

Des prairies pour améliorer la qualité de l'eau.

De deux décennies d'expériences territoriales

à la conception d'observatoires de pratiques

Marc Benoît

INRA, station SAD, 662, avenue Louis Buffet, F-88500 Mirecourt ; benoit@mirecourt.inra.fr

Résumé

L'activité agricole contribue à l'évolution de l'utilisation des territoires qui, eux-mêmes, sont à l'origine de toutes les ressources en eau. A la suite de deux décennies d'expériences visant à modifier les systèmes agraires pour protéger les ressources en eau, nous proposons une démarche de diagnostic de l'évolution de la place des prairies dans ces territoires, qui articule les dimensions spatiales et fonctionnelles de l'activité agricole et intègre plusieurs niveaux d'organisation. Basé sur la notion d'assolement, comme indicateur de l'organisation de l'espace agricole et comme révélateur des dynamiques prairiales, l'itinéraire méthodologique est illustré sur des exemples de la protection des eaux dans des openfields lorrains sur bassins d'alimentation en eau potable. La démarche vise à être reproductible dans d'autres situations et appropriable par les divers gestionnaires de ces territoires d'openfields. D'autre part, la mise en observation des pratiques, et pour nous ici le choix de conduire des prairies, est l'enjeu central permettant d'instruire pour les décideurs publics l'intérêt des prairies. Il nous semble, au sein du projet ANR-ADD Copt (Conception d'Observatoires de Pratiques Territorialisées), que la dynamique actuelle dont jouissent ces observatoires est révélatrice d'enjeux importants pour le "monde de la prairie" : où, pourquoi et quels effets... des dynamiques prairiales ?

Introduction

L'utilisation du territoire est devenue un enjeu pour la société et les relations avec l'agriculture posent des questions de plus en plus complexes. En effet, dans la plupart des situations étudiées par la recherche agronomique durant ces quarante dernières années, la production a été la question centrale de l'évolution des agricultures (BOULAIN, 1992 ; 1998). Depuis quelques années, l'attention est portée sur les nouvelles fonctions de l'agriculture et des espaces ruraux (ALLAIRE *et al.*, 1996). La question du renouvellement des ressources naturelles présentes sur le territoire agricole devient prédominante et demande des références élargies (LEIGH & JOHNSTON, 1994). Les prairies occupent une place de choix dans ce questionnement (OWENS *et al.*, 1994 ; OENEMA *et al.*, 1998).

Or les agriculteurs, dont bien sûr les éleveurs, par les ajustements permanents de leurs pratiques productives, construisent cette utilisation du territoire agricole (MANNION, 1995). L'impact des activités agricoles sur le territoire est même un critère de définition des systèmes agraires dans une perspective historique (GRIGG, 1974). L'évolution de l'utilisation des territoires agricoles et la part respective des surfaces labourées ou prairiales dépendent des acteurs en présence et de leurs choix d'activités. La gestion de ces territoires agricoles est donc un enjeu qui nécessite la prise en compte de la diversité des activités, et la maîtrise des processus de lixiviation et ruissellement en cause dans le renouvellement des ressources.

La notion d'assolement est utilisée comme indicateur de l'organisation de l'espace agricole et comme révélateur des dynamiques du territoire. La démarche exposée sur une situation de territoires d'openfields en Lorraine, où l'agriculture est confrontée au problème de la protection de la qualité des

eaux souterraines, est issue d'une première expérience menée sur le périmètre de protection des eaux de Vittel (DEFFONTAINES *et al.*, 1993).

Après l'exposé de ces études de cas, une démarche de diagnostic des relations prairies – environnement, est proposée en se centrant sur l'assolement, puis la conclusion insistera sur la nécessité de structurer notre capacité à connaître les territoires français *via* l'organisation d'observatoires de pratiques territorialisées.

1. Position du problème, entre agronomie et géographie

Nous centrons nos recherches sur les relations entre l'organisation des activités agricoles et les évolutions de ressources en eau autour d'un concept central : **l'assolement, vu comme un indicateur de l'organisation de l'espace agricole et comme un révélateur des dynamiques territoriales**. Les prairies apparaissent comme une composante centrale de cet assolement, car elles sont souvent pérennes, contraignant ainsi les cultures sur un territoire "laissé ouvert", et car elles ont des effets très positifs sur la ressource en eau... sous condition de ne pas les transformer en quasi "parkings à animaux" ou "surfaces d'épandages massifs de déjections animales" (BENOÎT & SIMON, 2004).

Notre proposition s'inscrit dans l'axe des **recherches - systèmes en agriculture** (SÉBILLOTTE, 1996) qui repose sur trois principes méthodologiques : (i) partir de situations observées par enquête en exploitations agricoles, (ii) construire des modèles à partir d'études de cas, en utilisant les typologies d'exploitations comme moyen de prise en compte de la diversité, et (iii) élaborer, en partenariat avec les acteurs concernés, des outils de compréhension et d'aide à la gestion des phénomènes spatiaux (CHRISTOPHE *et al.*, 1996). Cette proposition est proche d'une approche agronomique anglo-saxonne et de travaux de géographes français.

Les approches anglo-saxonnes se sont développées dans deux directions très différentes : l'une a étudié les acteurs en situation et les groupes locaux d'action se fondant sur l'hypothèse que les éléments de réponse doivent être trouvés au niveau où se posent les questions, c'est-à-dire souvent à un niveau local ; l'autre a proposé des modélisations de l'évolution de l'utilisation du territoire par des statistiques englobantes. La maîtrise de l'utilisation du territoire se fait à un niveau intermédiaire entre les actes techniques des agriculteurs sur les parcelles et les régulations macro-économiques. Une école de recherche basée sur des modélisations multi-échelles (parcelles, exploitations, facettes paysagères, filières) de l'utilisation du territoire aborde cette question (VELDKAMP & FRESCO, 1997 ; de KONING *et al.*, 1999). Certains modèles tentent de rendre compte de l'organisation territoriale de cette utilisation du territoire (VERBURG *et al.*, 1999). Ces travaux se sont multipliés depuis la prise en compte d'enjeux environnementaux par l'agriculture, lors de recherches visant à établir les bases de la durabilité de l'agriculture (ZANDER & KACHELE, 1999). D'autre part, le développement de recherches sur l'agriculture de précision prennent en compte l'organisation des assolements dans la mise en œuvre de ces nouvelles techniques et leurs effets sur le paysage (GERBER *et al.*, 1998).

Ces travaux d'agronomes pointent la nécessité de rendre compte de l'inscription spatiale de ces activités. Or, la façon dont les agriculteurs mettent en œuvre leurs productions se marque dans le territoire par la répartition des cultures. L'étude de cette organisation spatiale des systèmes de culture est l'une des tâches de l'agronome définie par M. SEBILLOTTE (1974). Elargie à l'ensemble des productions végétales, y compris les cultures pérennes, la notion d'assolement en tant que répartition spatiale des cultures a du sens par rapport au fonctionnement des exploitations agricoles, mais aussi à l'interaction entre les activités agricoles et les autres activités du territoire. De plus, la répartition des cultures concerne différents acteurs : l'agriculteur met en valeur l'espace ; le propriétaire définit les conditions d'utilisation de son patrimoine ; les prescripteurs imposent des contraintes d'application des techniques ; la société locale fait pression pour satisfaire un intérêt collectif. Cette attention aux enjeux territoriaux de l'activité agricole sensibilise plus encore que par le passé les agronomes aux concepts et démarches de géographes (BENOÎT & PAPY, 1997).

L'approche géographique de l'environnement est à la fois naturaliste et sociale, c'est-à-dire qu'elle s'intéresse aux rapports entre nature et société. Le titre de l'ouvrage dirigé par Y. VEYRET en 1998, *L'érosion entre nature et société*, est significatif de ces nouvelles approches à l'interface de la géographie physique et de la géographie humaine. Ces problématiques environnementales ont donc l'intérêt de rompre avec le dualisme de la géographie : l'ensemble des questions et des méthodes

qu'elles induisent articulent les approches naturelles et sociales et sont susceptibles de créer de nouveaux objets de recherche (BRIGGS & COURTNEY, 1989 ; LAMBIN *et al.*, 2003).

Ces nouvelles perspectives expliquent les multiples contacts que les géographes entretiennent désormais avec des chercheurs d'autres disciplines, puisqu'il s'agit pour les problématiques environnementales d'intégrer les diverses dynamiques dans des relations systémiques. Réintégrer les prairies dans le champ de la géographie reste un enjeu pour permettre aux agronomes de partager leurs questions avec cette discipline sœur (HUSSON & BENOÎT, 2004).

La démarche proposée ici s'inscrit dans un courant géographique qui se situe à l'interface de la géographie humaine et de la géographie physique, et examine les interrelations entre l'homme et l'environnement. **Ici, une seule des ressources environnementales, l'eau, est étudiée** dans ses interrelations avec les prairies organisées par l'homme. Il s'agit donc de développer des approches systémiques qui mettent en valeur les **interrelations homme-hydrosystème**, et ainsi reconstruire la géographie physique et en faire un outil adapté aux questions posées par une géographie sociale.

L'assolement permet aux agronomes de se positionner à partir d'un regard anthropique à l'origine de phénomènes qui influenceront ensuite les systèmes vivants et les hydrosystèmes qu'ils modifient.

2. L'assolement comme indicateur de l'utilisation du territoire et de son évolution

Nous formalisons l'assolement, répartition des prairies et cultures dans l'espace, comme une organisation de l'utilisation du territoire. C'est ainsi un bon indicateur du fonctionnement des exploitations agricoles ; il a pour intérêt d'intégrer la dimension spatiale, importante dans les questions de maîtrise des processus naturels, et d'organisation de la production agricole (BENOÎT, 1985). Il rend compte de la double signification du terme organisation, dans son acception active de mise en œuvre des activités et dans sa résultante, la répartition spatiale des couverts végétaux, prairiaux et assolés. Il présente un point de vue riche sur l'utilisation du territoire, car il ne s'enferme pas dans la seule vision agricole, mais **a du sens pour les autres acteurs de l'espace rural**. De plus, c'est **un révélateur des dynamiques à l'œuvre** ; il fournit des éléments concrets de comparaison pour cerner les évolutions du territoire. C'est pourquoi l'assolement est une entrée pertinente pour rendre compte des utilisations du territoire, au niveau des exploitations agricoles et des localités.

– L'utilisation du territoire se fait au travers d'actes techniques

Les activités étudiées sont les activités agricoles, tant de culture que d'élevage, dans leur dimension productive, mais aussi d'entretien du milieu. Les agronomes ont proposé différentes notions pour rendre compte de la façon dont les actes techniques organisent le territoire. Le fait technique (GRAS *et al.*, 1989), "*considéré comme une charnière entre le milieu physique et le milieu socio-économique, prend en compte à la fois les effets des interventions techniques et les conditions de leurs choix effectifs au niveau de l'exploitation*". Il est ainsi central entre des actions d'agriculteurs et des états de l'espace.

– L'utilisation du territoire résulte du fonctionnement d'un système

L'assolement, caractérisé non seulement par la distribution des types de culture, mais aussi par leur arrangement dans l'espace, est un bon révélateur des modes de fonctionnement agricoles.

Le fonctionnement des exploitations agricoles imprime une marque spatiale dans le territoire (BENOÎT, 1990). Ainsi, la production laitière bovine nécessite une répartition des pâturages de vaches laitières à proximité du siège de l'exploitation, à moins que l'on ne passe à la traite au parc, qui se marque par des blocs de pâtures plus éloignés, ou que l'on pratique l'affouragement en vert, à partir de parcelles cultivées. Nous avons montré que non seulement la répartition des cultures était un indicateur du fonctionnement des exploitations, mais que les caractéristiques spatiales des parcelles étaient diversement mobilisées pour permettre telle ou telle production (BENOÎT, 1985). Le territoire agricole est composé de parcelles aux caractéristiques multiples que l'on peut évaluer de l'extérieur et qui sont également l'objet de perceptions et de représentations culturelles et affectives des utilisateurs (MORLON & BENOÎT, 1990) : milieu naturel (sol, topographie, climat...), superficie et forme, distance et facilité d'accès depuis les bâtiments d'habitation et d'exploitation, appropriation et

contraintes sociales à respecter, d'ordre contractuel, collectif, légal ou réglementaire. Les arrangements entre parcelles rendent compte de l'intégration de ces différents critères pour la mise en œuvre des activités. Les règles issues d'enquêtes en exploitations permettent de décrire ces situations et de les représenter spatialement (LE BER & BENOÎT, 1998).

– L'utilisation du territoire interfère avec les processus naturels

Si les parcelles agricoles sont appropriées par différents acteurs et entrent dans des logiques de fonctionnement humain, elles sont aussi localisées dans un milieu et subissent et créent des processus "naturels". Ainsi, une même parcelle, avec les mêmes potentialités agronomiques, pourra prendre une valeur totalement différente dans une gestion agricole, selon qu'elle est ou non soumise à une forte influence de processus biophysiques (alimentation d'une nappe souterraine, pente soumise à l'érosion...). Par exemple, les phénomènes d'érosion ou de ruissellement s'appliquent le long de ravines et entraînent une dépréciation du terrain. La localisation précise de prairies peut considérablement diminuer les risques érosifs (MARTIN *et al.*, 1998). Pour rendre compte de ces discontinuités dans l'espace, il faut se donner les moyens d'analyser l'espace dans sa dimension continue (BENOÎT *et al.*, 1997). C'est le cas dans tous les problèmes d'environnement.

– L'utilisation du territoire nécessite des arbitrages entre individuel et collectif

Les parcelles agricoles appartiennent à des exploitations et doivent donc répondre, dans leur utilisation, à la logique de fonctionnement des unités de production individuelles, mais elles sont aussi incluses dans des logiques collectives, au niveau des villages par exemple. Ainsi, en Lorraine, la fin des organisations collectives (assolements collectifs obligatoires, vaines pâtures) a permis une augmentation considérable des surfaces en prairies en permettant un développement individuel des élevages (de 5% de la surface en 1904, d'après la description de LAFITE dans son *Agriculture des Vosges*, à 63% en 1979). Cela a conduit à une organisation en sole (surface d'une culture), alors qu'une organisation concentrique rend mieux compte par exemple des contraintes de travail liées à la distance, lequel organise sur un modèle de type Von Thünen les activités en cercles concentriques selon un ratio production escomptée / coût d'accès (BENOÎT, 1990).

– L'utilisation du territoire évolue dans le temps

Les caractéristiques spatiales sont perçues en termes de contraintes ou d'atouts, qui se modifient dans le temps en fonction des objectifs de production, des techniques d'aménagement (drainage, irrigation, bocages, remembrement...), des moyens physiques et humains de travail sur les parcelles et de transport, des règles de conduites liées à la protection de l'environnement physique (bassin d'alimentation en eau potable à protéger, cultures en courbes de niveau pour freiner l'érosion), des rapports de prix, des réseaux de commercialisation, des mesures réglementaires, des relations entre groupes sociaux... L'analyse de l'évolution des assolements révèle ces changements.

– L'utilisation du territoire met en jeu plusieurs niveaux d'organisation

L'utilisation du territoire doit être considérée à différents niveaux d'organisation, combinaison d'échelles de temps et d'espace (THENAIL, 1996). C'est l'échelle de la campagne annuelle qui détermine la localisation de certaines cultures, mais c'est la stratégie à plus long terme qui commande les mises en place d'aménagements et la différenciation des blocs prairies-terres de culture. Ce n'est pas seulement l'échelle du territoire de l'exploitation mais aussi celle du finage villageois, ensemble des surfaces gérées par les membres d'un même village et de la petite région, qu'il faut considérer pour tenir compte des effets d'appropriation foncière et d'appartenance à un groupe local.

3. La protection des ressources en eau et les prairies

3.1. La question de la protection des ressources en eau

Les ressources en eau s'élaborent dans les bassins d'alimentation. Elles sont régies par les gestionnaires de l'eau (maires pour les régies communales, présidents des syndicats intercommunaux) et les gestionnaires du territoire des bassins d'alimentation (agriculteurs, forestiers,

résidents) (SALOU, 1992). **Chaque parcelle culturale** sur laquelle un système de culture est mis en œuvre **participe à deux entités spatiales : un bassin d'alimentation et une exploitation agricole**. On peut avoir deux lectures des territoires de l'eau. D'une part, la reconnaissance des occupations du sol d'un bassin d'alimentation permet d'identifier le risque qu'elles font courir à la qualité de l'eau selon la conduite agronomique des couverts végétaux. Cette lecture est utile pour établir un diagnostic préalable à toute action préventive (BENOÎT, 1992 ; BENOÎT *et al.*, 1995). L'assolement est alors l'indicateur de risque. D'autre part, ces occupations du sol se décident et sont arbitrées en interaction au sein d'une même entité décisionnelle, l'exploitation agricole (BENOÎT *et al.*, 2006)...

3.2. Un modèle empirique d'explication des évolutions des qualités des eaux

– Principe de la modélisation des qualités d'eau

La variable à expliquer est ici la qualité des eaux. Celle-ci résulte du fonctionnement hydrique d'un bassin d'alimentation et des activités qu'il supporte. L'hypothèse formulée alors est la suivante : **la qualité ([NO₃]) de l'eau issue d'un bassin d'alimentation est la moyenne, pondérée par leur surface, des qualités de l'eau provenant des diverses occupations du sol couvrant le bassin**. La teneur en nitrates ([NO₃]) ainsi calculée pour chaque source s'exprime selon la formule suivante :

$$[\text{NO}_3^-]_{\text{simulée}} = \frac{\sum (\text{S}_i \times [\text{NO}_3^-]_i)}{\sum \text{S}_i}$$

avec : S_i : Surface de l'occupation du sol i

[NO₃]_i : teneur moyenne de l'eau drainée par type d'occupation du sol i

Les effets du climat, ceux des pratiques agricoles et les types de sols sont intégrés dans la valeur prise par la teneur en nitrates de l'eau sous les diverses occupations du sol. Le changement de l'assolement du bassin est mesuré à travers la valeur des surfaces des diverses occupations du sol.

Les différents types d'occupation des sols agricoles, ainsi que les teneurs moyennes en nitrates en fonction de la nature du couvert végétal, apparaissent comme les variables majeures dans l'explication de la qualité des eaux souterraines. Il apparaît donc important de développer des méthodes permettant de suivre au mieux ces surfaces et de modéliser les causes de ces changements. L'objectif a été, et demeure, de restaurer la qualité des eaux en modifiant les assolements sur les bassins d'alimentation concernés.

– Les outils de ce modèle empirique

Deux paramètres principaux expliquent donc la qualité des eaux en région d'openfields : l'assolement et la qualité des eaux par sole.

La mesure de la surface des cultures, prairies permanentes et forêts, est réalisée soit par observation directe, soit par enquêtes auprès des agriculteurs exploitant le bassin concerné, soit en utilisant les bases statistiques de TerrUti (enquête menée chaque année sur un échantillon représentatif des principaux couverts végétaux français depuis 1982).

La mesure par observation s'effectue par des suivis de terrain au cours desquels sont notés, par observation visuelle directe, début juin, les couverts végétaux de la campagne agricole. Cette méthode nécessite de l'ordre de deux journées de terrain par millier d'hectares à cartographier. L'enquête agricole consiste à interroger les agriculteurs sur l'utilisation de leurs parcelles à partir d'une photographie aérienne où ils dessinent leur parcellaire et décrivent ensuite l'utilisation successive des parcelles (HEYDEL *et al.*, 1996). La digitalisation de ces données sous un Système d'Information Géographique permet d'obtenir des états et des évolutions de l'utilisation du territoire.

Ces démarches sont ensuite étendues à des échelles microrégionales, celles des **petites régions agricoles**. Ainsi, à ce niveau, l'évolution d'assolements au cours du temps est traduit par l'ensemble des successions culturales. Les données initiales proviennent des enquêtes annuelles TerrUti que nous traitons à l'aide de Chaînes de Markov (procédure statistique permettant de rendre compte des relations statistiques existant entre deux entités se suivant dans le temps) (MIGNOLET *et al.*, 2004).

Le deuxième paramètre à instruire est **la qualité de l'eau par système de culture**, assolé ou prairial. Pour ce faire, nous avons opté pour un **suivi continu des pertes nitriques à l'échelle d'un échantillon de parcelles d'agriculteurs** (BENOÎT *et al.*, 1995).

Depuis 1989, 52 parcelles sont suivies en continu dans diverses situations lorraines. Outre l'observation continue des systèmes de culture (assolements et itinéraires techniques), les pertes nitriques sont mesurées par l'implantation de **sites à bougies poreuses**. Ces suivis sont réalisés grâce à la collaboration d'agriculteurs lorrains, offrant ainsi la possibilité d'une observation *in situ* des pratiques agricoles et de leurs effets sur la qualité de l'eau.

Et après un ensemble important de mesures, **les prairies ont montré leur capacité à protéger les ressources en eau**, comme l'illustrent les figures 1 et 2 dans le cas de prairies de fauche et de pâturages issues de la littérature européenne (BENOÎT & SIMON, 2004).

FIGURE 1 – Influence de la fertilisation sur les lixiviations nitriques sous prairies de fauche (expérimentations en Europe atlantique avec sols de bonnes potentialités – synthèse de données bibliographiques).

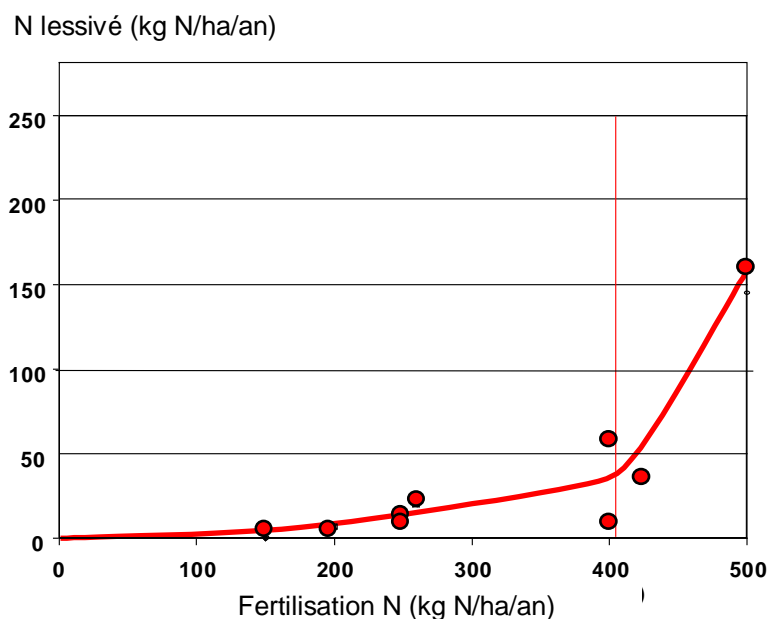
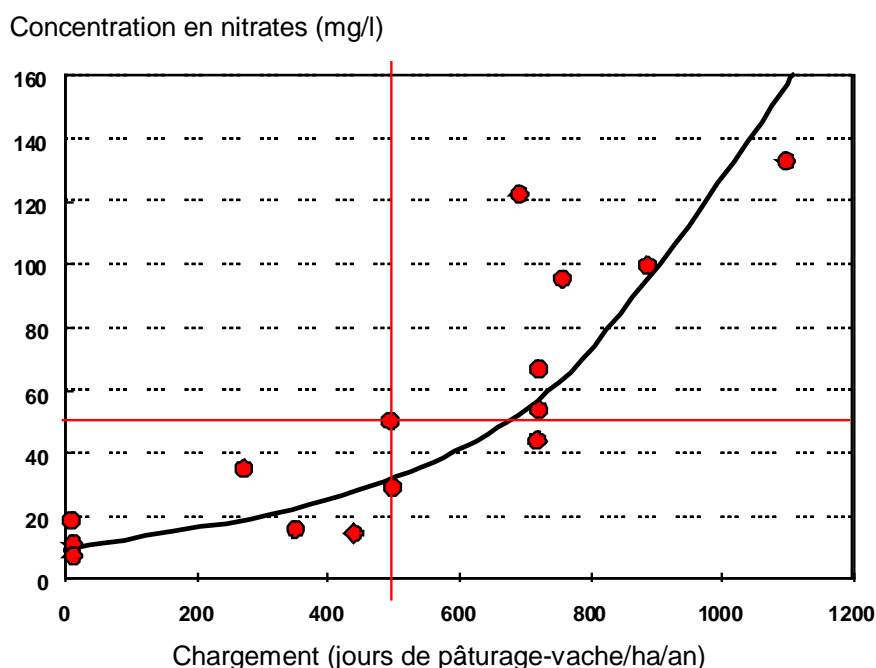


FIGURE 2 – Concentration en nitrates de l'eau lixiviée sous pâturage en fonction du chargement (synthèse bibliographique de données expérimentales).



D'autre part, pour la protection des sols contre l'érosion, les conclusions positives concernant les prairies vont dans le même sens, tel que l'illustrent les résultats de CHISCI et ZANCHI (1981), tableau 1.

TABLEAU 1 – Flux de ruissellement et pertes en terre sur des sols limono-argileux à Vicarello, en fonction des systèmes de culture et travaux du sol (CHISCI et ZANCI, 1981).

	Pluies non drainées (mm)	Pertes en sol total (t/ha)	Ruissellement (mm)	Pertes en sol par ruissellement (t/ha)
Labour	25,8	4,05	17,9	3,72
Techniques culturales simplifiées	41,1	1,61	26,9	1,52
Prairies	21,1	0,18	15,9	0,15

SOUCHÈRE *et al.* (2003) montrent qu'une très petite surface de prairie, 1% de la SAU, implantée judicieusement au sein d'un bassin versant, peut réduire considérablement (de l'ordre de 45%) les pertes en terre issues de ce bassin.

De plus, si nous envisageons le critère "résidus phytosanitaires" dans les ressources en eau, les surfaces prairiales, très peu traitées par les agriculteurs, se révèlent très protectrices. Ce point a été développé dans la récente expertise collective INRA-Cemagref *Réduire l'usage des pesticides et réduire leurs impacts* (LUCAS *et al.*, 2005).

Ainsi, toute réduction ou augmentation des surfaces prairiales dans les bassins d'alimentation aura des conséquences directes sur les ressources concernées.

4. Proposition d'un itinéraire méthodologique : vers une mise en observation des dynamiques prairiales

L'assolement est considéré comme un produit du fonctionnement des activités agricoles en paysages d'openfields et comme un facteur de leurs transformations. Sa représentation est aussi un moyen de communication et de négociation entre acteurs. C'est la clé de la réussite d'observatoires dont l'enjeu est de créer des informations ayant du sens pour des acteurs très divers ayant à œuvrer ensemble. Le projet ANR-ADD Copt (Conception d'Observatoires de Pratiques Territorialisées) interroge cette dynamique.

Nous proposons cinq étapes dans l'itinéraire méthodologique de conception d'observatoires permettant un partage d'informations dans une dynamique de développement durable.

- Etape 1 : Identifier les niveaux d'organisation et les acteurs concernés par les dynamiques prairiales

Le choix des niveaux d'organisation à considérer est déterminant (MUXART *et al.*, 1992). Ils constituent le référentiel que l'on se donne pour la modélisation, c'est-à-dire à la fois le cadre du système étudié, mais aussi l'unité d'observation.

Certaines entités spatiales sont facilement identifiées, ce sont les unités élémentaires d'observation et l'ensemble de la zone d'étude et, dans notre cas, le bassin d'alimentation considéré. Elles constituent bien souvent les données de départ. Dans les deux cas étudiés, ce sont les parcelles qui sont les unités élémentaires retenues, considérées comme stables sur un pas de temps de quelques années. Pour ce qui est de la question de la préservation de la qualité des ressources en eau, c'est le bassin d'alimentation de chaque ressource en eau. Le processus visé, la préservation des ressources en eau, construit le niveau englobant de notre approche (CANTER, 1997). La période de référence est de l'ordre de la décennie car il faut considérer l'histoire de la construction de ces zones comme entités de décision et d'action.

Mais quels sont les niveaux intermédiaires qui ont du sens par rapport aux questions posées ? Pour expliquer la façon dont les agriculteurs peuvent gérer le territoire par leurs activités, il est nécessaire de considérer les exploitations agricoles dans leur fonctionnement technique (OSTY, 1994, 1996). En effet, pour mener à bien l'analyse, il faut se placer au niveau où on peut agir et avoir une certaine connaissance des logiques de fonctionnement.

– Etape 2 : Formaliser des indicateurs spatiaux des dynamiques prairiales

Les assolements constituent des indicateurs spatiaux de fonctionnement que nous avons retenus. Ainsi, il s'agit de construire, à partir de la connaissance que l'on a des fonctionnements et des mécanismes, des indicateurs spatiaux qui soient repérables avec les outils d'observation, par exemple, la télédétection (GIRARD *et al.*, 1990).

En Lorraine, l'évaluation des surfaces de cultures, prairies permanentes et forêts s'est faite en combinant quatre méthodes (GAURY, 1992) qui sont : (i) l'interview directe de tous les agriculteurs intervenant sur le périmètre du bassin versant pour connaître la structure de leurs exploitations, (ii) la photo-interprétation pour extrapoler, à partir d'occupations du sol connues, les règles de reconnaissance des couverts par la couleur, la texture et les ombrages de la photographie, (iii) les observations de terrain par notation visuelle, début juin, des couverts végétaux de la campagne agricole et enfin (iv) le traitement d'images satellitaires (GIRARD & BENOÎT, 1990). La numérisation de ces données dans un Système d'Information Géographique permet de représenter les états et les évolutions de l'utilisation du territoire (BENOÎT *et al.*, 1997).

– Etape 3 : Mettre en correspondance mode de fonctionnement et structure spatiale

Il s'agit maintenant de construire un modèle qui assure la correspondance entre le mode de fonctionnement de l'exploitation agricole, qui détermine la logique d'organisation des assolements, et la structure spatiale qui en résulte, représentée par l'assolement observé. Il nous faut aussi valider la relation inverse : l'assolement, indicateur spatial mesurable par différentes techniques d'observation, doit être également révélateur de la façon dont les exploitants organisent leur espace, pour être discriminant des différents types d'exploitations.

Dans les deux cas étudiés en Lorraine et en Champagne, le modèle construit est relativement simple car il ne différencie pas les exploitations. La qualité de l'eau issue d'un bassin d'alimentation est la moyenne, pondérée par la surface, des qualités des eaux issues des diverses occupations du sol présentes dans le bassin. La qualité de l'eau issue des divers couverts végétaux est évaluée par deux méthodes : la comparaison des profils azotés à l'entrée et à la sortie de l'hiver, mesurés sur un échantillon de parcelles de types de sol et successions culturales connus, et le suivi de la solution du sol par bougies poreuses sur des sites permanents (BALLIF & MULLER, 1990). A partir du référentiel parcellaire précédemment établi qui fournit un taux de nitrates pour chaque occupation du sol, et connaissant de manière exhaustive l'utilisation du territoire une année donnée, il est possible de simuler, à partir du modèle, les teneurs en nitrates et de les comparer aux valeurs mesurées. C'est ce qui a été fait pour un bassin versant de 984 ha, de 1975 à 1991 : les écarts entre teneurs simulées et teneurs mesurées sont toujours inférieures à 4 mg/l de $[\text{NO}_3^-]$ (DEFFONTAINES *et al.*, 1993). On peut dire que ce modèle, simple, est suffisant pour rendre compte des risques de pollution dans le périmètre de protection (MARY *et al.*, 1997).

– Etape 4 : Etendre spatialement cette relation aux territoires où se construisent les enjeux

Cette étape justifie le choix d'une approche spatiale des phénomènes, car l'espace est un puissant outil de généralisation, par extrapolation des connaissances ponctuelles, à l'intérieur du domaine de validité de la relation structure-fonctionnement.

En Lorraine, les travaux existant depuis de nombreuses années ont permis d'accumuler une connaissance appréciable de la zone et de la confronter à des connaissances d'experts régionaux. On peut ainsi connaître assez bien les limites à respecter. Cela ne veut pas dire que l'espace est homogène, mais que l'interprétation des indicateurs spatiaux retenus reste stable dans le temps et l'espace considérés (MIGNOLET *et al.*, 1997, 1998).

Ainsi, plus l'étape 2 de formalisation des indicateurs spatiaux de fonctionnement aura été approfondie et les techniques de mesures testées pour bien rendre compte du phénomène étudié, plus l'extrapolation spatiale des relations "assolements - qualités des eaux" sera pertinente.

– Etape 5 : Interpréter aux différents niveaux d'organisation

La dernière phase consiste à reconstruire un diagnostic global, à partir des différentes pièces du puzzle constitué. Car il faut non seulement donner du sens aux résultats obtenus à chacun des niveaux, mais également les mettre en perspective dans leurs différentes dimensions et dans leurs différents niveaux.

En Lorraine, nous avons établi une relation directe entre la parcelle et le bassin d'alimentation, pour l'évaluation du risque de pollution. Le diagnostic s'appuie donc sur les évaluations faites. Le niveau des exploitations agricoles n'intervient que dans la mesure où l'on veut rechercher les exploitations impliquées dans ce risque, ce que l'on fait par le calcul du taux de concernement¹ (BENOÎT & PAPY, 1997). Pour la protection des ressources en eaux, les modalités techniques et organisationnelles des changements de systèmes de culture font intervenir de nouveaux niveaux d'organisation, tels que les groupes d'agriculteurs voisins ou les CUMA d'organisation du travail ainsi que le montrent certaines opérations Ferti-Mieux (DOCKÈS, KÜNG-BENOÎT, 1994).

Conclusion : d'observations sur la place de l'herbe à des observatoires de dynamiques agricoles

La modélisation des relations entre les systèmes techniques et le territoire doit produire des indicateurs spatiaux de fonctionnement, compréhensibles par les acteurs concernés par la gestion des territoires (DEFFONTAINES *et al.*, 2000). L'assolement est utilisé comme indicateur spatial de fonctionnement. Ce concept est opératoire pour les agronomes, car il est constitutif de leur discipline et central dans les enjeux du fonctionnement des exploitations agricoles dans leurs relations avec l'environnement. Il est intéressant pour les géographes, car il constitue un descripteur facilement identifiable dans le paysage agricole des territoires d'openfields. La place des prairies est interrogée sur ce sujet depuis plus d'une décennie (PFLIMLIN et MADELINE, 1995).

Cette proposition amène un renouvellement de la réflexion sur les systèmes de culture en agronomie, qui ont jusqu'alors porté leur attention surtout sur les aspects temporels et stratégiques. La prise en compte de la dimension spatiale et organisationnelle amène à interroger le modèle d'action des agriculteurs pour s'ajuster aux situations locales et aux événements conjoncturels. Elle permet en particulier d'améliorer la compréhension de la situation par les acteurs qui doivent résoudre le problème de la gestion des assolements (MAXIME *et al.*, 1995). Elle fournit également les ouvertures nécessaires sur l'environnement, qui déterminent la capacité des systèmes de production à s'adapter aux nouveaux contextes (OSTY *et al.*, 1998). Enfin, elle place délibérément l'objectif de la recherche dans le champ de l'action, en ne s'éloignant pas des objets concrets manipulés par les acteurs.

Dans le champ de la modélisation, notre proposition s'inscrit dans le courant de la méthode des modèles (LEGAY, 1986). Elle reprend les grandes étapes d'une démarche de modélisation proposée par LEGAY (1997) : analyse de situation, position du problème, choix d'un point de vue et expression des hypothèses, formalisation du modèle, paramétrage et confrontation des résultats aux données de l'expérience. Elle insiste sur l'organisation, comme propriété des systèmes complexes, au cœur de la modélisation systémique (LE MOIGNE, 1990). Enfin, du fait de son entrée spatiale, elle bénéficie des avancées récentes de la géographie qui s'occupe des lois d'organisation de l'espace et de la prospective des territoires (BRUNET, 1997). L'agronomie y trouve une possibilité de renouvellement (DEFFONTAINES, 1998 ; BENOÎT *et al.*, 1998) en s'alliant à des géographes dans ses chantiers de recherche. Les pratiques agricoles occupent une place centrale dans les questions posées par la durabilité de l'agriculture et sa contribution au développement durable, notamment du point de vue territorial. Pour des acteurs confrontés à un ou plusieurs enjeux sur un territoire, le partage d'information constitue d'une part un support aux négociations et aux coordinations et, d'autre part, un moyen d'évaluer et d'expliquer les impacts et les effets des actions engagées. L'aide à la décision publique et son évaluation passent donc par une meilleure mobilisation d'informations sur ces pratiques à travers des "observatoires", c'est-à-dire des systèmes de collecte et de traitement d'informations (techniques, environnementales, socio-économiques...), ciblés sur un ou plusieurs enjeux et destinés à servir l'action collective.

¹ Part de la surface des exploitations qui contribue au bassin d'alimentation considéré.

Pour tenter de répondre à ces questions, un projet de recherche (COPT, Conception d'observatoires de pratiques territorialisées) a été lancé en octobre 2005 dans le cadre du programme Agriculture et Développement Durable. Ce projet associe de nombreuses disciplines et plusieurs organismes de recherche et d'enseignement supérieur. Sa mise en œuvre repose sur un partenariat étroit avec un projet mené par les acteurs du développement agricole (OTPA, Observatoire territorial des pratiques agricoles et des systèmes de production).

Ainsi, insister sur les dispositifs permettant d'instruire les évolutions localisées des surfaces prairiales et de leurs conduites est l'étape de recherche que nous proposons de franchir *via* des observatoires de pratiques territorialisées. Les faits d'environnement ne pourront être compris puis gérés qu'à la condition de fournir aux décideurs des informations sur les dynamiques de ces pratiques. A l'avenir, les dynamiques prairiales seront au cœur des enjeux de la protection des ressources en eau.

Références bibliographiques

- Allaire G., Hubert B., Langlet A. (éds), 1996. Nouvelles fonctions de l'agriculture et de l'espace rural. Enjeux et défis identifiés par la recherche. Actes Colloque, Toulouse, 17-18 décembre 1996. Paris, INRA, 313 p.
- Ballif J.L. & Muller J.C., 1990. Les bougies poreuses et les lysimètres. *Perspectives Agricoles*, 144, 72-81.
- Benoît M., 1985. *La gestion territoriale des activités agricoles. L'exploitation et le village : deux échelles d'analyse en région d'élevage*. Thèse de Docteur-Ingénieur INA-PG « Sciences Agronomiques », 152 pages + annexes.
- Benoît M., 1990. La gestion territoriale de l'activité agricole dans un village lorrain. *Mappemonde*, 90/4, 15-17.
- Benoît M., 1992. Un indicateur des risques de pollution azotée nommé « BASCULE » (Balance Azotée Spatialisée des systèmes de CULTure de l'Exploitation). *Fourrages*, 129, 95-110.
- Benoît M., Saintôt D., Gaury F., 1995. Mesures en parcelles d'agriculteurs des pertes en nitrates. Variabilité sous divers systèmes de culture et modélisation de la qualité de l'eau d'un bassin d'alimentation. *C.R. Acad. Agric.*, 81(4), 175-188.
- Benoît M., Deffontaines J. P., Gras F., Bienaimé E., Riela-Cosserat R., 1997. Agriculture et qualité de l'eau. Une approche interdisciplinaire de la pollution par les nitrates d'un bassin d'alimentation. *Cahiers Agriculture* 1997, 6, 97-105.
- Benoît M. & Papy F., 1997. Pratiques agricoles et qualité de l'eau sur un territoire alimentant un captage. In : *L'eau dans l'agro-écosystème*, Riou C., Bonhomme R., Chassin P., Neveu A., Papy F. (eds), INRA Editions, 323-338.
- Benoît M., Deffontaines J. P., Hervé D., Lardon S., Le Ber F., Mullon C., Papy F., Souchère V., Thinon P., Treuil J. P., 1998. Coordonner des choix de cultures sous contraintes environnementales : des jeux de rôle aux modèles multi-agents. Colloque SMAGET Clermont-Ferrand, 5-8 octobre 1998. 10p.
- Benoît M., Simon J.C., 2004. Grassland and water resources : recent findings and challenges in Europe. Colloque de l'European Grassland Federation. Luzerne, (Suisse). 21-24 juin 2004.
- Boulaine J., 1992. Histoire de l'agronomie en France. Paris, Lavoisier Tec-Doc, 392 pages.
- Boulaine J., 1998. D'Olivier de Serres à René Dumont. Paris, Lavoisier Tec-Doc, 220 pages.
- Briggs D.J. & Courtney F., 1989. The Physical Geography of Temperate Agricultural Systems, *Agriculture and environment*, Longman, 442 pp.
- Brunet R., 1997. Champs et contrechamps. Raisons de géographe. Belin, Paris, 319p.
- Canter L. W., 1997. Nitrates in groundwater. Lewis publisher. 263 pages.
- Chisi G. and Zanchi C., 1981. The influence of different tillage systems and different crops on soil losses on hilly silty-clayed soil. In: Morgan R.P.C. (ed) *Soil conservation : problems and perspectives*, Chichester : Wiley, 211-217.
- Christophe C., Lardon S., Monestiez P. (éd.), 1996. *Etude des phénomènes spatiaux en agriculture*. INRA Editions, Paris, série colloque, 365p.
- Claude C., 2001. Dynamique des systèmes de culture dans le bassin de la Vesle : diagnostic et prospective. DEA de géographie Nancy II, INRA SAD Mirecourt. 40 p. + annexes.
- Deffontaines J. P., 1998. Les sentiers d'un géoagronome. Editions Arguments. 360p.
- Deffontaines J-P., Benoît M., Brossier J., Chia E., Gras F., Roux F., M. (Ed.), 1993. *Agriculture et qualité des eaux ; diagnostic et propositions pour un périmètre de protection*. INRA-SAD, 334 pages.
- De Koning G.H.J., Verburg Ph., Veldkamp A., Fresco L.O., 1999. Multiscale modelling of land use change dynamics in Ecuador. *Agricultural Systems*, Vol. 61, 77-93.

- Dockes A.C., Küng-Benoit A. (1994) : "Diagnostiquer les risques de pollution des eaux dans les exploitations d'élevage : la méthode Dexel", 140, 489-504.
- Gaury F., 1992. Systèmes de culture et teneurs en nitrates des eaux souterraines. Dynamique passée et actuelle en région de polyculture-élevage sur le périmètre d'un gîte hydrominéral. Thèse de Doctorat de l'ENSA de Rennes, soutenue le 22 juin 1992, 229 pages + annexes.
- Gerber J., Holloway L., Seymour S., Steven M., Watkins C., 1998. New technologies and old knowledges : the impact of « precision farming » on the management of the English countryside. In :N. Croix (Ed), *Environnement et nature dans les campagnes, Nouvelles politiques, nouvelles pratiques*, 187-204.
- Girard C-M. & Benoît M., 1990. Méthode de cartographie des prairies permanentes : application à la Lorraine sur les données SPOT. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 310 (Série III), 461-464.
- Girard C-M., Benoît M., De Vaubernier E., Curran P.J., 1990. SPOT HRV data to discriminate grassland quality. *International Journal of Remote Sensing*, 11 (12), 2253-2267.
- Gras R., Benoît M., Deffontaines J-P., Duru M., Lafarge M., Langlet A., Osty P-L., 1989. Le fait technique en agronomie. Activité agricole, concepts et méthodes d'étude. Coéd. INRA-L'Harmattan, 160 pages.
- Grigg D. B., 1974. The agricultural systems of the world. An evolutionary approach. Cambridge University Press. 358p.
- Heydel L., Benoît M., Schiavon M., 1997. Estimation des apports de produits phytosanitaires à l'échelle de bassins d'alimentation. *Agronomie* (1997) 17, 25-33.
- Husson J.P., Benoît M., 2004. Les risques en systèmes de grandes cultures. IN : WACKERMANN G., *La géographie des risques dans le monde*, Editions Ellipses, 287-302.
- Lambin E.F., Geist H. J., Lepers E., 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions, *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 205-241.
- Le Ber F. & Benoît M., 1998. Modelling the spatial organisation of land use in a farming territory. Example of a village in the "Plateau Lorrain". *Agronomie*, 1998, 18, 103-115.
- Legay J.M., 1986. Méthodes et modèles dans l'étude des systèmes complexes. *Cahiers de la Recherche-Développement*, 11, 1-6.
- Legay J.M., 1997. L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode. Paris, INRA (Sciences en questions), 111p.
- Leigh R.A., Johnston A.E., 1994. Long term Experiment in Agricultural and Ecological Sciences. Harpenden, UK, Rothamsted Experimental Station. CAB International. 428pp.
- Le Moigne J.L., 1990. La modélisation des systèmes complexes. Afcet systems. Dunod, Paris, 178p.
- Lucas et al, 2005. Expertise collective INRA-Cemagref « Réduire l'usage des pesticides et réduire leurs impacts »
- Mannion A.M., 1995. Agriculture and Environmental Change : Temporal and Spatial Dimensions. Wiley. Chichester. 405p.
- Martin Ph., Papy F., Souchère V., Capillon A., 1998. Maîtrise du ruissellement et modélisation des pratiques de production. *Cahiers Agriculture*, 7, 111-119.
- Mary B., Beaudoin N., Benoît M., 1996. Prévention de la pollution nitrique à l'échelle du bassin d'alimentation en eau. In : G. Lemaire et B. Nicolardot (eds), *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes*, Reims (France) 19-20 octobre 1996, Les colloques n°83, 289-312, INRA, Paris.
- Maxime F., Papy F., Mollet J.M., 1995. Aide au raisonnement de l'assolement en grande culture. *Cah. Agriculture*, 4, 351-362.
- Mignolet C., Benoît M., Saintôt D., 1997a. Systèmes d'élevage et risque de pollution azotée. Construction d'un indicateur de risque et application dans la plaine des Vosges. *INRA Productions animales*, 10 (4), 275-285.
- Mignolet C., Thénard V., Benoît M., Anfrue M.N., Foissy D., Grosse M., Trommenschlager J.M., 1999. Livestock farming systems and sustainable drinking water production : proposition of risk indicators at different organisational levels. *Livestock Production Science*, 61, 307-313.
- Mignolet C., Schott C., Benoît M., 2004. Spatial dynamics of agricultural practices on a basin territory : a retrospective study to implement models simulating nitrate flow. The case of the Seine basin. *Agronomie (FRA)*, 24 (4), 219-236.
- Morlon P. & Benoît M., 1990. Etude méthodologique d'un parcellaire d'exploitation agricole en tant que système. *Agronomie*, 1990 (6), 499-508.
- Muxart T., Blandin P., Friedberg C., 1992. Hétérogénéité du temps et de l'espace : niveaux d'organisation et échelles spatio-temporelles. In : *Sciences de la nature, sciences de la société*. M. Jollivet (ed.), Paris, France, CNRS, p 403-425.

- Osty P.L., 1994. The farm enterprise and its environment. Proposals for structuring an appraisal of strategy. In : Brossier J., de Bonneval L. & Landais E. (eds) *Systems studies in agriculture and rural development*, INRA (Science Update), pp 259-268.
- Osty P.L., 1996. Methods and scales of intervention : what methodological renewal for System research ? In : *Systems-Oriented Research in Agriculture and Rural Development* (Inter. Sympos., Montpellier, 21-25 novembre 1994, Lectures and Debates, CIRAD, Montpellier, pp 169-172.
- Osty P.L., Lardon S., de Sainte-Marie C., 1998. Comment analyser les transformations de l'activité productive des agriculteurs : propositions à partir des systèmes techniques de production. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et Développement*. 42 pages.
- Pflimlin A. & Madeline Y., 1995. Evaluation of the risk of nitrate pollution from ruminants and strategies for action on water quality. (in French) *2^{èmes} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, Paris, France, 13-14 décembre 1995, INRA, Institut de l'Élevage, 329-337.
- Salou M-C., 1992. Elaboration de la qualité des eaux dans des bassins versants agricoles. Essai de modélisation en milieux calcaires (exemple des plateaux de Vicherey et d'Anboncourt), DEA Géographie, Metz, INRA-SAD Mirecourt, 117 pages + annexes.
- Sebillotte M., 1974. Agronomie et Agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome. *Cahiers ORSTOM. Série Biologie*. n°24, 3-25.
- Sebillotte M., 1996. Systems Research and Action. Interdisciplinary Excursions. In: Sebillotte M. (dir.) *Systems-Oriented Research in Agriculture and Rural Development. Lectures and debates* (International Symposium - Montpellier, Fr., 21-25 Nov. 1994). Montpellier, CIRAD, 35-72.
- Souchère V., Cerdan O., Ludwig B., Le Bissonnais Y., Couturier A., Papy F., 2003. Modelling ephemeral gully erosion in small cultivated catchments. *Catena*, 50, (2-4), 489-505.
- Thenail C., 1996. *Exploitations agricoles et territoire(s) : contribution à la structuration de la mosaïque paysagère*. Thèse de l'Université Rennes I. 396p.
- Veldkamp A., Fresco L.O., 1997. Exploring land use scenarios, an alternative approach based on actual land use. *Agricultural Systems*, 55, 1-17.
- Verburg P.H., de Koning G.H.J., Kok K., Veldkamp A., Bouma J., 1999. A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. *Ecological Modelling*, 116, (1), 45-61.
- Veyret Y. (dir), 1998. L'érosion entre nature et société, Paris, SEDES DIEM n°22, 344p.
- Zander P., Kächele H., 1999. Modelling multiple objectives of land use for sustainable development. *Agricultural Systems*, 59, 311-325.