

# **La prise en compte du temps dans l'analyse du fonctionnement des systèmes fluviaux anthropisés: prospective et rétrospective**

## **Rapport de l'Atelier de Dourdan (3 – 4 Novembre 1998)**

### **1. Le temps dans le fonctionnement des fleuves**

Les systèmes fluviaux non influencés par l'homme sont en général à l'équilibre avec les conditions du milieu naturel et n'évoluent que très lentement au rythme des changements climatiques ou géologiques. Leur fonctionnement n'en est pas moins très dépendant d'événements exceptionnels de fréquence de retour décennale ou séculaire. Le temps est donc une dimension essentielle à prendre en compte dans l'étude des systèmes fluviaux naturels.

L'anthropisation des fleuves et de leur bassin versant conduit à d'autres changements, à des échelles de temps et d'espace très variées et souvent interdépendantes, qui interfèrent avec la dynamique temporelle déjà complexe des systèmes naturels.

En Europe de l'Ouest, ces changements concernent dès le Néolithique l'occupation du sol sur le bassin versant. L'aménagement hydraulique du réseau hydrographique, avec la création d'étangs et de moulins sur les plus petits cours d'eau est maximum dès les XII et XIIIe siècles. Dès cette époque, les procédés proto-industriels sont déjà générateurs d'une pollution ponctuelle organique et toxique proportionnellement très importante par rapports aux productions, dans les centres urbains, sans qu'une estimation quantitative en soit disponible. L'accroissement démographique des villes et l'accroissement de la production industrielle, qui se fait tout d'abord selon les mêmes procédés artisanaux, conduit à une augmentation considérable de la pollution urbaine au début du XIXe siècle. La «révolution sanitaire» menée à Paris par Belgrand amène la collecte des eaux usées pour un déversement ponctuel en aval de la capitale d'abord sans épuration puis avec un traitement progressif. Cette phase du « tout à la rivière » durera jusque vers les années soixante à partir desquelles les traitements et/ou le recyclage des eaux usées domestiques puis industrielles se mettent en place. Les premières réglementations généralisées liées à la qualité du milieu aquatique se développent avec la mise en place des Agences de Bassin au début des années 1970. En matière de production agricole, les grands changements ne s'amorcent que vers les années 1950 avec la généralisation du recours aux engrais de synthèse, puis aux pesticides. La prise de conscience de l'impact de l'agriculture moderne sur la qualité des eaux, et la mise en place de programmes d'action en ce domaine, ont aussi été beaucoup plus tardives que celles relatives aux problèmes causés par les rejets urbains.

Durant les 150 dernières années, parallèlement aux grandes vagues de pollutions suivies de prise de conscience et d'action pour gérer la qualité des eaux des fleuves, l'hydrographie fluviale a été profondément modifiée: aux multiples étangs et moulins établis à la fin du Moyen Age surtout sur les cours d'eau d'ordre 2 à 5, ont succédé les travaux de canalisation des cours d'eau d'ordre 6 à 8 à des fins de navigation, l'extraction de granulats dans le lit mineur puis dans le lit majeur des grandes rivières, la construction de barrages et de réservoirs destinés à la production hydroélectrique, à la régulation des crues ou au soutien des étiages.

La rapidité de ces changements et l'inertie de la réponse du système empêche désormais de considérer les écosystèmes fluviaux comme à l'équilibre par rapport aux contraintes anthropiques auxquelles ils sont soumis.

### **2. L'approche du PIREN-Seine.**

Dans ses deux premières phases (de 1989 à 1997) le Programme PIREN-Seine s'est attaché à mettre en évidence l'importance actuelle de ces impacts anthropiques sur le fonctionnement du système fluvial et à mettre au point des outils méthodologiques pour les comprendre. Des approches typologiques descriptives de l'évolution du milieu, prenant en compte la taille des bassins, voire leur localisation (rurale ou périurbaine), ont été développées. Mais le programme doit surtout son originalité au développement d'outils de modélisation permettant de relier le fonctionnement du système aux contraintes que lui imposent le climat, la morphologie de son réseau hydrographique (la structure du paysage) et l'activité humaine dans son bassin versant. Le point de

vue qui a été privilégié est celui, au sens large, du fonctionnement biogéochimique: le fonctionnement du système fluvial, comme celui de l'écosystème formé par son bassin versant, est décrit par la manière dont s'organisent et se structurent en son sein les flux et les stocks de matière.

L'application de ces modèles s'est limitée jusqu'ici à la période sub-actuelle (typiquement 1970-1998), et la notion de temps long, au delà du cycle saisonnier, n'a guère été prise en compte dans le programme. Les recherches réalisées ne permettent pas d'aborder une réflexion sur *l'avenir du fonctionnement du système à l'horizon de plusieurs décennies*. De telles réflexions sont pourtant nécessaires pour fonder les décisions d'aménagements qui doivent être prises dans les années proches, et qui auront des conséquences à long terme. Par ailleurs, peu d'intérêt a été porté jusqu'ici à la *reconstitution rétrospective* du fonctionnement biogéochimique du bassin dans le passé, qui, outre son intérêt intrinsèque, peut constituer un moyen efficace de valider la démarche de modélisation sur le long terme.

Dans sa troisième phase (1998-2001), le programme PIREN-Seine s'est donc donné le projet d'*étendre la dimension temporelle de son approche du fonctionnement du système fluvial et de son bassin versant*.

Les difficultés d'un tel projet sont considérables :

(i) le milieu aquatique réagit à des modifications extérieures avec des temps de réponses variés: de quelques jours pour les eaux de surface, à plusieurs semaines voire dizaines d'années pour les nappes phréatiques. La modélisation des aquifères, par exemple, nécessitera de prendre en compte l'évolution de l'usage du sol durant les 50 dernières années. Les zones humides, quant à elles, forment des tampons efficaces aux fluctuations à court terme, et modifient les flux qu'elles reçoivent (dénitrification, alluvionnement, etc...)

(ii) Le développement des apports en polluants (nutriments, matières organiques, toxiques) est propre à chaque catégorie de produits. Dans certains cas, il y a des effets retard considérables comme le stockage des nitrates dans les nappes souterraines, et celui des micropolluants dans les sols.

(iii) La durée des grands aménagements est de l'ordre du siècle et au dessus: à l'échelle humaine on peut les considérer comme permanents. Par contre, des aménagements fluviaux plus modestes ont des durées de vie courtes ou peuvent être facilement supprimés si le besoin s'en fait sentir.

(iv) A ces inerties du milieu aquatique s'en ajoutent d'autres au moins aussi fortes dans le domaine socio-politique et dans le domaine économique. Dans un fleuve très anthropisé le principe de précaution est souvent difficile à mettre en oeuvre. La gestion de la qualité du milieu résulte plutôt du jeu des pressions des divers groupes sociaux et de la réponse qu'en font les acteurs politiques et économiques.

La prédiction de l'évolution du milieu à ces échelles de temps doit donc maîtriser ou prendre en compte ces différents relais, temps de latence, temps de réponse. Le poids du passé sur la contamination des sols, des nappes, sur l'artificialisation du réseau, l'évolution des zones humides etc... est également très important. Pour cela la connaissance qualitative et parfois la quantification de l'évolution passée (analyse rétrospective) est précieuse voire indispensable dans les systèmes fluviaux.

Dans la Seine, on dispose d'excellentes chroniques de surveillance, et d'études repères sur beaucoup de descripteurs du milieu aquatique depuis 50, 100 ou 150 ans, qu'il s'agisse de variables de qualité de l'eau (des analyses de teneur en oxygène et nitrates existent dès le milieu du XIXe siècle!) ou de relevés de faune piscicole. Les recensements de population, enquêtes agricoles ou industrielles disponibles permettent d'établir et de cartographier à l'échelle du bassin ou sur des secteurs pilotes, les modes d'occupation des sols, les rejets, les modifications du réseau fluvial. Le bassin de la Seine constitue donc assurément un espace idéal pour mener à bien un tel projet.

Il est clair cependant, que l'exploitation de cet abondant 'matériel', et la réalisation de ce projet, même s'il reste essentiellement structuré autour d'une approche 'biogéochimique', privilégiant la description en terme de flux de matière, nécessite d'étendre le champ des disciplines déjà impliquées dans le programme à l'histoire des techniques et du paysage, à l'économie, à la sociologie...

### 3. Objectifs et déroulement de l'Atelier

L'objectif de l'Atelier que nous organisons est donc de faire l'inventaire des démarches pertinentes par rapport à notre projet scientifique, et des forces disponibles pour le mener à bien.

L'Atelier comprendra un temps de présentation en séances plénières d'études de cas relatives à l'évolution passée ou actuelle de systèmes fluviaux, ou de présentation de visions théoriques sur l'évolution des hydrosystèmes (typologie des systèmes fluviaux anthropisés, modèles conceptuels,...), ainsi qu'un temps de discussion en vue de l'organisation du projet.

Le programme précis sera établi sur la base des propositions de communications que nous vous demandons de nous faire parvenir pour le 12 octobre. Dès à présent, voici à titre indicatif, quelques unes des questions et des thèmes que nous aimerions voir aborder:

**Q<sub>1</sub>\*** Quels **descripteurs ou indicateurs** sont disponibles dans chaque discipline (indicateurs hydrologiques, chimiques, halieutiques, écologiques, économiques, sociaux, socio-politiques, techniques, juridiques, etc...) pour décrire l'évolution du milieu fluvial et des rapports de l'Homme au Fleuve?

Quelle est leur nature (qualitative vs quantitative), à quelles échelles de temps et d'espace s'adressent-ils?

**Q<sub>2</sub>\*** Des approches empiriques ou de modélisation sont actuellement en plein développement pour analyser le lien entre l'activité agricole, la gestion du paysage et la qualité de l'eau. Des approches similaires sont-elles imaginables en matière d'activité industrielle et de consommation de biens non alimentaires? Quel peut être à cet égard l'apport de l'**écologie industrielle**? Il s'agirait de développer une démarche permettant d'analyser l'ensemble des flux de matière auxquels donnent lieu l'activité humaine dans l'espace défini par le bassin versant, et leur évolution dans le temps.

**Q<sub>3</sub>\*** Quel est l'état de l'art en matière de **modélisation rétrospective** du fonctionnement des systèmes fluviaux? Quels sont les besoins et les disponibilités en données? Quel projet réaliste peut-on se fixer à cet égard sur le cas de la Seine? avec quel objectif?

**Q<sub>4</sub>\*** Quelle est l'attitude des 'gestionnaires' du bassin face au long terme? Existe-t-il à quelque niveau que se soit, des **scénarios de travail** relatifs à l'avenir à long terme (20 à 50 ans) des ressources en eau?

## Participants

- Beck** Corinne, CNRS, Centre Georges Chevrier, Faculté de Droit et de Science Politique, 4 Bd Gabriel 21000, Dijon, tél. : 03 80 41 88 12, fax. : 03 80 39 54 68 ([cbeck@ipac.fr](mailto:cbeck@ipac.fr))
- Benoit** Marc, INRA, Systèmes Agraires et Développement. Domaine de Mirecourt, BP 29, 88501, Mirecourt Cedex, tél. : 03 29 38 55 00 ([benoit@mirecourt.inra.fr](mailto:benoit@mirecourt.inra.fr))
- Benoit** Paul, Centre d'Etudes Juridiques et Historiques, Univ. Panthéon-Sorbonne, 9 rue Mahler, 75004 Paris ([cdaubas@univ-paris1.fr](mailto:cdaubas@univ-paris1.fr)), tél.: 01 44 78 33 73, fax.: 01 44 78 33 89.
- Bertaud** Jackie, URA Sisyphe CNRS/UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 06, ([berteaud@biogeodis.jussieu.fr](mailto:berteaud@biogeodis.jussieu.fr)), tél. : 01 44 27 73 74, fax. : 01 44 27 51 25.
- Billen** Claire, IGETA ULB, 50 av. F. Roosevelt, 1050 Bruxelles, Belgique, ([cbillen@resulb.ulb.ac.be](mailto:cbillen@resulb.ulb.ac.be)), tél.: 32 2 649 10 29.
- Billen** Gilles, URA Sisyphe CNRS/UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 06, ([gbillen@biogeodis.jussieu.fr](mailto:gbillen@biogeodis.jussieu.fr)), tél. : 01 44 27 51 19, fax. : 01 44 27 51 25.
- Boët** Philippe, Cemagref, QHAN, Parc de Tourvoie, 92185 Antony Cedex, ([philippe.boet@cemagref.fr](mailto:philippe.boet@cemagref.fr)), tél. : 01 64 15 36 45.
- Bravard** Paul, UFR de Géographie; Université Paris Sorbonne, 191 rue St Jacques, 75005 Paris, ([jpbavard@sorbon.sorbonne.fr](mailto:jpbavard@sorbon.sorbonne.fr)), tél.: 01 44 32 14 45, fax.: 01 44 32 14 38.
- Cun** Christine, CRECEP chimie organique, 144 avenue Paul Vaillant Couturier, 75014 Paris, ([ccun@crecep.fr](mailto:ccun@crecep.fr)), tél.: 01 40 84 77 19, fax.: 01 40 84 77 20.
- De Vanssay** Bernadette, URA 1270, Lab. Psychologie de l'Environnement, 28 rue Serpente, 75006 Paris, tél. : 01 40 51 99 16, fax. : 01 40 51 99 19. (et 45 rue des Saints Pères, 75006 Paris, tél. : 01 42 86 20 98) ([bdevanssay@aol.com](mailto:bdevanssay@aol.com))
- De Vaulx** Maurice, DATAR, 1 Ae Charles Floquet, 75007 Paris, (tél.: 01 40 65 11 81 et 01 49 55 81 28, fax.: 01 40 65 12 38.
- Deligne** Chloé, IGEAT ULB, 50 av. F. Roosevelt, 1050 Bruxelles, Belgique
- Erkman**, Suren. ICAST, PO Box 474 CH1211 Genève 12, Suisse. ([suren.erkman@icast.org](mailto:suren.erkman@icast.org)), tél.: 41 22 346 10 87, fax.: 41 22 346 64 66.
- Fustec** Eliane, UMR Sisyphe CNRS/UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, ([fustec@biogeodis.jussieu.fr](mailto:fustec@biogeodis.jussieu.fr)), tél.: 01 44 27 50 18, fax.: 01 44 27 51 25.
- Garnier** Josette, UMR Sisyphe CNRS/UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, ([jgarnier@biogeodis.jussieu.fr](mailto:jgarnier@biogeodis.jussieu.fr)), tél.: 01 44 27 70 27, fax.: 01 44 27 51 25.
- Guillerm** André, CDHT CNAM, 5 rue du Verbois 75141 Paris Cedex 03 ([guillerm@cnam.fr](mailto:guillerm@cnam.fr)), tél.: 01 53 01 80 25, fax.: 01 53 01 80 24.
- Jigaudon** Gérard, CDHT CNAM Paris, 5 rue du Verbois, 75141 Paris Cedex 03 ([jjigaudon@cnam.fr](mailto:jjigaudon@cnam.fr)), tél.: 01 53 01 80 45.
- Johannes** Bruno, Agence de l'Eau Seine-Normandie, 51 rue Salvador Allende, 92027 Nanterre, tél. : 01 41 20 16 69.
- Mermet** Laurent, ENGREF, 19 Avenue du Maine, 75732 Paris cedex 15, ([mermet@engref.fr](mailto:mermet@engref.fr)), tél.: 01 45 49 89 72, fax.: 01 45 49 88 27.
- Meybeck** Michel, UMR Sisyphe CNRS/UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, ([meybeck@biogeodis.jussieu.fr](mailto:meybeck@biogeodis.jussieu.fr)), tél.: 01 44 27 51 48, fax.: 01 44 27 51 25.
- Mignolet** Catherine, INRA, Systèmes agraires et développement, BP. 29, 88501 Mirecourt Cedex, tél.: 03 29 38 55 00.
- Mouchel** Jean Marie, CERGRENE ENPC, 8 av Blaise Pascal, Champs sur Marne, 77 455 Marne la vallée Cedex 2, ([mouchel@cergrene.enpc.fr](mailto:mouchel@cergrene.enpc.fr)), tél.: 01 64 15 36 45.
- Muxart** Tatiana, CNRS, Laboratoire de Géographie Physique, 1 place Aristide Briand, 92195 Meudon Cedex, ([muxart@cnrs-bellevue.fr](mailto:muxart@cnrs-bellevue.fr)), tél. :01 45 07 55 53, fax. : 01 45 07 58 30.
- Poulin** Michel, Centre d'Informatique Géologique, Ecole des Mines de Paris, 77305 FONTAINEBLEAU, ([poulin@cig.ensmp.fr](mailto:poulin@cig.ensmp.fr)), tél : 0164694748, fax : 0164694703
- Poux** Xavier, ENGREF, 19 avenue du Maine, 75732 Paris Cedex 15.
- Thibault** Max, INRA, Laboratoire d'Ecologie Aquatique, 65 rue de Saint Briec, 35042 Rennes. Cedex, tél.: 02 99 28 54 42, fax.: 02 99 28 54 40.
- Vial** Jean Claude. Agences de l'eau Seine-Normandie, 51 rue Salvador Allende, 92027 Nanterre, ([vial.jean\\_claude@aesn.fr](mailto:vial.jean_claude@aesn.fr)), tél.: 01 41 20 16 00.

# Programme

## Mardi 3 Novembre

9H30 – 10h00

Accueil des participants

10h00 – 11h00

**Gilles Billen** : présentation du Piren-Seine

**Michel Meybeck** : problématique générale de l'atelier

Discussion générale

11h00 – 13h00 **Evolution préindustrielle des bassins fluviaux**

**Philippe Boët** : Echelle de temps et d'espace en ichtyologie fluviale.

**Paul Benoit** : Abbayes, étangs et moulins dans le bassin de la Seine au Moyen Age.

**Max Thibault** : Les fleuves côtiers bretons à saumon atlantique depuis le plein Moyen Age.

**Josette Garnier** : Aménagements hydraulique et fonctionnement écologique des grands réseaux hydrographiques perspectives historiques et modélisation.

Autres intervenants possibles : **Christine Beck** (histoire du peuplement ?), **Jean Paul Bravard** (Evolution sédimentaire)

14h00

### **Evolution pendant l'ère industrielle**

**Claire Billen** : Pressions anthropiques affectant les systèmes fluviaux vues par les académies et les sociétés savantes.

**Gérard Jigaudon** : Géographie historique des établissements industriels ; les outils de recherche ;

**Chloé Deligne** : Apports en nutriments aux eaux de surface résultant des processus industriels à la fin du XIX<sup>ième</sup> siècle (la Senne, Bruxelles et la Seine, Paris).

**Jean Marie Mouchel** : Alimentation et assainissement de l'agglomération parisienne aux XIX<sup>ième</sup> et XX<sup>ième</sup> siècle.

16h30

### **Evolution récente et situation actuelle**

**Christine Cun** : Evolution temporelle des indicateurs chimiques de la qualité des eaux de la Seine.

**Maurice de Vault** : Influence des variations dans le temps de la couverture végétale des hauts bassins versants sur les étiages ; cas du Massif Central.

Autres intervenants possibles : **Jean Paul Bravard** et **Elaine Fustec** (zones humides), **Michel Meybeck** (Structure spatiale de la contamination), **Tatiana Muxart**.

20h30

### **Evolution future : méthodes et modèles**

**Laurent Mermet** : Enjeux théoriques et méthodologie de la prospective d'un hydrosystème.

Autres intervenant possible : **André Guillerme**

## Mercredi 4 Novembre

8h00

### **Evolution future : méthodes et modèles (suite)**

**Marc Benoit** : Dynamique régionale des systèmes techniques agricoles.

**Suren Erkman** : L'écologie industrielle, une stratégie de développement.

**Gilles Billen** : Ouverture des cycles de nutriments depuis cinquante ans : approche de l'écologie industrielle.

Autres intervenants possibles : **Bruno Johannes** et **Jean Claude Vial** (prospective de gestion d'un bassin), **Bernadette de Vanssay** (changement des comportements), **Michel Poulin** (scénarios d'assainissement et modèles).

14h30 – 16h30 **Synthèse générale et conclusions**

# Titre des communications présentées

Séminaire du 3 et 4 Novembre 1998

*Benoît Marc* : Méthodologie pour représenter la dynamique régionale des systèmes techniques agricoles (bassin de la Seine) (avec E. Bienaimé, F. Le Ber, J.F. Mari, C. Mignolet et R. Riela-Cossera).

*Benoît Paul* : Abbayes, étangs, moulins dans le bassin de la Seine au Moyen Age.

*Billen Claire* : Pressions anthropiques affectant les systèmes fluviaux vues par les académies et les sociétés savantes au XIX<sup>ième</sup> siècle.

*Billen Gilles* : Ouverture des cycles de matières dans le bassin de la Seine au cours des 50 dernières années : l'approche de l'écologie industrielle.

*Boët Philippe* : Echelles de temps et d'espace en ichtyologie fluviale.

*Cun Christine* : Evolution temporelle des indicateurs chimiques de qualité des eaux de la Seine, impacts des activités humaines (avec la collaboration de R. Vilagines)

*De Vault Maurice* : Influence des variations dans le temps de la couverture végétale des hauts bassins versants sur les étiages : le cas du Massif Central.

*Deligne Chloé* : Apports des nutriments aux eaux de surface résultant des processus industriels à la fin du XIX<sup>ième</sup> siècle. Exemples de la Senne (Bruxelles) et de la Seine (Paris).

*Erkman Suren* : L'écologie industrielle, une stratégie de développement.

*Garnier Josette* : Aménagement hydraulique et fonctionnement écologique des grands réseaux hydrographiques : perspectives historiques et modélisation.

*Jigaudon Gérard* : Géographie historique des établissements industriels : les outils de recherche.

*Mermet Laurent* : Enjeux théoriques et méthodologie de la prospective d'un hydrosystème (avec Xavier Poux).

*Mouchel Jean Marie* : Alimentation et assainissement de l'agglomération parisienne au XIX et XX<sup>ième</sup> siècle.

*Thibault Max* : Les fleuves côtiers bretons à Saumon atlantique depuis le plein moyen Age (XI - XIII<sup>ième</sup> siècle).

# Fouilles de données statistiques et modélisation d'expertises

Pour représenter la dynamique régionale des systèmes techniques agricoles dans le bassin de la Seine

**Benoit Marc (1), Bienaime Elisabeth (2), Le Ber Florence (3), Mari Jean-François (4), Mignolet Catherine (1), Riela-Cosserat Régine (2)**

Adresses professionnelles:

(1) INRA Station SAD; 88500 MIRECOURT

(2) INRA DI ;54280 CHAMPENOUX

(3) INRA LIAB; 54280 CHAMPENOUX

(4) UMR 7503 LORIA ,Université Nancy II; 54500 VANDOEUVRE LES NANCY

## **Une question : comment segmenter dynamiquement le bassin de la Seine selon l'évolution des activités agricoles ?**

La mise en relation de la dégradation de la qualité de l'eau avec des paramètres de l'activité humaine met en avant les occupations du sol des bassins et les pratiques agricoles mises en oeuvre (Auzet et al., 1990 ; Canter, 1997). Notre expérience de recherche dans le bassin Rhin-Meuse (Gaury, 1992 ; Deffontaines et al., 1994) confirme cette hypothèse forte, en soulignant l'effet primordial du retournement des prairies permanentes. L'utilisation de cette hypothèse forte a ainsi permis à Granier et Billen (1998) de modéliser avec une prédiction correcte la qualité nitrique des eaux de sous-bassins du bassin de la Seine.

Ce projet de recherche vise à fournir **les données d'évaluation des entrées de nitrates dans les systèmes hydrologiques**, nécessaires à la modélisation des flux de nitrates dans le bassin de la Seine. Il s'agit essentiellement de fournir des paramètres d'entrées aux modèles développés par le projet d'Emmanuel Ledoux (Ecole des Mines de Paris) géralbles sous un SIG. D'autre part, il s'agit pour nous de contribuer à l'élaboration de connaissances et de méthodes nouvelles dans le thème de la représentation des dynamiques régionales des systèmes techniques agricoles (thème 3 du SAD "réorganisé").

Notre travail consiste ainsi à rendre compte de l'importance de l'évolution spatialisée des systèmes de culture (successions culturales + fertilisations), en posant l'hypothèse que cette évolution est liée aux dynamiques des types d'exploitation agricoles dans lesquels les systèmes de culture sont insérés. Compte-tenu de l'étendue de la zone étudiée, nous faisons le choix de valoriser l'ensemble des connaissances déjà existantes et disponibles sur ce thème, à partir de deux sources principales : d'une part les informations statistiques du SCEES et du Ministère de l'Agriculture, et d'autre part les représentations mentales des experts de l'agriculture (en particulier des conseillers agricoles et des responsables professionnels).

## **Un pari méthodologique : coordonner des informations statistiques et des connaissances expertes**

Quatre phases sont envisagées :

- 1) Création de la structure informatique de coordination entre les faits rassemblés,
- 2) Création des entités à identifier dans le bassin de la Seine (occupations du sol et successions culturales) à partir des données statistiques existantes,
- 3) Qualification de ces entités à base de diagnostics d'experts,
- 4) Evaluation des grands changements de systèmes de culture : chronologie et spatialisation.

✓ **Segmentation du bassin de la Seine (occupations du sol et successions culturales) à partir des données statistiques existantes :**



Les données statistiques sont disponibles sur deux mailles spatiales : les cantons et les Petites Régions Agricoles (PRA) dessinées en 1955 lors du premier Recensement Général de l'Agriculture. Sur cette base cantonale/PRA, nous chercherons, par des traitements spécifiques de données classiques de statistiques agricoles, à évaluer l'évolution des variables les plus pertinentes vis-à-vis de la création des flux d'entrées de nitrates dans les hydrosystèmes.

1 - Evolution de la répartition des assolements et des types de systèmes techniques agricoles : à partir des statistiques des Recensements Généraux de l'Agriculture de 1970, 1979 et 1988, l'évolution des orientations technico-économiques des exploitations (définies selon la nomenclature OTEX de la Communauté européenne) sera analysée de façon séquentielle sur un pas de temps de 9 ans (Mignolet et al., 1994). Une cartographie de cette évolution, basée sur le classement multivarié des cantons ou des PRA en fonction des combinaisons d'OTEX qui les caractérisent, sera réalisée sous le SIG Arc-Info (Mignolet, 1995). Les assolements de chaque OTEX seront enfin étudiés sur les 3 années.

2 - Evolution des successions culturales : à partir des données TERRUTI (enquête nationale annuelle sur l'utilisation du territoire agricole depuis 1972) agrégées sur une base cantonale ou de PRA, seront extraits l'évolution des occupations du sol de 1972 à 1998, le tableau de l'ensemble des successions culturales pratiquées et de leurs évolutions, et la répartition cantonale/PRA de ces évolutions.

Les règles de décision qui amènent un agriculteur à choisir une certaine succession de culture plutôt qu'une autre sur une parcelle donnée, ne sont pas précisément connues. De nombreux critères peuvent intervenir, qu'ils soient d'ordres fonctionnels, économiques, agronomiques, pédo-climatiques ou encore géométriques. Cependant, dans un système de culture à l'équilibre (modifications lentes et progressives), la principale règle de succession dépend de l'occupation actuelle et éventuellement de l'occupation de l'année précédente. Cette hypothèse permet d'utiliser les modèles de Markov cachés (HMM : Hidden Markov Model) pour traiter les successions obtenues à partir des données TERRUTI en collaboration étroite avec des chercheurs en intelligence artificielle (Mari, Le Ber et Benoît, 1998).

#### ✓ **Evolution des pratiques de fertilisation :**

A partir des enquêtes culturales, réalisées chaque année par les services statistiques du Ministère de l'Agriculture, sur les principales cultures d'un échantillon d'exploitations, seront évaluées les balances azotées (apports d'engrais et déjections - exportations par les récoltes ; Benoît, 1992) des principales successions culturales identifiées dans la phase précédente grâce aux modèles de Markov, ainsi que leur évolution par canton/PRA. L'évolution de ces balances sera restituée par grands types de successions culturales. En effet, une balance azotée sur un couvert permanent de prairies aura un effet atténué sur le risque de pollution nitrique en comparaison à une valeur semblable sur une succession comportant un grand nombre de cultures de printemps.

#### ✓ **Qualification des occupations du sol et des successions culturales à base de diagnostics d'experts:**

L'objectif de cette étape est d'élaborer une carte synthétique et argumentée des zones agricoles par département, ces zones étant définies par les dynamiques des systèmes techniques et des systèmes de culture (successions culturales et pratiques de fertilisation) (Benoît et Maire, 1991). Trois hypothèses soutiennent cette qualification de l'évolution de l'agriculture à dire d'expert : (i) il existe des articulations fortes entre l'évolution du fonctionnement de l'agriculture et certaines caractéristiques fortes du milieu (physique et humain) de petits territoires ; (ii) les experts (conseillers agricoles, responsables des approvisionnements agricoles, responsables professionnels agricoles) peuvent rendre compte de ces relations, qu'ils appréhendent quotidiennement dans leur travail ; (iii) la formalisation sous forme de représentations cartographiques de ces connaissances est susceptible d'améliorer les capacités d'action des experts (Krivine et David, 1991).

En utilisant un fond de carte contenant uniquement les limites communales (au 1/100000<sup>ième</sup>), nous demanderons à un panel d'experts de l'évolution de l'agriculture des départements de délimiter les zones et d'y qualifier les dynamiques des systèmes techniques. Nous tenterons d'obtenir non seulement des informations sur les "comment" mais également sur les "pourquoi" de ces dynamiques. Les différentes cartes et les descriptions des dynamiques afférentes seront ensuite comparées pour en déduire un corps de règles sur leurs accords et leurs désaccords.

#### ✓ **Evaluation des grands changements de systèmes de culture : chronologie et spatialisation :**

Après caractérisation des grandes tendances d'évolution régionale des systèmes techniques agricoles, nous focaliserons le travail sur les systèmes de culture. En effet, il est important pour nous de garder les deux niveaux d'organisation des systèmes agraires confrontés à des questions de protection des ressources en eau que sont l'exploitation et la parcelle agricoles.

Une première synthèse des données sera réalisée à découpage spatial stable : le canton et la PRA. Le nombre de cantons/PRA disponibles dans le bassin de la Seine permettra des comparaisons dynamiques que nous supposons pertinentes (diversité inter-cantonale suffisamment importante pour être significative). Dans cette synthèse, les résultats sur la dynamique des systèmes techniques, des successions culturales et des balances azotées seront articulés.

Un deuxième niveau de synthèse consistera à intégrer les connaissances expertes obtenues par enquêtes. Deux procédures seront utilisées :

- dans les "noyaux durs" d'évolution reconnus par les experts, nous introduirons leurs règles dans les cantons/PRA correspondants,
- à l'échelle du bassin de la Seine, nous comparerons les découpages "experts" avec les découpages cantons/PRA obtenus dans notre première synthèse. Il s'agira alors de porter un regard critique sur les découpages actuels de représentation de l'activité agricole dans le cadre de notre question de recherche.

## Conclusions

Les données traitées permettront de **disposer d'un corpus des évolutions des systèmes techniques agricoles et des systèmes de culture** composant un SIG. Cette phase permettra de disposer d'un outil interdisciplinaire de travail entre collègues de ce programme de recherche, en particulier avec des collègues de l'Ecole des Mines (spatialisation dynamique des flux d'eau dans l'hydrosystème Seine).

Nous tenterons de **construire un tableau de bord des indicateurs de risque et de leur spatialisation sur le bassin de la Seine** : les évolutions relevées permettront d'identifier les variables-clés ayant une dynamique récente forte. Leur mise en forme sera à mener pour permettre aux partenaires du PIREN-Seine (Agence de l'Eau Seine-Normandie, SAGEP) de disposer d'un produit de nos recherches les aidant dans leurs décisions.

Quelques questions pratiques restent cependant à résoudre pour coordonner nos avancées dans ce programme PIREN-Seine sur les apports diffus :

- Quel fond cartographique retenir pour permettre une digitalisation compatible avec les autres fonds SIG créés par ce programme ?
  - A. Quel découpage est utilisé par les collègues "géologues" et quelle est sa compatibilité avec les fonds cantonaux/PRA de notre synthèse statistique et avec les régions dessinées par les experts?

## Références bibliographiques :

- AUZET V., BOIFFIN J., PAPY F., MAUCORPS J. and OUVRY J.-F., 1990.** An approach to assessment of erosion forms and erosion risks on agricultural land in the northern Paris Basin. *In* : Boardman J., Foster I.D.L., Dearing J.A. (eds.), *Soil erosion on agricultural land*, John Wiley and Sons, New-York : 383-400
- BENOIT 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., MAIRE B., 1991.** Création d'une carte d'experts. Images des zones agricoles de la Haute-Marne. *In* « *Gestion de l'espace rural et système d'information géographique* » : 267-275
- CANTER L.-W., 1997.** Nitrates in groundwater. *Lewis Publishers* : 263 pages
- DEFFONTAINES J.-P., BROSSIER J., BENOIT M., CHIA E., GRAS F., ROUX M., 1994.** Agricultural practices and water quality. A research development project. *In* : BROSSIER J., BONNEVAL L. de, LANDAIS E. (éds). *Systems studies in agriculture and rural development*. INRA Editions, Paris. Coll. Science Update : 31-61.

- 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 hydro-minéral. *Thèse de doctorat de l'ENSA de Rennes* : 229 pages + annexes.
- KRIVINE J.-P., DAVID J.-M., 1991.** L'acquisition des connaissances vue comme un processus de modélisation : méthodes et outils. *Intellectica*, 12(2) : 101-137
- MARI J.-F., LE BER F., BENOIT M., 1998.** Reconnaissance de successions culturelles par modèles de Markov : une étude préliminaire. *Colloques SMAGET* (à paraître)
- MIGNOLET C., 1996.** Projection spatiale de la diversité des exploitations agricoles du département des Vosges. In C. Christophe, S. Lardon et P. Monestiez (eds) « *Etude des Phénomènes Spatiaux en Agriculture* », La Rochelle (France), 6-8 décembre 1995, Paris, INRA Editions Les Colloques n°78 : 143-150
- MIGNOLET C., BUTAULT J.-P., MORHAIN B., PERROT Ch., 1994.** Typologie des systèmes laitiers lorrains. *AGRESTE, Vision n° 10*. 5 pages.

# L'ouverture des cycles de matière dans le bassin de la Seine au cours des 50 dernières années: Une approche d'Ecologie Industrielle.

**G. Billen**

La démarche synthétique de l'écologie fonctionnelle conduit à définir le fonctionnement biogéochimique d'un écosystème par la manière dont sont organisés, entraînés et dirigés, les flux de matière entre ses constituants. Cette démarche, développée pour l'analyse des écosystèmes naturels, peut aussi bien s'appliquer aux écosystèmes anthropisés ou aux sociétés humaines. C'est l'idée de base de l'Ecologie Industrielle (Billen et al., 1983; Erkman, 1998). On peut reprocher à cette approche son caractère très réducteur: elle ne couvre évidemment pas tous les aspects du fonctionnement des sociétés humaines! Mais son intérêt majeur (outre qu'elle se prête à la quantification et à la modélisation) est qu'elle permet de fonder une définition biogéochimique du développement durable: *un mode d'exploitation de l'environnement est durable s'il aboutit à une organisation stationnaire des flux de matière, sans compromettre les possibilités d'exploitation future des ressources.*

La question du développement durable est évidemment implicite dans les préoccupations prospectives du nouveau programme PIREN-Seine. Peut-on appliquer l'approche de l'Ecologie Industrielle au système formé par le réseau hydrographique de la Seine et les milieux terrestres de son bassin versant et tenter de définir pour ce système les conditions biogéochimiques d'un développement durable? L'espace 'bassin de la Seine' est de ce point de vue tout à fait exemplaire car il comprend à la fois une des zones agricoles céréalières les plus intensives d'Europe, et une mégapole parmi les plus grandes du monde.

Cette approche s'impose d'elle-même en ce qui concerne la contamination azotée des eaux, qui dépend étroitement de la manière dont s'organise et évolue l'agriculture dans le bassin, la manière dont sont gérés les paysages: ces questions font dès à présent à l'objet d'une modélisation d'ensemble. En illustration de cette approche, l'évolution du bilan d'azote du bassin de la Seine au cours des 30 dernières années sera présenté (Siméonov, 1997; Billen & Garnier, 1998).

La même démarche devrait pouvoir s'appliquer pour d'autres aspects de l'activité humaine: comment s'organisent, comment évoluent dans le temps, à quels flux de matière donnent lieu, l'activité industrielle et la consommation de biens dans l'espace du bassin de la Seine. Les données existant sur les flux de métaux traces, replacés dans le contexte de l'évolution historique du tissu industriel, des procédés techniques mis en oeuvre et de la consommation finale, offrent peut être un second cas d'application de cette démarche.

# Échelles de temps et d'espace en ichtyologie fluviale

Philippe BOËT

Cemagref division QHAN

Les peuplements piscicoles sont d'excellents « intégrateurs » du fonctionnement global des hydrosystèmes fluviaux dont ils constituent une bonne expression de leur « état de santé » (Fausch *et al.* 1990). Leur situation actuelle résulte toutefois de processus évolutifs, qui relèvent de la biogéographie, ainsi que des conditions passées et contemporaines de leur environnement écologique, largement influencées par les actions humaines (Blondel 1986). Afin de mieux comprendre les conséquences des perturbations d'origine naturelle ou anthropique de l'écosystème fluvial, il est donc nécessaire de confronter différentes échelles de perception temporelles et spatiales, à différents niveaux d'organisation biologique (Frissel *et al.* 1986, Bayley & Li 1992). À travers l'exemple de l'analyse « multiscalaire » (Décamps & Izard 1992) appliquée au peuplement piscicole du bassin de la Seine, je propose d'illustrer les principaux concepts de la théorie de la hiérarchie issue de l'écologie des paysages, qui constitue un cadre utile pour traiter des ensembles de phénomènes prenant en compte plusieurs échelles de temps et d'espace (Burel *et al.* 1992, Fox 1992). En particulier, les problèmes de dépendance d'échelles des conséquences ou de la récupération de perturbations vis-à-vis des organismes comme des unités du milieu seront discutés. L'objectif est de souligner l'importance de la prise en compte de ces considérations pour raisonner l'aménagement et la gestion durable des milieux.

## Références

- Bayley P.B. & Li H.W., 1992. *Riverine fishes*. In : P. Calow & G.E. Petts (Ed.), *The rivers handbook : hydrological and ecological principles*, Blackwell, Oxford, p. 251-281.
- Blondel J., 1986. *Biogéographie évolutive*. Coll. Ecologie n° 20 Masson, Paris, 221 p.
- Burel F., Baudry J., Clergeau P., Constant P. & Eybert M.-C., 1992. Approche spatiale des phénomènes écologiques : échelles et hiérarchie. *Bull. Ecol.*, 23 (1-2), 93-101.
- Décamps H. & Izard M., 1992. *L'approche multiscalaire des paysages fluviaux*. In : P. Auger, J. Baudry & F. Fournier (Ed.), *Hiérarchies et échelles en écologie*, Naturalia publication, Paris, p. 115-126.
- Fausch K.D., Lyons J., Karr J.R. & Angermeier P.L., 1990. *Fish communities as indicators of environmental degradation*. In : S.M. Adams (Ed.), *Biological indicators of stress in fish*, American Fishery Society Symposium, 8, p. 123-144.
- Fox J., 1992. The problem of scale in community resource management. *Environmental Management*, 16 (3), 289-297.
- Frissel C.A., Liss W.J., Warren C.E. & Hurley M.D., 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification : viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, 10 (2), 199-214.

# Evolution temporelle des indicateurs chimiques de qualité d'eau de la Seine. Impact des activités humaines

Ch. Cun, R. Vilagines

Centre de Recherche et de Contrôle de l'Eau de Paris, 144 Avenue Paul Vaillant Couturier, 75014 Paris, France

Le contrôle régulier de la Seine a commencé après 1883. Ce contrôle était effectué par l'Observatoire Municipal de Montsouris, créé en 1868 par la Ville de Paris pour des observations météorologiques et chargé, quelques années plus tard, de surveiller la qualité des eaux de distribution. Les premières analyses ont eu lieu dès 1884 à Ivry-sur-Seine et à Paris, quai d'Austerlitz, ainsi qu'à Choisy-le-Roi à partir de 1886. Les mesures sont hebdomadaires mais les seuls résultats disponibles actuellement sont des moyennes mensuelles. Pendant la première guerre mondiale, les résultats ne sont pas publiés et l'on ne dispose que de moyennes annuelles. A partir de 1924, les valeurs sont trimestrielles et des mesures de surveillance complémentaires sont réalisées quotidiennement à Choisy-le-Roi et à Ivry-sur-Seine. Le Service de Contrôle des Eaux de la Ville de Paris (SCEVP), devenu depuis le CRECEP, est créé en 1935 pour assurer le contrôle des eaux de rivières et des eaux usées, en plus de ses obligations portant sur les eaux de distribution. Suite à la loi sur l'eau n°64-1245 de 1964 le CRECEP a assuré les analyses correspondant à l'inventaire national et continue actuellement la surveillance des ressources en eau du bassin à travers différents réseaux (amont des prises d'eau, petites rivières, Seine aval, Seine à Paris, droit des prises d'eau...).

L'alimentation en eau potable de l'agglomération parisienne, tissu urbain quasi-continu d'environ 2 000 km<sup>2</sup>, impose des pressions fortes sur les milieux aquatiques. La surveillance de leur qualité globale, le plus souvent par le croisement d'informations physico-chimiques et d'éléments concernant les habitats et populations aquatiques présente une importance majeure et tend à produire d'importantes quantités de chiffres. Ces données analytiques complexes de l'environnement doivent être converties en informations utilisables pour la gestion des ressources en eau. Une des questions importantes concerne la réalité, à plus ou moins long terme, d'un changement spatial ou temporel de la qualité de l'eau, et de l'impact des activités humaines. Depuis une dizaine d'années, les méthodes d'analyse multivariées, et notamment l'analyse en composantes principales (ACP) sont devenues des outils exploratoires précieux utilisables dans le cadre d'études de l'environnement. Dans le cadre de l'étude d'ensembles importants de valeurs, issues de la mesure de nombreuses variables, l'ACP est une méthode de choix pour une approche synthétique des informations majeures.

Ce travail utilise les chroniques de qualité d'eau de la rivière Seine dont dispose le CRECEP pour une analyse graphique et statistique simple, ainsi que la mise en œuvre d'une ACP en parallèle à des tests statistiques non paramétriques pour confirmer les évolutions de certains paramètres physico-chimiques.

L'exploitation des données par une méthode multivariée comme l'ACP permet de dégager les axes principaux de l'évolution de la qualité des eaux de Seine :

le siècle est découpé en trois périodes distinctes : 1911-1960, 1961-1979 et 1980-1997, les variables étudiées conduisent à des distributions spatiales sur les biplots ACP proches des distributions géographiques réelles, le profil de la distribution spatiale des stations de mesure évolue d'une période à l'autre.

Les résultats obtenus dans cette étude statistique ne peuvent être comparés à d'autres compte tenu de la longueur inhabituelle de la chronique de données disponible. Cependant, certaines évolutions socio-économiques du bassin peuvent expliquer les périodes et les tendances de changement.

La première période, caractérisée par une teneur élevée en oxygène dissous, correspond à une faible densité de population dans les zones amonts de la rivière, essentiellement rurales, et à une urbanisation encore peu développée. Seule la capitale connaît une densité de population élevée et un développement industriel. Après la seconde guerre mondiale, l'urbanisation s'accroît en amont de Paris sans être accompagnée de la mise en place de systèmes d'assainissement ce qui contribue à dégrader fortement la qualité de l'eau de la Seine.

De 1960 à 1970, Paris se dépeuple au profit de la banlieue proche qui voit la création des grands ensembles de logements et l'installation de grosses industries. C'est également la période du changement des pratiques culturelles avec l'abandon des assolements traditionnels et de l'élevage, le développement de terres à céréales, de l'irrigation, et de l'utilisation des engrais et produits phytosanitaires. Sur les cartes ACP, les points tendent à se déplacer vers les variables nitrates, ammonium et chlorures, représentatives de la pollution par les activités humaines et industrielles (production d'engrais, rejets d'eaux usées contenant des matières organiques incomplètement oxydées).

La dernière période correspond au dépeuplement de la petite couronne et au développement de l'urbanisation de la grande couronne, avec la création de villes nouvelles le long des vallées. Depuis 1980, des

améliorations dans les réseaux d'assainissement ont limité les rejets directs en Seine mais le cycle de l'azote est encore en déséquilibre suite à l'évolution croissante de la démographique (augmentation des rejets urbains et industriels), des rejets animaux (décomposition de la matière organique) et surtout de l'épandage des engrais. En dépit de la mise en place d'une réelle politique d'assainissement des rejets et de campagnes d'information sur les dangers de l'utilisation abusive des engrais, la rivière Seine n'a pas encore retrouvé la qualité d'eau qui était la sienne à la fin du siècle dernier. La concentration en nitrates tend à augmenter, les indicateurs chlorures et ammonium progressent à la fois par un effet de masse, et par les développements urbains et démographiques continus.

# L'écologie industrielle .

## Une stratégie de développement

(Suren Erkman, ICAST, C. P. 474, CH - 1211 Genève 12)

Le système industriel et la Biosphère sont habituellement considérés comme séparés: d'un côté, les usines, les villes; de l'autre, la nature, «l'environnement». L'écologie industrielle explore l'hypothèse inverse: le système industriel peut être considéré comme une forme particulière d'écosystème. Après tout, les processus de fabrication et de consommation des biens et des services consistent en des flux de matière, d'énergie et d'information, tout comme dans les écosystèmes naturels.

L'écologie industrielle présente deux caractéristiques principales:

Premièrement, elle donne une vision véritablement globale des interactions entre la société industrielle et la Biosphère. L'écologie industrielle ne considère plus les problèmes comme des boîtes isolées, mais intègre l'économie, les sciences de l'ingénieur, l'écologie scientifique, la géographie, l'aménagement du territoire et de nombreuses autres disciplines.

Deuxièmement, c'est une démarche éminemment pratique, qui vise à donner un contenu opérationnel à la notion de développement durable. Dans la politique traditionnelle de lutte contre la pollution, l'Etat édicte des normes que les entreprises doivent respecter bon gré mal gré. A l'inverse de cette attitude réactive, l'écologie industrielle implique que l'initiative vienne des entreprises tout autant que des autres acteurs sociaux, car une meilleure utilisation des ressources accroît leurs performances et leur compétitivité.

L'enjeu consiste donc à restructurer en profondeur le système industriel pour tenter de le faire évoluer vers un mode de fonctionnement viable à long terme, compatible avec la Biosphère. Pour tendre vers cet objectif, on peut, dans la perspective de l'écologie industrielle, définir une stratégie opérationnelle, nommée parfois «éco-restructuration», qui comporte quatre axes principaux:

### **1) Valoriser systématiquement les déchets:**

A l'image des chaînes alimentaires dans les écosystèmes naturels, il faut créer des réseaux d'utilisation des ressources et des déchets dans les écosystèmes industriels, de sorte que tout résidu devienne une ressource pour une autre entreprise ou un autre agent économique (par exemple par le biais de parcs éco-industriels).

### **2) Minimiser les pertes par dissipation:**

Aujourd'hui, dans les pays industrialisés, la consommation et l'utilisation polluée souvent plus que la fabrication. Les engrais, les pesticides, les pneus, les vernis, les peintures, les solvants, etc., sont autant de produits totalement ou partiellement dissipés dans l'environnement lors de leur usage normal. Il s'agit de concevoir de nouveaux produits et de nouveaux services minimisant ou rendant inoffensive cette dissipation.

### **3) Dématérialiser l'économie:**

Il s'agit de minimiser les flux totaux de matière (et d'énergie) tout en assurant des services au moins équivalents. Le progrès technique permet d'obtenir plus de services avec une quantité moindre de matière, notamment en fabricant des objets plus légers. Plus généralement, l'une des meilleures manières de dématérialiser l'économie consiste à optimiser l'utilisation, autrement dit à vendre l'usage au lieu de l'objet (par exemple, un fabricant de photocopieurs qui vend le service «photopies» au lieu de la machine, a ainsi tout intérêt à ce que son photocopieur, dont il reste propriétaire, nécessite le moins de matière possible, ait une durée de vie fonctionnelle la plus longue possible, soit aisément recyclable, etc.).

### **4) Décarboniser l'énergie:**

Depuis les débuts de la Révolution industrielle, le carbone sous forme d'hydrocarbures d'origine fossile (charbon, pétrole, gaz) représente l'élément principal, la substance vitale irriguant toutes les économies qui se développent sur le mode occidental. Or ce carbone fossile se trouve à la source de nombreux problèmes: intensification de l'effet de serre, smog, marées noires, pluies acides. Il faut donc rendre la consommation d'hydrocarbures moins dommageable (par exemple en récupérant le gaz carbonique issu de la combustion) et favoriser la transition vers une diète énergétique moins riche en carbone fossile (énergies renouvelables, économies d'énergie).



# Aménagements hydrauliques et fonctionnement écologique des grands réseaux hydrographiques: perspectives historiques et modélisation

Josette Garnier et Gilles Billen

Les utilisations multiples des rivières ont conduit au cours de l'histoire à des modifications profondes des paysages hydrologiques; la civilisation s'est en effet développée autour et avec l'eau lorsque l'homme a pu maîtriser et utiliser le débit des fleuves et ses crues, a pu conserver, potabiliser et distribuer l'eau.

Les recherches relatives au fonctionnement écologiques des systèmes fluviaux prennent appui sur la notion fondamentale du *continuum aquatique* illustrant les interactions amont-aval et la notion de *corridor fluvial* qui intègre les interactions entre le cours d'eau et les milieux qui le bordent. Il est désormais reconnu que ces milieux aquatiques, semi aquatiques à terrestres participent au fonctionnement du réseau hydrographique.

Rivertrahler, un modèle du fonctionnement écologique des réseaux hydrographiques à l'échelle de leur bassin, prend en compte l'effet des milieux aquatiques, comme les réservoirs, les sablières en communication ou les étangs sur le fonctionnement de la qualité de l'eau de la rivière.

La réduction des étangs au cours de l'histoire nous avait interpellé dès 1991. A l'échelle d'un petit bassin, la Senne, tributaire de l'Escaut, nous avons alors analysés l'évolution des étangs sur des cartes historiques (1770: carte de Cabinet des Pays-Bas Autrichiens, levée par le Comte Ferraris; 1858: carte topographique et hyspsométrique de Bruxelles et des ses environs, de Vandermaelen) et comparé cette évolution à la situation actuelle (cartes IGN 1979). Une première réduction du nombre des étangs de 60 % s'était produite entre 1770 et 1858, suivie d'une diminution de 15 % jusqu'en 1979. Le modèle Riverstrahler, adapté à ce petit bassin de 1225 km<sup>2</sup>, a permis d'explorer la qualité de l'eau dans ces différentes conditions hydrologiques. On a ainsi non seulement montré, mais quantifié le rôle épurateur de ces annexes hydrauliques.

Cette même approche est en cours sur la Seine dans la 3<sup>ème</sup> phase du programme Piren-Seine. Dans un premier temps faute d'avoir répertorié les étangs pour des époques historiques, nous avons exploré une gamme de situations plausibles à l'échelle du bassin de la Seine, 100 fois plus grand que celui de la Senne. En outre, des aménagements hydrauliques récents ont porté sur la construction de grands réservoirs. Dans le bassin de la Seine, ce sont les crues catastrophiques de 1910 qui ont motivé leur construction. La Seine comporte donc à l'amont de Paris 3 grands barrages-réservoirs (les réservoirs de Champagne), d'une capacité totale de 750 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>. La modélisation de leur fonctionnement écologique et leur impact sur les rivières ont d'ores et déjà été étudiés mais les débats actuels relatifs à la construction d'un autre ouvrage de ce type, nous conduisent désormais à comparer l'impact des grands réservoirs à celui de milieux plus petits.

# Géographie historique des établissements industriels : les outils de recherche

Gérard Jigaudon

Chercheur au Centre d'Histoire des Techniques (CDHT)

## 1. Les travaux du CDHT

Deux études sur la géographie industrielle de la région parisienne sont à la source de l'expérience des chercheurs du CDHT en matière de recherche en histoire industrielle.

La première a pour titre « *Evolution de la géographie industrielle de Paris et sa proche banlieue au XIXe siècle* ». Le territoire étudié est limité aux zones concernées par l'évolution des implantations industrielles au cours de cette période, soit les communes limitrophes de Paris ainsi que Vitry et celles de la boucle de Gennevilliers. L'étude porte sur les entreprises les plus importantes, les principales données relevées concernent l'équipement (production de force motrice, machines-outils ou autre), le nombre de salariés ainsi que l'activité de chaque entreprise identifiée de manière aussi précise que possible à l'aide d'une classification propre de près de cent catégories.

La seconde a donné lieu à un rapport intitulé « *L'industrialisation de la région parisienne dans la première moitié du XIXe siècle. Les sources de l'histoire des établissements industriels : commentaire critique et traitement cartographique* ». Plus modeste dans ses moyens donc dans ses objectifs cette étude se veut néanmoins la prolongation chronologique de la précédente dont elle reprend les principes méthodologiques. Le champ géographique a été étendu aux anciens départements de la Seine et de la Seine & Oise.

Depuis l'entrée du CDHT au sein du GIS « Sol urbain », l'expérience et les connaissances acquises au cours de ces deux études sont revalorisées et enrichies par l'apport de l'histoire des techniques dans la problématique de la rémanence des pollutions industrielles de longue durée. Dans le domaine, deux thèses sont actuellement en cours sous la direction d'André Guillaume, menées par deux étudiantes issues du DEA Histoire des techniques : l'une sur le Val de Marne aux XIXe et XXe siècles, l'autre sur les établissements classés en Seine-Saint-Denis pour la même période.

## 2. Les sources de l'histoire industrielle

### 2.1. Avant la première guerre mondiale, des données abondantes mais fragmentaires

Le choix parmi les sources disponibles sur l'histoire de l'industrie parisienne doit être dicté par le type de données à acquérir : adresse(s) précise(s), raison(s) sociale(s), type d'activité, nombre d'ouvriers, état de l'équipement, superficie occupée, matières premières utilisées, volume de la production.

Deux grandes collections imprimées entre 1860 et 1880 peuvent permettre de commencer un répertoire. « Les grandes usines » de Turgan et « Les merveilles de la science » et « Les merveilles de l'industrie » de L. Figuiet. Ces ouvrages décrivent souvent avec précision les principales entreprises industrielles de leur époque. Pour la période 1830-1850 il existe des comptes rendus et rapports des expositions de l'industrie française publiés tous les cinq ans et exposant l'évolution des principales entreprises ainsi que de leur production.

Les données obtenues à partir des sources imprimées doivent être vérifiées et complétées par recours à des sources originales : dossiers des établissements insalubres aux archives départementales, autorisation d'installation d'établissement. On trouve également aux archives départementales des statistiques, enquêtes, notes diverses sur l'industrie à Paris ou dans les communes ou sur certaines branches d'activité. Dans les séries F12 et F20 des Archives nationales se trouvent des notes sur l'état de l'industrie, les dossiers de établissements insalubres de 1840-1860, les dossiers sur les prêts consentis aux industriels. Les statistiques industrielles de la série F12 ont été établies par quinzaine presque sans interruption de 1882 à 1900. Pour Paris, la série BA des archives de la Préfecture de police donne de nombreuses informations sur la situation industrielle et commerciale entre 1903 et 1907. Des compléments d'information peuvent être trouvés dans les dossiers sur les grèves et les

coalitions, l'enquête de l'inspection du travail sur le travail des enfants dans les manufactures et les dossiers d'établissement insalubres autorisés en 1891 et 1896 (F12 et F20).

Quelquefois le chercheur se heurte à des obstacles matériels. L'inaccessibilité ou le manque de temps doivent parfois le faire renoncer à l'exploitation d'un fonds. On peut mentionner en exemple, dans le cas de l'étude de la géographie industrielle de Paris et sa proche banlieue par l'équipe du CDHT, l'existence d'un fonds volumineux aux Archives de Paris sur les entreprises parisiennes établies entre 1880 et 1914 qui se trouvait en cours de classement au moment des travaux des chercheurs. De même les 1237 cartons des calepins du cadastre parisien ne peuvent être dépouillés que dans le cadre d'une étude longue mettant en œuvre des moyens en personnels importants. C'est également le cas des dossiers des sociétés anonymes consultables aux archives départementales et des archives d'entreprises conservées au Centre d'archives du monde du travail à Roubaix.

## **2.2. A partir de 1915, des inventaires industriels de plus en plus précis**

De 1860 à 1914 aucune statistique industrielle n'est effectuée, principalement en raison de l'opposition des industriels. Au moment où commence le conflit avec l'Allemagne, l'Etat français se trouve donc dépourvu de connaissances précises et de possibilités d'action sur les moyens de production du pays. C'est pour combler cette lacune qu'est lancée l'enquête de 1915 sur les établissements travaillant ou susceptibles de travailler pour la Défense Nationale. En raison de l'urgence, l'enquête est restreinte à la confection d'une liste nominative par département des établissements "fabriquant ou pouvant fabriquer des armements". Seules certaines branches d'activité sont concernées (métallurgie lourde et de transformation, mécanique industrielle, mécanique de précision, construction électrique, construction automobile et aéronautique, chimie, travail du bois.

Il faut ensuite quelques années pour que se mette en place un cadre juridique et institutionnel. En 1930, le Parlement obtient qu'une enquête industrielle soit réalisée conjointement au recensement de 1931 mais les résultats se révèlent inexploitable. Ce n'est qu'en juillet 1939 qu'un décret alloue à la Statistique Générale de la France les crédits nécessaires à la réalisation d'enquêtes périodiques, mais la guerre ne permet pas l'application de cette législation. La pénurie s'installe à partir de 1940 et donne lieu à la création d'une planification autoritaire de l'économie. Les Comités d'organisation coordonnés au sein du Secrétariat à la production industrielle par l'OCRPI (Office central de répartition des produits industriels) sont mis en place. L'Office lance immédiatement des enquêtes mensuelles par branches d'activités pour contrôler la répartition des produits devenus rares mais nécessaires à l'industrie. Le retour à la démocratie parlementaire a peu d'effet sur les institutions, mis à part quelques changements d'appellations. L'INSEE, créé le 27 avril 1946, commence la mise en forme d'un fichier d'entreprises industrielles mais ce n'est qu'au début des années 60 qu'il s'impose dans le domaine de la statistique industrielle.

Quelques documents permettent d'illustrer cette période pionnière en matière de statistique industrielle. C'est le cas des cartes de la Société de documentation industrielle éditées entre 1925 et 1940 représentant les principales régions industrielles françaises. Il s'agit de documents très intéressants car ils concernent une période sur laquelle les informations sont rares, mais ils fournissent trop peu de renseignements sur les établissements représentés. En revanche le fichier issu de l'enquête de l'OCRPI, tenu à jour de 1942 à 1949, est d'une extrême richesse pour le chercheur en histoire industrielle et surtout la dernière source accessible permettant d'identifier *nominativement* les établissements industriels. A partir de 1954 l'INSEE constitue un fichier de tous les établissements industriels. En 1954 comme en 1956, les résultats sont publiés par département, selon une nouvelle nomenclature des activités. Les documents originaux de cette enquête semblent avoir disparu mais en 1957, le ministère de la Construction a publié à partir de ces données 7 albums de 239 cartes au 1/2 500 000 correspondant aux 239 sous-branches d'activités que l'on a pu retrouver dans les archives du ministère de l'Environnement.

Il ne s'agit là que de quelques exemples de documents utiles aux spécialistes de l'histoire industrielle qui permettent de dresser un état aussi exhaustif que possible des établissements. Il n'est pas interdit de penser qu'un jour, dans un fonds d'archives public ou privé, un chercheur mettra la main sur des documents venant compléter les connaissances actuelles en la matière. Il faut aussi rappeler que d'autres sources fort importantes, même si elles revêtent souvent un caractère fragmentaire, peuvent également venir au secours de l'historien. Au premier rang de celles-ci figurent les archives d'entreprises, ainsi que les journaux, revues et périodiques. On citera aussi les cartes et plans topographiques et thématiques dont les fonds des archives nationales et départementales entre autres sont particulièrement riches. On pourra également consulter avec profit, pour la période récente, les photos aériennes conservées à la photothèque de l'Institut géographique national.

# **Enjeux théoriques et méthodologiques de la prospective d'un hydrosystème**

**L.Mermet, X.Poux**

C'est un enjeu important pour l'ensemble de la recherche en environnement d'intégrer - ou d'ajouter - à l'analyse des systèmes environnementaux une réflexion construite sur leur évolution future - et donc, de participer à une prospective. Certes, la plupart des disciplines intègrent dans leur travail, sous des formes diverses, des approches de la dimension temporelle (des systèmes naturels, ou du traitement social des problèmes d'environnement).

Mais la réflexion - a un moment donné - sur les dynamiques futures d'un système pose des difficultés spécifiques face auxquelles les diverses disciplines sont inégalement armées.

Dans notre présentation, nous commencerons par lever un certain nombre de malentendus courants sur la nature de l'exercice prospectif, et ses relations avec la recherche.

Nous présenterons ensuite des pistes pour la prospective des hydrosystèmes. Nous nous appuierons notamment :

-sur un projet de recherche en cours (dans le cadre du PNRZH) sur les problèmes méthodologiques posés par la prospective des zones humides (à la fois hydrosystèmes et territoires, à l'échelle des grandes zones humides de la liste de l'observatoire national des zones humides), projet de recherche qui s'appuie en particulier sur l'exemple de la Camargue.

-sur une thèse qui démarre cet automne, en continuation d'un DEA qui vient d'être soutenu, sur "l'estimation de l'équilibre à long terme entre ressource et demande en eau (Sébastien Treyer) dans les bassins du sud méditerranéen".

# Alimentation et assainissement de l'agglomération parisienne au XIX et XX<sup>ième</sup> siècle

Jean-Marie Mouchel

Les relations entre l'Homme et la Seine sont anciennes et conditionnent en partie la situation actuelle du fleuve. Dès la préhistoire, elle fut utilisée comme ressource nourricière et comme voie de communication. Ce dernier usage s'est constamment développé depuis : flottage du bois au Moyen Age, ouverture des canaux de liaison avec la Loire, le Rhône puis le Rhin à partir du XVII<sup>e</sup> siècle, grands travaux de chenalisation du cours d'eau au XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècle pour aboutir au passage actuel de convois de 180 m de long et 15 m de large. Les archives des services départementaux, ou des syndicats inter-communaux qui les ont progressivement remplacés, permettent de reconstituer année après année les volumes convoyés par les réseaux (réseaux d'eau - plus ou moins- potable, réseaux d'assainissement), ainsi que les points de prélèvement et de rejet. Evidemment, l'évaluation des rejets " non-répertoriés " est très délicate, elle ne pourra être basée que sur une analyse des pratiques d'assainissement et de leur efficacité par temps sec ou par temps de pluie. Depuis 1940 environ, on pourra trouver des données homogènes en ce qui concerne la qualité des eaux d'assainissement (notamment des données de DBO<sub>5</sub> ou d'azote). Par contre, les données que nous avons pu collecter pour des périodes antérieures, en ce qui concerne l'agglomération parisienne, sont souvent très hétérogènes, voire inexploitable. Un très gros travail de reconstitution des techniques de mesure doit encore être accompli. Quelques mesures passées de la qualité de l'eau dans le milieu sont parfois disponibles à partir de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, notamment des données d'oxygène dans la Seine autour de Paris.

La croissance des villes du bassin au XIX<sup>e</sup> siècle, surtout de Paris qui passe de 1 à 2,5 millions d'habitants en 100 ans, et la révolution industrielle augmentent les volumes d'eau consommés par habitant d'un facteur supérieur à vingt dans la même période. Les prises d'eaux de surface comme les captages alimentant l'agglomération parisienne se sont alors multipliés de 1820 et 1920 et sont toujours utilisés. La crue de 1910 rappelle aux

Parisiens la prééminence des forces naturelles mais ce n'est que dans la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle que de grands barrages en dérivation sur la Seine, la Marne et l'Aube sont créés pour protéger Paris contre les inondations, mais aussi renforcer le débit d'étiage à Paris et améliorer la qualité de l'eau prélevée dans la Marne,

la Seine et l'Oise pour alimenter une agglomération toujours en croissance. Au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, les rejets industriels et domestiques non traités ont provoqué des épidémies dramatiques d'origine hydrique. La politique de collecte et de traitement des eaux usées est initiée par Belgrand et se développe. Une première tentative de traitement par épandage échoue au début du siècle, les volumes d'eaux usées devenant supérieurs aux capacités d'épandage agricole. Ce n'est qu'après guerre que les premières usines de traitement sont mises en place mais l'effort d'épuration ne se généralise que dans les années 1970 et 1980 à la suite de la loi sur l'eau de 1964. Il est remarquable que tout le XX<sup>ième</sup> siècle soit caractérisé par l'existence de flux considérables de pollution non traitée rejetée par les réseaux d'assainissement, alors qu'au tout début comme à la tout fin de ce siècle la quasi-totalité des eaux usées de temps est traitée.

Tant vers l'amont que vers l'aval, le poids de l'agglomération parisienne (10 M habitants) reste énorme, par la station d'épuration " Seine Aval " à Achères, le réseau de rivières canalisées qui lui est connecté, les extractions de matériaux dans le lit mineur, la régulation des débits par les écluses et les grands barrages. Si la demande en eau des citadins diminue depuis quelques années en milieu urbain, leurs exigences en matière de qualité deviennent de plus en plus fortes.

# Les fleuves côtiers bretons à Saumon atlantique (*Salmo salar* L.) depuis le plein Moyen Age (XI-XIII<sup>ème</sup> siècles)

Par Max Thibault

Directeur de Recherche Honoraire de l'INRA. 38, rue de la Palestine 35000 Rennes.

Cette communication s'appuie sur l'écohistoire du Saumon atlantique en Bretagne (Thibault, 1996). On se sert du Saumon atlantique comme indicateur des relations entre les activités humaines et l'écosystème fluvial (modifications physiques après installation de barrages et chimiques suite aux rejets des effluents). A ce titre :

\* les caractéristiques écologiques de l'espèce limitent en premier lieu cette analyse à la moitié environ de la région administrative de Bretagne, à l'ouest d'une ligne Vannes-St Brieuc (avec sous-sol granitique, pluviométrie élevée et débit d'étiage soutenu, altitude supérieure à 200 m). Un peu plus de vingt fleuves côtiers sont concernés. En second lieu, seules les zones de production de juvéniles de saumon sont intéressées à l'intérieur de chaque fleuve, c'est à dire à fond caillouteux, à vitesse de courant élevée et à faible hauteur d'eau. L'évolution de ces zones a été suivie depuis la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle sur trois cours d'eau, Scorff (Morbihan), Trieux (Côtes d'Armor) et Elorn (Finistère) en relation avec l'implantation des barrages.

\* l'évolution de la qualité de l'eau est aussi appréhendée dans une perspective historique, mais sur une période plus longue, depuis les XIII<sup>ème</sup>-XV<sup>ème</sup> siècles.

## Les modifications de l'écosystème fluvial

### Par l'installation de barrages

Cette construction de barrages sur les cours principaux de trois fleuves côtiers bretons étudiés présente trois caractères communs :

\* l'évolution temporelle, par intervalle de temps de 70 ans, est très comparable ; presque tous les barrages sont déjà en place à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle. Le corollaire de ce constat est une relative stabilité sur cette durée, pour chacun des cours d'eau, des surfaces potentiellement productives en juvéniles de saumon ;

\* ces barrages sont, dans leur quasi-totalité, des barrages de moulins à eau ;

\* l'importance de l'habitat profond non associé aux barrages ; il représente de 27 à 32 % de la surface totale en eau.

A l'opposé, trois différences existent :

\* les travaux de canalisation, liés à la construction du canal de Nantes à Brest pendant la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle ont modifié les cours de l'Aulne, du Blavet et de l'Oust.

\* une double hétérogénéité spatiale se rencontre : il y a deux fois plus de barrages sur le Trieux que sur le Scorff et l'Elorn et de longs canaux d'aménée sont presque toujours associés aux moulins sur l'Elorn, alors que ceci est l'exception sur le Scorff et le Trieux.

### Par les effluents provenant des activités humaines

La dégradation de la qualité de l'eau et de l'habitat par le rejet des eaux usées provenant de quatre types d'activités n'a pas été quantifiée. Toutefois, les informations disponibles, qu'elles soient directes (description dans les documents) ou indirectes (réglementation et croissance économique), laissent soupçonner une pollution importante sous l'Ancien Régime

avec deux caractéristiques :

\* une pollution croissante jusqu'au milieu du XVIII<sup>ème</sup> siècle. La croissance économique des XVI<sup>ème</sup>-XVII<sup>ème</sup> siècles fondée sur la production textile a dû entraîner une diminution progressive de la qualité de l'eau suite à la pratique du rouissage en eau courante à la fin de l'été. Il est conclu à un apogée de la pollution du milieu du XVIII<sup>ème</sup> siècle au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle avec la persistance de la pratique du rouissage et du maximum de tanneries, de moulins à papier et de l'activité minière.

\* une hétérogénéité spatiale nette de cette pollution, beaucoup plus importante au nord qu'au sud pour ces différentes activités. L'action des rejets provenant des mines de plomb argentifère sur la végétation rivulaire, les poissons et l'homme était la plus spectaculaire.

## Conclusion

Un double constat peut être dressé :

\* la présence d'une césure au milieu du XX<sup>ième</sup> siècle. Cette césure consacre la fin d'activités anciennes et le début du développement de nouvelles activités. Toutefois, subsistent encore de nombreux barrages de moulins à eau ainsi qu'une forte contamination des moutons par le plomb en aval des mines.

\* le lien entre prospérité économique et pollution avec une prépondérance de l'économie par rapport à la qualité de l'eau. Dans le cas de la pratique du rouissage qui s'est poursuivie sur plusieurs siècles, ce n'est pas la réglementation qui a entraîné, sinon l'arrêt, tout au moins une diminution de cette activité, mais l'arrêt de cette activité qui a conduit à l'absence de réglementation. La pollution appartient à notre patrimoine culturel.

# **Influence des variations dans le temps de la couverture végétale des hauts bassins versant sur les étiages : le cas du Massif Central.**

**Maurice de Vault**

Le projet de loi pour l'aménagement durable du territoire propose au législateur de prescrire, selon des termes qui ne laissent pas de surprendre, l'élaboration, au niveau national, d'un « schéma de services collectifs des espaces naturels et ruraux ». Il peut paraître étonnant que des espaces, par essence locaux, soient porteurs d'une vocation de service au niveau national. Le cas du Massif Central, château d'eau de la France, avec son offre hydrique, illustre bien ce nouveau concept.

L'expression « château d'eau » est controversée, en ce sens que la géologie du Massif Central ne permet pas la rétention souterraine de grandes quantités d'eau et leur restitution régularisée. En effet, le granit est dense et le karst du sud du massif a des cavités et des failles tellement grandes que l'eau qui les remplit n'y est pas retenue très longtemps.

Par ailleurs deux éléments traditionnels des massifs « châteaux d'eau » sont absents : compte tenu de l'altitude moyenne du Massif Central, le manteau neigeux y est peu important et il n'y a aucun glacier.

Au demeurant, le Massif Central par la place qu'il occupe à l'ouest de l'Atlantique et la « rugosité » de son relief, comme disent les météorologues, accentuée par la présence de forêts se trouve sur le passage des nuages, les « accroche » et provoque des précipitations. Le rôle de rétention de son sol et même de son sous-sol (cf. les travaux de M. MARGAT sur la microporosité du granit du Massif Central) n'est pas nul et il n'est pas douteux que si le Massif Central n'existait pas, château d'eau ou non, l'hydrologie de la France (Loire, Garonne, Rhône) en serait très affectée.

Emerveillons-nous un instant également sur deux atouts de notre géographie physique liés à la constitution du Massif Central :

- ce massif contribue à alimenter en eau les régions méditerranéennes, grâce à des précipitations qui viennent de l'Atlantique ;
- alors que le ruissellement du Massif Central vers la façade Atlantique aurait pu se faire avec un tracé direct, l'histoire géologique a fait que, par un phénomène de capture, la Loire qui a sa source ainsi que de nombreux et importants affluents dans le Massif Central ait un tracé en arc de cercle, délivrant de l'eau douce, avant de rejoindre la mer, sur de vastes territoires du centre de la France.

Le Massif Central, compte tenu du fantastique enjeu que représentera l'eau pour la France, dans les temps à venir, est donc une chance de notre pays.

De telles opportunités doivent être saisies et entretenues. Car si l'eau vient du ciel et arrose en passant le Massif Central, le rôle du sol et de la végétation qui infiltrent, filtrent et stockent l'eau est tout aussi important que celui du ciel et l'homme contribue à améliorer ou à détériorer ce rôle. L'aménagement, au sens très traditionnel du terme, des sols agricoles, des forêts, des surfaces toujours en herbe et des zones imperméabilisées, me paraît tout à fait fondamental pour le Massif Central. C'est bien ça le développement durable. C'est bien ça le « service », au niveau national, d'un espace naturel et rural.

Deux études très importantes ont été conduites à cet effet et confiées au cabinet indépendant « Jean Le Bloas », la première en 1994 sous la maîtrise d'ouvrage du commissaire Massif Central avec un comité de pilotage interministériel (étude de définition de nouvelles stratégies pour l'occupation de l'espace du Massif Central dans une optique de valorisation des ressources en eau), la deuxième en 1997 sous la maîtrise d'ouvrage de l'office international de l'eau, de l'inventaire forestier national et des agences de l'eau Loire-Bretagne et Adour-Garonne (étude des relations couverture végétale-débit d'étiage sur des bassins versants représentatifs du Massif Central).

Ces deux études qui ont particulièrement intéressé la société hydrotechnique de France (congrès de septembre 1996 « l'eau, l'homme et la nature » et réunions qui ont suivi) parce qu'elles traitaient de l'aménagement de têtes de bassins versants dans une optique de soutien des étiages, ont mis en évidence le rôle prépondérant des surfaces toujours en herbe entretenues par la dent de l'animal dans l'équilibre agro-sylvo-pastoral, dès lors que l'homme a l'ambition d'optimiser l'infiltration de l'eau et de limiter ses pertes par évapotranspiration.

Alors que des menaces s'accroissent sur l'avenir du troupeau bovin du Massif Central (disparition à terme des quotas laitiers territoriaux, baisse de 30 % du prix de la viande bovine envisagée pour la prochaine réforme de la politique agricole commune), il convient de percevoir la répercussion possible sur les étiages de la Loire et de la Garonne d'un changement notable de l'occupation végétale du territoire du Massif Central.



**Sommaire  général**

**Groupe de travail A :  
Analyse rétrospective et prospective  
du fonctionnement du système Seine**

**Analyse rétrospective et prospective: le problème des indicateurs  
pertinents**

**Estimation des charges en nutriments liées aux activités  
domestiques et industrielles au XIXème siècle**

**Annexe : La prise en compte du temps dans l'analyse du  
fonctionnement des systèmes fluviaux anthropisés: prospective  
et rétrospective . Rapport de l'Atelier de Dourdan (3 - 4  
Novembre 1998)**