
Prospective des technologies agricoles et gestion du milieu

Contributions et limites pour le débat sur la gestion de l'environnement

Xavier Poux, Vincent Piveteau, René Urien et Laurent Mermet

Le champ thématique de cet article est la prospective des relations entre la gestion de l'environnement et les évolutions prévisibles en matière de technologies. Nous nous sommes concentrés plus particulièrement sur la gestion des territoires agricoles et forestiers ; les technologies prises en compte sont relatives au machinisme.

Sur la base d'un exercice prospectif réalisé dans le cadre d'une formation à l'Engref et associant des experts du Cemagref (départements : machinisme et gestion des territoires¹), l'article propose une réflexion en quatre étapes :

- dans un premier temps, nous nous proposons de poser la problématique d'une telle prospective en termes de contenu et d'enjeux méthodologiques et opérationnels ;
- la seconde partie de l'article décrit la conception et l'organisation de l'exercice prospectif ;
- la troisième partie s'attache à identifier les principaux résultats tirés de l'exercice ;
- enfin, la dernière partie, conclusive, identifie les pistes et conditions pour pousser plus loin une telle démarche, en fonction notamment des difficultés rencontrées.

1. La liste des experts du Cemagref associés à cette réflexion est : G. Baud, B. Bonicelli, D. Cairol, P. Demangeot, G. Jacquin, D. Vissac et P. Zwaenpoel.

La problématique

■ *Le constat d'un manque*

Une dimension technologique le plus souvent absente des prospectives en matière de gestion de l'espace

De nombreuses réflexions prospectives qui ont trait à l'agriculture et à la gestion de l'espace se font à technologie constante, ou au mieux à variation de technologie constante. Ainsi, les prospectives d'institutions agricoles intègrent couramment des hypothèses démographiques et économiques sans que les données d'évolution technologique rentrent dans l'image future projetée. Il y a là, notons-le au passage, une opposition radicale entre la sensibilité des historiens des systèmes agraires – qui font une place de choix à la rupture technologique passée – et celle des prospectivistes de cette question – qui intègrent le plus souvent des variables démographiques ou économiques et politiques.

L'extrapolation des tendances technologiques, qui consiste à prolonger une courbe d'évolution (qu'il s'agisse de celle des rendements des variétés cultivées, de la productivité agricole, etc.) reste en ce domaine non seulement un réflexe, mais aussi la référence commune.

Ce réflexe est par ailleurs compréhensible : il est la projection du futur la plus simple, la plus crédible et la plus facile à argumenter, sur la base des séries du passé. Elle est par ailleurs aisée d'utilisation car facilement chiffrable.

C'est une référence également. L'affichage d'une tendance sur les rendements, par exemple, joue le plus souvent un effet de coordination des antici-

Xavier Poux
AScA

8 rue Legouvé
75010 Paris

Vincent Piveteau
IFEN

61 Bld Alexandre
Martin
45058 Orléans
Cedex 1

René Urien
Cemagref
Parc de Tourvoie
BP 44

92163 Antony
Cedex

Laurent Mermet
Engref

19 avenue du
Maine
75015 Paris

pations : le marché, les organismes de recherche, l'administration ajustent leurs interventions en fonction de cette prévision, ce qui contribue à son autoréalisation.

La difficulté de penser les conséquences des ruptures technologiques

Rares sont les exercices qui s'interrogent sur les conséquences que pourrait avoir une rupture technologique sur l'organisation de l'espace. L'exercice de la DATAR, daté de 1971 et intitulé « la France sans terre », fait exception et reste un modèle du genre. Il mérite à ce titre un examen attentif.

Dans ce scénario contrasté, les auteurs envisagent quels pourraient être les impacts de quatre faits porteurs, ou quatre « sauts technologiques », sur la contribution de l'agriculture à l'occupation de l'espace ; il s'agit de la maîtrise de la culture végétative, du développement des cultures marines, de la bonne maîtrise des systèmes culturaux sans sols (ou cultures hydroponiques), et des possibilités offertes par les biotechnologies, notamment la production de protéines à partir des levures, cultivées sur des paraffines issues des produits pétroliers. Quatre tendances lourdes paraissent à l'époque constituer autant de facteurs favorables au plein essor de ces technologies.

– D'abord, et c'est loin d'être innocent sur la portée d'un exercice de prospective, le fait que des pays étrangers et notamment anglo-saxons y consacrent des efforts de développement importants.

– La demande industrielle, ensuite, qui se porte de plus en plus vers des produits calibrés, identiques et qui favorise ainsi de tels modes de production, beaucoup plus contrôlés que les systèmes naturels.

– Ces techniques semblent beaucoup mieux adaptées aux fluctuations éventuelles du marché. À tout moment, l'offre peut s'ajuster à la demande.

– Enfin, ce mode de production peut contribuer aux exigences de sécurité d'approvisionnement.

Dans ces conditions, le scénario de la « France sans terre » prévoit une délocalisation spatiale des activités. Les marges maritimes et méditerranéennes du pays connaissent une concentration importante des hommes et des activités, tandis que les parties centrales du territoire national se voient abandonnées ou converties vers des rôles d'espaces de loisir et de détente.

Cet exercice présente donc une double originalité. Il tente d'explorer les liens entre technologie agricole (pris ici dans un sens évidemment très large) et espace. Ensuite, il se force à un cheminement « extrême » ; il s'agit délibérément d'un scénario de rupture. Ici, la rupture est liée à l'adoption, dans le système de production agricole, d'innovations qui lui sont, pour presque toutes, exogènes : levures « pétrolivores », cultures marines et techniques de pointe en physiologie végétale.

Modèle du genre, cet exercice rend compte d'évolutions lourdes en matière de déplacement du centre de gravité agricole des zones centrales de la France vers les zones portuaires. Il n'en présente pas moins certaines limites qui illustrent bien notre propos. Ne revenons pas sur les erreurs d'appréciations, sur lesquelles la littérature a beaucoup glosé : qu'il s'agisse des prix du pétrole (l'exercice est antérieur au choc pétrolier de 1973) ou de la confiance exagérée dans la productivité biologique des écosystèmes marins. Ce qui frappe encore une fois est la difficulté de prendre en compte l'interaction entre les systèmes agraires d'une part, et la technologie d'autre part. La pauvreté de l'analyse concernant la transition entre l'état initial et l'état final (autrement dit, l'effondrement pur et simple et sans appel du système ancien) en est un indice. De même, le scénario ne s'attache-t-il qu'à considérer le résultat spatial que sous un seul angle : l'effet de la concentration sur les côtes et les préoccupations qu'il peut provoquer chez l'aménageur ; il passe mieux sous silence, ce faisant, l'évolution des terroirs traditionnels.

■ **Les données des relations entre technologies et gestion du milieu sur le long terme**

L'observation, à un niveau très global, de l'évolution des agricultures françaises et européennes depuis plusieurs décennies, permet de tirer deux enseignements importants en matière de prospective sur la gestion de l'espace.

Le premier constat est le rôle déterminant de l'évolution technologique – dont les composantes sont : le matériel biologique, les engins mécanisés et l'agrochimie – dans le mode d'organisation et de gestion de l'espace. À chaque transformation du milieu depuis l'après-guerre correspond une évolution technologique. Pour ne citer que quelques exemples particulièrement clairs, on

évoquera les très grands espaces céréaliers du Bassin parisien, marqués par la grande mécanisation ; l'exploitation du milieu associée au « modèle breton » renvoyant à une évolution technologique spectaculaire... À ces exemples emblématiques, on peut rajouter celui, plus discret, des conséquences spatiales de l'évolution des techniques de fauche et de traite dans les systèmes montagnards. À *contrario*, le développement technologique de certaines régions peut concurrencer celui d'autres régions et conduire à la disparition de systèmes de gestion adaptés. Les dynamiques de déprise ou de reboisement peuvent être considérées comme le fruit, « en négatif », d'une évolution technique.

Le second constat est que la gestion du milieu est la résultante de facteurs technologiques – nous l'avons dit – mais également sociaux et économiques. La mécanisation du Bassin parisien et les paysages associés est due à la conjonction de conditions économiques (pour simplifier, l'état du marché céréalier) et sociales (l'insertion des agriculteurs dans un système social urbanisé). C'est de la rencontre de ces trois ordres – technique, économique et social – que résulte le mode d'organisation et d'utilisation du milieu. Ce point fonde au passage l'intérêt de l'approche en termes de système agraire, dont l'objet est précisément la prise en compte des relations entre système social, système technique, économie et milieu à travers, notamment, l'analyse des systèmes de production agricoles.

■ *Un espace de recherche à investir*

Dans la perspective d'une gestion du milieu satisfaisant les enjeux environnementaux actuels (protection des ressources, usages de récréation, aménagement du territoire, biodiversité...), ce regard rétrospectif fonde *a priori* l'intérêt d'une approche prospective intégrant les évolutions technologiques futures prévisibles et leurs conséquences dans la gestion du milieu. Cette approche prospective a pour vocation d'éclairer un débat dont le champ est extrêmement vaste : depuis les scénarios de déprise agricole à grande échelle (Fottorino) jusqu'à ceux dans lesquelles la maîtrise technologique sera à même de garantir une bonne qualité dans la gestion du milieu (lutte contre les pollutions, « entretien » mécanisé de l'espace, ingénierie « verte »...).

L'examen des approches articulant gestion de l'espace et évolution technologique permet de dégager deux grandes familles :

– la première est celle, déjà citée, de l'analyse des systèmes agraires dans laquelle les interactions entre technologie d'une part, facteurs économiques et sociaux et milieu d'autre part, sont au cœur de la pratique. Mais les projections de systèmes agraires dans le futur, intégrant les conséquences spatiales, sont rares, et quand elles sont réalisées, elles se font à système technologique constant, ou en évolution tendancielle uniforme ;

– une autre famille consiste à proposer une image du futur fondée sur une rupture technologique (par exemple : les conséquences dans la gestion de l'espace du développement des biotechnologies). Mais dans ce cas, l'analyse des facteurs économiques, sociaux (de structure et d'organisation agricole notamment) en interaction avec l'évolution technologique est souvent insuffisante, voire absente.

L'espace de recherche que nous nous proposons d'aborder est ainsi celui résultant de la rencontre de ces deux familles : une approche prospective de la gestion du milieu intégrant les évolutions et ruptures technologiques à venir d'une part, et les dimensions économiques et sociales d'autre part.

La question qui constitue la problématique de cet article est la suivante :

– au-delà d'un intérêt de principe, en quoi une approche prospective du type de celle proposée est-elle susceptible d'enrichir l'appréhension des systèmes agricoles de gestion de l'espace en se projetant dans le futur ?

À cette question relative au fond, se rajoutent d'autres d'ordre méthodologiques et théoriques :

– quels sont les enjeux et difficultés auxquels sont confrontées les réflexions prospectives ?

– quelles sont les pistes méthodologiques qui se dégagent de l'exercice présenté dans cet article ?

L'exercice de prospective réalisé à l'Engref

Fruit d'une convergence de réflexions entre le Cemagref (départements : machinisme et gestion des territoires) et les autres auteurs de l'article, l'exercice réalisé à l'Engref a volontairement limité le domaine d'investigation aux technologies en matière de machinisme agricole. Nous verrons par la suite que ce choix, qui laisse de côté les données

de la biotechnologie, du génie génétique par exemple, n'est probablement pas limitant en ce qui concerne le contenu (compte tenu des thèmes traités) et les enseignements théoriques et méthodologiques.

■ *L'approche théorique*

L'exercice prospectif a été construit en croisant trois angles d'approches complémentaires (figure 1) :

– le premier angle est l'identification des termes de l'offre technologique : quelles sont les innovations technologiques décelables aujourd'hui et quelles sont les conséquences potentielles dans la gestion des territoires ?

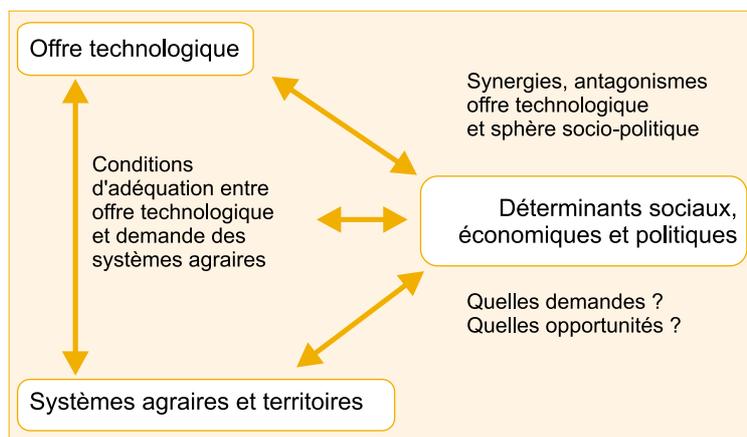
– le deuxième angle porte sur les déterminants sociaux, politiques et économiques influençant les relations « technologies et territoires » : dans quelle mesure les demandes sociales peuvent-elles accompagner ou modifier les relations « technologies et territoires » ?

– le troisième angle traite les modalités de réalisation d'un scénario technologie-territoire à l'échelle d'un système agraire : quelles sont les conditions de rencontre entre l'offre technologique et la demande au niveau des systèmes de production ?

■ *Les méthodologies prospectives adoptées et la réalisation de l'exercice*

Un des enjeux de l'exercice était s'associer à chaque question thématique un outil prospectif adapté. Il n'est pas possible de rentrer dans le détail du contenu des méthodologies, nous indiquons brièvement les associations thématiques et d'outils prospectifs. L'exercice a été découpé en six ateliers indiqués dans le tableau 1.

Figure 1. – Articulation théorique de l'exercice.



Le temps de réalisation de l'atelier a été de quatre demi-journées dont deux au cours desquelles la documentation et les experts du Cemagref ont pu être consultés « en libre service » par les étudiants.

Les principaux enseignements de l'exercice

■ *Une offre en machinisme porteuse de ruptures et de continuités en matière de gestion de l'espace*

Contrairement aux visions de machines futuristes complètement autonomes couramment adoptées dans les années 80 (« le tracteur qui fait tout seul »), les experts du Cemagref ont identifié trois nouvelles *fonctions*, adaptables à divers outils agricoles et forestiers. Il s'agit :

– du *guidage autonome* des machines (indépendamment de leur tâche : travail du sol, récolte et fauche...). Ce guidage peut se concevoir soit par satellite, soit par reconnaissance de l'environnement et adaptation de l'engin aux accidents du milieu ;

– de l'*aide à la communication entre machines* et à l'automatisation dans la coordination des tâches. Cette fonctionnalité concerne essentiellement la réalisation de chantiers combinant différents engins ;

– de l'*intelligence artificielle*, en ce qui concerne l'aide à la décision portant sur le choix d'une tâche adaptée à l'environnement.

Le développement de ces fonctionnalités s'inscrit dans la continuité des tendances passées dans le sens où il conduit à augmenter la capacité de travail et d'utilisation de l'espace par agriculteur ou forestier présent. Quel que soit le degré d'autonomie atteint pour un engin, les experts s'accordent sur le fait qu'on ne s'affranchit pas de la présence humaine : contrôle, maintenance, assignation des tâches... Au-delà de cette permanence de la présence humaine, il est par contre probable que le développement des fonctions est porteur de changements qualitatifs (qualification des acteurs concernés) et quantitatifs (nombre d'acteurs).

Ces nouvelles fonctionnalités associées aux engins sont porteuses de ruptures en matière de gestion de l'espace. Selon les possibilités de développement des engins, les résultats obtenus permettent de défendre deux scénarios opposés.

Thème	Outil prospectif
Identification de l'offre technologique	DELPHI (confrontation d'avis d'experts)
Facteurs de développement d'une innovation technologique	Analyse structurelle
Demandes sociales à long terme en matière d'occupation du territoire national	Scénarios fondés sur des images futures contrastées
Place de la réglementation dans le développement technologique	Scénarios fondés sur des cheminements contrastés
Comparaison de trois modes de gestion d'un espace herbager ouvert	Scénario tendanciel (extrapolation de tendances à long terme et recherche de ruptures)
Rupture dans la gestion du territoire d'un système agricole	Scénario de rupture

◀ Tableau 1. – Outils « prospectifs » utilisés pour chacun des six thèmes abordés.

D'un côté, les machines futures sont susceptibles de s'adapter à des milieux variés (pentes, parcelles de formes quelconques). Elles permettent alors une réponse nouvelle et prometteuse en matière de gestion de parcelles qu'il est difficile d'entretenir aujourd'hui de manière satisfaisante (érosion, lutte contre les incendies, déprise...). Dans cette vision, les objectifs de qualité environnementale commandent les fonctionnalités et l'usage des machines, qui peuvent y répondre.

D'un autre côté, l'aménagement du milieu peut-être nécessaire à la mise en œuvre des outils autonomes : l'adaptation des parcelles agricoles ou forestières aux contraintes du guidage autonome implique la recherche de formes géométriques et la limitation des accidents de parcours. Il apparaît également nécessaire de protéger les espaces ainsi gérés de la pénétration humaine pour limiter les risques d'accidents (collisions entre les engins et des promeneurs, par exemple) ; ceci peut ainsi conduire à des parcelles closes. Cette prospective conduit à une gestion de l'espace à deux vitesses, mais de qualité environnementale globalement médiocre : grandes parcelles géométriques et closes d'un côté, futur incertain de l'autre. Cette prospective est porteuse d'une continuité dans le sens où elle accentue les tendances actuelles : les espaces gérés sont sensiblement les mêmes qu'aujourd'hui, peut-être réduits aux zones les plus faciles au regard des engins autonomes, les espaces incertains sont laissés à leur devenir.

Il est à noter que ces deux évolutions, incompatibles en un même lieu et temps, ne sont pas

DELPHI

Outil d'analyse prospective appliquant les méthodes d'experts. Les méthodes d'experts sont souvent utilisées dans les démarches prospectives pour « réduire les incertitudes, face au seul jugement d'une personne ou d'un groupe, en confrontant des points de vue avec ceux d'experts et en prenant en compte d'autres opinions » (Delangue, 1996). À partir d'un questionnaire soumis à un groupe d'experts, l'analyse est conduite en trois temps :

- justification des réponses extrêmes ;
- opposition des réponses extrêmes justifiées, afin de réduire les divergences ;
- formulation de(s) réponse(s) aux questions posées.

Des précautions sont prises pour tenir compte des éventuels changements d'avis des experts au cours des confrontations successives, et pour éviter la traduction formelle du « moyennage » des avis et les conséquences d'une possible confusion entre convergence et cohérence des réponses.

nécessairement opposées sur des territoires différents.

Cette opposition radicale dans la prospective de gestion du territoire ouvre un espace de recherche essentiel en matière de gestion territoriale et environnementale. La caractérisation des conditions du milieu physique – dans sa diversité –, des données technologiques et socio-politiques dans la réalisation des scénarios, peut être approfondie. Elle devrait contribuer tout particulièrement à une anticipation en matière de politique publique à l'interface développement agricole et territoires.

■ ***L'importance des déterminants économiques et socio-politiques en matière d'offre technologique et de gestion des territoires***

Les deux modalités de gestion de l'espace indiquées dans l'exemple précédent laissent entendre l'importance des déterminants économiques, politiques et réglementaires dans la réalisation de tel ou tel scénario. Au niveau macroéconomique, l'émergence d'une technologie résulte de la rencontre d'un faisceau de conditions d'ordres différents. L'analyse structurelle et les scénarios contrastés ont permis d'approfondir le champ de ces déterminants et leurs combinaisons possibles. Nous retiendrons ici trois résultats.

Deux développements technologiques diversement sensibles aux signaux politiques et réglementaires

Les scénarios contrastés permettent de formuler l'hypothèse de deux types de trajectoires de développement de fonctions autonomes appliquées aux engins agricoles et forestiers.

Un premier type de développement technologique porte sur des fonctionnalités peu coûteuses, permettant des gains de productivité sur des espaces facilement adaptables aux technologies. Compte tenu des forces économiques qui lui sont favorables, ce développement est relativement indépendant des scénarios politiques et sociaux contrastés.

La marge de manœuvre politique et sociale porte sur le développement d'engins d'entretien de l'espace à des fins non directement productives. La lutte contre la pollution porte sur la précision des machines dans la réalisation de tâches productives (semis, travail du sol). La capacité d'adaptation des machines au milieu et leurs zones de développement dépend des politiques financièrement incitatives et/ou exigeantes d'un point de vue réglementaire, régionalisées. Le développement de telles fonctionnalités non productives se fait en fonction des niches économiques et territoriales laissées libres par le premier type de technologie.

Les influences réciproques entre les évolutions technologiques et les demandes sociales

Dans les scénarios envisagés, les acteurs des sphères « technologiques » et « environnementales » (pour simplifier) sont en interaction. Ces interac-

tions peuvent être conflictuelles ou synergiques, selon le résultat obtenu en matière de gestion du milieu. Ces interactions se concrétisent notamment dans l'usage d'outils réglementaires : incitations financières, contraintes sur l'environnement, normes sur les machines... C'est en jouant sur la combinaison des outils et des champs d'intervention que les acteurs institutionnels, professionnels et économiques en présence défendent leurs intérêts.

Par ailleurs, ces outils peuvent s'appliquer dans des champs différents : celui de la sécurité d'utilisation (champ actuellement couvert par une directive « machinisme »), celui des conséquences sur la santé du consommateur/riverain, celui des normes (machines et produits), celui de l'aménagement du territoire.

Enfin, la séquence des événements et leur chronologie de mise en œuvre sont également déterminantes en créant des irréversibilités en matière d'aménagement du territoire et/ou d'exigences sociales.

Les scénarios contrastés en matière réglementaire indiquent ainsi que l'on peut également concevoir deux perspectives opposées en ce qui concerne les relations entre groupes d'acteurs :

– dans un scénario extrême « technologie », la logique propre d'un développement technologique peu coûteux, privilégiant la productivité du travail au prix d'un aménagement de l'espace radical (gestion « à deux vitesses » évoquée plus haut), impose ses règles aux demandes sociales. Autrement dit, la simplification du milieu qui résulte de l'usage d'engins autonomes peu adaptatifs est une donnée à laquelle doivent s'adapter les politiques et les normes en matière de sécurité, de santé et d'aménagement du territoire ;

– dans un scénario extrême « environnement », la demande sociale en environnement est de nature à influencer le développement technologique en fixant des normes sur le type de paysages souhaité et en donnant les moyens financiers pour atteindre ces objectifs. Elle conduit au développement d'engins polyvalents au regard de la production de matière première et de gestion du territoire, *a contrario* elle limite le développement d'engins autonomes peu adaptatifs au milieu.

On peut faire l'hypothèse que ces deux perspectives « socio-techniques » ne sont pas également pro-

bables. La première correspond aux tendances en germe aujourd'hui, notamment le développement d'engins autonomes augmentant la productivité du travail. La seconde correspond à un changement de pratiques et de priorité dans l'élaboration des normes et outils réglementaires en matière de gestion du territoire.

Des pistes de recherche à l'interface régulation sociale et développement technologique

Au-delà de l'intérêt des résultats cités, il convient ici d'en identifier les limites, liées au faible temps de réalisation et de traitement des données. Plusieurs questions restent ouvertes : si les déterminants sociaux et politiques peuvent influencer le développement d'une technologie, quelle est la mesure de cette influence ? Quels sont les jeux d'acteurs et les séquences stratégiques envisageables pour atteindre tel ou tel scénario de développement technologique et, partant, de gestion du territoire ? Quels sont les scénarios alternatifs à la réalisation de ceux, extrêmes, évoqués ?

■ **La rencontre de l'offre et de la demande au niveau des systèmes agraires : des acquis et de nombreuses interrogations**

Nous avons jusqu'à présent raisonné en matière d'offre en engins autonomes en général, sans aller plus loin dans l'analyse de la rencontre entre cette offre et une demande émanant des systèmes agraires. Autrement dit, à compter que les conditions technologiques et socio-politiques soient réunies pour le développement d'une technologie (conditions exogènes), quelles sont les conditions endo-

gènes, à l'échelle d'un système agricole régional, pour qu'une technologie se développe ?

Les difficultés d'une approche analytique

Un atelier a visé une approche analytique de la comparaison à long terme des opportunités économiques de trois modalités de fauche d'une parcelle herbagère donnée : gestion par un troupeau d'herbivores, gestion par un agent humain utilisant un engin mécanique non automatisé (de type faucheuse), gestion par un robot-faucheur.

Cet exercice tendait à caractériser l'évolution des coûts et des opportunités de gestion sur le long terme afin de relever les possibilités de basculement économique : à l'horizon 10 ou 20 ans, le robot faucheur est-il envisageable économiquement ou est-il trop coûteux comparé à un animal qui broute la prairie en la maintenant au stade herbacé ?

Le tableau 2 donne un exemple des variables techniques et économiques analysées. Les produits-coûts unitaires doivent être ramenés à l'hectare et à l'heure de travail pour tenir compte des effets d'échelle.

On voit que la comparaison économique à long terme des trois options de gestion fait intervenir un grand nombre de paramètres économiques sur le long terme. Celles-ci vont de la prime à l'herbe à des hypothèses sur l'amortissement d'un robot-faucheur à l'horizon 10 à 20 ans, en passant par le prix du kg de viande bovine. Alors que les hypothèses nécessaires à la réalisation d'un tel exercice sont nombreuses : par exemple, un robot-faucheur peut être estimé aujourd'hui à 100 000 F, qu'en serait-il si la production de tels engins était multipliée par 100 ?

Tableau 2. – Exemples de variables techniques et économiques analysées. ▼

	Entretien par un troupeau	Fauche mécanisée	Fauche robotisée
Produit économique et aides publiques	Vente des produits (lait, viande) Soutien des produits Prime à l'herbe	Vente de foin (éventuellement)	
Charges de main-d'œuvre et de fonctionnement	Transport des animaux Surveillance et soins Entretien des clôtures	Fauche Entretien du matériel Carburant	Surveillance de la machine Entretien de la machine Carburant
Charges d'équipement	Clôtures	Amortissement de la faucheuse	Amortissement du robot
Autres charges	Location des estives ?	?	?
Coûts évités	Location de terres en plaines Surf. fourragère en plaine		

L'ensemble des données n'a pu être collecté dans le temps réduit de l'exercice à l'Engref. La disparité des variables et des hypothèses à formuler a rendu impossible l'identification de toutes les sources de données nécessaires à une telle démarche. L'élaboration de données permettant une rétrospective longue et une extrapolation tendancielle sur une variété de variables analytiques est la condition nécessaire à la réalisation d'une telle approche.

L'intérêt cognitif de la conception d'un scénario de rupture

Un autre exercice à l'échelle d'un système agricole, globalisant celui là, fut celui de la conception d'un scénario de rupture dans la gestion du territoire par un système agricole, rupture consécutive à une innovation technologique. Ce scénario résulte du croisement d'hypothèses exogènes et d'hypothèses endogènes à l'échelle d'un système agricole. Le choix des hypothèses mérite d'être détaillé, car il constitue d'une certaine manière la synthèse des enseignements apportés par l'ensemble des ateliers.

La région retenue pour le scénario de rupture technologie/territoire est la Champagne (hors viticulture). En effet, cette région présente une série de conditions endogènes favorables pour la réalisation d'un tel scénario :

- réalisation d'une telle rupture dans les années 50 (passage de la forêt aux grandes cultures) et continuation d'une tradition d'innovation depuis (diester de colza...);
- situation économique très favorable des systèmes de production (capacité d'investissement) et puissance des organisations professionnelles et des services para-agricoles;
- fragilité potentielle liée à la spécialisation du système agricole grandes cultures en place, susceptible de basculer « en bloc »;
- situation géographique dans la « banane bleue » de l'Europe (proximité des marchés et des services);
- demande sociale en gestion du territoire et surtout de limitation des risques de pollutions, à proximité de l'agglomération parisienne.

Dans un premier temps, à court terme, les principales hypothèses exogènes portent sur :

- une offre technologique permettant des gains de productivité économique pour l'exploitant.

Nous avons retenu dans un premier temps la gestion automatisée des troupeaux laitiers : traite, mais aussi soins aux animaux, entretiens des bâtiments... ;

- une modification de la gestion des quotas laitiers : dans le scénario, la libéralisation des quotas permet leur circulation entre régions.

La rencontre de ces conditions permet d'envisager l'apparition et le développement d'ateliers laitiers de grande taille (120 vaches laitières, rustiques et adaptatives aux machines), gérés par un seul exploitant. Dans un premier temps, ce développement est limité et concerne un noyau de producteurs recherchant une diversification économique par rapport aux grandes cultures et insérés dans une filière de dimension moyenne. En matière de gestion de l'espace, l'adoption d'un tel mode de production induit un changement relativement secondaire, dans le sens où il repose essentiellement sur des céréales et sur des prairies retournées.

À la suite de cette première étape, un second jeu d'hypothèses exogènes à plus long terme a été développé. Il porte essentiellement sur une baisse importante des coûts de production des céréales dans le monde. Cette baisse entraîne une faillite du système agricole dominant dans la Marne et, par voie de conséquence, un processus d'abandon d'une partie importante des terres et de recul de la main-d'œuvre agricole. Consécutivement, on adopte des hypothèses de développement de la filière ligno-cellulosique (taillis courte révolution) et la mise au point d'une filière d'alimentation des herbivores à partir des feuilles d'arbre (automatisation dans la récolte des feuilles notamment). Enfin, nous avons fait l'hypothèse que la filière laitière marnaise pouvait se positionner par rapport à ses concurrents du grand Ouest et que le poids des acteurs locaux permettrait l'obtention de crédits.

Ce second jeu d'hypothèses, appliqué à l'image obtenue précédemment, conduit à un système agricole où l'élevage laitier robotisé est associé à une valorisation énergétique et fourragère des boisements à cycles rapides. Par ailleurs, les bovins sont nourris par des sous-produits de céréales importées. L'utilisation de l'espace est radicalement modifiée dans ce scénario : les grandes cultures sont remplacées par des ligneux intensifiés et gérés par

des engins autonomes. Dans des espaces résiduels peuvent se développer des activités liées au tourisme et aux loisirs (golfs...).

Les enseignements de ce scénario de rupture ne sont pas factuels, ils portent plutôt sur la cognition des relations technologie et système agraire. Nous rappelons les principales, en guise de synthèse récapitulative :

- on retrouve la rencontre de conditions endogènes et exogènes nécessaire à la réalisation d'un scénario de développement technologique. Notamment, le rôle des acteurs locaux et l'exigence d'un environnement technologique et humain à l'échelle régionale doit être souligné ;
- les technologies envisagées sont de nature à susciter d'elles-mêmes la rupture dans le sens où elles portent sur des fonctions productives permettant des gains de productivité et une maîtrise accrue de l'espace par unité de travail. Cette hypothèse peut-être considérée comme un invariant sur le long terme ;
- les technologies se présentent par ailleurs par « paquets » : l'introduction du taillis courte révolution modifie le système fourrager ;
- la séquence des événements est importante dans l'obtention de l'image finale. Ici, le développement laitier doit précéder la crise céréalière et la relève ligno-cellulosique pour apporter les « germes » nécessaires au développement du système agraire final ;
- enfin, un tel scénario permet de relativiser l'image de stabilité des systèmes agraires que l'on adopte naturellement. Les hypothèses retenues dans les scénarios ne semblent pas irréalistes et incitent en tout état de cause à la réflexion.

Conclusion

Conformément à la conception et au déroulement de l'exercice prospectif réalisé, les résultats évoqués ci-dessus constituent un premier éclairage des difficultés, des concepts et des enjeux à prendre en compte dans la problématique qui nous concerne.

■ *Les difficultés de la prospective à l'interface technologie et gestion de l'espace*

L'approfondissement d'une telle démarche doit tenir compte de difficultés d'ordres différents, qui sont apparues lors des exercices.

Des objets complexes et dynamiques

La première difficulté concerne la complexité des objets appréhendés. Nous avons identifié la multiplicité des déterminants en jeu dans la réalisation d'un scénario prospectif, même réalisé dans un laps de temps relativement réduit. Cette complexité se traduit par la dynamique propre des éléments en jeu dans le système « socio-technico-territorial » (!) et par celle des relations entre éléments. Les phénomènes de convergence, de régulation ont pu être identifiés dans les exercices. Il n'en demeure pas moins que leur traitement soulève des difficultés conceptuelles et de gestion de la combinatoire des relations. Ces difficultés ne sont sans doute pas insurmontables et elles sont communes à toute approche de système complexe ; mais elles supposent un temps de « maturation » des modèles utilisés, de collecte des données analytiques nécessaires et de discussion et validation des hypothèses qui doit être souligné.

Franchir des frontières disciplinaires et culturelles

La seconde difficulté se rapporte aux ponts qu'il s'agit d'établir entre les différentes disciplines à mobiliser dans une approche prospective à l'interface technologie-système agraire. Le succès de réalisation d'un tel exercice suppose la rencontre entre des experts d'horizons différents : méthodologues de la prospective, spécialistes de technologies, agro-économistes, sociologues et politologues... Si la prospective telle que nous l'avons ébauchée est un lieu de confrontation des visions de chacun, elle suppose la définition d'un espace méthodologique commun, qui suppose notamment une certaine adaptation des concepts et des référents utilisés par chacune des disciplines. En faisant varier les invariants, en confrontant la validité des hypothèses au regard d'autres disciplines, en inversant les perspectives, la prospective suppose une synthèse entre un esprit d'aventure méthodologique et de rigueur.

Ces caractéristiques sont sans doute communes à de nombreuses démarches prospectives. Dans le sujet qui nous concerne, les difficultés de cet ordre sont sans doute accrues par le fait que l'on se situe dans un espace mal défini entre les sphères privées et publiques, avec les disciplines qui s'y rapportent. Ainsi, ceux qui développent les technologies s'insèrent somme toute dans une filière dans laquelle les acteurs économiques privés sont do-

minants. À l'opposé, les problématiques de gestion de l'espace sont actuellement du ressort de la gestion publique. Pour compliquer les choses, les déterminants des acteurs de la recherche sont autant d'ordre privé que public.

Des sujets « chauds »

L'exploration de futurs possibles dans l'objet qui nous concerne invite enfin à se positionner sur des thèmes à haute charge symbolique. La technologie concerne ainsi l'emploi (tantôt accusée de les détruire, tantôt condition favorable), les rapports de force sociaux et plus spécifiquement la nature de l'agriculture (agriculture familiale *versus* agriculture robotisée), la relation de l'homme à la nature et au progrès technique...

Il n'est pas aisé de se dégager de ces représentations chargées, qui conduisent notamment à l'élaboration d'images radicalisées, chargées idéologiquement. Il s'ensuit un risque de manichéisme dans les projections réalisées, risque auquel n'échappe sans doute pas complètement la démarche exposée ici.

Cette difficulté ne doit être ni négligée, ni exagérée. Elle suppose une animation et un encadrement visant à vider autant que possible les enjeux symboliques et idéologiques des participants à une démarche prospective.

■ *Les pistes de recherche ouvertes*

Nous avons identifié au cours de l'article certaines questions de recherche qui émergent du traitement des données. Elles portent ainsi :

– sur les conditions d'émergence de modes de gestion du milieu contrastés en fonction des évolutions technologiques ;

– sur la prise en compte des dynamiques d'acteurs en fonction des outils dont ils disposent pour intervenir sur le développement technologique, la qualité territoriale, les systèmes de production agricoles ;

– sur les relations de concurrence entre les régions et les modes de développement technologique ;

– etc.

Au-delà des thèmes de recherche précis, il nous semble important de revenir sur les conditions de réalisation de cette recherche :

– la prospective sur les territoires et la technologie suppose des phases de recherches thématiques, insistant sur l'analyse des séries longues et des mécanismes temporels en jeu.

L'atelier d'approche analytique des systèmes agraires a montré que ce travail indispensable était long et supposait sans doute des investigations supplémentaires. Dans le même ordre d'idée, un observatoire des progrès technologiques serait extrêmement utile ;

– à ces phases de recherche spécifiques à une discipline doivent correspondre des phases de confrontation entre experts d'origines différentes, selon les principes que nous avons évoqués plus haut. Les lieux de réalisation de rencontres prospectives alliant « technologues », sciences humaines et environnementales sont rares et gagneraient à être élargis ;

– enfin, la modélisation des relations technologies/systèmes agraires/territoires/politiques semble un domaine à explorer pour une meilleure compréhension des invariants de hiérarchie entre déterminants et des processus dynamiques en jeu. ■

Résumé

Le présent article part de l'intérêt dans l'analyse à long terme de la gestion du milieu les changements liés aux évolutions des technologies agricoles, et plus particulièrement ici des équipements et engins agricoles (automatisation et robotisation). Il repose sur le constat qu'une prospective intégrant des variables sociales, institutionnelles et économiques mais qui se fait par ailleurs à « l'évolution technologique constante » (voire inexistante) montre vite ses limites.

L'article s'appuie sur un exercice prospectif réalisé dans le cadre d'une formation à l'École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF) associant des experts du Cemagref. Il propose une réflexion en quatre étapes :

- poser la problématique d'une telle prospective en termes de contenu et d'enjeux méthodologiques et opérationnels ;
- concevoir et organiser l'exercice prospectif ;
- identifier les principaux résultats ;
- identifier les pistes et les conditions pour pousser plus loin une telle démarche, en fonction notamment des difficultés rencontrées.

L'exercice montre notamment la nécessité de franchir les frontières disciplinaires et culturelles dans une telle démarche. Il permet également de proposer des pistes de recherche et d'en cerner les conditions de réalisation.

Abstract

This paper takes as a basis that developments in agricultural technologies, in particular agricultural equipment and machinery (automation and robotisation), are important for the long term analysis of environmental management. It is based on the observation that projections developed from social, institutional and economic variables but which assume constant, or even non-existent, technological development are soon overtaken.

The paper draws on an exercise to develop a projection as part of training at the Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF - National Rural Engineering School for Water and Forests) together with experts from Cemagref. It suggests that four stages require special consideration:

- formulation of the scope of such an exercise in terms of content and methodological and operational considerations;
- design and organisation of the exercise ;
- identification of the main results ;
- identification of the direction and conditions for extending such an approach, in particular depending on difficulties encountered.

The exercise revealed in particular the need to cross disciplinary and cultural boundaries in such an approach. It also allowed the definition of research directions and the delimitation of conditions in which this research could be carried out.