparison of some ways and methods of conventional agriculture and ecologically intensive agriculture.

Aspects	Agriculture conventionnelle	Agriculture écologiquement intensive
Orientation générale	Artificialisation du milieu, emploi d'intrants achetés	Recherche d'utilisation et d'imitation de processus naturels bénéfiques
Itinéraires techniques et modes de raisonnement des interventions	Suivi d'itinéraires relativement uniformisés	« Retour de l'agronomie », davantage d'observations de terrain ou obtenues par diverses sources, recherche d'adaptation au milieu
Réseaux de conseil	Importance des coopératives et négociants	Groupes d'agriculteurs cherchant à être davantage autonomes et à réfléchir en réseaux
Fertilité	Surtout des engrais chimiques	Utilisation de légumineuses, mycorhizes, lombrics, vie microbienne des sols, plantes de couverture, agroforesterie. Meilleure valorisation des déchets organiques et fumiers. Recherche de mobilisation des éléments profonds. Évitement des sols nus. Objectif d'accroître la biomasse recyclable
Contrôle des adventices	Labour, herbicides	Rotations, binage, allélopathie, couverts végétaux épais, mulchs
Traction et labour	Motorisation importante, par exemple labour	Semis sans labour ou labour réduit pour favoriser la « vie des sols »
Contrôle des maladies des plantes	Surtout des traitements chimiques, ou emploi de variétés résistantes	Rotations, lutte intégrée et biologique, emploi d'auxiliaires, d'associations de cultures, de variétés résistantes, d'allélopathie. Recherche d'une gestion plus durable des pesticides quand on en emploie. Raisonnement des traitements
Contrôle des insectes	Surtout par des pesticides ou variétés résistantes	Variétés résistantes, associations de variétés, phéromones, lutte biologique, confusion sexuelle, utilisation d'auxiliaires
Limitations en eau	Irrigation là où c'est possible	Plantes résistant mieux à la sécheresse, mulchs, augmentation du taux d'humus, aménagement des parcelles, réservoirs pour recueillir l'eau, irrigation plus finement ajustée
Production de services écologiques	Fourniture relativement limitée	Conservation de l'eau et de sa qualité. Évitement des sols nus. Meilleure lutte contre l'effet de serre et contre l'érosion de la biodiversité
Territoire, paysage et espace naturel	Localement assez uniformes et peu diversifiés	Plus variés avec des cultures diversifiées et association autant que possible des élevages et cultures dans les mêmes zones. Plantation de haies. Agroforesterie

doit pas à son tour faire oublier la nécessité de l'intervention humaine sous forme de travail, de savoirs et de savoir-faire. Il ne faut pas omettre non plus les « disservices », c'est-à-dire les services des écosystèmes qui ont un

impact négatif sur la production agricole, la qualité des produits et la sécurité sanitaire des aliments, comme par exemple les dégâts causés par certains micro-organismes, insectes, animaux, et plantes « nuisibles », diverses maladies,

ou effets de concurrence (Swinton *et al.*, 2007 ; Zhang *et al.*, 2007).

L'AEI a donc pour objectif de chercher entre autres à valoriser les processus écosystémiques en remplacement de divers intrants chimiques. Cela suppose

de nombreuses connaissances sur le fonctionnement des agroécosystèmes et des informations sur leur état ainsi que sur les mécanismes en œuvre. Les voies visées peuvent être une amélioration de l'efficacité des intrants évitant leur gaspillage et leur émission dans le milieu, une recherche de substitution de certains intrants chimiques par d'autres (processus écosystémiques, connaissance, information), et surtout une reconception et reconfiguration des systèmes de production pour favoriser diverses synergies. On retrouve là les propositions de Hill et MacRae (1995) pour une évolution vers une agriculture plus durable. Pour rendre l'AEI plus concrète et plus tangible, le *tableau 1* donne quelques exemples de diverses techniques envisageables dans celle-ci par comparaison à l'agriculture conventionnelle des dernières années et décennies.

Cette utilisation des processus écosystémiques rapproche l'AEI de l'agroécologie, mais l'AEI s'en distingue par l'accent mis sur l'intensification. Par ailleurs, le terme d'agroécologie est souvent employé mais avec des connotations diverses selon que l'on mette l'accent sur les pratiques agricoles, la discipline scientifique ou le mouvement social qui s'y réfèrent (Wezel *et al.*, 2009). Plus largement, des orientations assez proches de l'AEI ont été proposées par un certain nombre de chercheurs ou décideurs, mais souvent avec une autre dénomination plus courante et sans inclure toujours l'accroissement de productivité : écoagriculture, agriculture durable, intensification durable, etc. L'intensification écologique est assez proche de cette dernière dans l'acceptation de certains auteurs. Pretty (2008) utilise par exemple le terme « *sustainable intensification* » ainsi défini : « *Intensification using natural, social and human capital assets, combined with the use of best available technologies and inputs (best genotypes and best ecological management) that minimize or eliminate harm to the environment. (...) The key principles for sustainability are to : (i) integrate biological and ecological processes such as nutrient cycling, nitrogen fixation, soil regeneration, allelopathy, competition, predation and parasitism into food production processes, (ii) minimize the use of those non-renewable inputs that cause harm to the*

environment or to the health of farmers and consumers, (iii) make productive use of the knowledge and skills of farmers (...) (iv) make productive use of people's collective capacities to work together to solve common agricultural and natural resource problems, such as for pest, watershed, irrigation, forest and credit management. »

Depuis quelques années, en effet, un nombre croissant de chercheurs insiste sur la nécessité d'un bon usage des processus écosystémiques : « *Influenced by human management, ecosystem processes within agricultural systems can provide services that support the provisioning services, including pollination, pest control, genetic diversity for future agricultural use, soil retention, regulation of soil fertility and nutrient cycling. Sustainable intensification will depend on management of ecosystem processes rather than fossil fuel inputs.* » (Power, 2010). Ainsi, contrairement à la première apparence, la notion d'intensification écologique est bien présente dans la littérature agronomique et agroécologique internationale, mais souvent sous un autre vocable, particulièrement en anglais où le terme « *ecological intensification* » est peu fréquent. Cependant, lors de la recherche de mise en pratique, des différences sensibles apparaissent entre les diverses approches au niveau sociotechnique et économique.

La seconde dimension, une productivité assez forte à l'hectare, renvoie à une question de fond : celle du niveau de production à rechercher pour les prochaines décennies, compte tenu de la croissance attendue de la population, des modifications de sa structure et des changements de modèles de consommation et de styles de vie. D'autant qu'à cette demande alimentaire peuvent s'ajouter fibres, biomatériaux, biocombustibles, etc. afin de tirer parti de l'énergie solaire et des processus photosynthétiques. Ainsi, sur le niveau de production nécessaire au niveau mondial, les points de vue sont assez variés selon les hypothèses faites : pour les uns, au moins un doublement de la production agricole s'impose (Collomb, 1999 ; United Nations, 2009), pour d'autres une progression de 70 % s'avère nécessaire (FAO, 2006 ; FAO, 2009 ; OCDE-FAO, 2009), pour d'autres enfin, il faut une hausse de 50 %. Cependant, pour

certaines, une croissance un peu plus limitée permettrait de satisfaire les besoins pourvu qu'elle s'accompagne d'une meilleure répartition des biens produits, d'une réduction des gaspillages et d'un modèle alimentaire avec une consommation de viande pas trop élevée (Paillard *et al.*, 2010 ; Hubert *et al.*, 2010 ; Leridon et de Marsily, 2011). Dans le cas de la France ou de l'Europe, il existe aussi des écarts sur les niveaux de production et de productivité jugés nécessaires, ainsi que des variations selon les régions.

Ainsi, un niveau de production agricole élevé est jugé indispensable par beaucoup, et l'intensification de la terre paraît une nécessité. En effet, les surfaces agricoles par habitant devenant de plus en plus restreintes, leur productivité doit être assez forte pour parvenir à une quantité suffisante de denrées agricoles (Royal Society, 2009). Par ailleurs, pour avoir un revenu acceptable, les agriculteurs cultivant des surfaces limitées ont besoin d'obtenir un niveau suffisant de rendement, et des prix assez rémunérateurs. Sur une petite surface il ne suffit pas de réduire les intrants, il est généralement indispensable d'accroître la production, ou de mieux la valoriser par transformation et/ou vente directe. Enfin, avec des rendements soutenus, la nécessité de mettre en culture de nouvelles terres peut être moindre, ce qui peut contribuer à maintenir la biodiversité et certains écosystèmes. Une bonne productivité de la terre paraît donc nécessaire.

Positionnement des acteurs envers l'intensification écologique de l'agriculture

En apparence, un consensus assez positif envers cette notion...

De nombreux acteurs plaident pour une modification de l'agriculture afin qu'elle puisse mieux répondre aux enjeux actuels et futurs. Ces propositions de changement bénéficient

souvent aujourd'hui d'un accueil plus favorable qu'elles ne l'étaient naguère. Certes, les divers acteurs ont fréquemment des analyses différentes des facteurs de remise en cause du modèle de production des dernières années. Mais ils ont en général assez bien reçu et perçu la notion d'AEI et l'ont reprise ou sinon considérée avec un certain intérêt. Sans être général, cet accueil plutôt favorable se retrouve dans l'Administration, la profession agricole, le développement, divers groupes coopératifs, la recherche, et des groupes locaux d'agriculteurs, par exemple ceux réunis autour des techniques de conservation des sols.

L'accueil paraît également bon hors du milieu agricole et para-agricole. Ainsi un sondage réalisé par l'Institut français d'opinion publique (Ifop) à la demande du magazine *Valeurs Vertes* sur un échantillon de 1 000 personnes représentatif de la population française de 18 ans et plus a montré que près de 40 % des Français déclaraient connaître ce terme, alors que pourtant peu d'articles avaient encore été diffusés sur ce sujet. Et 73 % des personnes interrogées indiquaient faire confiance à ce concept (présenté il est vrai très positivement dans le questionnaire) pour relever les défis de l'agriculture (*Valeurs Vertes*, 2009).

Cependant, le fait que la notion d'AEI ait été reprise également par de grands groupes du secteur agricole, comme par exemple le groupe coopératif Terrena (2010), a donné à certains le sentiment qu'il s'agissait d'une opération de « verdissement » assez superficielle plus que d'un réel changement d'orientation, d'où parfois une certaine suspicion. Ainsi Pérez-Vitoria, 2010 estime : « *Par un coup de baguette magique, une agriculture industrielle rhabillée de vert et des politiques de développement (toujours qualifiées de "durables") sont remises sur les rails. (...) On entretient volontairement la confusion entre révolution doublement verte, agroécologie, écoagriculture et agriculture à haut rendement environnemental. Peu importe du moment qu'on confère à l'agriculture des "habits verts".* » Et un article de *Campagnes Solidaires*, revue de la Confédération paysanne, dénonce le fait qu'en créant ce nouveau concept on ignore l'agriculture paysanne et les réponses qu'elle propose (Penhouet, 2011).

... mais beaucoup de freins à une mise en pratique

Un changement important des pratiques requiert diverses conditions. L'une d'elles est sans doute qu'il y ait suffisamment d'acteurs porteurs de ce mouvement pour constituer une masse critique et éviter un positionnement de niche. L'AEI a aussi besoin d'une acceptation relativement bonne par la société car aujourd'hui de nombreux acteurs hors agriculture veulent dire leur mot sur celle-ci. Or pour tirer parti et valoriser les potentialités du vivant et des agroécosystèmes, une opposition risque d'apparaître entre deux voies différentes d'AEI : l'une, où celle-ci est une forme d'agriculture paysanne, reposant notamment sur une recherche d'autonomie des exploitations et un certain réemploi de pratiques anciennes, et l'autre préconisant l'utilisation de nombreuses innovations scientifiques ou technologiques (Horlings et Marsden, 2011). Ainsi pour les semences, la recherche de variétés adaptées ayant certaines caractéristiques peut conduire à une opposition entre les tenants des variétés anciennes ou issues de populations et ceux conseillant des semences obtenues avec des applications des biotechnologies, du génie génétique et de la sélection génomique.

Les points de vue des agriculteurs eux-mêmes en la matière sont assez peu connus même si quelques-uns s'expriment sur certains sites internet proches de l'AEI. En effet, il n'y a pas eu sur ce point d'enquête sur un échantillon représentatif rendue publique. Certes dans des domaines comme le semis sans labour ou l'agriculture de conservation, une partie des exploitants s'est déjà engagée dans cette voie et la poursuit via divers réseaux (Reau et Doré, 2008). Mais cela n'est pas le cas pour toutes les composantes de l'AEI. Pour les agriculteurs, se lancer dans un changement important des pratiques peut paraître relativement difficile dans le contexte actuel :

– leurs revenus étant plutôt bas dans certains secteurs et les techniques agricoles beaucoup critiquées, il existe un risque de repli pessimiste. Ainsi, dans le baromètre de conjoncture agricole Ifop-FNSEA (2011), en 2010 près de la moitié des agriculteurs signalait rencontrer des difficultés importantes et plus de 10 % envisa-

geaient de cesser leur activité au cours des 12 prochains mois ;

– une part assez importante des agriculteurs est âgée et ils sont maintenant en petit nombre : en 2009 en France 2,7 % de la population ayant un emploi travaillait dans l'agriculture-sylviculture-pêche. Les jeunes souhaitant s'installer ont des difficultés à accéder au foncier et à réunir le capital nécessaire. Le contexte paraît moins favorable que lors de la vague de modernisation de l'après-guerre où la foi dans le progrès et les possibilités d'amélioration de la production et du mode de vie était forte, les objectifs concordants et la dynamique d'ensemble porteuse. Par ailleurs, dans les pays développés où les agriculteurs sont peu nombreux, n'existe-t-il pas une certaine inadéquation entre les multiples attentes envers l'agriculture et le faible nombre d'exploitants, ce qui renvoie aussi à la question des prix agricoles ?

– de multiples messages parfois contradictoires sont adressés aux agriculteurs. D'un côté, de vives critiques sont formulées en matière de pollution par des associations environnementalistes et les médias ; d'un autre côté, des acteurs de l'agrofourmiture ou de l'aval mettent en avant la nécessité de traiter suffisamment pour éviter que les productions aient un rendement insuffisant ou une teneur élevée et pénalisante en mycotoxines, ou soient déclassées pour ne pas respecter certains standards de qualité. En outre la succession dans le temps d'exhortations fort différentes peut rendre sceptique : longtemps le mot d'ordre fut de produire beaucoup et d'avoir de hauts rendements, puis il a été de chercher à stabiliser la production et à extensifier, puis à nouveau un objectif de niveaux élevés de production est de retour après la crise des prix de 2007-2008 ;

– le contexte incertain pourrait inciter à la prudence. Or les techniques proposées paraissent souvent plus expérimentales et moins « établies ». Et l'incertitude très forte sur les marchés, leurs tendances et les évolutions de la Politique agricole commune peut renforcer l'aversion au risque ;

– en outre, il peut être difficile de mettre au point des incitations agro-économiques adéquates. Ainsi certaines réglementations environnementales peuvent s'avérer peu adaptées au terrain, ne prenant pas suffisamment en compte la diversité des milieux et la

variabilité interannuelle. Il faudrait en quelque sorte « écologiser » ces mesures, les adapter aux diverses conditions locales, agropédoclimatiques et socio-économiques. Autrement dit, ce qui devrait inciter à adopter certaines pratiques de l'AEI n'y parvient pas toujours ;

– l'interdépendance des stratégies des acteurs rend également malaisés des changements décidés par une seule catégorie. Ainsi les cultures associées de diverses variétés ou espèces sont souvent promues pour divers effets agroenvironnementaux positifs, mais se heurtent à des difficultés lors de leur commercialisation. De même, le secteur aval peut exiger des fruits et légumes parfaits d'apparence et refuser de ce fait des produits peu traités. Analysant les obstacles à une réduction de l'emploi des pesticides, Meynard (2010) note : « *Ce sont (...) non seulement les systèmes de culture, mais aussi les systèmes sociotechniques qui sont organisés autour de l'utilisation des pesticides. Il serait vain de chercher un responsable à la difficulté de s'engager vers des systèmes en rupture : c'est l'ensemble du système sociotechnique qui apparaît bloqué. Le système s'est construit dans une autre configuration d'objectifs assignés à l'agriculture ; (...). Il ne suffit pas de changer les objectifs assignés à l'agriculture pour que le système s'adapte automatiquement. (...) À moyen terme, seule une évolution profonde du système sociotechnique mobilisant simultanément tous les acteurs (ou au moins la majorité d'entre eux), pourra permettre d'atteindre des objectifs ambitieux. (...) Ainsi, pour expliquer qu'ils ne promeuvent pas les associations de variétés ou d'espèces, les coopératives invoquent les exigences de l'aval, les instituts techniques les difficultés logistiques des coopératives et les exigences des industriels. Chaque acteur organise sa stratégie en fonction de celle des autres, et considère qu'il peut difficilement en changer tant que celle des autres n'évolue pas.* » Une modification des pratiques nécessite donc une évolution d'une grande partie des acteurs d'amont et d'aval. En outre pour un agriculteur, il peut être difficile d'adopter des méthodes que ses voisins percevront parfois comme de mauvaises pratiques agricoles (non-labour, présence de mauvaises herbes, etc.) (Goulet, 2010) ;

– enfin, dans la mesure où il est proposé d'utiliser les processus naturels, un certain retour à l'agriculture traditionnelle ou un réemploi de ses techniques sont parfois prônés. Or, si aujourd'hui l'agriculture du XIX^e ou début du XX^e siècle a tendance à être considérée comme un éden, elle fut pour beaucoup l'opposé, d'où un exode rural massif après 1850. En effet, les systèmes traditionnels souvent perçus de nos jours comme des modèles au niveau écologique, voire socio-économique, reposaient sur une immense quantité de travail gratuit non reconnu (aides familiaux, enfants, domestiques, etc.), un poids oppressant du collectif, un niveau de vie souvent très bas, et ils pouvaient comporter des éléments importants de non-durabilité environnementale : surpâturage, surexploitation de certains sols, déforestation, mauvais état sanitaire du bétail, etc. L'intensification écologique du XXI^e siècle ne peut être un retour à l'agriculture traditionnelle d'il y a 100 ou 150 ans.

Possibilités, défis et obstacles au développement d'une agriculture écologiquement intensive

L'intensification écologique, une orientation souvent jugée indispensable

L'intensification écologique est fréquemment considérée comme une nécessité eu égard aux défis à relever dans les prochaines décennies. C'est ce que résume par exemple le Cirad (2008) : « *Alors que l'accroissement de la production agricole demeure une préoccupation majeure, le modèle d'une agriculture fondée sur l'utilisation intensive et massive de pesticides, d'engrais chimiques, d'eau et d'énergie fossile est aujourd'hui remis en cause. Il est devenu une nécessité autant qu'un défi de rompre avec le paradigme habituel d'une agriculture qui artificialise, uniformise et standardise tou-*

jours plus et qui force le système biologique. » C'est également ce qu'a souvent souligné Griffon dans ses interventions. Dans une récente communication intitulée « *Peut-on promouvoir une agriculture économe, intensive et à forte valeur environnementale ?* », il écrit : « *Il n'y a pas, à ce stade, d'autre voie alternative que de tirer le meilleur parti possible des écosystèmes ; ceux-ci ont trop longtemps été ignorés au profit d'une conception de la biosphère comme simple substrat minéral que l'on pouvait artificialiser, compléter ou forcer par des doses élevées d'intrants. L'AEI, en visant à concilier la maintenance de la biosphère avec les hauts rendements qui sont nécessaires à l'alimentation de la population constitue l'hypothèse la plus vraisemblable.* » (Griffon, 2010b).

Cependant dans les dernières décennies, face à des problèmes assez proches mais moins aigus, des changements notables du modèle productif agricole ont déjà été proposés tels « une révolution doublement verte » ou « une agriculture plus économe et plus autonome » (Poly, 1977 ; Griffon, 1996 ; Conway, 1998). Mais ils ont été peu mis en pratique ensuite en raison notamment du contexte et des évolutions de prix, et peut-être aussi parce que venant d'en haut, ils ne furent pas suffisamment repris par tous les acteurs. De même aujourd'hui l'évolution vers l'IE requiert un environnement en cohérence avec cet objectif.

La nécessité d'un environnement en phase

La transition vers une agriculture écologiquement intensive nécessite en effet que le contexte économique, financier, institutionnel, réglementaire, social et culturel soit en phase avec cette orientation. Intensifier écologiquement ne peut pas simplement signifier aujourd'hui de laisser faire la nature. Cela implique d'une part la faisabilité, viabilité et « vivabilité » de ces pratiques pour les agriculteurs et une rentabilité économique suffisante, d'autre part la mobilisation d'autres facteurs (travail, connaissances, information, etc.), enfin un environnement sociétal en accord, comme nous allons l'illustrer.

La mise en œuvre par les agriculteurs des techniques et pratiques de l'AEI suppose une **rentabilité suffisante** de celles-ci. Or si le contexte de fond est favorable (raréfaction des ressources, etc.), il peut être changeant et volatil à court terme avec des retournements temporaires de situation. Cela peut rendre à certaines périodes les nouvelles orientations difficiles au niveau économique (cf. par exemple une chute momentanée des prix du pétrole décourageant à court terme les investissements économisant l'énergie). Le contexte d'incertitude peut freiner certains changements, d'autant plus que la compétition sur les marchés internationaux est vive. Les divers acteurs peuvent hésiter à prendre des risques liés à des innovations peu ou mal connues. Les urgences du court terme passent souvent bien avant la prise en compte d'impératifs peut-être plus fondamentaux, mais plus lointains. Cela sera d'autant plus le cas si les diagnostics sur les orientations à prendre font l'objet de controverses, ou si l'on subodore que des bouleversements peuvent chambouler demain ce qui paraît inéluctable aujourd'hui.

Par ailleurs, si l'intérêt de **réduire les quantités d'intrants achetés** est souvent évoqué, les plus lourdes charges des agriculteurs sont en général les charges fixes qu'ils cherchent précisément à couvrir par un certain volume de production (obtenu souvent grâce à l'emploi d'intrants). L'analyse des résultats des exploitations du Réseau d'information comptable agricole (RICA) montre qu'en 2008, en moyenne, les achats d'intrants représentaient 38 % des charges, et les charges fixes 62 % (avec comme gros postes amortissements, charges sociales et de personnel, loyers et fermages). Si les agriculteurs sont souvent intéressés par la recherche d'une plus grande autonomie et d'une réduction de divers achats que suppose implicitement l'AEI, cette dernière peut nécessiter d'autres apports importants. En effet, l'AEI fondée sur une intensification de l'usage des mécanismes naturels peut requérir **formation, achat de conseils, services, équipements** et produits permettant de connaître plus précisément et plus finement certains mécanismes biologiques ou écosystémiques, et ainsi de les utiliser. Elle peut aussi entraîner pour les agriculteurs un

certain accroissement du temps de travail, même si celui-ci est de nature un peu différente, avec par exemple davantage d'observations.

Les processus écologiques sont complexes à connaître, prévoir et valoriser. Leur utilisation durable, surtout si l'on vise une bonne productivité, suppose de très nombreux travaux de recherche, leur validation en fonction des milieux, et donc un investissement considérable en **recherche-développement** (R&D). En outre, l'interaction de nombreux phénomènes rend l'évaluation des options difficile et certains choix techniques sont parfois malaisés. En effet un changement a souvent à la fois des effets bénéfiques et d'autres négatifs. Faire un bilan d'ensemble pour aider à faire des choix ne va pas de soi, vu la multiplicité des indicateurs environnementaux et de durabilité. Enfin beaucoup d'incertitudes pèsent sur l'avenir malgré les investigations scientifiques, par exemple en matière des impacts du changement climatique sur l'agriculture. Les moyens en R&D seront-ils à la hauteur ? Ces dernières années les dépenses en R&D agricole publique ont eu tendance à baisser dans les pays à haut revenu. Ainsi Pardey et Pingali (2010) rappellent que, dans ces pays, la part relative de la recherche publique a eu tendance à décroître entre 1973 et 2006 et que par ailleurs plus de 60 % des dépenses de R&D du secteur agricole et alimentaire sont affectées à la transformation alimentaire et aux boissons, non au secteur agricole lui-même. En outre la recherche est souvent orientée vers des approches pointues assez réductionnistes et moins vers des démarches plus holistiques du fonctionnement des agroécosystèmes (Vanloqueren et Baret, 2009). Si les recherches privées sont de leur côté assez importantes, compte tenu de la pression des marchés financiers, elles visent d'abord l'obtention de bons résultats économiques pour les firmes et leurs actionnaires, ce qui peut ne pas correspondre à la valorisation des processus écosystémiques. Cependant, depuis quelques années les questions agricoles et alimentaires sont revenues sur l'agenda des grandes organisations internationales, et la recherche agronomique publique élargit ses investigations entre autres vers l'agroécologie (Inra, 2010). Mais cela suffira-t-il face à l'ampleur des travaux à mener et aux

injonctions de diminuer les dépenses publiques ?

L'objectif d'utiliser les processus écosystémiques pose aussi des questions agroéconomiques. D'une part **les écosystèmes sont d'une richesse très inégale** du fait de variabilités naturelles. L'artificialisation du milieu avait pour but de compenser les limites naturelles. Se donner comme programme d'utiliser les processus écologiques ne risque-t-il pas d'aviver les disparités entre régions ? Par exemple, la « vache à l'herbe » est promue comme modèle, mais ce système est mal adapté là où les étés sont secs et/ou les hivers longs, et où les conditions climatiques rendent difficile de réussir les foins et les stocks de fourrage. C'est l'un des facteurs expliquant la diffusion du modèle maïs-soja. En effet, la recherche d'autonomie par valorisation des ressources locales, souvent mise en avant, peut s'avérer fort difficile quand ces ressources sont limitées, et quand on ne dispose que d'une petite surface. Il est donc nécessaire d'agir à des échelles plus larges.

Or le poids des **spécialisations territoriales** actuelles freine, voire bloque, certains changements. Ainsi, l'association culture-élevage peut permettre des économies d'engrais, la valorisation des légumineuses en alimentation animale et éviter les effets négatifs de leur disjonction, notamment l'excès de déjections animales en certaines zones et le manque d'apports organiques ailleurs. Mais son adoption se heurte à la séparation actuelle des productions animales et végétales sur le territoire et au refus de beaucoup de l'installation d'élevages là où il n'y en a pas. Si la culture de légumineuses est bénéfique pour l'apport d'azote au sol et l'alimentation animale, elle est parfois difficile à adopter dans les régions sans élevage. Plus généralement comme l'ont souligné nombre d'auteurs (Zhang *et al.*, 2007 ; Power, 2011), l'échelle des services et « disservices » écosystémiques est souvent bien au-delà de la parcelle ou de l'exploitation, elle se situe à des niveaux plus larges : environnement local, petite région, vaste zone, voire planète quand il s'agit des aspects climatiques globaux. De ce fait, la multitude d'acteurs et d'enjeux impliqués peut rendre les évolutions souhaitées malaisées à impulser.

D'autre part, l'AEI nécessiterait aussi de repenser la **place de l'agriculture**

dans le système agroalimentaire : aujourd'hui l'agriculture vend surtout des produits à bas prix en quantité importante, et une part de la production fait l'objet de contrats. Cela induit souvent la recherche d'une gamme de productions standardisées et régulières répondant aux exigences de l'aval, notamment des entreprises régionales de collecte et transformation. De nouvelles cultures introduites dans la rotation pour l'allonger et diversifier risquent de trouver difficilement preneur, *a fortiori* si les quantités obtenues sont plutôt faibles du fait de la recherche de diversification. Comment les écouler sachant que tout ne peut pas être vendu directement à l'utilisateur final ?

Enfin l'AEI correspond à un **changement radical dans les relations homme/nature** qui ne va pas de soi. Il ne faut pas oublier que la nature peut être extrêmement rude, voire violente (sécheresses, orages, gel, pluies diluviennes, vents violents, tremblements de terre, etc.). Il est donc parfois nécessaire de chercher à aller à l'encontre de ses effets, même si c'est en tenant compte de ses processus... Il faut aussi parfois limiter les effets des « disservices » (Lyytimäki et Sipilä, 2009). Plutôt que de prendre la nature comme modèle, l'objectif de l'AEI devrait être de s'inspirer de ses processus. Et si l'agriculture conventionnelle cherchait souvent à modifier et artificialiser le milieu pour en accroître la productivité par forçage, l'AEI visera plutôt à intégrer ses techniques et systèmes productifs à celui-ci.

Conclusion

Aujourd'hui en France, l'agriculture intensive est souvent vilipendée car pour beaucoup elle signifie emploi d'intrants polluants. Mais ce terme doit être examiné de plus près : en quoi l'agriculture est-elle intensive, c'est-à-dire quels facteurs sont utilisés pour accroître la production à l'hectare ? En effet des facteurs différents des intrants conventionnels peuvent être mobilisés de façon complémentaire ou en substitution : travail, équipements, connaissances, information, processus écosystémiques, etc. Par ailleurs, même si cela fait l'objet de débats, il paraît nécessaire de viser un

niveau assez élevé de productivité à l'hectare cultivé dans les prochaines années et décennies compte tenu de l'évolution de la population et des concurrences entre les usages de la terre.

L'IE vise ainsi à mobiliser des fonctionnalités des écosystèmes, mais d'autres facteurs sont nécessaires pour pouvoir obtenir une production suffisante. Si le concept d'AEI est jugé souvent séduisant, il faut étudier de façon approfondie si et comment cette option pourra assurer des quantités adéquates de nourriture, alimentation animale, fibres, matériaux, biocombustibles et sources de plaisir, « *food, feed, fiber, fuel, and fun* ». Certes le niveau des diverses demandes à satisfaire est à questionner car, au-delà les impératifs physiologiques de base, la quantité de biens et services jugée « nécessaire » est très variable. Cet aspect n'a pas été traité ici car il nécessiterait en lui-même de nombreuses investigations ; or ce texte a surtout cherché à mieux définir l'AEI et à analyser certains de ses freins et possibilités de développement au niveau socio-économique.

Même si les crises actuelles ou annoncées peuvent inciter à des changements et des ruptures, la transition vers une agriculture écologiquement intensive ne va pas de soi, d'où l'utilité de poursuivre des investigations en agroécologie, mais aussi des analyses socio-économiques des voies et possibilités en la matière. En effet les diverses composantes de la durabilité doivent être intégrées. Il semble ainsi nécessaire de mieux valoriser le métier d'agriculteur dans le monde, d'autant plus que beaucoup de demandes et d'exigences sont adressées à l'agriculture et que de multiples critiques sont faites aux pratiques mises en œuvre. L'évolution de ce secteur requiert en outre celle de son environnement technique, économique, social et institutionnel, aussi est-il utile d'analyser les points de vue et les contraintes des divers acteurs concernés. Si l'intensification écologique paraît une voie intéressante, voire prometteuse à beaucoup, les nombreuses interactions en jeu rendent complexe sa mise en pratique. En effet les contraintes économiques et financières de court terme pèsent souvent lourd, et les préoccupations immédiates peuvent conduire à des choix peu favorables

au milieu naturel. La première condition pour un développement de l'AEI est que les agriculteurs s'emparent de ce concept au-delà des techniques de conservation des sols, mais aussi que l'environnement agricole d'amont et d'aval évolue pour qu'elle soit possible, et plus généralement que l'ensemble de l'économie et de la société s'oriente vers une plus grande durabilité. Plus largement une meilleure gouvernance mondiale serait nécessaire, pour éviter que, mise en œuvre en certains lieux, l'AEI voit ses effets presque annulés par ce qui se passe ailleurs...

Ce qui est en jeu dans l'intensification écologique est une modification des relations homme/nature concernant l'ensemble de la société. Ces dernières années, divers scientifiques et organismes ont mis l'accent sur la dépendance de l'humanité envers le milieu naturel, ses ressources et ses processus, en vue notamment d'impulser un changement de comportements et de techniques. En effet l'urbanisation croissante, l'industrialisation de la production, la dématérialisation et la virtualisation de l'économie pourraient donner à penser bien à tort que l'humanité s'est largement affranchie de son environnement naturel. Il faut toutefois éviter aussi une approche trop utilitariste ou instrumentalisée de la nature et des services des écosystèmes (Maris, 2010). Le milieu naturel et l'environnement ne doivent pas être considérés comme de simples pourvoyeurs de ressources et services qu'il faudrait manager avec efficacité et rentabilité. C'est une meilleure insertion de l'homme et de ses activités dans le monde vivant qui est nécessaire, ce qui nécessite un bouleversement culturel mais surtout culturel. ■

Références

- Aggeri F, 2011. Le développement durable comme champ d'innovation. Scénarisations et scénographies de l'innovation collective. *Revue française de gestion* 6 : 87-106. doi: 10.3166/RFG.215.87-106.
- Balmford A, Fisher B, Green RE, Naidoo R, Strassburg B, Turner RK, *et al.*, 2011. Bringing ecosystem services into the real world: an operational framework for assessing the economic consequences of losing wild nature. *Environmental and Resource Economics* 48 : 161-75. doi: 10.1007/s10640-010-9413-2.

- Balmford A, Rodrigues ASL, Walpole M, ten Brink P, Kettunen M, Braat L, *et al.*, 2008. *The economics of biodiversity and ecosystems : scoping the science*. Cambridge (Royaume-Uni) : Cambridge University, 2008.
- Brussaard L, Caron P, Campbell B, Lipper L, Mainka S, Rabbinge R, *et al.*, 2010. Reconciling biodiversity conservation and food security : scientific challenges for a new agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2 : 34-42. doi: 10.1016/j.cosust.2010.03.007.
- Cassman KG, 1999. Ecological intensification of cereal production systems : Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96 : 5952-9. doi: 10.1073/pnas.96.11.5952.
- Casman KG, 2008. *Scientific Challenges Underpinning the Food-Versus-Fuel Debate*. In : NABC Report 20 : Reshaping American Agriculture to Meet its Biofuel and Biopolymer. Ithaca (NY) : National Agricultural Biotechnology Council.
- Chevassus-au-Louis B, Griffon M, 2008. La nouvelle modernité : une agriculture productive à haute valeur écologique. *Déméter 2008 : économie et stratégies agricoles*. Paris : Club Déméter.
- Cirad, 2007. *L'intensification écologique : du concept au terrain quelles démarches de recherche mettre en œuvre ?* Montpellier : Cirad (Rencontres du CIRAD, 30/08/2007).
- Cirad, 2008. *La vision stratégique 2008-2012*. Paris : Cirad éditions.
- Cirad, 2010a. *La nature comme modèle. Pour une intensification écologique de l'agriculture*. Paris : Cirad. <http://www.cirad.fr/content/download/4129/35997/version/1/file/Cirad-SIA2010.pdf>.
- Cirad, 2010b. *L'agriculture écologiquement intensive, une utopie ?* Paris : Cirad (compte rendu de la conférence du 2/03/2010). http://www.cirad.fr/content/download/4260/38019/version/1/file/ConfCirad_SIA2010.pdf; <http://www.cirad.fr/publications-ressources/science-pour-tous/conferences/l-agriculture-ecologiquement-intensive-une-utopie/l-agriculture-ecologiquement-intensive-une-utopie>
- Collomb P, 1999. *Une voie étroite pour la sécurité alimentaire d'ici à 2050*. Paris ; Rome : Economica ; FAO.
- Commission de terminologie, 1993. Arrêté du 20 septembre 1993 relatif à la terminologie de l'agriculture. *Journal Officiel* 256 : 15265.
- Conway G, 1998. *The doubly green revolution : food for all in the 21st century*. Ithaca (New York, États-Unis) : Cornell University Press.
- De Schutter O, 2011. *Agroécologie et droit à l'alimentation*. Rapport présenté à la 16e session du Conseil des droits de l'homme de l'ONU (A/HRC/16/49). Genève, 8 mars 2011. http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20110308_a-hrc-16-49_agroecology_fr.pdf
- Doré T, Makowski D, Malézieux E, Munier-Jolain N, Tchamitchian M, Tittonell P, 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy : Revisiting methods, concepts and knowledge. *European Journal of Agronomy* 34 : 197-210. doi: 10.1016/j.eja.2011.02.006.
- Egger K, 1986. L'intensification écologique. Conservation (LAE) et amélioration des sols tropicaux par les systèmes agro-sylvo-pastoraux. In : *Aménagements hydro-agricoles et systèmes de production*. Collection Documents Systèmes Agraires. Montpellier : Cirad-DSA (3^e séminaire du département systèmes agraires du Cirad, 16-19 décembre 1986).
- FAO, 2006. *World agriculture : towards 2030/2050 Prospects for food, nutrition, agriculture and major commodity groups. Interim report*. Rome : FAO.
- FAO, 2009. *Glossaire de l'agriculture biologique, Glossary on organic agriculture. Glosario de agricultura orgánica*. Rome : FAO.
- FAO, 2009. *Nourrir le monde, éliminer la faim*. Sommet mondial sur la sécurité alimentaire, FAO, Rome, 16-18 novembre 2009.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, *et al.*, 2010. Food security : the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327 : 812-8. doi: 10.1126/science.1185383.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, *et al.*, 2010. The Future of the Global Food System. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B : Biological Sciences* 365 : 2769-77. doi: 10.1098/rstb.2010.0180.
- Goulet F, 2010. Nature et ré-enchantement du monde. In : Hervieu B, Mayer N, Muller P, Purseigle F, Rémy J. *Les mondes agricoles en politique*. Paris : Presses de Sciences Po.
- Griffon M, ed., 1996. *Vers une révolution doublement verte*. Actes du séminaire du 8-9 novembre 1995 au Futuroscope de Poitiers. Paris : Cirad éditions.
- Griffon M, 2006. *Nourrir la planète*. Paris : éditions Odile Jacob.
- Griffon M, 2007. Pour des agricultures écologiquement intensives. ESA Angers. In : *Les défis de l'agriculture au XXIe siècle. Leçons inaugurales du Groupe ESA*. Angers, groupe ESA.
- Griffon M, 2010a. *Pour des agricultures écologiquement intensives*. La Tour d'Aigues : éditions de l'Aube.
- Griffon M, 2010b. *Après la révolution verte, peut-on promouvoir une agriculture économe, intensive et à forte valeur environnementale ?* Académie d'Agriculture de France, 250^e anniversaire, Colloque « Système alimentaire mondial : quels enjeux pour le 21^e siècle ? », 25 novembre 2010. http://www.academie-agriculture.fr/detail-seance_242.html <http://www.academie-agriculture.fr/mediatheque/seances/2010/20101125communication1.pdf>.
- Hill SB, MacRae BJ, 1995. Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 7 : 81-7.
- Horlings LG, Marsden TK, 2011. Towards the real green revolution? Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could 'feed the world'. *Global Environmental Change* 21 : 441-52.
- Hubert B, Rosegrant M, van Boekel MAJS, Ortiz R, 2010. The future of food : scenarios for 2050. *Crop Science* 50 : 33-50. doi: 10.2135/cropsci2009.09.0530.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development), 2007. *Agriculture at a Crossroads : Global Report*. Washington (DC) : IAASTD.
- Ifop-FNSEA (Institut français d'opinion publique - Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles), 2011. *Baromètre de conjoncture agricole, Vague 8, mars 2011*. Paris : Ifop-FNSEA, Observatoire de l'emploi GPE.
- INRA, 2010. *Document d'orientation 2010-2020 : une science pour l'impact*. Paris : Inra. http://www.inra.fr/l_institut/document_d_orientation_2010_2020
- IPNI (International Plant Nutrition Institute), 2011. *Why is ecological intensification important? ecological intensification*. IPNI : Norcross (Georgia). <http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/dx/EI>
- Leridon H, de Marsily G, eds, 2011. *Démographie, climat et alimentation mondiale*. Rapport sur la science et la technologie de l'Académie des sciences (32). Les Ulis : EDP Sciences.
- Lyytimäki J, Sipilä M, 2009. Hopping on one leg - The challenge of ecosystem disservices for urban green management. *Urban Forestry & Urban Greening* 8 : 309-15. doi: 10.1016/j.ufug.2009.09.003
- Malézieux E, 2011. Designing cropping systems from nature. *Agronomy for Sustainable Development*, Online First. doi:10.1007/s13593-011-0027-z
- Maris V, 2010. *Philosophie de la biodiversité. Petite éthique pour une nature en péril*. Paris : Buchet-Chastel.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and human well-being : synthesis*. Washington (DC) : Island Press.
- Médiène S, Valatin-Morison M, Sarthou JP, Tourdonnet S, Gosme M, Bertrand M, *et al.*, 2011. Agroecosystem management and biotic interactions : a review. *Agronomy for Sustainable Development* 31 : 491-514. doi: 10.1007/s13593-011-0009-1.
- Meynard JM, 2010. *Diffusion des pratiques alternatives à l'usage intensif des pesticides : analyse des jeux d'acteurs pour éclairer l'action publique*. Colloque « Écophyto R&D : réduire l'usage des pesticides », Paris, 28/01/2010. http://www.inra.fr/l_institut/etudes/ecophyto_r_d
- OCDE, 2009. *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO, 2009-2018*. Paris : OCDE. www.agri-outlook.org.
- Paillard S, Treyer S, Dorin B, 2010. *Agrimonde. Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*. Versailles : éditions Quae.
- Pardey P, Pingali P. *Reassessing International Agricultural Research for Food and Agriculture*. Montpellier : GCARD (Global Conference on Agricultural Research for Development), 28-31 mars 2010. http://www.fao.org/docs/eims/upload/278047/3568_Pardey_Pingali_2010_GCARD_text_figs_tabs_1_.pdf
- Penhouet R, 2011. L'agriculture raisonnée a un nouveau (faux) nez. *Campagnes solidaires* 259 : 10.
- Pérez-Vitoria S, 2010. *La riposte des paysans*. Arles : éditions Actes Sud.
- Poly J, 1977. *Recherche agronomique : réalités et perspectives*. Paris : Inra éditions.
- Power AG, 2010. Ecosystem services and agriculture : tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences* 365 : 2959-71. doi: 10.1098/rstb.2010.0143.
- Pretty J, 2008. Agricultural sustainability : concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological*

- Sciences* 363 : 447-65. doi: 10.1098/rstb.2007.2163.
- Pretty J, Sutherland WJ, Ashby J, Auburn J, Baulcombe D, Bell M, *et al.*, 2010. The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* 8 : 219-36. doi: 10.3763/ijas.2010.0534.
- Reau R, Doré T, 2008. *Systèmes de cultures innovants et durables. Quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?* Dijon : Educagri éditions.
- Reganold JP, Jackson-Smith D, Batie SS, Harwood RR, Kornegay JL, Bucks D, *et al.*, 2011. Transforming US Agriculture. *Science* 332 : 670-1. doi: 10.1126/science.1202462.
- Royal Society, 2009. *Reaping the benefits : science and the sustainable intensification of global agriculture*. London : The Royal Society.
- Swinton SM, Lupi F, Robertson GP, Hamilton SK, 2007. Ecosystem services and agriculture : cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics* 64 : 245-52. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.09.020.
- Terrena, 2010. *Sentinelles de la Terre, mettre en pratiques une agriculture écologiquement intensive*. Ancenis : Terrena.
- Tilman D, Cassman K, Matson P, Naylor R, Polasky S, 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418 : 671-7. doi: 10.1038/nature01014.
- Tirel JC, 1987. Valeur et limites des notions d'intensification dans l'analyse de l'évolution des systèmes de production. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France* 73 : 83-95.
- United Nations, 2009. *Food production must double by 2050 to meet demand from world's growing population*. 64th General Assembly, Second Committee General Assembly GA/EF/3242. 9 Oct. 2009. www.un.org/News/Press/docs/2009/gaef3242.doc.htm
- Valeurs Vertes, 2009. Les Français et l'agriculture : la confiance règne. *Valeurs Vertes* 97.
- Vanloqueren G, Baret PV, 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy* 38 : 971-83. doi: 10.1016/j.respol.2009.02.008.
- Wezel A, Bellon S, Doré T, Francis C, Vallod D, David C, 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29 : 503-15. doi: 10.1051/agro/2009004.
- Zhang W, Ricketts TH, Kremen C, Carney K, Swinton SM, 2007. Ecosystem services and disservices to agriculture. *Ecological Economics* 64 : 253-60. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.02.024.