

Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

**A 10 modéliser et agir dans des systèmes complexes : la gestion de l'eau et des territoires ruraux"**

**J Brossier et M Benoit Présentation générale de l'atelier & Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains Une illustration avec la gestion de l'eau dans les territoires ruraux.**

16 juin 2005

## **Présentation générale de l'atelier &**

**Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains  
Une illustration avec la gestion de l'eau dans les territoires ruraux.**

**Marc Benoît & Jacques Brossier**

INRA Sad Mirecourt

INRA SAD Dijon

[benoit@mirecourt.inra.fr](mailto:benoit@mirecourt.inra.fr)

[brossier@dijon.inra.fr](mailto:brossier@dijon.inra.fr)

Comme le note Bernard Hubert dans son intervention à ce séminaire, « le profil négatif de certaines techniques au regard du développement durable dépend largement de l'identité des acteurs associés à la définition du cahier des charges de la création technique ». Cet ensemble technique/acteur est ce que nous pouvons appeler les dispositifs humains. Nous pensons que souvent dans ces dispositifs humains il manque certains acteurs, en particulier des acteurs légitimes du point de vue de la collectivité, dans le réseau socio-technique qui organise le choix des techniques jugées "viables". Il faut de nouveaux dispositifs humains pour de nouveaux acteurs, pour agir dans les systèmes complexes. Dans ce cadre, les chercheurs ont une place importante car ils participent à la génération des apprentissages pour produire de nouvelles connaissances. Cela permet de définir une entrée générique pour les « dispositifs eaux », en prenant comme exemple ceux conduits avec l'INRA Sad (voir carte). Quelle lecture transverse pouvons-nous faire : eau et biodiversité à ST Laurent, qualité des eaux dans le Comtat Venaissin, maraîchage et eau à Sorgues, ressources en eau potables à Mirecourt, ressources en eau minérale Dijon-Mirecourt. Cette composante est forte dans les priorités scientifiques du SAD.

Par ailleurs, les recherches présentées ici font une lecture rétrospective du *comment on a mis en place des dispositifs*.

**Bernard Hubert** met l'insistance sur le rôle des connaissances, en particulier des dispositifs et des apprentissages pour « l'agir ensemble ». Pour lui les enjeux environnementaux sont au secours de la pensée technique. « Il faut inventer des dispositifs de confrontation de la pensée technique avec d'autres formes de connaissance et d'autres valeurs, portées par une diversité d'acteurs, individuels ou collectifs. Quels sont ces dispositifs et procédures qui permettent à des collectifs d'acteurs hétérogènes, dont les chercheurs, de générer les interactions et les apprentissages susceptibles de faire émerger des concepts inédits et de produire des connaissances appropriées à la mise en œuvre de ces concepts. C'est là le nouveau défi auquel a commencé à se confronter la recherche agronomique. »

**Michel Sebillotte** nous parlera de la conception de dispositifs recherche et recherche développement (Fertimieux, PSDR, le tout en liaison prospective),

Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

**Sylvain Victor** propose de réconcilier agriculture et environnement, en rappelant quelques considérations, principes et conclusions qui devraient s'imposer pour y arriver. En particulier il rappelle fortement que le sol fait à la fois partie des agrosystèmes et des hydro-écosystèmes locaux.

**Marc Benoit et Jacques Brossier** : Dispositifs (ou pratiques) agricoles et qualité de l'eau : innovations territoriales et gestion négociée.

### *Quelques questions, liées à la question de l'eau, à discuter pour introduire le débat :*

Les dispositifs dont nous parlons sont en fait des « bidouillages humains », comment les monte-t-on ? Mais d'abord il nous semble important de rappeler quelques faits et données.

- Nous n'avons **aucune information structurée et complète sur les pratiques humaines en relation avec l'eau**. Comment se construisent et évoluent les dispositifs de recueil et de partage de l'information ? Toute collecte d'information semble très vite bloquée par les contraintes de la CNIL. Quelle trace les agriculteurs laissent-ils de leur activité ? Il n'y a généralement pas beaucoup d'enregistrement (organisation et temps de travail, suivi du cahier des charges de différents types d'agriculture dont l'agriculture biologique, etc.). L'activité agricole de ce point de vue est assez particulière bien connue, car c'est une activité qui produit une pollution diffuse avec des aspects spatiaux importants et une souvent une forte hétérogénéité du milieu. Cette caractéristique fait que l'on a une réponse différenciée, avec des impacts très différents liés au milieu vivant<sup>1</sup>. Comment avoir l'information ? La télédétection satellitaire est une aide partielle, mais la connaissance des « choses faites ici » reste indispensable (par exemple, quel insecticide à quelle dose, et où ?)
- Tous les spécialistes sont d'accord et cela semble évident : **le préventif est infiniment mieux que le curatif. Or il nous faut bien constater que l'ensemble des dispositifs humains se situe le plus souvent dans le curatif**. Les raisons sont évidemment à chercher dans notre confiance dans le progrès, notre mode de croissance économique et notre système comptable...voire de l'intervention directe de lobbies. De nombreux emplois créés sont liés au curatif, le tout appuyé par la philosophie sous-jacente : on trouvera bien une solution (croyance prométhéenne au progrès, en cohérence avec la vision entrepreneuriale qui privilégie le court terme). Comment alors agir de façon intelligente sur de tels systèmes complexes ? Au moment où on a introduit un changement radical dans la constitution (principe de précaution), en fait il ne se passe rien concrètement. Alors que faire ? Quelle intelligence collective pouvons-nous produire ? Voir carte des sites de recherche visant la gestion des hydrosystèmes (Diapos).
- Si la nappe est très polluée, la pollution devient un système complexe. De plus l'eau devient une variable comme une autre. Un des vrais enjeux c'est la capacité pour les acteurs de « réfléchir l'eau » d'une autre façon, c'est-à-dire comme **coproduit d'un territoire** avec tout ce que cela implique pour les acteurs de cette co-production.
- **Eaux, territoires, dynamiques temporelles**. Ces dynamiques peuvent être très longues (les nappes dans le grès constituées en 40 000 ans sont utilisées en 40 ans. Les délais de perception de la pollution dans les nappes profondes sont très longs, ainsi en Champagne il y a 40 ans de latence, à Evian 15 ans. L'exemple de Vittel, avec un temps de latence beaucoup plus court (quelques mois), a obligé l'entreprise à intervenir plus tôt mais à terme c'est une chance car la solution permet d'obtenir des résultats assez satisfaisants rapidement.
- **La question de l'irréversibilité quantitative temporelle est évidemment essentielle** : la balance entre le renouvellement d'une nappe et son exploitation. Le maïs en Aquitaine ou en Lorraine pollue les nappes de surface, les communes pour avoir de l'eau potable forent

---

<sup>1</sup> Il faudrait construire des références de pratiques liées à GPS...ou Galileo, permettant de relier pratiques agricoles et bassins des ressources en eau.

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

dans le grès, puisent et épuisent la nappe. Il semble que les communes font maintenant des investissements dans le préventif et vouloir ainsi récupérer des eaux de surface de qualité (cf. Vittel : contrats de rivières, contrats ruraux, les SAGEs).

- **La gestion de l'eau est un processus territorialisé** à la fois pour sa production et pour son exploitation ou usage (conflit d'usage). Ceci a fait naître des corpus de lois très anciens (les contenus de droit romain sont encore très présents dans notre droit sur l'eau).
- quelques images et chiffres clés pour non avertis
  - Les m<sup>3</sup> hectares : il passe sur les prairies lorraines environ 3000 m<sup>3</sup> d'eau par an
  - Une forêt c'est 2mg/l de nitrates, un champ de maïs bien géré 130mg (300 si mal géré).
  - Produits phytosanitaires ? sur champ d'agriculture raisonné entre 3 et 17µg par litre (potabilité 0,1)
  - Une ferme laitière de 50 VL utilise autant d'eau que 35 pavillons (VL 85 litres/litres).
  - Une ferme de 50 VL (100 animaux) équivaut, sur le plan des rejets organiques), à un bourg de 1000 hab.
  - Causes techniques et économiques des impacts négatifs de l'évolution des pratiques agricoles
    - Accroissement des surfaces en culture annuelle, et baisse des prairies
    - Agrandissement généralisé des exploitations et réduction du temps de travail (vite et sale)
    - Dominance des systèmes à haut rendement, assurance sans s'occuper des potentialités du milieu
    - Perception insuffisante (ou impuissance) par les acteurs de terrain de leur implication dans la pollution.
  - Une agriculture bien gérée est capable de produire une eau de surface d'environ 15mg/l (cf. Vittel) cf. Diaporama
  - L'essentiel des normes est lié à l'agriculture (le reste, sauf SNCF, c'est de pollution ponctuelle, « point pollution »)
  - Evolution à long terme de la teneur en nitrates en zone de grande culture (diaporama)
  - Nombre de captage AEP, nombre sources eaux minérales

### **La gestion de l'eau et des territoires constitue une bonne illustration de cette action par les dispositifs humains sur les systèmes complexes**

1 – La question de l'eau nous fait toucher les systèmes hydrologiques, les systèmes biotechniques et les systèmes socio-économiques, et oblige les différents partenaires associés à construire un dispositif de recherche sur l'eau qui n'est pas classique pour ces différentes disciplines concernées : en tant que tel, les réflexions sur les ressources en eau nous obligent à construire le dispositif ; (voir ci-après la figure 1 : Structure générale des relations entre les systèmes)

2 – Compte tenu de nos expériences et participation à des collectifs de recherche et de recherche développement, nous proposons cet essai de typologie pour répertorier les dispositifs collectifs :

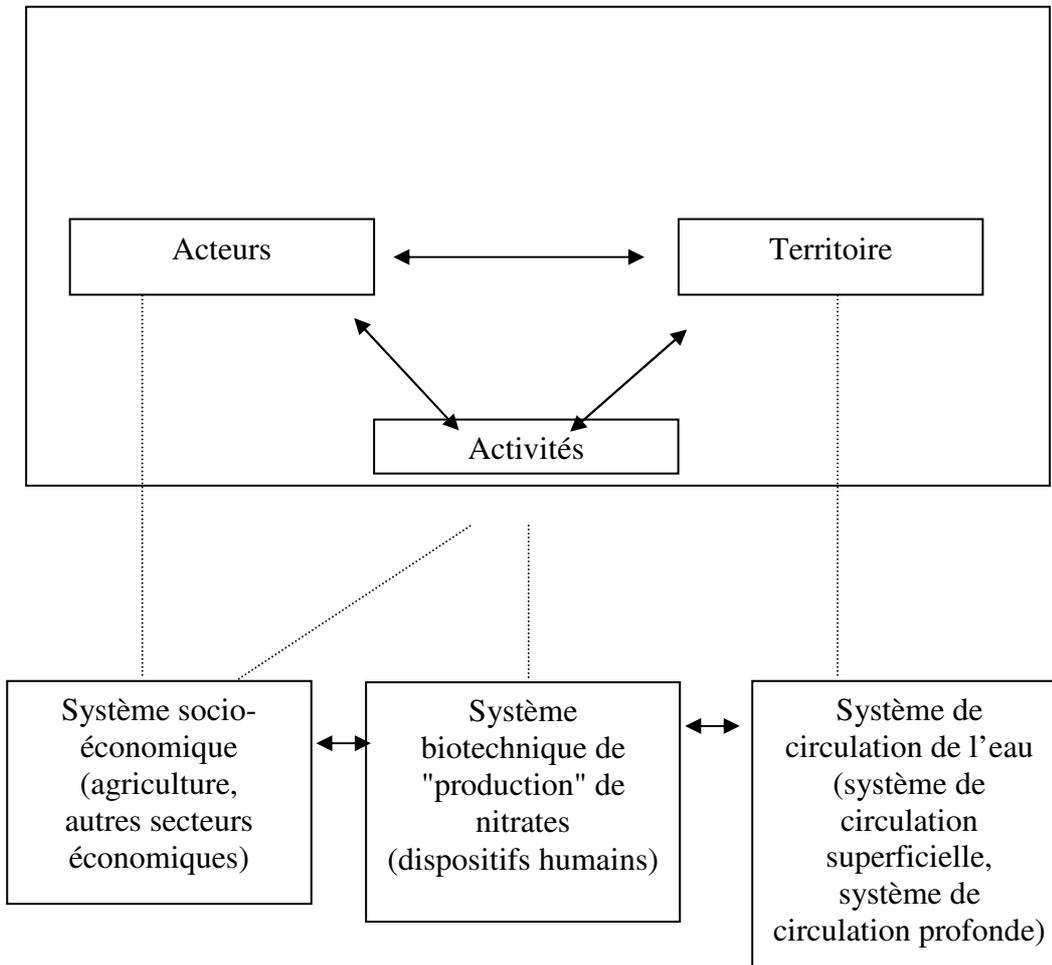
**Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains**

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

- A : Dispositifs de recherche sans la participation des autres acteurs ;
- B : Dispositifs de recherche mise en place avec l'accord des autres acteurs ;
- C : Dispositifs impliquant la participation des différents acteurs mais pilotés par les recherches ;
- D : Dispositifs co-construits par les partenaires et les chercheurs, dispositifs liés à des innovations, techniques, organisationnelles, voire symboliques ;

Nous l'illustrerons dans notre article

Figure 1 : Structure générale des relations entre les systèmes



Benoît Brossier INRA SAD Mirecourt Dijon, Juin 05

***1 – Introduction, sur l'intérêt et l'exemplarité du problème sur le plan épistémologique et sur le plan pratique (problèmes de société). :***

**1-1- Position du problème, entre agronomie, géographie et sciences de gestion :**

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 (les proportions des couverts végétaux et leurs répartitions spatiales) et comme un révélateur des dynamiques territoriales.

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). La gestion de l'assolement se fait à un niveau intermédiaire entre les actes techniques des agriculteurs sur les parcelles et les régulations macro-économiques (Veldkamp et Fresco, 1997 ; de Koning *et al.*, 1999)<sup>2</sup>.

Nous retenons de ces travaux d'agronomes 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. Sébillotte (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 et 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. Dans le cas d'une approche «hydrosystémique», il faudra prendre en compte les facteurs (aussi bien physiques qu'humains) qui règlent la dynamique hydrologique et conditionnent la gestion de la ressource « eau » à différentes échelles spatiales et temporelles (Canter, 1997).

Enfin, les sciences de gestion ont apporté un ensemble méthodologique important à la lecture de ces innovations à l'œuvre (Le Moigne, 1990 ; Brossier et al 1997, Osty, 1996, Girin 1990). Tout d'abord dans nos façons de pratiquer la recherche, la clarification des postures de recherche et notre implication dans des pratiques de recherche-intervention ont éclairé notre point de vue et explicité ses exigences et

---

<sup>2</sup> 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 et Kächele, 1999). D'autre part, le développement de recherches sur l'agriculture de précision<sup>2</sup> prend en compte l'organisation des assolements dans la mise en œuvre de ces nouvelles techniques et sur leurs effets sur le paysage (Gerber *et al.*, 1998).

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

limites (A. Hatchuel, 1994, 2002). Les démarches actuelles de gestion mettent l'accent sur l'acteur, elles sont d'ailleurs centrées sur l'acteur et son projet, elles ont pour objet la découverte et la compréhension des processus. D'autre part, les réflexions en cours sur la gestion de dispositifs territoriaux mettent en avant l'interaction entre sciences de gestion et analyse des politiques publiques (Allain, 1999). Ainsi, les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) constituent des procédures innovantes de gestion d'un territoire (Allain, 2001). Ainsi, de nouveaux dispositifs techniques et organisationnels se mettent en place pour piloter cet assolement dans des hydrosystèmes menacés (Mannion, 1995).

### 1 -2 Eaux et territoires :

L'assolement, vu comme le choix des couverts végétaux dans un territoire donné, joue un rôle majeur dans l'élaboration de la qualité des eaux. Comme nous l'avons montré (Benoît et al, 1995 ; Mignolet et al, 1997 ; Mignolet et al, 1999), la qualité des eaux est d'abord déterminées par le choix du couvert végétal, puis secondairement par le choix des techniques appliquées à ces couverts. Ainsi, nous pouvons maintenant hiérarchiser les diverses soles, des plus agressives aux plus respectueuses des ressources en eau (Mary *et al*, 1996 ; Benoît *et al*, 1997 ; Mignolet *et al*, 1997 ; Mignolet *et al*, 1999 ; Martin *et al*, 1998), en particulier en pointant le rôle protecteur des prairies permanentes.

De plus, en jouant un rôle tampon dans les bassins versants, les prairies permanentes ont un impact très positif sur la qualité des eaux. Ce point vient d'ailleurs d'être intégré à la Politique Agricole Commune européenne via la mise en place de bandes enherbées le long des cours d'eau européens comme mesure d'éco-conditionnalité. Gérer l'eau consiste alors à transformer les systèmes de culture et leurs localisations pour qu'ils soient plus respectueux de l'environnement.

## 2 – Les dispositifs humains concernant la gestion de l'eau potable et minérale, le cas de la Lorraine :

### 2 -1 types de dispositifs :

Reprise de la typologie en 4 types de dispositifs plus ou moins co-construits (JB) :

- A : Dispositifs de recherche sans la participation des autres acteurs. La démarche quoique classique, un rêve même comme les chercheurs le pensent à tort, est en rien systémique, mais elle peut s'imposer dans certaines situations qui ne concernent pas les acteurs. On peut se demander en fait si ces situations, que nous utilisons tous, existent vraiment, et pourtant nous l'utilisons (cf. nos travaux)
- B : Dispositifs de recherche mise en place avec l'accord des autres acteurs. Il s'agit d'une observation encore assez extérieure, sans réelle participation des acteurs, mais cet accord est évidemment un minimum.

Ces deux types ne nous intéressent pas vraiment ici, ils n'ont rien de systémiques.

- C : Dispositifs impliquant la participation des différents acteurs mais pilotés par les recherches. C'est un premier niveau, intéressant qui doit déboucher assez rapidement sur le dernier type.
- D : Dispositifs co-construits par les partenaires et les chercheurs, dispositifs liés à des innovations, techniques, organisationnelles, voire symboliques. C'est évidemment cette situation qui nous intéresse le plus, elle est exigeante, mais la seule qui permet d'agir sur les systèmes complexes.

### 2-2 Trois exemples en Lorraine.

Nous avons mobilisé au cours des 18 dernières années, trois situations de recherche-intervention : deux ressources en eau potable, l'opération Ferti-Mieux du Haut Saintois et le remembrement pour protéger Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

le bassin d'alimentation à Xermaménil, et une ressource en eau minérale, Vittel. Dans les deux cas de protection des ressources en eau potable, celles-ci 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). Dès 1987, une équipe de l'unité SAD Versailles-Dijon-Mirecourt a été impliquée dans la gestion des ressources en eau et la prévention de la pollution par les nitrates, en particulier dans le bassin des eaux minérales de Vittel (Deffontaines et Brossier ed, 1997). Chaque parcelle culturale sur laquelle un système de culture est mis en œuvre participe à deux entités spatiales fonctionnelles: un bassin d'alimentation et une exploitation agricole.

Les trois exemples d'hydrosystèmes où des innovations territoriales visaient à modifier les systèmes de culture (modalités et/ou localisation) ont comme caractéristiques :

- les sources de Xermaménil, bassin de 65 hectares alimentant de façon autonome la commune,
- les nappes et sources du Haut-Saintois, où 18 sources issues d'un plateau de 850 hectares alimentent totalement 14 communes et partiellement un syndicat intercommunal de 40000 habitants (Heydel et al, 1997),
- le gîte hydrominéral de Vittel, de 4500 hectares où une réorganisation territoriale intensive fut menée sous l'égide du producteur d'eau minérale et de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (Deffontaines et al, 1997).

Nous développons trois innovations territoriales initiées dans ces situations :

- (i) celui d'un remembrement communal pour protéger trois sources d'eau potable dans la commune de Xermaménil,
- (ii) celui de la naissance d'une CUMA de gestion des flux azotés à l'échelle de bassins d'alimentation : la CUMA « l'eau vive » de l'opération Ferti-Mieux du Haut-Saintois.
- (iii) celui de la mise en gestion contractuelle d'un territoire par recomposition territoriale sur le périmètre de Vittel.

(i) Le remembrement pour l'eau mis en place par le maire de Xermaménil a été facilité par les propriétés agricoles dont la commune dispose, comme la plupart des communes lorraines. L'enjeu a été de repositionner les terrains communaux sur le territoire à enjeu collectif, le bassin d'alimentation des sources, et de construire une nouvelle relation foncière propriétaire - exploitants via une mise à disposition de ces terrains communaux. Ainsi, les terrains communaux repositionnés dans le bassin furent ensuite reloués avec des contraintes d'usage : les implanter et exploiter en prairies permanentes.

(ii) La CUMA « l'eau vive » est un collectif gérant sur le territoire de l'eau du Haut-Saintois les flux d'azote issus des fumiers et composts. Cette CUMA a une fonction territoriale innovante tout en s'appuyant sur un type d'organisation courant en agriculture. Cette CUMA gère depuis 1993 un flux annuel de l'ordre de 45000 tonnes de fumier. Ces fumiers sont compostés puis épandus à faibles doses sur les prairies permanentes ce qui garanti une très faible lixiviation nitrique (Benoît et al, 1995).

(iii) Le troisième cas a été l'occasion d'une construction lente de relations contractuelles entre une société productrice d'eau minérale et les agriculteurs présents sur le site. L'achat foncier partiel accompagné d'une remise à disposition avec changement des systèmes de culture en a été le cœur (Gaury, 1992). Ici, les échanges entre la société minérale et les agriculteurs ont été l'objet de phases successives mais pour chacune d'elle l'usage possible des surfaces en était le moteur (Benoît et al, 1997).

Chacun de ces sites innovants montre un ensemble de régularités :

- Les innovations territoriales sont créés à partir de « briques de base » existantes. Dans chacun des sites, les dispositifs créés reprennent des dispositifs très connus dont seules quelques modalités sont originales : remembrer en insistant pour faire correspondre propriétés communales et contour du bassin d'alimentation (Xermaménil), contractualiser en introduisant des règles agronomiques dans l'usage des parcelles contractualisées (Vittel), constituer une CUMA dont l'objectif est de gérer des flux de fumiers sous contraintes d'apports très réduits

**Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains**

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

dans les bassins d'alimentation. L'originalité est dans l'assemblage et l'ingénierie de ces innovations.

- Les finalités de ces « arrangements » autour de dispositifs standards - protéger les ressources en eau et maintenir une agriculture compatible - étaient connus de tous, que chaque acteur les considère comme justifiés ou non. Ainsi, les évolutions de comportements de chaque acteur étaient évaluées à l'aune de ces finalités.
- Tous les acteurs concernés ont souhaité disposer d'un suivi des résultats sur la qualité des ressources en eau, résultats qui étaient restitués à tous. Ainsi, dès les années 1990, l'obligation de résultat apparaissait à une gamme variée d'acteurs comme un principe qui devait guider ces innovations territoriales.

### 2-3 Un modèle général d'étude de ces systèmes complexes :

Dans les trois exemples étudiés, les innovations territoriales élaborées relient trois domaines très différents : les coordinations d'acteurs concernées par le bassin, l'évolution territoriale des systèmes de culture, les processus biophysiques de constitution d'une ressource en eau (voir figure 1 ci-dessus)

Entre ces domaines mobilisés par les innovations territoriales, nous pouvons identifier les trois entités modifiées par ces innovations : la structuration de l'espace agricole via la maille foncière, la prise de décision des agriculteurs via la gestion territoriale des activités agricoles, l'impact des systèmes de culture sur les ressources en eau via les flux bio-géochimiques.

Pour toutes ces entités, l'assolement se trouve central et déterminant : (i) objet modifié par la structuration de l'espace agricole, (ii) objet géré par les prises de décisions d'agriculteurs, (iii) facteur principal des flux bio-géochimiques.

Nous pouvons donner un schéma simplifié de ces relations dans le schéma ci-dessous (figure 2).

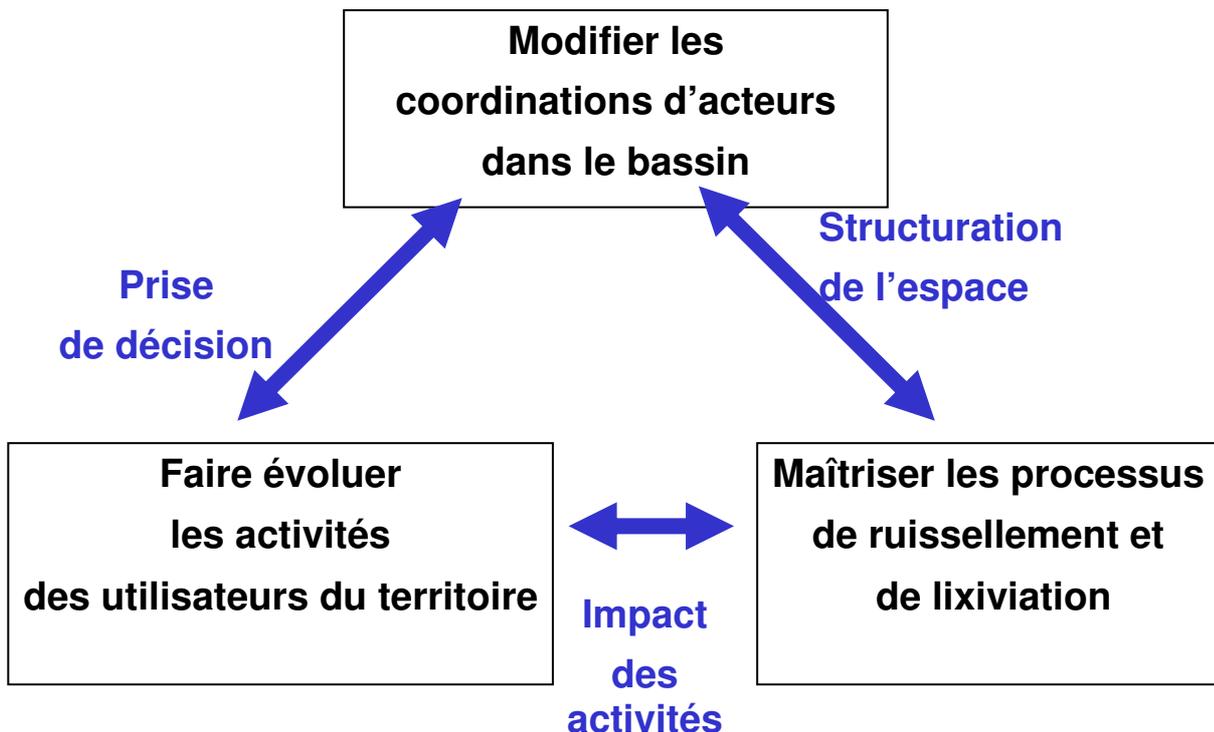


Figure 2 : modélisation des innovations territoriales visant à protéger les ressources en eau

### 2-4 L'assolement au cœur de ces innovations territoriales concernant l'agriculture :

Nous formalisons l'assolement, répartition des cultures dans l'espace, comme une organisation de l'utilisation du territoire. C'est pour nous un bon indicateur du fonctionnement des exploitations agricoles, par le rôle majeur qu'il joue dans les questions de maîtrise des processus naturels. Il rend

Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

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. 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 innovations à l'œuvre ; il fournit des éléments concrets de comparaison pour cerner les évolutions de territoires à enjeux environnementaux.

### ***- L'assolement se fait au travers d'actes techniques***

L'assolement est la résultante des interventions de l'agriculteur sur l'espace qu'il maîtrise, de ses choix et façons de pratiquer (Husson, Benoît, 2004). 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. Dans ces trois situations, l'assolement modifié est le résultat visé par les innovations territoriales mises en œuvre, et la situation du remembrement avec changement total d'assolement sur le bassin de Xermaménil en est l'expression la plus marquée.

### ***- L'assolement résulte du fonctionnement d'un système agraire***

L'assolement, caractérisé non seulement par la variété des types de culture, mais aussi par leur arrangement dans l'espace, est un bon révélateur des modes de fonctionnement agricoles dont nous pouvons rendre compte (Benoît, 1985 ; Benoît, 1990 ; Morlon & Benoît, 1990 ; Le ber & Benoît, 1998). C'est bien le changement de systèmes agraires, plus intense à Vittel que sur Xermaménil et le Haut-Sainctois, qui a permis les changements d'assolement.

### ***- L'assolement induit des arbitrages continus entre individu et collectifs***

L'utilisation du territoire doit être considérée à différents niveaux d'organisation, combinaison d'échelles de temps et d'espace (Leigh, Jonhson, 1994 ; Thenail, 1996). Les interactions individus-collectifs sont à replacer dans les évolutions du territoire en référence à l'évolution du contexte technique et socio-économique (Muxart *et al.*, 1992). Dans les cas étudiés les évolutions d'assolement voulus par les gestionnaires de ressources en eau ont modifiés les logiques individuelles. Très marquées à Xermaménil, avec la disparition des cultures remplacées par des prairies après remembrement, dans le bassin de Xermaménil, ces évolutions ont été notables à Vittel et très ténues dans le Haut-Sainctois, où seules les cultures intermédiaires ont été un changement de couvert mis en œuvre. Ainsi, l'état à un instant donné de l'assolement d'un bassin est la résultante d'ajustements individuels non concertés... jusqu'au moment où un pilotage concerté de ce bassin devient nécessaire.

### ***- L'assolement est un objet technique construit, ...et à reconstruire***

L'assolement, traduction instantanée d'interactions entre acteurs et territoires, reflète un ensemble complexe de règles d'organisation d'activités dans un territoire, d'évaluations de ces règles, enfin, de conditions de changement de ces règles (Maxime *et al.*, 1995 ; Verburg *et al.*, 1999). La modification des assolements a été centrale pour l'amélioration des ressources en eau des situations étudiées. D'autres situations, par exemple la maîtrise des processus d'érosion, montrent que ces modifications ont des impacts généralisés (Joannon, 2004). C'est cet ensemble à l'œuvre dans la construction d'un assolement que nous nommons assolement (Husson, Benoît, 2004). L'enjeu de la protection de ressources en eau vise ainsi à sortir d'un assolement souvent guidé par la seule productivité agricole (maximiser les soutiens de la PAC, diminuer les charges de mécanisation, ..), pour initier un assolement prenant en compte la protection de l'eau.

### ***3 La négociation entre acteurs : l'exemple Vittel***

#### **3-1 Présentation du problème Vittel**

La demande de Vittel est à l'origine du programme de recherche Agriculture, Environnement, Vittel (AGREV)<sup>3</sup>. Il s'est déroulé à la fin du siècle dernier pour tenter de définir les conditions dans lesquelles une agriculture locale pouvait se transformer pour assurer la qualité de l'eau exigée par un industriel producteur d'eau minérale.

L'émergence de la question posée par la Société Vittel peut être schématiquement présentée comme une brève histoire mettant en cause des acteurs, des activités et un territoire. Sur le Plateau lorrain, à proximité de Vittel, des agriculteurs pratiquent depuis longtemps une activité de production. A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, la Société Vittel crée, dans cette même région, une exploitation industrielle de l'eau minérale d'une source. Le bassin d'alimentation de cette source est défini comme périmètre de protection par la Société Vittel. La délimitation de ce périmètre (environ 5000 hectares aujourd'hui) évolue au cours du temps en fonction des connaissances hydro-géologiques acquises progressivement. Les normes de qualité sont également modifiées (initialement, il n'est pas question de nitrates).

A partir de 1970, des agriculteurs (ils sont une quarantaine au début), soumis à un contexte socio-économique et à des contraintes de productivité de plus en plus exigeantes (PAC), modifient leur activité. Ils retournent les prairies permanentes qu'ils remplacent souvent par du maïs, augmentent les rendements des cultures et l'effectif des troupeaux, gérés de façon plus intensive. Simultanément, la Société Vittel observe une augmentation du taux de nitrates dans les eaux. Se prémunir des risques provenant des eaux d'origine autre qu'agricole n'est pas suffisant. La production d'eau minérale étant menacée par l'activité agricole, il faut envisager d'autres mesures préventives.

En 1987, la Société Vittel demande à la recherche de lui dire ce qu'il faut modifier dans l'activité agricole pour assurer de façon pérenne la qualité exigée de la ressource en eau.

#### **3-2 Typologie des dispositifs humains**

- A : Dispositifs de recherche sans la participation des autres acteurs ;
- B : Dispositifs de recherche mise en place avec l'accord des autres acteurs ;
- C : Dispositifs impliquant la participation des différents acteurs mais pilotés par les recherches ;
- D : Dispositifs co-construits par les partenaires et les chercheurs, dispositifs liés à des innovations, techniques, organisationnelles, voire symboliques ;

*Mettre ici le tableau sur les dispositifs*

---

<sup>3</sup> Nous ne développons pas en détail la recherche Vittel et les différentes productions (résultats, nouvelles pratiques, méthodes élaborées, etc.), nous renvoyons à la publication de synthèse (Deffontaines et Brossier éditeurs, 1997).

### 3-3 Les stratégies et apprentissages des acteurs : co-construction des dispositifs humains

L'évolution des relations locales entre acteurs a joué un rôle déterminant dans la résolution du problème de la qualité de l'eau et donc pour la construction du système agraire, en développant des processus d'apprentissage auprès des différents acteurs : l'entreprise industrielle, les agriculteurs et les chercheurs.

#### 1 – L'entreprise Vittel SA

L'entreprise industrielle Vittel, concernée par l'espace agricole en question, s'inscrit explicitement comme acteur du système agraire.

Poussée par l'urgence de trouver une solution au problème de la qualité de l'eau, la *Société des eaux* a adopté au départ une stratégie en quatre volets : (i) une mobilisation d'un grand nombre d'acteurs autour de la gestion du risque de pollution, pour pouvoir qualifier le problème « d'utilité publique », (ii) une proposition d'un « paquet » de solutions techniques exigeantes, (iii) une politique d'appropriation foncière, (iv) enfin une démarche de négociation collective avec les agriculteurs via leurs représentants professionnels.

Un *premier infléchissement* a permis d'associer les agriculteurs au processus de recherche de solutions adéquates, il revenait d'autre part à considérer que la demande des agriculteurs concernant le développement de l'activité agricole locale était aussi légitime que la protection de la qualité de l'eau.

Une *deuxième modification* de la stratégie de la Société des eaux est survenue lors des négociations pour la signature des contrats de dix-huit ans avec les agriculteurs et pour l'application du cahier des charges. On est passé d'une logique de projets collectifs (usine de déshydratation, création d'un label pour les produits issus du système agraire, etc.) qui aboutissait à des blocages en raison des positions de la profession agricole, à une logique de contrats individuels. Ce second infléchissement s'est accompagné de la création, en 1992, de la filiale Agrivair.

Cette structure est une co-production de la recherche AGREV, même si son projet initial a été fortement modifié. Cette filiale de Vittel SA a été l'acteur central du changement des pratiques agricoles. Dès le début du programme, il est apparu essentiel que le système agraire, sous contrainte de qualité de l'eau, puisse se doter d'une structure de développement agricole spécifique. De nombreux débats avec les partenaires ont eu lieu sur ce point. Initialement, cette structure devait associer les agriculteurs, l'entreprise Vittel et la recherche dans une instance paritaire de développement et de valorisation des produits. Devant les nombreux obstacles liés à la place respective des partenaires, la réserve explicite des organisations professionnelles agricoles à s'engager dans un partenariat avec Vittel SA, le refus de celle-ci de participer directement à un processus de valorisation de produits de qualité et enfin l'absence d'organisation des agriculteurs directement concernés, le choix s'est porté sur la création d'une filiale de Vittel SA, avec comme responsable le médiateur recruté et jusque là membre du collectif de recherche. Propriétaire d'environ la moitié des terres agricoles sur le périmètre, la Société a mis à disposition des agriculteurs, gratuitement, des terres pour une période équivalente à la durée du contrat. Elle a par ailleurs proposé une restructuration foncière avantageuse pour les agriculteurs signataires du contrat. Cette stratégie s'est avérée efficace. Intéressés par l'acquisition des terres et la restructuration foncière, beaucoup d'agriculteurs ont signé le contrat et appliqué le cahier des charges. La Société des eaux est ainsi entrée dans un processus de développement agricole, ce qui n'était a priori, ni son domaine, ni sa vocation. Cette orientation a nécessité un apprentissage souvent difficile.

2 - La stratégie des agriculteurs vis à vis du problème de la qualité de l'eau était fondée sur le refus d'endosser une quelconque responsabilité dans la détérioration de cette qualité. Ils reconnaissaient néanmoins l'importance du problème et considéraient que sa résolution relevait plutôt d'un arrangement entre eux et la Société des eaux, à définir collectivement.

Cette réaction des agriculteurs a évolué. Certains d'entre eux ont rapidement coopéré avec la Société des eaux et avec l'équipe de recherche pour trouver des solutions acceptables. Concrètement, la

Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

signature des « contrats expérimentaux » a abouti à un engagement progressif, mais irréversible, dans le changement des pratiques agricoles. Un autre infléchissement de la stratégie des agriculteurs est apparu lors des négociations individuelles avec la Société des eaux pour la signature des contrats de dix-huit ans. Il y a eu adhésion progressive des agriculteurs au processus de changement et en 1996 plus des 4/5 des agriculteurs avaient signé.

Les relations qui se sont établies à propos du problème de la qualité de l'eau ont permis l'acquisition de connaissances juridiques et l'apparition de nouvelles pratiques de négociation. Par exemple, quelques agriculteurs ont augmenté la part de la culture du maïs dans leur assolement juste avant la négociation avec la Société des eaux, d'autres agriculteurs ont signé un contrat expérimental d'un an pour obtenir plus de moyens de la part de la Société, six agriculteurs ont créé un groupe pour négocier collectivement. Avec ces pratiques de négociation, les agriculteurs ont développé un « savoir combiner » (Hatchuel, 1994) portant sur l'agencement et la coordination entre les ressources, les objectifs, les projets des autres acteurs (la Société des eaux, les autres agriculteurs, etc.).

3 - Il y a eu apprentissage pour les chercheurs. Cela a commencé dès le début de la recherche avec la mise en place du volet sociologique du programme qui a entraîné une difficulté majeure. Un volet d'étude des relations sociales entre acteurs et des systèmes de pensée était explicitement inclus dans le projet initial. Les possibilités d'adoption des propositions de changements techniques par les agriculteurs dépendaient de la façon dont ils pouvaient faire valoir leurs propres visions dans un processus de coopération avec les chercheurs. Un dispositif et des lieux de concertation ont été proposés pour permettre aux agriculteurs du site et aux membres de l'équipe de recherche de coopérer pour l'élaboration des solutions.

Ce volet a été l'objet d'une opposition définitive de la part des organisations professionnelles qui y ont vu une atteinte inacceptable à leur prérogative. Elles estimaient être les « seuls interlocuteurs représentant » les agriculteurs avec l'entreprise Vittel. Tout en étant consciente des conséquences graves de l'abandon de cette voie de recherche, l'équipe a accepté de continuer le programme car il lui semblait possible de contourner en partie cette interdiction avec la création d'une fonction de médiateur.

Compte tenu de ces difficultés et dans la logique de la démarche de recherche-action mise en place dans le programme Vittel, la création d'une *fonction de relais entre la recherche et l'action* s'est imposée rapidement, pour que la recherche soit proche des acteurs du terrain. Ce médiateur a permis de trouver des solutions pratiques, il a servi de « passeur » entre la recherche, l'entreprise et les agriculteurs : les agriculteurs sentaient presque journalièrement la présence de la recherche ; Vittel SA constatait que des solutions concrètes étaient expérimentées avec des agriculteurs partenaires du programme ; les chercheurs avaient en retour une image de la façon dont les agriculteurs percevaient les divers thèmes de recherche. La médiation a contribué à une meilleure compréhension des identités et des objectifs des différents partenaires. Une médiation suppose une écoute que les chercheurs n'ont pas toujours et une reconnaissance par les acteurs qu'il leur est difficile d'obtenir, compte tenu de la réputation du chercheur « qui sait ».

Le médiateur a notamment joué un rôle déterminant dans les rapports de l'équipe de recherche avec les agriculteurs, dans l'élaboration concrète du « cahier des charges. La plupart des objets « hybrides » (cahier des charges, bassin d'alimentation, mesures de la qualité de l'eau, etc.) pris en compte par le collectif de recherche pluridisciplinaire ont été discutés et mis à l'épreuve dans le cadre de cette collaboration.

Dans la deuxième étape du programme - mise en place du changement -, le souci d'efficacité immédiate et la nécessité pour Vittel SA de montrer l'évolution positive sur le site ont été un obstacle à l'implication des chercheurs dans l'opération de développement. Vittel SA a fait évoluer la demande vers des questions concrètes qui ramenaient la recherche à une fonction d'expertise ; cela a été accentué par le recrutement du médiateur comme responsable de la filiale de Vittel chargée de la mise en place et du suivi des conventions avec les agriculteurs.

**Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains**

**4 - L'exemple de Xermaménil: ????**Marc

**5 - CONCLUSIONS : quelques leçons issues de ces expériences de reconquête des ressources en eau :**

**Le rôle du Territoire :**

**Leçon 1 : le territoire devient l'objet central des négociations posées initialement sur l'eau :** ces exemples servent de support à la présentation d'un « modèle général d'innovations territoriales » où ces territoires sont vus comme des enjeux maintenant partagés entre acteurs de la société rurale et non seulement par les agriculteurs. Les interactions agriculture-collectivités locales sont à étudier avec attention par les agronomes, en y développant un point de vue d'ingénierie territoriale (Pahl G. et Beitz W., 1996).

**Les enjeux de recherche :**

**Leçon 2 : l'agronome tente de se situer au sein de ces innovations et de s'en distancier.** Notre position d'agronome fut double : être intégré dans les interactions d'acteurs construisant ces innovations territoriales, s'en distancier par un continuel exercice d'évaluation des effets de ces innovations sur les ressources en eau. L'enjeu est effectivement d'être présent comme un acteur du changement en train de s'instruire et de maintenir un regard critique sur ce changement à l'oeuvre. Maintenir une tension via l'évaluation des résultats attendus sur les ressources en eau nous apparaît comme une posture utile d'agronome aidant, aussi, à résoudre des problèmes posés.

**Leçon 3 : Pour les chercheurs qui ont assumé la complexité :** La recherche s'est placée dans des conditions de forte incertitude, en relevant le défi de répondre à une question complexe dans un délai limité, avec des effets et des conséquences de changements dans des domaines très divers – techniques, écologiques, économiques, organisationnels et sociaux – souvent incertains. En définitive, la recherche a acquis une capacité d'expertise, un savoir-faire dans divers domaines dont certains sont assez nouveaux pour les scientifiques : (i) la traduction d'une question, posée à l'origine sous la forme d'une limitation des flux nitrates sous cultures, en termes d'organisation foncière, de systèmes techniques, de filières, de comportements des acteurs, bref de système agraire, (ii) l'élaboration de références socio-techniques dans et pour l'action, c'est à dire des techniques acceptables par le milieu agricole, (iii) l'exercice d'une interdisciplinarité entre chercheurs des sciences biotechniques et de la terre avec ceux des sciences sociales. Il est clair que ces connaissances produites ont une portée plus générale. »

**Modélisation et observation :**

**Leçon 4 : l'observation in situ est au cœur de l'activité de recherche.** Bien sûr les modèles pression-impacts sont de plus en plus fiables et accessibles, cependant leur usage rend encore plus impérieux le recours à l'observation car :

- les domaines de validité des modèles étant très rarement explicités, le recours aux mesures in situ permet de conserver la possibilité d'interroger l'écart « résultat modélisé- résultat mesuré »,
- dans les relations avec les acteurs, en particulier les agriculteurs, la réalisation continue de mesures réalisées « dans leurs terres » est un gage de crédibilité des résultats.

**Leçon 4 Théories des externalités ou sciences de gestion.** On le sait dans le domaine de l'eau, exemple emblématiques des ressources naturelles, les concepts d'externalités, positives ou plus souvent négatives, sont le plus souvent utilisés pour comprendre et agir. Nous ne contestons pas leur pertinence économique, mais il nous semble que les outils des sciences de gestion permettent d'aller plus loin et de construire un programme plus efficace même si plus coûteux en temps et implication de la part des acteurs. C'est ce que nous mettons en œuvre en intégrant dans notre programme de recherche développement les négociations entre les différents acteurs impliqués, ceux de la recherche inclus. Les

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

exemples développés dans les situations de Lorraine (et ailleurs voir la communication de S Victor) montre que c'est possible et que cela marche.

**Leçon 5 : le temps de réponse du bassin est souvent limité par la vitesse de changements des pratiques agricoles.** Dans les trois cas étudiés, les évolutions qualitatives des ressources en eau ont été beaucoup plus marquées et surtout beaucoup plus rapides que nos hypothèses initiales. Ainsi, si les innovations territoriales permettent des changements marqués de systèmes de culture, les ressources en eau peuvent s'améliorer aussi rapidement qu'elles s'étaient dégradées. La latence du milieu physique peut ainsi être largement inférieure à la latence des changements de pratiques (*Quelle diapo ??*)

### Signaux contradictoires pour les acteurs :

**Leçon 6 : il faut prendre l'eau au sérieux.** Les signaux envoyés aux acteurs français de la reconquête des qualités de ressources en eau sont contradictoires : une volonté politique affichée via l'introduction de l'Environnement dans la Constitution, mais une modeste loi sur l'eau qui vient de dépasser le nombre de 18 versions et sur laquelle les avis sont majoritairement critiques. Une Politique Agricole Commune qui met en avant l'éco-conditionnalité...mais qui subventionne l'usage de l'eau pour l'irrigation quelque soit la nappe utilisée pour cet usage très consommateur de ressources en eau.

### **Initier une mise en commun des efforts via une co-construction de scénarios de prospective :**

**Leçon 7 : mettre au point une innovation territoriale repose sur une activité prospective partagée.** Ces expériences mettent en évidence la capacité des acteurs en présence, agriculteurs et gestionnaires de ressources en eau, à construire ensemble une vision prospective de petits territoires ruraux. Ces formes d'innovation s'insèrent dans le champ des prospectives territoriales locales. L'enjeu partagé par les acteurs n'est autre que de créer des conditions locales à la compatibilité agriculture/protection des ressources en eau en s'extrayant parfois des règles générales (PAC, droit rural,...) pour « sécuriser » ces innovations. L'exercice récent (Sebillotte et al, 2003) du Cemagref et de l'INRA s'insère dans cette volonté de donner à voir des devenir possibles contrastés sur les ressources en eau et les milieux aquatiques.

### **En bref il ne faut pas lisser la complexité**

### **Bibliographie**

Allain S., 1999(Ed.). Etude de cas « Vallée de la Drôme ». Irri-Mieux. Gestion collective d'une ressource commune, des « droits de l'eau » à la gestion collective. ANDA, 1999. 84 p.

Allain S., 2001. Les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) : une procédure innovante de planification participative de bassin. *Géocarrefour*, 76(3): 199-210 2001.

**Attonaty, J.M., Chatelin, M.H. and Garcia, F. (1999) Interactive simulation modelling in farm decision-making. Computers and Electronics in Agriculture 22, 157-170.**

Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains

Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

**Aubry, C., Papy, F. and Capillon, A. (1998) Modelling decision-making processes for annual crop management. *Agricultural systems* 56, pp. 45-65.**

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.

**BENOIT M.**, 2001. D'un SIG de recherche à un SIG de gestion territoriale : le périmètre de Vittel. **In** : LARDON S., MAUREL P., PIVETEAU V. (Eds), *Représentations spatiales et développement territoriale*. Chapitre 6 : 131-142.

**BENOIT M., BERNARD P.Y.** (avec la collaboration de KÜNG-BENOIT A., LEMAIRE PH.), 2001. Le tour de bassin d'alimentation. Une méthode interactive de communication pour la préservation de la qualité des ressources en eau. *Courrier de l'Environnement de l'INRA* 42 : 79-82.

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.

**BENOIT M., PAPPY F.**, 2001. La place de l'agronomie dans la problématique environnementale. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. 2 : 83-98.

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.

**BROSSIER J., HUBERT B.** 2000. Intégrer les sciences biotechniques, économiques et sociales. Recherches sur les systèmes techniques en agriculture, dans le développement rural et dans la gestion des ressources naturelles au département INRA-SAD. *Cahiers Agriculture* 2000.

**BROSSIER J., MARSHALL E., CHIA E., PETIT M.**, 1997 - Gestion de l'exploitation agricole familiale. Eléments théoriques et méthodologiques. Ouvrage de synthèse Educagri Editions ENESAD CNERTA 220 p. Nouvelle édition 2002.

Canter L. W., 1997. *Nitrates in groundwater*. Lewis publisher. 263 pages

**CHIA E., DEFFONTAINES JP.** 1999. Pour une approche sociotechnique de la « gestion de la qualité de l'eau » par l'agriculture. *Natures Sciences Sociétés* vol 7 n°1 pp. 31-42.

Christophe C., Lardon S., Monestiez P. (éd.), 1996. *Etude des phénomènes spatiaux en agriculture*. INRA Editions, Paris, série colloque, 365p.

**DEFFONTAINES JP. BROSSIER J. (Eds)** 1997 *Agriculture et Qualité de l'eau: l'exemple de Vittel*. Dossier de l'environnement n°14, 78 p.

**DEFFONTAINES JP. BROSSIER J.** 2000 Système agraire et qualité de l'eau. Efficacité d'un concept et construction négociée d'une recherche. *Natures Sciences Sociétés* vol 8 n°1 pp. 14-25.

Deffontaines J-P., Benoît M., Brossier J., Chia E., Gras F., Roux 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.

Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

Fresco L., (ed.), 1993. Future of the land. Wageningen.

**GAFSI M., BROSSIER J.** 1999. Collective Dimension and Learning Process in Change of Farming Practices in order to Preserve Water Quality. *Contributed Paper 64<sup>th</sup> seminar of European Association of Agricultural Economists, Berlin*. To be published in "Berlin Co-operative Studies" 10p

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, 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* . pp 187-204.

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.

**GIRIN J.** 1990. L'analyse empirique des situations de gestion. In A.C. Martinet (Dir) : *Epistémologie et sciences de gestion*. Paris. Economica. pp. 141-182.

**HATCHUEL A.** (1994). Apprentissages collectifs et activités de conception. *Revue Française de Gestion*, n° 99, pp. 109-120.

*Hatchuel A* Référence dans DADP Montpellier

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 *La géographie des risques dans le monde* (G. Wackermann, ed.) : Dossier n°4 : 287- 302.

INRA-ENSSAA, 1977. *Pays, Paysans, Paysages dans les Vosges du Sud*. INRA.144 pages.

Joannon A., 2004. *Coordination spatiale des systèmes de culture pour la maîtrise de processus écologiques. Cas du ruissellement érosif dans les bassins versants agricoles du pays de Caux, Haute normandie*. Thèse de doctorat en agronomie . INAPG. 239 pages + annexes.

**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 ; 18* :103-115.

Leigh R.A., Johnston A.E., 1994. *Long term Experiment in Agricultural and Ecological Sciences*. Harpenden, UK, Rothamsted Experimental Station. CAB International, 428p.

Le Moigne J. L., 1990. *La modélisation des systèmes complexes*. Afcet systems. Dunod, paris, 178p.

**LEMERY B., BARBIER M., CHIA E.** 1997. Une recherche-action en pratique : entre production d'eau minérale et agriculture. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*, n° 30. pp. 71-89.

**Lovett, A.; Herrmann, S.; Appleton, K. and T. Winter (2003): *Landscape Modelling and Visualisation for Environmental Planning in Intensive Agricultural Areas*. In: E. Buhmann, S. Ervin (eds.) Trends in Landscape Modeling, Wichmann, Heidelberg, pp.114-122**

**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.

Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains

## Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique Cersiy 23-30 juin

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. 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. Agricultures*, 4, 351-62.

Mignolet C., Benoît M., Saintôt D., 1997. 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.M., 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.

Mignolet C., Thénard V., Benoît M., Anfrie 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.

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., 1996. Methods and scales of intervention : what methodological renewal for System research ? In : *Systems-Oriented Research in Agriculture and Rural Development* (Inter. Sympos., Montpellier, 21-25/11/94, Lectures and Debates, CIRAD, Montpellier, 169-172;

Pahl G. et Beitz W., 1996. *Engineering Design. A systematic Approach.*, Springer, 1996

**PISANI E.** 1998. Le rôle de médiateur. *Le journal de l'Ecole de Paris du Management* N° 10.

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'Aboncourt)*, 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, pp.35-72.

Sebillotte M., Leclerc L.A., Hoflach P., Sebillotte C., 2003. Prospective Eau et Milieu aquatique. Cemagref-INRA. INRA ed. 211 p.

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 (1999) 311-325.

**Benoît Brossier Atelier 10 : Modéliser et agir dans les systèmes complexes : la question des dispositifs humains**