



## FERTI-MIEUX en Région Lorraine

Quel impact sur la qualité des eaux  
souterraines ?

---

Pierre-Yves BERNARD  
1997 - 2000

Partenaire scientifique et technique



Station SAD de Mirecourt

Partenaires financiers





## FERTI-MIEUX en Région Lorraine

Quel impact sur la qualité des eaux  
souterraines ?

---

Pierre-Yves BERNARD  
1997 - 2000

### Partenaire scientifique et technique



Station SAD de Mirecourt  
Domaine du Joly BP 29 88501 MIRECOURT Cedex

### Partenaires financiers



*« Faut penser quand même à nos enfants, nos petits eux qui viendront par la suite. Ça fait penser au système de bois par ici. Les anciens ont coupé à tort et à travers ; à cette heure-ci, on a plus de bois. »*

Agriculteur cité dans le rapport de Dominique Albert,  
« Les agriculteurs du plateau de Vicherey et la pollution des eaux », mars 1991.

**Les figures relatives à chaque partie sont groupées après le texte**

**Avant-propos**

<b>Introduction</b>	1
I. L'opération FERTI-MIEUX	2
II. L'étude FERTI-MIEUX en Lorraine	4
<b>Description des sites d'étude et de la démarche de travail</b>	6
I. Les sites d'étude	7
II. La démarche de travail	12
<b>Première partie : Etude rétrospective</b>	25
I. Evolution historique de la pollution azotée	26
II. Evolution de l'utilisation des sols	27
III. Conclusion	29
<b>Deuxième partie : Les changements de pratiques agricoles</b>	35
I. Haut-Santois	36
II. Gorze	42
III. Ferti-Ouest	47
IV. Sierck	50
<b>Troisième partie : Evolution de la qualité de l'eau</b>	68
I. Rappels bibliographiques	69
II. Haut-Santois	73
III. Gorze	79
IV. Ferti-Ouest	84
V. Sierck	87

<b>Discussion-Conclusion</b>	98
I. Le changement de pratiques agricoles	99
II. Les agriculteurs dans la démarche FERTI-MIEUX	101
III. La qualité de l'eau	103
IV. Conclusion	105

<b>Références bibliographiques</b>	108
------------------------------------	-----

### **Annexes**

A1 : Fiches ANDA de présentation des opérations FERTI-MIEUX

A2 : Synthèse bibliographique de résultats de suivi de la qualité de l'eau sous diverses occupations du sol

A3 : Résultats du Réseau interFERTI-MIEUX de suivi de la qualité des eaux souterraines

L'étude « FERTI-MIEUX en Lorraine » a été conduite de février 1997 à février 2000 par Pierre-Yves BERNARD, chargé d'études agronomiques à la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine, et mis à disposition de l'Institut National de la Recherche Agronomique (Station SAD de Mirecourt - Vosges). La maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre de ce travail ont été assurées respectivement par ces deux organismes.

Un comité de pilotage constitué pour l'encadrement de ce travail a réuni les organismes financeurs, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Région de Lorraine et DIREN, et les partenaires de l'étude, station INRA de Mirecourt, CRA de Lorraine, Chambres d'Agriculture des Vosges, de Meuse, de Meurthe-et-Moselle, et de Moselle. Le temps de travail a été utilisé d'une part à la réalisation de l'étude et d'autre part à la participation à diverses actions de communication. Celles-ci ont été effectuées dans le cadre de la collaboration avec les animateurs des opérations FERTI-MIEUX et dans celui de la vie scientifique de l'équipe ASTEQ (Agriculture, Systèmes Techniques et Eaux de Qualité) de l'INRA de Mirecourt.

Je tiens à remercier vivement et sincèrement François LIMAUX responsable du service Agronomie et Environnement de la CRA de Lorraine et Marc BENOIT, directeur de la Station INRA de Mirecourt pour la confiance qu'ils m'ont témoignée et pour la très grande liberté qu'ils m'ont donnée tout au long de cette étude.

Je remercie tous ceux qui sont impliqués dans ce travail, Claude BAZARD, Lionel CAUDY, Gilles ROUYER et Damien FOISSY, ainsi que Philippe TRESCH, Michaël CATY, Sylvain HALFTERMEYER, Régine COSSERAT-MANGEOT, Marie LAROCQUE et Xavier DUFAY pour l'aide qu'ils m'ont apportée. Un très grand merci également à Dominique PEYRE et à Jean-Marie TROMMENSCHLAGER pour la résolution des divers incidents informatiques.

Je tiens également à remercier le personnel des Services Généraux, ainsi que tous ceux, membres de l'Unité de Recherche ou de l'Unité Expérimentale qui concourent à ce que la station INRA de Mirecourt soit un lieu de travail que l'on aime retrouver quotidiennement.

En outre, je remercie fortement Serge RAMON et Fabien POTIER de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Armand BELLOTT et Anne LAURENT de la DIREN Lorraine, Patrick LEROUX de la Région de Lorraine, et Daniel MANGENOT de la DRAF Lorraine pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Enfin, cette étude a largement bénéficié de l'aide et de la collaboration des ingénieurs et techniciens des Chambres Départementales d'Agriculture : Annie KUNG-BENOIT et Philippe LEMAIRE de la CDA 88, Corinne REVEST et Benoît BROUANT de la CDA 54, Sylvie LANG (actuellement CDA 68), Véronique CARMES, Claude RETTEL, Jean-Luc FORRLER et Bruno SCHMITT de la CDA 57 et Alain BOURZEIX et Anne-Catherine NICORA de la CDA 55.

Je tiens surtout à exprimer ma gratitude à l'ensemble des personnes nommées ci-dessus et aux scientifiques, personnels des administrations, techniciens, agriculteurs rencontrés durant ces trois années, pour les connaissances qu'ils m'ont transmises.

## **INTRODUCTION**

---

## I. L'opération FERTI-MIEUX

---

*« ... Bien sûr l'agriculture, comme d'autres activités peut être une source de pollution. La réduction des pollutions ne doit pas être perçue seulement comme une contrainte, mais également comme un défi de qualité à relever pour valoriser nos produits dans la compétition internationale. Pour préserver l'eau, le sol et l'air, la recherche, la formation et le développement sont la condition de base. Il faut également des procédures et des aides financières permettant de réduire la pollution.*

*Le principal sujet qui nous a mobilisés est la pollution des eaux par les nitrates. Dans ce domaine la recherche fondamentale et la recherche appliquée ont déjà accompli l'essentiel de leur tâche. Les recommandations concernant les pratiques agricoles ont été élaborées au sein du CORPEN. Ce comité a été mis en place dès 1984 par les ministres chargés de l'agriculture et de l'environnement. Sur la base de cet acquis, nous pouvons maintenant franchir une nouvelle étape, celle de la généralisation de l'adoption de bonnes pratiques agricoles. Tel est le but de l'opération dénommée « FERTI-MIEUX » que j'ai proposée à l'Association Nationale pour le Développement Agricole (ANDA). Il s'agit d'une opération nationale de conseil en fertilisation qui engagera les parties signataires dans une démarche de labellisation d'opérations locales ou nationales destinées directement à conseiller les agriculteurs.*

*La possibilité d'instauration d'une redevance nitrates est proposée dans le cadre du projet de loi sur l'eau. J'estime que la redevance ne doit pas être un but en soi. Ce qui est important c'est que les agriculteurs s'engagent dans une démarche de modification de certaines pratiques préjudiciables au milieu naturel... ».*

Paris, 8 novembre 1990. Extraits de l'intervention, en clôture de la Journée Agriculture Environnement de l'APCA, de M. MERMAZ, Ministre de l'Agriculture et de la Forêt.

En 1991, l'opération FERTI-MIEUX était donc mise en œuvre à l'initiative du Ministère de l'Agriculture et confiée à l'ANDA, avec le soutien de l'ensemble de la profession agricole et du Ministère de l'Environnement. En 1999, l'opération FERTI-MIEUX se traduit localement par 56 actions labellisées (dont 8 pré-labellisées) et couvre environ 1,7 million d'hectares dans 44 départements et concerne 29 400 agriculteurs (ANDA, 1999).

L'opération FERTI-MIEUX est une initiative française innovante et ambitieuse qui témoigne de la volonté de parvenir à concilier préservation de l'environnement et agriculture par une approche consensuelle et volontariste. La démarche FERTI-MIEUX repose sur plusieurs principes que nous tenterons de résumer en cinq points (d'après BARBEZANT, 1992 ; SALMON, 1996 ; APCA, 1996 ; ANDA, 1999).

### → Le conseil

La mobilisation des connaissances techniques, scientifiques et méthodologiques actuelles permet de réduire les risques de pollution par les nitrates en raisonnant non seulement la fertilisation, mais encore l'ensemble des pratiques agricoles en fonction du cycle de l'eau et de l'azote. L'objectif premier des opérations FERTI-MIEUX est de concevoir et de diffuser des messages techniques ou de sensibilisation sur ces bases (et non pas de produire de nouvelles références<sup>1</sup>). Les conseils élaborés, après réalisation d'un diagnostic (pour une typologie des situations en fonction des risques de pertes en nitrates) puis d'une grille de risque (pour hiérarchiser les situations à risques), visent ainsi à corriger les pratiques culturales ou de conduite des élevages jugées dangereuses pour la qualité des eaux.

### → Le volontariat

L'engagement volontaire de l'ensemble des agriculteurs et de leurs partenaires doit se faire sur une zone géographique cohérente d'un point de vue hydrologique ou hydrogéologique. La préservation

---

<sup>1</sup> Ceci reste très théorique car dans les faits en Lorraine, il a souvent été nécessaire de mettre en place des essais pour asseoir le conseil technique.

d'une ressource en eau suppose en effet d'agir sur toute la surface géographique que représente son bassin d'alimentation ou son bassin versant. L'adhésion des agriculteurs ne se fait pas aux dépens du revenu de l'exploitation, car le second objectif de l'opération est de réduire les risques de pollution par les nitrates sans réduire le revenu des agriculteurs.

#### → **Le partenariat**

Chaque action de conseil se fait auprès des agriculteurs et de leurs prescripteurs pour l'ensemble des systèmes de production présents sur la zone FERTI-MIEUX. Le conseil doit être cohérent qu'il vienne du conseiller agricole animant l'action, du technicien de Chambre, comme du technico-commercial de la coopérative ou du négoce privé. C'est également un objectif de l'opération : « Tous ensemble pour faire changer les pratiques agricoles et limiter ainsi les risques de pollution azotée ». Cette notion de partenariat est mise en pratique dans les instances locales des actions : le comité de pilotage, qui définit les grandes orientations et s'engage à mobiliser les différents acteurs et le comité technique qui participe à l'élaboration du conseil et à son harmonisation entre les différents prescripteurs. Participent à ces comités les acteurs de la filière-eau (Agence de l'eau, syndicats des eaux,), les professionnels de l'agriculture (agriculteurs, Chambre d'agriculture, coopératives et négoce), et des représentants des collectivités locales, des services de l'Etat (DDA, DIREN, ...)

#### → **L'évaluation et la communication**

Au lancement d'une action locale, des priorités doivent être déterminées et des objectifs intermédiaires fixés. Cela suppose un inventaire de départ et un suivi des pratiques réelles des agriculteurs. Une évaluation est ensuite conduite par les animateurs de l'action à l'occasion des demandes de renouvellement de label pour vérifier dans quelle mesure les objectifs ont été atteints. Il est important de noter que dans la démarche FERTI-MIEUX, on ne s'engage pas à diminuer les teneurs en nitrates des eaux à court terme, mais à mettre en œuvre les moyens nécessaires pour diminuer les risques de pollution d'origine agricole. Il y a donc une obligation de moyens. Il y a en outre une obligation de communication, en interne vers les agriculteurs par une diffusion adaptée des conseils mais également vers l'extérieur afin que le grand public prenne connaissance de la mobilisation de la profession agricole pour la préservation de l'eau. Cette communication s'appuie sur l'attribution d'un label.

#### → **Le label**

L'attribution du label FERTI-MIEUX garantit le sérieux des moyens humains, techniques et financiers réunis au sein d'une action locale pour une réelle modification des pratiques agricoles. Ce label est délivré par le Comité de Pilotage présidé par Jean Salmon<sup>2</sup> après examen des dossiers par le Comité Scientifique et Technique présidé par Michel Sebillotte<sup>3</sup>. La procédure d'examen des actions par ce dernier comité est conduite en plusieurs étapes puisque dans l'ordre un pré-label est attribué pour une durée d'un an, puis le label est décerné pour un ou deux ans et ensuite renouvelé pour un ou deux ans également. Pour un aperçu exact des différents points de cette procédure, on se reportera au document de présentation de l'opération FERTI-MIEUX (ANDA, 1999).

L'opération nationale FERTI-MIEUX apparaît pour certains comme une véritable expérimentation méthodologique et sociale. C'est en effet la première fois qu'une action repose d'une part sur la responsabilisation des agriculteurs, avec une incitation morale et non financière et d'autre part sur la réunion de tous les acteurs concernés par la qualité de l'eau pour une synergie des compétences. FERTI-MIEUX est ainsi un lieu de débats où l'on tente de faire évoluer les mentalités par une approche collective.

FERTI-MIEUX grâce à une démarche rigoureuse et progressive apparaît également comme une nouvelle forme de développement agricole, pouvant servir de base pour d'autres types d'intervention ; le rôle important joué par FERTI-MIEUX dans l'élaboration de la Directive nitrates a fait dire de cette opération qu'elle agissait comme un véritable « laboratoire d'idées » (SEBILLOTTE cité par MONTIGAUD, 1997).

---

<sup>2</sup> Jean SALMON est agriculteur dans les Côtes d'Armor et président de la Commission « Environnement » de la FNSEA.

<sup>3</sup> Michel SEBILLOTTE est directeur scientifique à l'INRA et conseiller de son Président

Les évaluations internes aux actions FERTI-MIEUX portent sur l'adoption de pratiques agricoles visant à limiter au maximum les risques de lixiviation<sup>4</sup> des nitrates. Dans le cadre de ces actions, on ne s'engage donc pas à diminuer les teneurs en nitrates des eaux à court terme, mais l'on considère que toute diminution du risque lié aux pratiques aura à moyen ou long terme un effet sur la qualité de l'eau. L'évaluation des actions FERTI-MIEUX serait biaisée si elle se faisait à l'aune de l'évolution de la qualité de l'eau car l'inertie due au milieu est par nature très différente d'un secteur géographique à un autre. Cependant, pour les opérations se situant dans des zones où le temps de réponse de la ressource à des changements de pratiques agricoles est considéré comme court du fait de la nature géologique des formations aquifères, il semble pertinent d'assurer un suivi de la qualité de l'eau.

## II. L'étude « FERTI-MIEUX en Lorraine »

---

En région Lorraine, les opérations FERTI-MIEUX sont au nombre de sept<sup>5</sup> et parmi elles, deux sont déjà relativement anciennes (1992). Il semblait donc important de pouvoir porter un jugement sur l'efficacité de ces actions, non seulement en terme de changements de pratiques mais encore en terme d'évolution de la qualité de l'eau. En effet comme nous le verrons ultérieurement, plusieurs de ces opérations se situent dans des zones où les caractéristiques hydrogéologiques des formations aquifères semblent favorables à des évolutions à court ou moyen terme des teneurs en nitrates.

**Le premier objectif de cette étude est de préciser l'état des changements de pratiques agricoles mis en œuvre pour limiter les risques de lixiviation des nitrates<sup>6</sup>.** Il est en effet important de faire le point en amont sur les changements de pratiques avant de rechercher un impact environnemental. Nous tenterons ici d'aborder l'évolution des pratiques d'une manière différente de celle utilisée par les animateurs FERTI-MIEUX dans le cadre de la procédure d'évaluation. Par opposition à celle-ci, nous parlerons d'évaluation externe des pratiques agricole.

**Le second et principal objectif est d'appréhender puis d'analyser l'évolution des teneurs en nitrate des eaux souterraines alimentées au droit des secteurs FERTI-MIEUX.** Ce travail qui, répétons le, n'est pas une obligation dans le cadre d'une opération FERTI-MIEUX, apparaît cependant de grande importance tant pour les agriculteurs que pour l'ensemble des partenaires. En effet, tout en affichant une obligation de moyens, les animateurs des opérations portent une attention toute particulière à ces résultats qui contribuent à la motivation des agriculteurs. Les résultats des analyses conduites dans le cadre du contrôle sanitaire des DDASS sont trop peu nombreuses lorsqu'elles concernent des petites unités de production. La mise en place d'un suivi régulier est une nécessité pour suivre finement l'évolution des teneurs en nitrate et améliorer la connaissance du fonctionnement des hydrosystèmes.

Le choix des actions a été réalisé après concertation des partenaires en 1996, préalablement au lancement de l'étude. Quatre actions sont concernées par ce travail. Elles ont un objectif commun, la préservation des ressources en eaux souterraines. Nous verrons plus loin que le contexte physique est également très semblable sur ces quatre secteurs géographiques.

---

<sup>4</sup> Nous utiliserons autant que possible le terme « lixiviation » qui est recommandé par les spécialistes en sciences du sol au lieu de « lessivage », jugé moins rigoureux.

<sup>5</sup> la septième opération intitulée « Plateau de Haye » a été lancée dans le département de Meurthe-et-Moselle à la fin de l'année 1999.

<sup>6</sup> Bien qu'il est plus juste de parler du nitrate au lieu des nitrates, nous utiliserons ces deux formulations.

Aux actions FERTI-MIEUX se superposent fréquemment des Mesures Agro-Environnementales « réduction des intrants »<sup>7</sup>. Ces mesures reposent sur le volontariat des agriculteurs mais également sur une incitation financière ; il s'agit donc d'un dispositif réglementaire totalement distinct de la démarche FERTI-MIEUX.

L'agriculteur signataire du contrat s'engage à respecter un cahier des charges sur l'ensemble de ses parcelles agricoles présentes sur un secteur vulnérable donné. Le cahier des charges des MAE concernant la réduction des apports azotés porte sur la réduction des doses totales de 20 % par rapport à la dose dite raisonnée et sur la mise en place de cultures intermédiaires « pièges à nitrates » avant une culture de printemps. Une aide financière de 1000 F/ha/an vient compenser la perte éventuelle de revenu de l'agriculteur et les charges dues à l'implantation des cultures intermédiaires.

Les contrats, prévus pour une durée de cinq ans sont arrivés à échéance en 1999. Il s'agit donc d'un dispositif présentant un caractère ponctuel dans l'espace et dans le temps<sup>8</sup>. Il est patent que dans le cadre de notre étude, nous tiendrons compte de cette superposition des MAE aux actions FERTI-MIEUX.

---

<sup>7</sup> Ces mesures sont connues sous le terme de MAE ; elles font partie des mesures d'accompagnement de la Politique Agricole Commune de 1992 concernant les méthodes de production agricoles compatibles avec les exigences de protection de l'environnement et d'entretien de l'espace naturel.

<sup>8</sup> Actuellement des discussions sont en cours pour que les futurs Contrats Territoriaux d'Exploitation intègrent dans les secteurs anciennement concernés par les MAE « réduction des intrants » certains des aspects de celles-ci. Ces CTE collectif auraient pour objectif premier la préservation des ressources en eau.

**DESCRIPTION DES SITES D'ETUDE ET DE  
LA DEMARCHE DE TRAVAIL**

---

## I. Les sites d'étude

Nous ne prétendons pas décrire de manière exhaustive chacun des quatre sites d'étude, mais plutôt présenter leurs caractéristiques générales.

Les fiches de présentation de l'ANDA, qui exposent l'organisation et la problématique agronomique et environnementale des quatre opérations FERTI-MIEUX se trouvent en Annexe 1. Nous reviendrons sur la problématique agronomique lors de la partie traitant de l'évolution des pratiques agricoles.

### I.1. Présentation des sites

La figure 1 nous permet de préciser la situation de chaque opération FERTI-MIEUX au sein de la région Lorraine. Le tableau 1 apporte divers renseignements sur ces actions, dont la surface et le nombre d'agriculteurs concernés. Par souci de simplification, nous intitulerons nos sites d'étude : Haut-Sainctois, Gorze, Ferti-Ouest et Sierck. Les figures 3, 4, 5 et 6 indiquent la localisation géographique de chaque action.

Opération FERTI-MIEUX	Historique ANDA	Superficie totale et SAU	Nbre d'exploitants	Nbre de contrats MAE
<i>Opération du Haut-Sainctois</i> 54 et 88 9 communes	P : 03/92 L : 06/93 RL : 02/96 2 <sup>ème</sup> RL : 05/99	1200 ha 811 ha de SAU	41	14 MAE RIN 282 ha
<i>Sources de Gorze</i> 54 et 57 8 communes	P : 93 L : 95 RL : 07/96 2 <sup>ème</sup> RL : 05/99	5900 ha 4125 ha de SAU	53	40 MAE RIN 3120 ha 4 MAE RTA 60 ha
<i>Ferti-Ouest Vosges</i> 88 34 communes	P : 06/95 L : 07/96 RL : 01/99	33500 ha 16400 ha de SAU	131	6 MAE RTA 75 ha
<i>H<sub>2</sub> Eau Pays de Sierck</i> 57 16 communes	P : 07/96 L : 09/98	13000 ha 7600 ha de SAU	138	36 MAE RIN 1470 ha 2 MAE RTA 5 ha

**Tableau 1 : Présentation des sites d'étude.**

P : pré-labellisation / L : labellisation / RL : renouvellement du label  
RIN : réduction d'intrants / RTA : reconversion des terres arables  
Données ANDA (1997) et DRAF Lorraine (1997)

L'agriculture lorraine<sup>9</sup> est contrastée puisqu'une grande variété de systèmes de production se côtoient. Cependant, la plupart des exploitations sont concernées par la gestion des effluents d'élevage. En effet, les exploitations à dominante élevage (lait et/ou viande) représentent 29 % de l'ensemble, les exploitations de polyculture-élevage 32 % et les exploitations à dominante céréalière seulement 15 %, tandis que les

<sup>9</sup> En 1997, la SAU lorraine occupait 1 179 400 ha soit 50 % du territoire, tandis que le cheptel bovin comptait un million de tête (DRAF, 1998).

exploitations agricoles non typées représentent 24 % (DRAF Lorraine, 1997). Sur ce point, nos quatre sites d'étude sont assez représentatifs de ce contexte agricole lorrain puisque les exploitations agricoles du Haut-Saintois sont de type élevage, celles de Ferti-Ouest et de Sierck sont principalement de type polyculture-élevage, et celles de Gorze, de type céréalier.

	Captage AEP (localisation des sources)	Nature géologique de l'aquifère	Superficie du bassin d'alimentation	Occupation du sol du bassin
<b>HAUT- SAINTOIS</b>	18 sources (11 communes- 54 et 88)	Bajocien	900 ha	Bois : 28 % STH : 20 % TL : 52 %
<b>GORZE</b>	2 sources (Gorze – 54 et 57)	Bajocien et Bathonien	5900 ha	Bois : 32 % STH : 7 % TL : 61 %
<b>FERTI-OUEST</b>	1 source (Attignéville – 88)	Bajocien et Bathonien	660 ha	Bois : 40 % STH : 12 % TL : 48 %
	7 sources (Landaville- Lemmecourt -88)	Bajocien	200 ha	Bois : 71 % STH : 10 % TL : 18%
	1 source (Jainvillotte - 88)	Bajocien	40 ha	Bois : 54 % STH : 9 % TL : 37 %
	1 source (Pompierre - 88)	Bajocien	30 ha	Bois : 54 % STH : 25 % TL : 21 %
	1 source (Pompierre - 88)	Bajocien	40 ha	Bois : 35 % STH : 15 % TL : 50 %
<b>SIERCK</b>	(Kirsch-les-Sierck - 57) 2 sources	Muschelkalk	240 ha	Bois : 25 % STH : 25 % TL : 50 %
	3 sources (Montenach – 57)	Muschelkalk	40 ha	Bois : 50 % STH : 15 % TL : 35 %
	6 sources (Rustroff – 57)	Muschelkalk	80 ha	Bois : 6 % STH : 19 % TL : 75 %

**Tableau 2 : Présentation des différents bassins d'alimentation**

Le tableau 2 synthétise diverses informations sur les captages et bassins d'alimentation de notre étude. Par « bassin d'alimentation » (ou aire d'alimentation), nous comprenons : « aire dans laquelle s'effectue l'alimentation de la partie d'une nappe dont l'écoulement aboutit à un exutoire défini » (CASTANY et MARGAT, 1977).

Les bassins étudiés ici ont souvent des limites et des superficies assez floues. Seuls deux bassins d'alimentation ont été définis de manière précise : Gorze et Attignéville ; pour les autres bassins, nous avons utilisé les limites des périmètres de protection (quand ils existent !) éloignés ou rapprochés selon ce qui est décrit dans les rapports des hydrogéologues agréés. Huit bassins d'alimentation ont été délimités par SALOU (1992) sur les plateaux du Haut-Saintois. Malheureusement, certaines de ces limites manqueraient d'exactitude (PIERLAY, comm. pers. ; BANTON, comm. pers.) et dans le doute nous avons utilisé les limites des périmètres de protection.

## I.2. Contexte géologique et hydrogéologique

Mis à part les Vosges du Sud cristallines, la Lorraine est formée de roches sédimentaires dont les plus anciennes affleurent à l'est (les Vosges du Nord, gréseuses) et les plus récentes à l'ouest (Plateau lorrain ou Lorraine calcaréo-argileuse). Ces terrains sédimentaires ont généré un relief de côte (ou *cuestas*) qui constitue l'originalité de la Lorraine, et qui est dû aux effets de l'érosion différentielle.

En effet le revers des côtes formé par l'affleurement de roches dures constitue des plateaux plus ou moins étendus, tandis que les fronts de côte dominent des dépressions formées dans les couches tendres. Dans le cas qui nous intéresse ici, celui du Plateau lorrain, les roches argileuses constituent, pour l'essentiel, le sous-sol des plaines et les plateaux sont presque uniquement calcaires. Ce binôme roches argileuses-calcaires se retrouve d'est en ouest, de la Côte de Lorraine à la Côte des Bars en passant par la Côte de Moselle et la Côte de Meuse. Ces reliefs sont de direction nord-sud tandis que l'inclinaison de quelques degrés est est-ouest. Notons enfin que des buttes témoins, restes de l'avancée des plateaux précèdent parfois les fronts. La nature lithologique des formations géologiques constituant la Lorraine est ainsi à l'origine de paysages contrastés.

Par ce contexte géologique et son régime climatique, la Lorraine présente des ressources importantes en eaux souterraines. P. Vidal de La Blache, fondateur de l'Ecole géographique française écrivait au début du siècle, à propos de la Côte de Moselle, que « *les corniches fissurées du sommet absorbent l'eau, soutiennent des plates-formes arides, tandis que sur les flancs les eaux infiltrées réapparaissent en sources, lorsqu'elles atteignent les couches marneuses. Ce niveau de sources est la ligne d'élection auprès de laquelle se sont établis villes et villages. Ils se succèdent, rangés entre les bois des sommets et les cultures des flancs. Les débris calcaires qui ont dévalé des corniches amendent et ameublissent le sol des pentes.* » (VIDAL DE LA BLACHE, 1903).

Précisons maintenant, le contexte géologique et hydrogéologique de nos sites d'études. La carte des opérations FERTI-MIEUX nous présente leur situation géographique. Le Haut-Saintois, Ferti-Ouest, et Gorze sont situés sur un axe Nord-Sud, correspondant à la côte de Moselle. La carte extraite du SDAGE Rhin-Meuse (figure 2) présente les limites de cette côte qui correspond à un vaste ensemble de formations aquifères de 3500 km<sup>2</sup> de superficie hébergeant la nappe dite du Dogger dont le volume a été estimé à 4 milliards de m<sup>3</sup> (AERM, 1997). La géologie des plateaux calcaires rencontrés sur chacun de ces sites est assez semblable à la géologie caractéristique de la côte de Moselle.

Alors que la majorité des plateaux faisant l'objet de cette étude sont constitués des calcaires du Jurassique (Dogger), le site de Sierck est localisé au nord-est du département de la Moselle dans les calcaires du Trias (Muschelkalk).

### I.2.a. Haut-Saintois

Les plateaux du Haut-Saintois (cette dénomination regroupe le grand plateau de Vicherey et le petit plateau d'Aboncourt) sont des éléments isolés, issus du démantèlement par érosion différentielle de cette côte. Ils

sont taillés dans les terrains d'âge secondaire, qui s'étendent du Lias (Toarcien) au Dogger (Bajocien inférieur et moyen). Les plateaux reposent donc sur une assise marneuse imperméable constituée des marnes du Toarcien, étage géologique qui correspond au mur de la nappe. Puis se succèdent les différents niveaux de l'Aalénien (20 m de puissance environ), les calcaires du Bajocien inférieur (25 m) et enfin les calcaires du Bajocien moyen (40 m). L'absence des Marnes micacées au dessus des calcaires de l'Aalénien est une originalité par rapport aux plateaux Batho-bajocien de la région ; ceci augmente la puissance des aquifères d'une dizaine de mètres. La lithostratigraphie des plateaux du Haut-Saintois a été décrite en détail par SALOU (1992) à l'occasion d'un DEA de géographie physique. SALOU précise en particulier que la zone d'infiltration (appelée également zone non saturée) est constituée des différents calcaires du Bajocien, alors que la zone saturée siège dans les calcaires de l'Aalénien.

La surface sommitale de ces plateaux est à une altitude comprise entre 495 et 443 m ; la pente est inférieure à 5 % et le réseau hydrographique inexistant. Les versants (de 430 à 400 m) présentent des pentes pouvant atteindre 30 % et c'est à ce niveau que naît l'essentiel des sources. Les secteurs déprimés qui entourent les plateaux (altitude inférieure à 400 m) ont une pente inférieure à 5 % et présentent un réseau hydrographique permanent.

La partie sommitale qui couvre environ 900 ha est la zone d'alimentation des aquifères des plateaux. La partie inférieure des versants constitue une ligne de sources au contact entre les couches perméables calcaires et les couches imperméables marneuses. Ce sont donc des sources dites de déversement<sup>10</sup>.

La couverture pédologique des plateaux du Haut-Saintois est particulière à ce site (HEYDEL, 1998 ; CDA 54 et 88, 1991) et pratiquement unique en Lorraine<sup>11</sup>. Trois types de sols ont été distingués. A l'affleurement des calcaires sableux (partie est du grand plateau) correspond des sols à texture sablo-argileuse à argilo-sableuse. Appelés localement « céons », ce sont des sols profonds, acides, à texture déséquilibrée (la fraction sableuse étant dominante), sensibles à la battance et à l'érosion. Les « faux céons » sont moins profonds et plus argileux, présentant une meilleure réserve en eau, mais sont plus difficiles à travailler, et plus sensibles au lessivage. Sur les calcaires à polypiers, à entroques et coquilliers (partie ouest des plateaux de Vicherey et d'Aboncourt), la dalle calcaire est subaffleurante, les sols sont à texture argilo-sableuse ou argilo-limoneuse. Ces « terres rouges à pierrailles » sont des sols calcaires à texture équilibrée, peu profonds, sains et très perméables, avec une charge caillouteuse importante. Ils présentent une grande sensibilité au lessivage. Les sols des plateaux sont en vérité très diversifiés et il existe un continuum entre ces différents types. Seuls les sols filtrants ont été mis en culture, les zones hydromorphes étant occupées par des prairies permanentes ou des bois.

La Lorraine se caractérise par un climat de type océanique à tendance continentale ; le rythme et l'importance des précipitations traduisent l'influence océanique. Les pluies sont réparties régulièrement dans l'année. La pluviométrie annuelle moyenne calculée sur 30 ans à la Station de Mirecourt (à 15 km à vol d'oiseau des plateaux) est de 852 mm. Des amplitudes thermiques importantes illustrent l'influence continentale (de 1°C en moyenne en janvier à 17,6 °C en moyenne en juillet). C'est principalement le bilan hydrique qui nous intéresse car il permet d'apprécier les périodes de drainage et de recharge des nappes. Le bilan est variable d'une année à l'autre. L'installation d'un pluviomètre sur le plateau de Vicherey de 1992 à 1996 (MUHAR, 1997) nous autorise à préciser les variations du déficit pluviométrique : le bilan est excédentaire durant les mois d'hiver et de début de printemps (mars-avril). La réserve utile est alors reconstituée et une grande quantité d'eau est disponible pour s'infiltrer et alimenter les nappes. La période de décharge des nappes est irrégulière, mais se situe généralement de mars à septembre.

---

<sup>10</sup> Source de déversement : source située au contact du mur imperméable d'un aquifère, issue d'une nappe libre de déversement, non soutenue, et souvent comprise dans une ligne de sources (CASTANY et MARGAT, 1977).

<sup>11</sup> Communication personnelle de M. FLORENTIN, pédologue à l'ENSAIA.

### **I.2.b. Ferti-Ouest**

Sur ce secteur, la géologie des plateaux sur lesquels porte notre étude, est très proche de celle rencontrée sur le Haut-Sainctois. Dans l'ordre de l'échelle stratigraphique, les séries observées commencent par celles du Toarcien, qui déterminent les lignes aquifères des plateaux. Les calcaires de l'Aalénien sont absents, et nous retrouvons directement les étages du Bajocien inférieur et moyen. Ceci correspond en particulier à la géologie des plateaux alimentant les communes de Landaville et Lemmecourt (la butte témoin de Beaufremont), Pompierre et Jainvillotte.

Le plateau d'Attignéville est plus complexe, puisque qu'il existe trois autres étages au dessus du Bajocien moyen : le Bajocien supérieur et le Bathonien moyen et supérieur. Notons qu'il existe sur ce site, une lacune puisque les « Caillasses à Anabacia » du Bathonien inférieur sont absentes.

Les sources présentes sur le flanc des plateaux sont également des sources de déversement. Seul point particulier, sur le plateau d'Attignéville qui alimente la source de la Chavée, deux nappes sont individualisées, une nappe perchée dans les calcaires du Bathonien et une nappe beaucoup plus importante dans les calcaires du Bajocien. Il a été montré que la nappe du Bathonien peut alimenter celle du Bajocien (GEOSUM, 1995).

La pluviométrie mesurée sur vingt ans à Chatenois est supérieure à celle des plateaux du Haut-Sainctois, avec une moyenne annuelle de 970 mm (écart-type de 152 mm). Les variations sont donc très importantes entre les années.

La couverture pédologique des plateaux calcaires présente une certaine homogénéité puisqu'il s'agit principalement de sols bruns calciques superficiels (15 à 40 cm), limoneux à argilo-limoneux, caillouteux à très caillouteux. La perméabilité de ce type de sol est élevée.

### **I.2.c. Gorze**

Le plateau de Gorze alimente deux sources utilisées depuis l'époque gallo-romaine. La géologie rappelle celle du plateau d'Attignéville puisque se succèdent les étages suivants : Bathonien inférieur, Bajocien supérieur, moyen et inférieur et Toarcien. En revanche, nous retrouvons sur ce site l'étage du Bathonien inférieur, constitué des « Caillasses à Anabacia » qui héberge un aquifère peu important.

Le fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère du Bajocien est différent de ce que nous avons vu précédemment. En effet, les sources de Gorze trouvent leur origine dans une faille qui amène la base des calcaires bajociens au contact des marnes toarciennes, qui ainsi forment un barrage aux eaux souterraines (BURGEAP, 1991). Les eaux de pluie s'infiltrant dans les fissures des calcaires, sont retenues par le mur de la nappe et refoulées latéralement le long de la faille par cette barrière imperméable.

La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 820 mm avec une répartition homogène sur toute l'année. Enfin, la couverture pédologique suit assez fidèlement la géologie puisqu'il est possible de décrire deux grands types de sol (BURGEAP, 1991) : des sols bruns calciques superficiels pierreux au-dessus des calcaires du Bajocien, des sols bruns calcaires avec des problèmes d'hydromorphie sur les « Caillasses à Anabacia ». Ces derniers sols sont souvent drainés. Entre ces deux types se trouvent des sols bruns calciques superficiels et pierreux.

### **I.2.d. Sierck**

Sur ce secteur, les formations du Muschelkalk supérieur sont regroupées sous un faciès unique dolomitique, dit des « Couches du Stromberg ». Ce banc de dolomie est massif et fissuré et présente une puissance d'environ 60 m (CEGUM, 1987 ; BRGM, 1991). Les marnes bariolées du Muschelkalk moyen forme une assise imperméable au contact du Muschelkalk supérieur. Apparaissent ensuite des bancs de grès alternant

avec des dolomies sableuses ou argileuses composant l'étage du Muschelkalk inférieur qui repose sur les Grès à Voltzia du Trias inférieur.

L'aquifère du Muschelkalk est un multicouche où fissures et karst jouent un rôle primordial dans la constitution et dans la circulation de l'aquifère. Les formations dolomitiques du Stromberg alimentent des sources relativement abondantes.

La quantité moyenne annuelle des précipitations atteint plus de 800 mm sur ces plateaux ; elles se répartissent de manière irrégulière tout au long de l'année (CDA 57, 1995).

La couverture pédologique présente sur les plateaux de notre étude est de deux types : sols bruns calcimagnésiques superficiels et sols bruns calco-magnésiens superficiels.

## II. La démarche de travail

---

Ce travail vise principalement à apporter des réponses aux questions suivantes :

- ➔ Depuis le lancement de ces opérations, les agriculteurs ont-ils modifié leurs pratiques de gestion de l'azote ?
- ➔ Les teneurs en nitrate des nappes dont les bassins d'alimentation sont cultivés par ces agriculteurs ont-elles évolué ?

Notre étude s'articule autour de ces questions que nous traiterons séparément à l'aide de diverses méthodes que nous détaillons ici.

### II.1. Les changements de pratiques

Ce volet portera sur les pratiques agricoles liées au cycle de l'azote au champ et aux risques de lixiviation nitrique : fertilisation azotée minérale, apports d'engrais de ferme, implantation de CIPAN<sup>12</sup>.

Nous chercherons tout autant à décrire l'évolution globale de ces pratiques qu'à quantifier les changements à partir d'un indicateur. Cet indicateur est un calcul de balance azotée à la parcelle.

Décrire l'évolution des pratiques nécessite d'acquérir divers éléments d'information au sujet des conduites culturales mises en œuvre sur les parcelles étudiées. Il s'agit des modalités d'apports des engrais azotés minéraux (dose totale, fractionnement, date et dose du premier apport), et en situation de polyculture-élevage de la nature et des tonnages d'effluents d'élevage épandus. Dans ce dernier cas, nous ne parlons pas de date d'apport, car le conseil FERTI-MIEUX porte principalement sur le respect des périodes d'épandages précisées sur chaque département, dans le cadre de la Directive Nitrates. Aussi jusqu'à présent, si les dates d'épandage des engrais de ferme ont été modifiées, c'est principalement pour que les pratiques des éleveurs soient en adéquation avec cette Directive. Un dernier point porte sur les surfaces implantées annuellement en CIPAN.

Globalement toutes les balances azotées correspondent au calcul du solde entrées d'azote – sorties d'azote et peuvent également être regroupées sous le terme générique de bilan apparent<sup>13</sup> de l'azote. La grosse différence venant principalement du niveau auquel est réalisé le calcul : la parcelle ou l'exploitation. La

---

<sup>12</sup> CIPAN est l'acronyme de culture intermédiaire piège à nitrates.

<sup>13</sup> Il est impossible de parler de bilan de l'azote pour la simple raison que cela supposerait de pouvoir comptabiliser tous les postes en entrée (fixation libre et fixation symbiotique, apports atmosphériques, engrais de synthèse et restitutions de matière organique) et en sortie (exportations par les végétaux, pertes par voies gazeuses et pertes par transfert).

parcelle ou l'exploitation sont alors considérées comme une boîte noire où entrent des matières azotées et d'où sortent des produits végétaux et animaux. Dans notre cas, nous réaliserons ces bilans apparents à l'échelle de la parcelle à l'instar du bilan CORPEN (SEBILLOTTE, 1992) et la BASCULE. Plus précisément nous reprendrons certains éléments de la démarche de calcul de la BASCULE (Balance Azotée Spatialisée des systèmes de CULTURE de l'Exploitation) conçue par BENOIT en 1992. Les étapes du calcul sont les suivantes :

- des pratiques dans toutes les parcelles présentes sur le bassin d'alimentation : les apports d'engrais minéraux et organiques et les récoltes
- Calcul par parcelle de la balance annuelle (Apports – Récoltes) en multipliant chaque quantité par son équivalent azote fourni dans les tables du CORPEN (CORPEN, 1988)
- Calcul de la valeur moyenne sur la durée de la rotation pratiquée pour tenir compte des successions culturales et plus particulièrement de la fréquence des apports d'engrais de ferme.
- Calcul de la balance azotée spatialisée de l'ensemble des parcelles situées sur le bassin d'alimentation avec pondération des résultats parcellaires par les surfaces concernées : addition des balances positives des parcelles. Les balances négatives ne sont pas prises en compte car cela reviendrait à considérer qu'elles produisent des « anti-nitrates »

**L'intérêt de ce calcul est de pouvoir utiliser les informations sur les conduites culturales sans mesures de terrain complémentaires (BENOIT, 1992). L'objectif de cette démarche est d'évaluer si les entrées d'azote sont supérieures aux sorties. Si le résultat est positif, cela indique que le système « s'enrichit » en azote, que celui-ci soit perdu par lixiviation ou volatilisation ou qu'il augmente le stock d'azote organique minéralisable.**

**Si la balance est négative, cela indique une diminution du potentiel en nitrates lixiviables. Autrement dit, ce calcul effectué à l'échelle du bassin d'alimentation, nous informe sur le « potentiel polluant apparent »<sup>14</sup> de l'ensemble des parcelles du bassin.**

Nous ferons deux utilisations des balances azotées. D'une part nous comparerons l'évolution de cet indicateur entre deux périodes (ex. 1994-1996 et 1997-1999) de manière à évaluer les changements de pratiques agricoles depuis le lancement des actions FERTI-MIEUX. D'autre part, nous essayerons d'estimer la répartition dans l'espace des valeurs obtenues avec chacune des parcelles du bassin d'alimentation. Nous ne pourrons procéder à cette utilisation cartographique de l'indicateur que dans certains cas.

Les calculs de balance azotée nécessaires à la réalisation de cette étude reposent sur des données agronomiques dont les origines sont diverses. Ces données seront issues des enregistrements effectués par les CDA ou recueillies après enquête en exploitation, ou encore à partir de données brutes archivées suite à différents travaux, en particulier ceux des stagiaires de la station INRA de Mirecourt.

## **II.2. L'évolution de la qualité de l'eau**

Cet autre volet de notre travail recouvre plusieurs objectifs. D'une part, observer et décrire l'évolution passée et actuelle des teneurs en nitrate dans les nappes d'eau souterraine. D'autre part, apporter des éléments descriptifs du fonctionnement des systèmes hydrologiques des calcaires fissurés de Lorraine. Pour ce faire, nous avons mis en place un réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines<sup>15</sup> au sein de nos quatre opérations FERTI-MIEUX. Grâce à ce dispositif nous disposons d'un suivi analytique sur une quarantaine de sources, et d'un suivi hydrologique sur la plupart de celles-ci à partir de campagnes de mesure de débit.

---

<sup>14</sup> Nous empruntons cette expression à l'article de VERTES *et al*, 1999.

<sup>15</sup> A diverses occasions, ce dispositif a été présenté sous l'acronyme RISQUES pour Réseau InterFERTI-MIEUX de Suivi de la Qualité des Eaux Souterraines.

## II.2.a. Approche rétrospective

Avant de commenter l'évolution des teneurs en nitrate dans les captages du réseau de suivi depuis le lancement des actions FERTI-MIEUX, nous avons choisi de décrire leur évolution passée, aussi loin qu'existent des résultats d'analyse. **Cette approche rétrospective s'appuie sur les données archivées des contrôles sanitaires mis en place par les DDASS. L'objectif de ce travail est de pouvoir mettre en relation évolution passée et évolution actuelle des teneurs en nitrate.** Jusque dans les années 80, le pas de temps de ces mesures n'était pas régulier avec, selon les cas, une ou plusieurs mesures par an. Aussi, nous utiliserons des moyennes annuelles et nous nous intéresserons à l'allure générale de la courbe, sans chercher à réaliser une analyse plus précise qui serait faussée par le peu de données.

Nous avons également étudié l'évolution de l'occupation du sol des bassins d'alimentation de ces mêmes sources. Les données à notre disposition sont de deux types. D'une part nous avons procédé à un travail de photo-interprétation à partir des clichés issus des campagnes de photographies aériennes de l'IGN<sup>16</sup>. Notre choix s'est porté sur les missions conduites entre 1971 et 1995.

La photo-interprétation nécessite de se familiariser avec des critères d'identification : teinte, structure, texture, forme avant de pouvoir discriminer les différents types d'occupation du sol. Discrimination qui reste dépendante de la date de la mission aérienne, la période optimale se situant durant les mois de mai et juin. Après reconnaissance pour chaque parcelle de la couverture végétale en place et estimation de la surface occupée, trois catégories d'utilisation du territoire ont été constituées : surface boisée, surface toujours en herbe (STH), terres labourables (TL). Dans la partie traitant de ces résultats, nous avons fait figurer, quand cela était possible, les surfaces en colza et maïs. Nous expliquerons le choix de ces catégories dans cette même partie .

D'autre part, de manière à confirmer les résultats de la photo-interprétation, nous avons analysé les données des RGA de 1970, 1979 et 1988. Il est à noter que l'utilisation des RGA peut générer un biais puisque les informations sont recueillies à l'échelle communale et que les surfaces communales renseignées se rapportent aux surfaces des exploitations qui ont leur siège dans la commune. En particulier dans le cas du Haut-Sainctois, nous avons dû utiliser les données du RGA pondérées pour rendre compte de l'utilisation des sols des plateaux (HEYDEL *et al.*, 1997).

**L'objectif de cette étude de l'évolution de l'occupation du sol est de faire le lien entre l'évolution de l'activité agricole sur nos sites d'étude avec l'évolution des teneurs en nitrates dans les sources alimentées par ces territoires. Nous reviendrons plus loin sur les limites et intérêts d'une telle approche.**

## II.2.b. Observations in situ

Le tableau 3 apporte un certain nombre d'informations sur notre réseau de suivi. Pour trois sites, le suivi est antérieur au lancement de notre étude. Ceci est le résultat des collaborations anciennes entre la CDA 57 et la société fermière des sources de Gorze, et entre l'INRA de Mirecourt et les CDA 54 et 88 (Haut-Sainctois et Ferti-Ouest).

Les procédures adoptées pour les prélèvements d'eau et les mesures de débit ont été décrites dans un document interne de l'INRA de Mirecourt (FOISSY, 2000).

**Précisons simplement que les prélèvements se font directement dans les captages à l'aide de deux tubes à usage unique de 10 ml et que ces tubes sont ensuite conservés dans une glacière avant d'être stockés en chambre froide à la station de Mirecourt. Un échantillon est analysé au laboratoire de la station.**

---

<sup>16</sup> La photo-interprétation de clichés panchromatiques (N&B) étant particulièrement coûteuse en temps de travail, un étudiant de deuxième année de la MST Aménagement et Environnement de l'Université de Metz, Philippe TRESCH a été accueilli en stage à la Station INRA de Mirecourt pour nous aider dans ce travail.

Le matériel d'analyse utilisé est un auto-analyseur en flux continu utilisant une méthode de mesure colorimétrique (précision de la mesure de l'ordre de +/- 2,5 %). L'échantillon restant est conservé en chambre froide pour parer à une seconde analyse. Les résultats sont ensuite stockés automatiquement dans une base de données.

Opération FERTI-MIEUX	Nbre de sources observées	Lancement du suivi	Pas de temps des observations
Gorze	2	janv. 1991	1 mois
Haut-Sainctois	18	déc. 1991	14 jours
Ferti-Ouest	12	avril 1996	14 jours
Sierck	10	nov. 1997	1 mois

Tableau 3 : Le réseau interFERTI-MIEUX de suivi de la qualité des eaux souterraines

Les mesures de débit sont effectuées au même pas de temps que les prélèvements. Les configurations très variées des chambres de captage ou des réservoirs n'autorisent pas toujours le jaugeage des sources.

La méthode utilisée est un jaugeage volumétrique au seau. Cette méthode ne permet pas de mesurer des débits supérieurs à 10 l/s. C'est pourquoi, si une autre méthode n'est pas envisageable, beaucoup de chroniques souffrent d'absence de données en période de crues. Les mesures de débit sont également enregistrées dans une base de données.

Divers traitements mathématiques seront réalisés à partir des chroniques de débit et de teneurs en nitrates. Pour simplifier, nous parlerons des chroniques Q et des chroniques NO<sub>3</sub>. Sur chaque site d'étude, l'observation de l'évolution des teneurs en nitrates et du débit est assurée pour un ensemble de captages AEP.

Nous disposons donc de chroniques plus ou moins étendues (tableau 4) sur lesquelles porterons nos analyses. Nous chercherons tout d'abord à préciser le régime de ces sources, puis à décrire l'évolution des teneurs en nitrates. Nous faisons le choix de certains traitements statistiques qui, pour certains, sont propres au traitement des séries chronologiques (appelées également chroniques ou séries temporelles).

Bien que des tableaux récapitulatifs de l'évolution des teneurs en nitrate et des débits à partir de moyenne annuelle soient utiles pour procéder à « l'état des lieux », nous pensons qu'il est préférable de recourir à un filtre sélectif pour analyser précisément l'évolution interannuelle de ces variables. En effet, la moyenne annuelle est un indicateur relativement grossier qui génère une perte importante d'informations. La lecture des chroniques, en revanche, si elle permet d'appréhender toutes les observations de manière exhaustive, est gênée par la présence de fluctuations plus ou moins importantes.

Site d'étude	Chronique étendue / pas de temps	Traitement statistique
Haut-Saintois	8 ans / bimensuel	moyenne annuelle moyenne mensuelle moyenne mobile ACS
Gorze	9 ans / mensuel	moyenne annuelle moyenne mensuelle moyenne mobile
Ferti-Ouest	3 et 4 ans / bimensuel	moyenne annuelle moyenne mensuelle moyenne mobile
Sierck	2 ans / mensuel	moyenne annuelle moyenne mensuelle

Tableau 4 : Traitements statistiques réalisés pour chaque site

Rappelons qu'une série chronologique se compose de trois composantes. Tout d'abord, la « tendance », qui représente l'évolution moyenne à long terme de la variable étudiée. C'est la résultante de l'ensemble des facteurs explicatifs de l'évolution de la chronique. La « composante saisonnière », ensuite, apparaît comme une composante périodique dépendante de notre environnement. Enfin, la « composante irrégulière » est une composante aléatoire regroupant tout ce qui n'est pas pris en compte par les composantes précédentes (PALM, 1992 ; DROESBEKE et al, 1989 ; BENSABER et BLEUSE-TRILLON, 1989).

Afin d'identifier et d'étudier une composante en particulier, diverses procédures existent qui reviennent à décomposer la série à l'aide d'un filtre sélectif. Un filtre est un opérateur qui transforme une variable en une autre variable, certaines composantes de la série initiale étant alors éliminées ou modifiées (LAROCQUE, 1997).

- Nous cherchons à mettre en évidence les tendances ; nous recourons donc au filtre moyenne mobile. Très sommairement, disons que pour chaque  $x_t$ , de la série brute, une moyenne pondérée est calculée sur les données entourant le point  $x$ , c'est à dire sur l'amplitude. Ce filtre élimine toutes les fonctions périodiques ayant une période égale à un multiple de l'amplitude. L'inconvénient de ce traitement est que la chronique est raccourcie d'une fois l'amplitude (la moitié de l'amplitude au début et l'autre moitié à la fin) (LAROCQUE, 1997). Il suffit de retenir que cette méthode permet de désaisonnaliser une série, autrement dit de la « lisser ». L'amplitude choisie sera 12 ou 26 selon le pas de temps des observations.

Nous avons choisi d'utiliser le logiciel STOCHASTOS développé par le laboratoire Souterrain du CNRS de Moulis pour réaliser le traitement des séries chronologiques de données hydrogéologiques ou climatologiques (D'HULST, 1993).

- Nous tenterons par ailleurs de préciser l'évolution intra-annuelle moyenne (la variation saisonnière) des variables Q ou NO<sub>3</sub>. Nous n'utiliserons pas une méthode de décomposition particulière, mais nous calculerons simplement des moyennes mensuelles, c'est à dire que pour chaque mois, nous ferons la moyenne des valeurs observées pour toutes les années de la chronique.

Enfin, nous procéderons sur le site du Haut-Saintois à une approche exploratoire à partir d'analyses corrélatoires et spectrales (ACS) dans le but d'apporter quelques éléments de compréhension du fonctionnement des sources. Développée par MANGIN (1984), cette méthode repose sur l'analyse de la structure des séries chronologiques de pluie (P) et de débit (Q) des systèmes hydrologiques de façon

descriptive à partir du corrélogramme et du spectre de densité de variance. Ces analyses sont répandues en hydrogéologie karstique car les données requises sont assez faciles à obtenir et souvent la seule information disponible (LAROCQUE, 1997).

Le principe est le suivant : « l'aquifère est considéré comme un filtre qui transforme, retient ou élimine un signal d'entrée pour produire un signal de sortie, le degré de transformation de la fonction d'entrée procurant de l'information sur la nature des écoulements dans le système » (LAROCQUE, 1997).

Le choix de la fenêtre d'observation est important et conditionne les résultats de l'analyse. Nous avons utilisé des chroniques qui, dans le cas du Haut-Santois, présentaient 208 observations avec 26 observations par an ; nous avons choisi un point de troncature de 69 observations ( $m=69$ ) ce qui correspond à une fenêtre d'observation comprise entre deux et trois années. Cela signifie que l'on cherche les corrélations pour une observation donnée jusqu'à deux à trois ans avant, ce qui englobe plusieurs cycles hydrologiques. Le pas de temps des corrélations est égal au pas de temps des observations ( $k=1$ ).

L'analyse corrélatrice fournit une fonction d'autocorrélation qui permet de décrire la structure temporelle de la chronique (aléatoire, cyclique, ...). Cette fonction met en évidence la dépendance des événements entre eux pour des intervalles de temps de plus en plus grands ; cela traduit la mémoire du système. La fonction d'autocorrélation utilisée est celle de JENKINS et WATTS (1968).

L'analyse spectrale permet de confirmer certains résultats de l'analyse corrélatrice. La fonction de densité spectrale illustre dans le domaine fréquentiel ce que le corrélogramme présente dans le domaine temporel car elle est la « transformée de Fourier » de la fonction d'autocorrélation. Chaque pic traduit la présence d'un phénomène périodique d'autant plus important que le pic est élevé (LAROCQUE, 1997). Pour faire ces différentes analyses, nous avons également eu recours au logiciel STOCHASTOS.

### II.3. Précisions méthodologiques

Notre itinéraire méthodologique repose sur un certain nombre de choix liés aux moyens dont nous disposons, au cahier des charges de notre étude et à l'analyse des travaux réalisés sur ce thème à la Station de Mirecourt. Il est important de rester conscient de certaines limites liées aux méthodes utilisées.

**Classiquement, le bassin d'alimentation est considéré dans ces travaux comme une boîte noire où l'on observe ce qui se passe en surface (description des pratiques agricoles) et à l'exutoire (mesure du débit et de la teneur en nitrate de l'eau).** Nous disposons alors d'informations tout à fait différentes tant en ce qui concerne leur nature que leur précision. Les données d'enquête en exploitation sont entachées d'une imprécision très importante, fort gênante pour le calcul des balances azotées.

C'est pourquoi il est souvent difficile de faire le lien entre balance et teneur en nitrates du captage. MUNIER en 1991 n'a obtenu une corrélation satisfaisante que pour une seule source du Haut-Santois. Ceci n'est pas surprenant car d'après GAURY (1992), les corrélations entre les reliquats d'azote et les balances sont médiocres, en particulier dans un contexte de polyculture-élevage avec des fertilisations organiques des cultures.

**Aussi nous considérons que la balance azotée est un indicateur, un « baromètre » des changements de pratiques et que sa signification agronomique peut être limitée. Nous ne chercherons pas à donner aux balances azotées une signification qu'elles n'ont pas. Dès qu'une balance présente une forte baisse, nous considérons que nous sommes dans une situation où les pratiques culturales ont évolué favorablement. La balance est donc un indicateur de la performance d'un itinéraire technique au regard des pertes en nitrate.**

Remarquons, en outre, que la balance ne renseigne absolument pas sur les fournitures en azote du sol, produit naturellement (minéralisation du printemps et de l'automne) en quantités très variables selon les années climatiques, et qui alimente le stock d'azote potentiellement lessivable à la reprise du drainage. Enfin, au vu de certaines connaissances, le calcul peut apparaître comme « agronomiquement incorrect ».

Par exemple, le fait d'exporter les pailles avec les grains génère des balances plus faibles que lorsque les pailles sont enfouies ; l'enfouissement des pailles est pourtant reconnu comme une bonne pratique pour limiter la lixiviation du nitrate (TAUREAU et MARY, 1995) !

MUHAR (1997) a tenté de mettre en relation les flux d'azote en entrée (d'après les fertilisations indiquées par les agriculteurs) avec les flux en sortie de bassin (d'après les observations dans les captages). Les résultats sont très mitigés car les écarts varient entre 1 et plus de 500 %. Ceci s'explique par le manque de fiabilité des données agronomiques utilisées et les connaissances insuffisantes sur les bassins (bilans hydriques non « bouclés »). Nous voyons donc que les informations dont nous disposons ont peu de chance de mettre en évidence le lien qui existe entre les pratiques agricoles et la qualité de l'eau.

En revanche, si la fenêtre d'observation est suffisamment large, il est possible de visualiser une corrélation ; ceci a été mis en évidence par MORLON et al (1998) lorsqu'ils ont comparé l'évolution de bilans apparents de l'azote avec l'évolution des teneurs moyennes dans des captages.

Pour faire ce lien à l'échelle de quelques années, nous avons tendance à considérer qu'il faut disposer d'informations de nature assez proche. La qualité de l'eau qui draine hors de la zone racinaire (mesurée in situ ou par simulation) est une donnée très intéressante qu'il est plus facile à mettre en relation avec la teneur en nitrate de l'eau de la nappe. Les campagnes de reliquats (comparaison des REH et RSH<sup>17</sup>) sont également un bon moyen d'approcher la qualité de l'eau qui alimente la nappe. Ceci a été montré en particulier par GAURY (1992). Certaines actions FERTI-MIEUX comme celles de Seine-et-Marne mènent des campagnes de mesure de reliquats pour mesurer l'effet des changements de pratiques ( CDA 77, 1998). Malheureusement, ces mesures sont très coûteuses en temps de travail et irréalisables dans la cadre de notre étude.

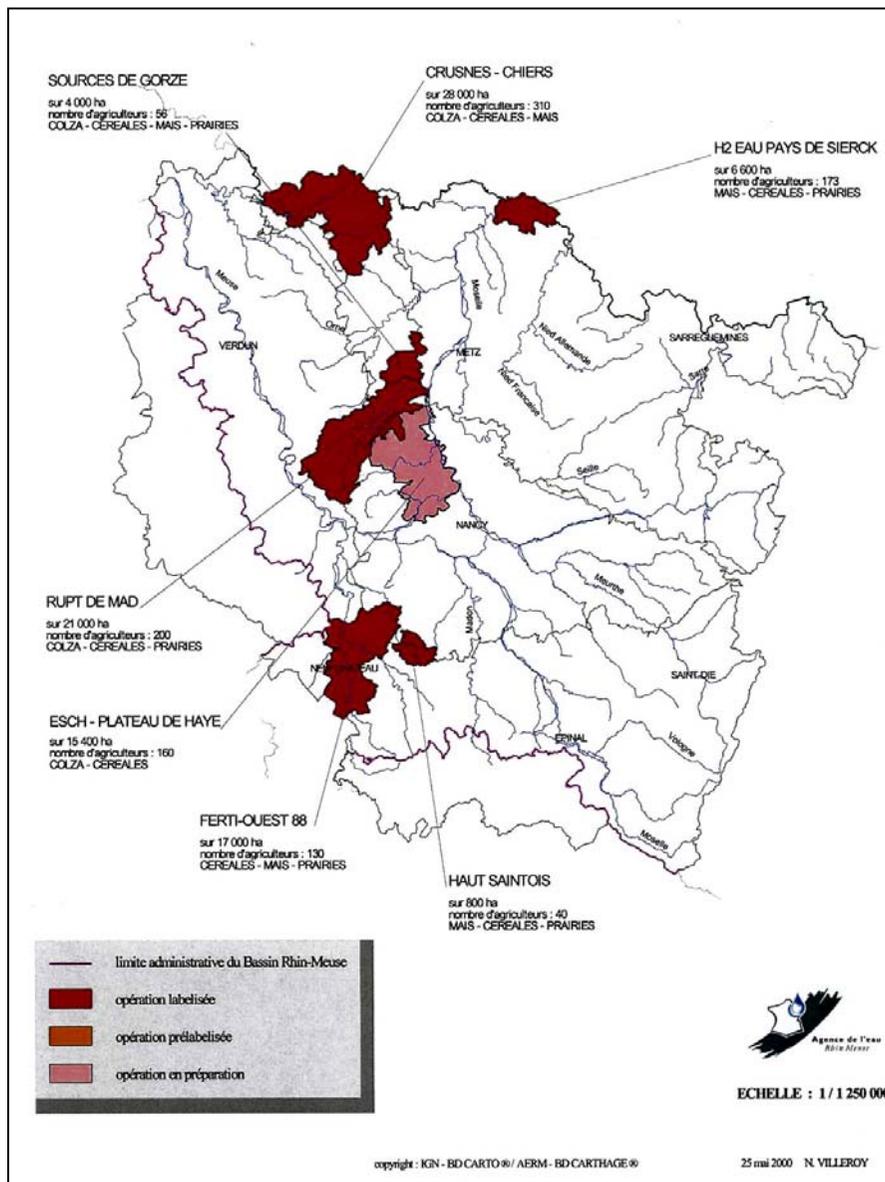
Nous appréhendons les données d'évolution de la qualité de l'eau de manière globale et qualitative. En effet, nous travaillerons à partir des chroniques de concentration en nitrates et de l'évolution de leur tendance. Nous comparerons les tendances entre elles pour voir si elles sont plus marquées sur un secteur où les balances ont fortement baissées. Nous analyserons également l'évolution des chroniques de débit et de pluie efficace (P-ETP) pour mettre en évidence l'effet global des précipitations. Nous travaillerons donc principalement à partir de comparaison des chroniques entre elles.

**Nous avons trop peu de données (en particulier de nature hydrogéologique) pour chercher systématiquement des preuves de l'impact des changements de pratiques sur la qualité des eaux souterraines. Et si nous mettons en évidence des informations intéressantes, nous parlerons plutôt de forte présomption que de preuve.**

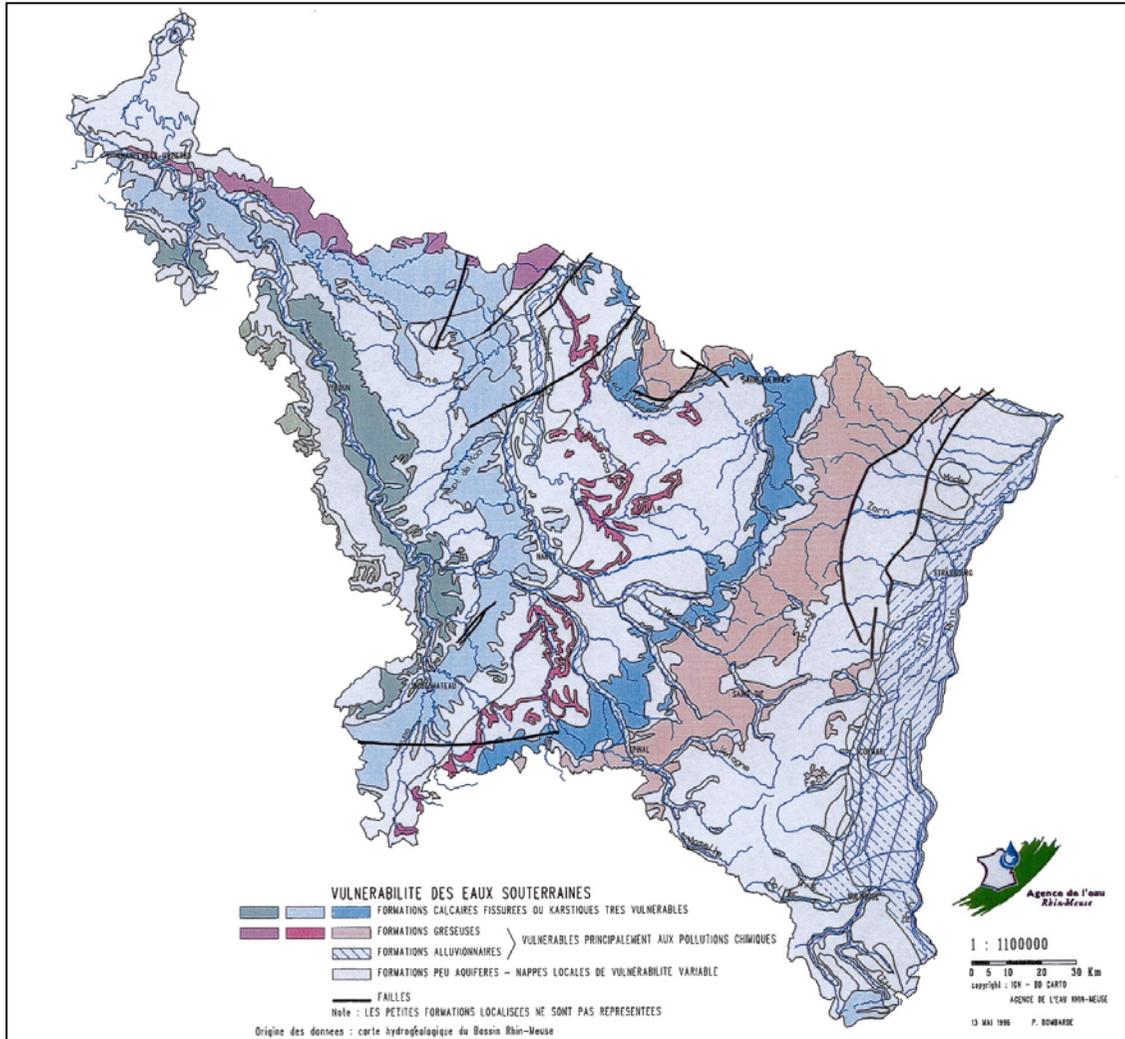
Les résultats de l'approche rétrospective seront présentés dans une première partie, afin de mieux cerner les motivations des actions FERTI-MIEUX. Les changements de pratiques feront l'objet d'une seconde partie et l'évolution de la qualité des eaux, d'une troisième et dernière partie.

---

<sup>17</sup> REH pour reliquat d'azote à l'entrée d'hiver et RSH pour reliquat d'azote à la sortie de l'hiver

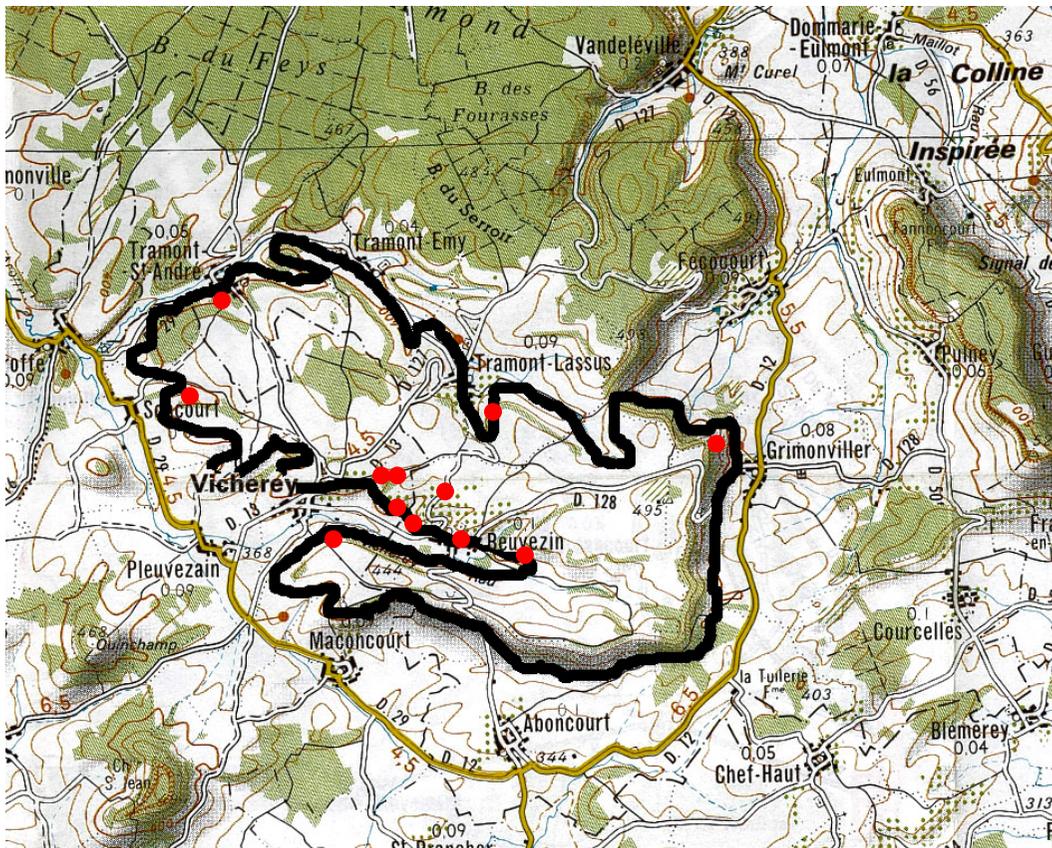


**Figure 1**  
Carte des opérations FERTI-MIEUX en Lorraine



**Figure 2**  
Hydrogéologie et vulnérabilité du Bassin Rhin-Meuse  
(carte I-3 du SDAGE)

## Opération « Plateaux du Haut-Saintois »

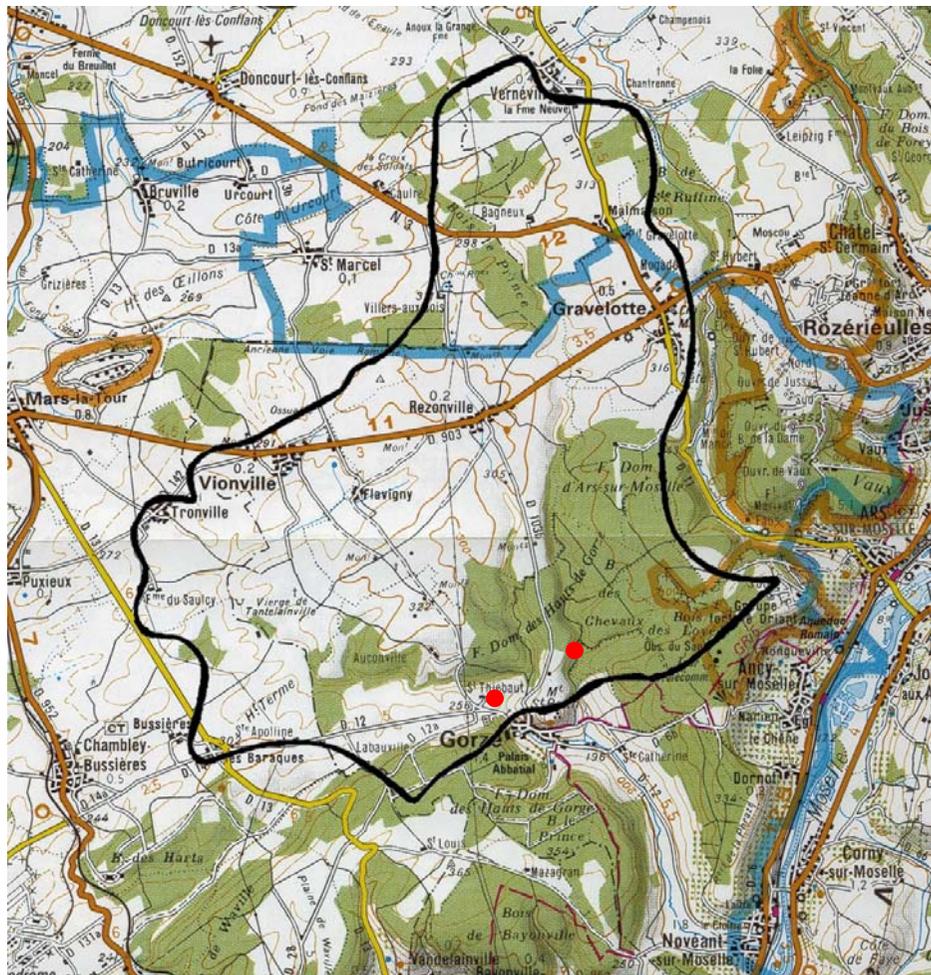


● Captages ou groupe de captages  
inclus dans le réseau de suivi

**Figure 3**

Situation géographique de l'opération « Plateaux du Haut-Saintois »  
(d'après la carte IGN Série verte n° 23 - échelle approximative 1:85 000)

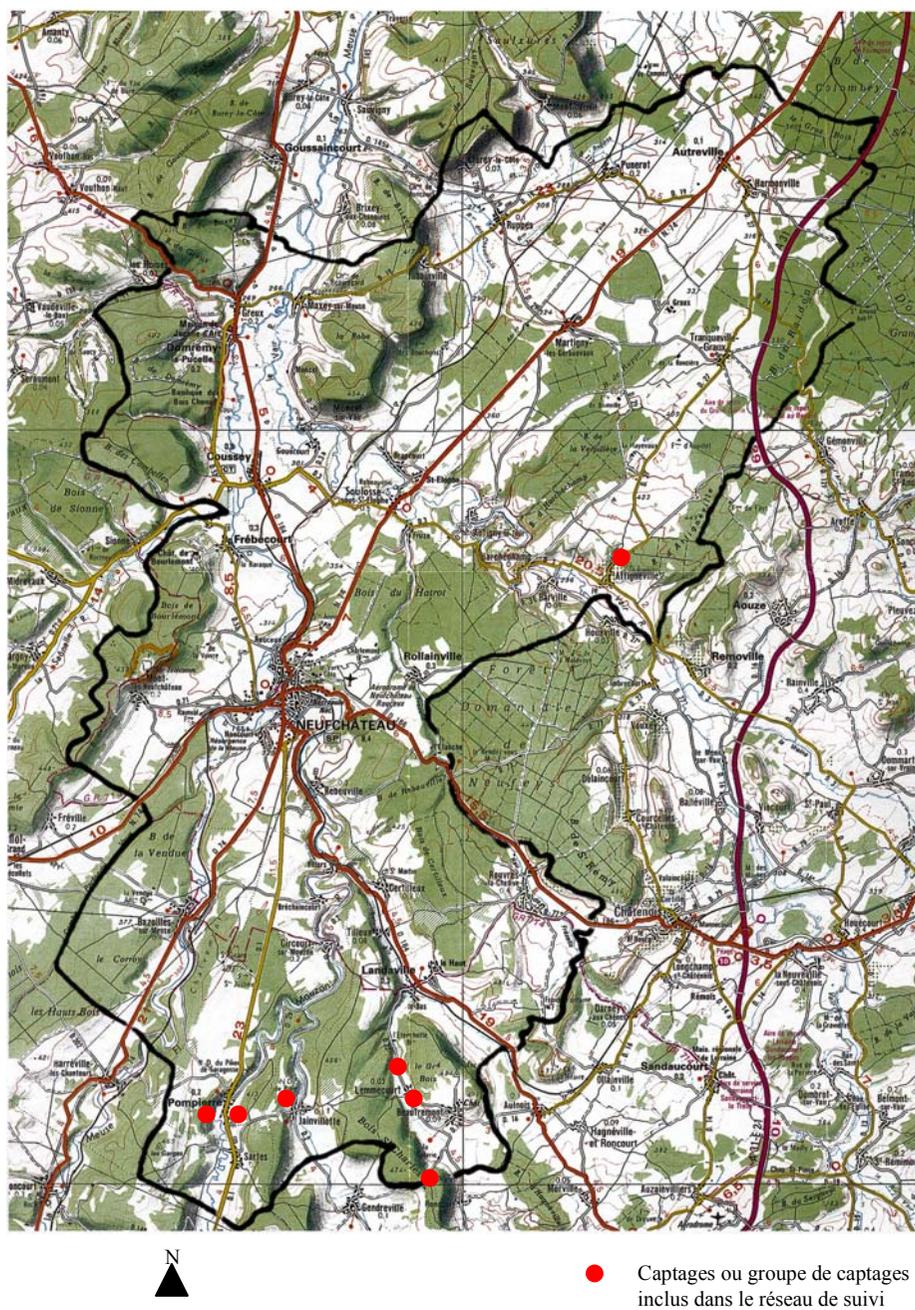
## Opération « Sources de Gorze »



● Captages ou groupe de captages  
inclus dans le réseau de suivi

**Figure 4**  
Situation géographique de l'opération « Sources de Gorze »  
(d'après la carte IGN Série verte n° 11 - échelle approximative 1:120 000)

## Opération « FERTI-OUEST 88 »

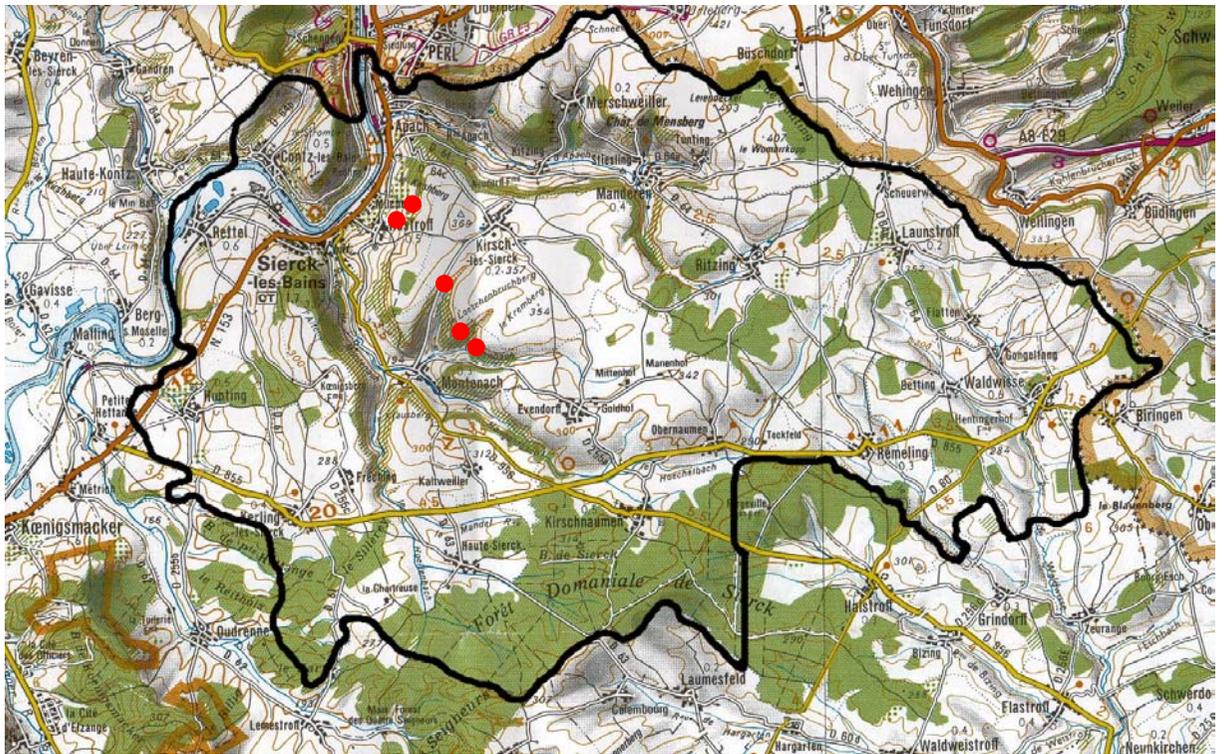


**Figure 5**

Situation géographique de l'opération « FERTI-OUEST 88 »

(d'après la carte IGN Série verte n° 23 - échelle approximative 1:200 000)

## Opération « H2 Eau Pays de Sierck »



● Captages ou groupe de captages  
inclus dans le réseau de suivi

**Figure 6**

Situation géographique de l'opération « H2 Eau Pays de Sierck »  
(d'après la carte IGN Série verte n° 11 - échelle approximative 1:130 000)

**PREMIERE PARTIE**  
**ETUDE RETROSPECTIVE**

---

*« Depuis 30 ans on nous dit de produire au maximum. Alors...ma foi, on mettait du fumier,  
on mettait des engrais. »*

Agriculteur cité dans le rapport de Dominique Albert,  
« Les agriculteurs du plateau de Vicherey et la pollution des eaux », mars 1991.

## I. Evolution historique de la pollution azotée

---

Nous allons commenter les divers résultats recueillis pour chaque site d'étude. Nous nous sommes basés sur les données archivées des DDASS 54, 57 et 88. Il n'a pas toujours été possible de reconstituer les chroniques jusqu'au début des années 70 comme nous l'aurions souhaité. Seules les données de la DDASS 57 nous ont permis de « remonter » le temps jusqu'à la fin des années 60.

En effet, la mise en place d'un contrôle sanitaire organisé et appliqué sur l'ensemble du territoire national ne date que de 1989 (application du décret n° 89-3 du 3 janvier 1989). En outre, par le passé, les préoccupations sanitaires portaient en priorité sur la qualité microbiologique des eaux distribuées.

Pour chacune des sources, nous préciserons le nom ou le code d'identification retenu pour les mesures de terrain.

### I.1. Haut-Santois

Nous faisons apparaître les résultats dans la figure 7a pour les sources alimentant les communes de Beuvezin (mélange des sources V24 et V25), de Grimonviller (source V20) et le SIE de Maconcourt-Aboncourt (V17.x).

Nous distinguons un profil de minéralisation semblable pour ces captages avec une évolution en trois temps :

- ➔ 1974 – 1984 : teneur stable aux alentours de 30-40 mg/l
- ➔ 1984 – 1994 : dégradation de la qualité de l'eau (avec une augmentation approximative des teneurs en nitrate de 2.5 mg/l/an)
- ➔ 1994 - 1997 : amélioration de la qualité de l'eau

### I.2. Gorze

Nous présentons (figure 8a) ici la chronique réalisée pour la source des Bouillons, une des deux sources présentes sur le site de Gorze. Ces données sont issues du contrôle sanitaire de la DDASS 57, selon un pas de temps variable. A partir de 1991, les résultats d'analyse nous sont communiqués mensuellement par la Société Mosellane de Eaux. Nous constatons une évolution en palier de la minéralisation par le nitrate de l'eau de la source des Bouillons.

- ➔ 1966 – 1972 : teneur stable en dessous de 10 mg/l de nitrate
- ➔ 1972 – 1979 : augmentation brutale et rapide jusqu'à 40 mg/l
- ➔ 1979 – 1994 : augmentation progressive jusqu'à 60 mg/l (soit environ 1,5 mg/l/an)
- ➔ 1994 – 1997 : amélioration de la qualité de l'eau

### I.3. Ferti-Ouest

Bien que disposant de peu de résultats d'analyse (figure 9a), nous avons reconstitué des chroniques de 1982 à 1997 pour les captages des communes d'Attignéville (VR4), Landaville (mélange VR16, VR17, VR18 et VR19), Lemmecourt (mélange VR20 et VR21), Pompierre (VR13) et Jainvillotte (VR5). Nous distinguons trois périodes

- ➔ 1982 – 1989 : teneur relativement stable
- ➔ 1989 – 1994 : augmentation rapide (de l'ordre de 35 % pour les sources de Landaville et Lemmecourt ; 65 % pour Jainvillotte et Pompierre et 40 % pour Attignéville)

#### I.4. Sierck

Les chroniques de la figure 10a correspondent aux sources alimentant les communes de Montenach (mélange SK32 et SK33), Kirsch-les-Sierck (mélange SK41 et SK42) et Rustroff (SK20). Les profils d'évolution sont très semblables, en particulier pour les sources de Montenach et de Kirsch-les-Sierck.

- 1964 – 1974 : teneur stable aux alentours de 20 mg/l de nitrate.
- 1974 – 1996 : augmentation progressive des teneurs en nitrates au rythme de 1,5 mg/l/an.
- Depuis 1997 : stabilisation des teneurs

Nous tirons diverses informations de l'analyse de ces résultats. **Nous constatons que l'augmentation des teneurs en nitrates est générale pour les quatre sites pour la période s'étendant de 1980 à 1994 (multiplication par 1,5 ou 2 des teneurs moyennes). En revanche, les valeurs antérieures aux années 80 montrent des disparités d'un site à l'autre. Alors que la teneur moyenne est de l'ordre de la vingtaine de mg/l pour les captages du site Sierck, elle est de 10 mg/l environ pour la source des Bouillons à Gorze.** Pour les deux autres sites, il est malheureusement impossible de connaître quelles teneurs prévalaient à la fin des années 60.

## II. Evolution de l'utilisation des sols

---

Divers facteurs expliquent la dégradation de la qualité de l'eau. Sur un site où l'activité humaine prépondérante est agricole, la responsabilité revient d'une part à l'intensification des pratiques de fertilisation, et d'autre part aux changements d'utilisation des sols.

Pour ce dernier point, il a été montré (GAURY, 1992) que si certains types d'occupation du sol agissent comme des facteurs de protection de la qualité de l'eau (prairies et forêt), d'autres en revanche engendrent des risques plus ou moins importants (terres labourables, « cultures à risque »<sup>18</sup>).

Les parcelles équipées de bougies poreuses ont montré que des cultures comme le maïs (interculture très longue) ou le colza (restitution azotée importante en fin de cycle) peuvent induire des pertes nitriques élevées. Nous faisons figurer en Annexe 2, une synthèse des pertes nitriques mesurées sous diverses cultures où il apparaît clairement que la gamme des valeurs de concentration en nitrate est très large, reflétant la diversité des contextes pédo-climatiques et des conduites culturales.

Nous avons reconstitué l'évolution de l'occupation du sol sur les bassins d'alimentation, à partir de l'interprétation de photographies aériennes. Il s'agit des missions aériennes IGN dont les dates de prises de vue sont variables selon les secteurs d'étude, mais correspondant aux périodes couvertes par nos chroniques historiques de pollution azotée. Nous nous sommes intéressés à l'évolution des surfaces en bois, en herbe (STH), en terres labourables (TL) et quand c'était possible en maïs et colza.

### II.1. Haut-Saintois

Les figures 7b et 7c nous montrent clairement qu'à l'échelle des plateaux du Haut-Saintois, la surface en herbe a été réduite (- 30 %) au profit de la surface en terres labourables et plus précisément du maïs. La sole en maïs a en effet considérablement augmenté de 1979 à 1993 (+ 128 %). Des résultats obtenus sur les

---

<sup>18</sup> Il convient de rester prudent en utilisant l'expression « culture à risque », car cela pourrait laisser croire que les pertes en azote sont toujours importantes indépendamment des pratiques agricoles, ce qui serait un non-sens agronomique. En effet, ce sont tout autant les pratiques mises en œuvre par l'agriculteur qui dans certains contextes représentent un risque environnemental. Il serait plus pertinent de parler « d'occupation du sol à risques » pour faire avant tout la distinction entre les couverts annuels et les couverts pérennes.

aires supposées de bassin d'alimentation des plateaux ont montré une évolution encore plus contrastée des surfaces en culture et en prairies. Le bassin des sources de Grimonviller en particulier a vu son assolement totalement modifié puisque, de 1974 à 1993, la STH diminuait de 65 % alors que la surface en maïs augmentait de 160 %.

Les données des RGA modifiées confirment parfaitement les résultats de la photo-interprétation. Concernant l'évolution du cheptel bovin, les RGA nous apprennent également que celui-ci a évolué de plus de 30 % de 1970 à 1988.

## II.2. Gorze

Les figures 8b et 8c présentent les résultats obtenus. Nous constatons un retournement important des prairies au profit des céréales et du colza dont le développement est important sur cette période. Ainsi, les photos aériennes nous apprennent que de 1971 à 1994, la Surface Toujours en Herbe (STH) a chuté de 66 %, alors que les Terres Labourables (TL) augmentaient de 27 %. Cela représente donc une mise en culture de près de 800 ha sur un bassin d'alimentation de 5900 ha. Notons en particulier que la surface en colza a augmenté de 59 % de 1982 à 1994. Les données des RGA confirment ces ordres de grandeur et indiquent également que de 1970 à 1988, le cheptel bovin a diminué de plus de 30 %, au point que le plateau de Gorze est devenu une zone de grandes cultures.

## II.3. Ferti-Ouest

Les données présentées figure 9b montrent une évolution marquée des surfaces en prairies et Terres labourables de 1974 à 1984 sur le plateau d'Attignéville. Nous remarquons que cette évolution est fortement ralentie de 1984 à 1993, et que l'occupation du sol présente peu de changements.

Pour le plateau de Beaufremont (qui alimente les captages de Landaville et Lemmecourt), nous constatons une baisse très importante de la superficie en prairies au profit des Terres labourables entre 1979 et 1984 (figure 9c).

La figure 9d concerne le plateau alimentant la source des « Longues raies » à Pompierre. L'inversion des surfaces en prairies et en terres labourables s'est produite entre 1988 et 1995.

Enfin notons que l'assolement du bassin alimentant la source de Jainvillotte, dont l'évolution des superficies agricoles n'est pas présenté ici, a été bouleversée en 1987. En effet « la » parcelle<sup>19</sup> de ce bassin qui était alors en prairie a été retournée et mise en culture.

## II.4. Sierck

Les figures 10b et 10c apportent des informations sur l'évolution de l'occupation du sol du plateau de Kirschles-Sierck sur lequel différents bassins alimentent les sources des trois communes environnantes. Sur ce secteur, les surfaces en herbe ont légèrement augmenté de 1972 à 1994, tandis que la surface en TL diminuait. Remarquons toutefois, que de 1979 à 1989 l'évolution de l'assolement est similaire à ce qui a été observé sur les autres sites.

Ces résultats montrent l'intérêt d'une approche de l'activité agricole par le territoire. Sur trois sites une évolution importante des surfaces en herbe et des surfaces cultivées a été constatée. La figure 11a synthétise quelques données régionales (DRAF, 1998) qui présentent une évolution similaire. Remarquons que la SAU a légèrement évolué de 1960 à 1997 puisqu'elle est passé respectivement de 56,5 % à 49,8 % du territoire régional.

---

<sup>19</sup> Rappelons l'occupation du sol de ce bassin d'alimentation d'une quarantaine d'hectares : 3 ha de prairies, 13 ha de culture en une seule parcelle, le reste étant en forêt. Il va sans dire que l'agriculteur exploitant l'unique parcelle cultivée du bassin se sent très concerné par l'évolution de la qualité de l'eau !

### III. Conclusion

Le constat de pollution des eaux souterraines de Lorraine est relativement ancien, puisque dès 1978, un rapport du SRAE Lorraine mettait en évidence une dégradation de la qualité de l'eau (PASSAVY et SALADO, 1978). Ces auteurs insistaient sur la vulnérabilité des eaux provenant des aquifères du Dogger et du Muschelkalk et reliaient l'augmentation des teneurs en nitrates à l'évolution des pratiques culturales sur les bassins d'alimentation exclusivement ruraux.

Une thèse soutenue en 1991 par TURIN, concluait que les teneurs en nitrates des eaux souterraines étaient globalement en hausse depuis 1976 et qu'elles risquaient d'augmenter encore au vu de l'évolution des surfaces agricoles et des quantités d'engrais azotés employées.

Cette dégradation de la qualité de l'eau a été également constatée pour la période 1980-1994 sur tous nos sites d'étude.

Notre approche agro-historique se trouve limitée par le fait que nous n'avons pas eu le temps de nous intéresser à l'évolution des pratiques sur les sites concernés. GAURY (1992) a remarqué dans son travail de thèse que la reconstitution des itinéraires techniques passés est rendue très difficile par le manque d'informations.

A titre d'information, nous faisons figurer l'évolution des quantités d'azote minéral épandues en Lorraine de 1965 à 1997 (CRAL, 1986 et AERM, 1998). Cette évolution est constante de 1965 à 1993, avec une interruption de 1994 à 1996. Globalement, ces valeurs se sont accrues de 100 % entre 1980 et 1997. Dans le même temps, les apports d'azote organique sont restés relativement constants, de l'ordre de 53 kg d'azote/ha. Les exportations d'azote par les cultures n'ont également quasiment pas évolué et sont restées aux alentours de 121 kg d'azote/ha. De ce fait, les soldes apparents d'azote présentent une évolution marquée de 1980 à 1994, mais il y a un « mode » autour de 1994 et 1997 revient à la valeur de 1985 (figure 11b)<sup>20</sup>.

**Au vu de ces informations, il serait donc faux de conclure trop hâtivement sur les changements d'utilisation du territoire comme seule cause de la dégradation de la qualité de l'eau. Comme MORLON et al (1998), nous parlerons plutôt d'un enchaînement des causalités. La dégradation de la qualité de l'eau peut être décrite comme le résultat de l'équation :**

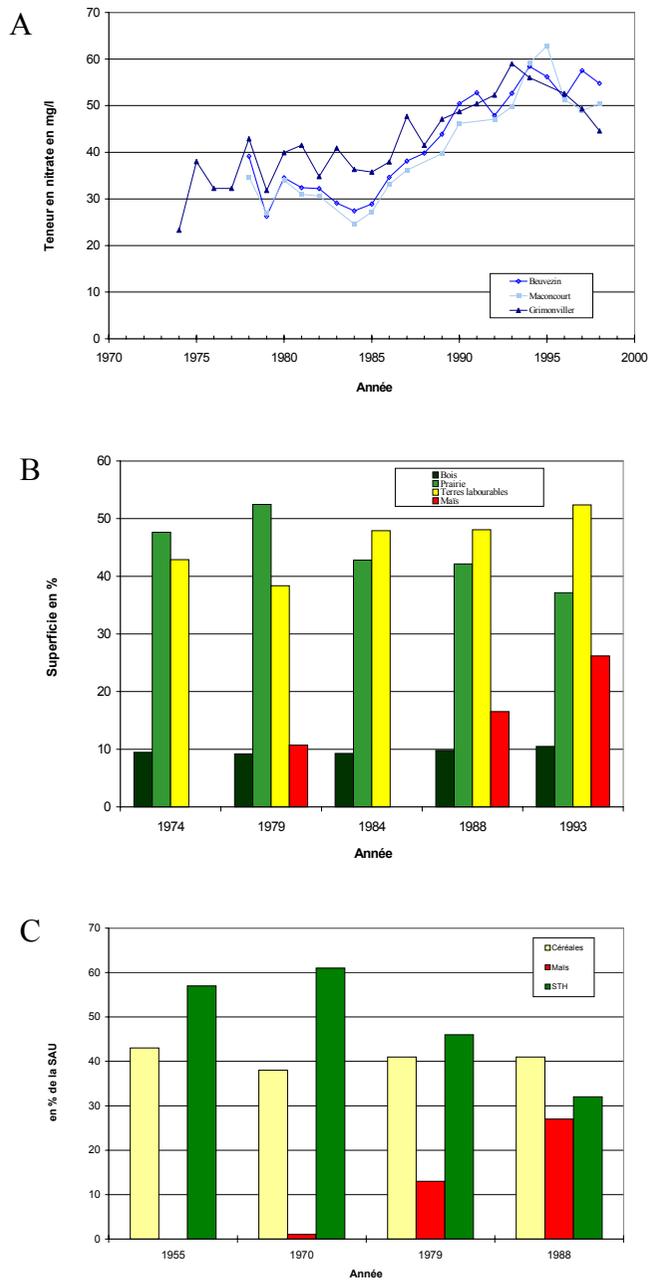
**→ milieu à risques × occupation du sol à risques × pratiques à risques.**

**L'évolution des deux derniers termes de cette équation, qui semble-t-il, a été simultanée s'est donc traduite par une augmentation des concentrations de nitrates dans les captages de nos sites d'étude.**

---

<sup>20</sup> Signalons que le solde apparent d'azote en Lorraine s'élevait pour l'année 1997 à 34 millions de kg (AERM, 1998). Le devenir de cet azote est multiple : volatilisation, organisation par la biomasse microbienne du sol et lixiviation par les eaux pluviales.

## HAUT-SAINTOIS



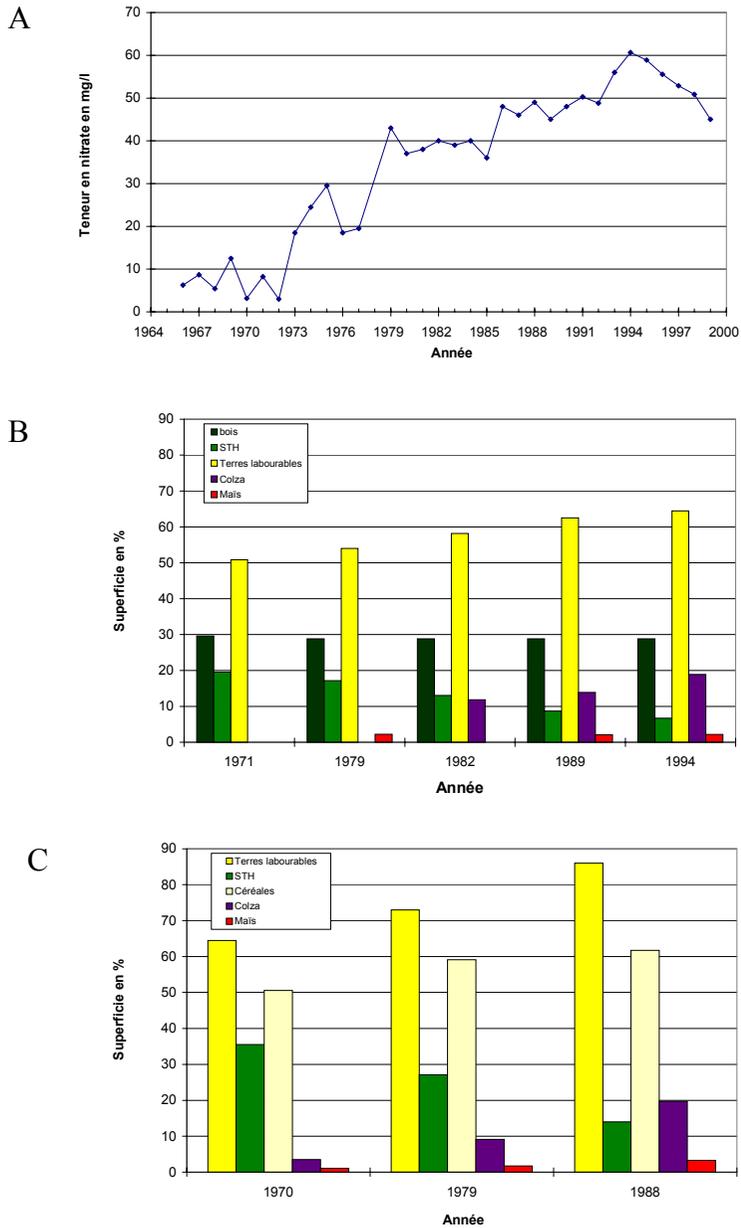
**Figure 7**

**A** : Evolution de la teneur en nitrate des eaux alimentant Grimonviller, Beuvezin et Maconcourt-Aboncourt (moyennes annuelles)

**B** : Evolution des superficies agricoles sur les plateaux du Haut-Saintois (données photo-interprétation)

**C** : Evolution des superficies agricoles sur les plateaux du Haut-Saintois (données RGA modifiés)

# GORZE



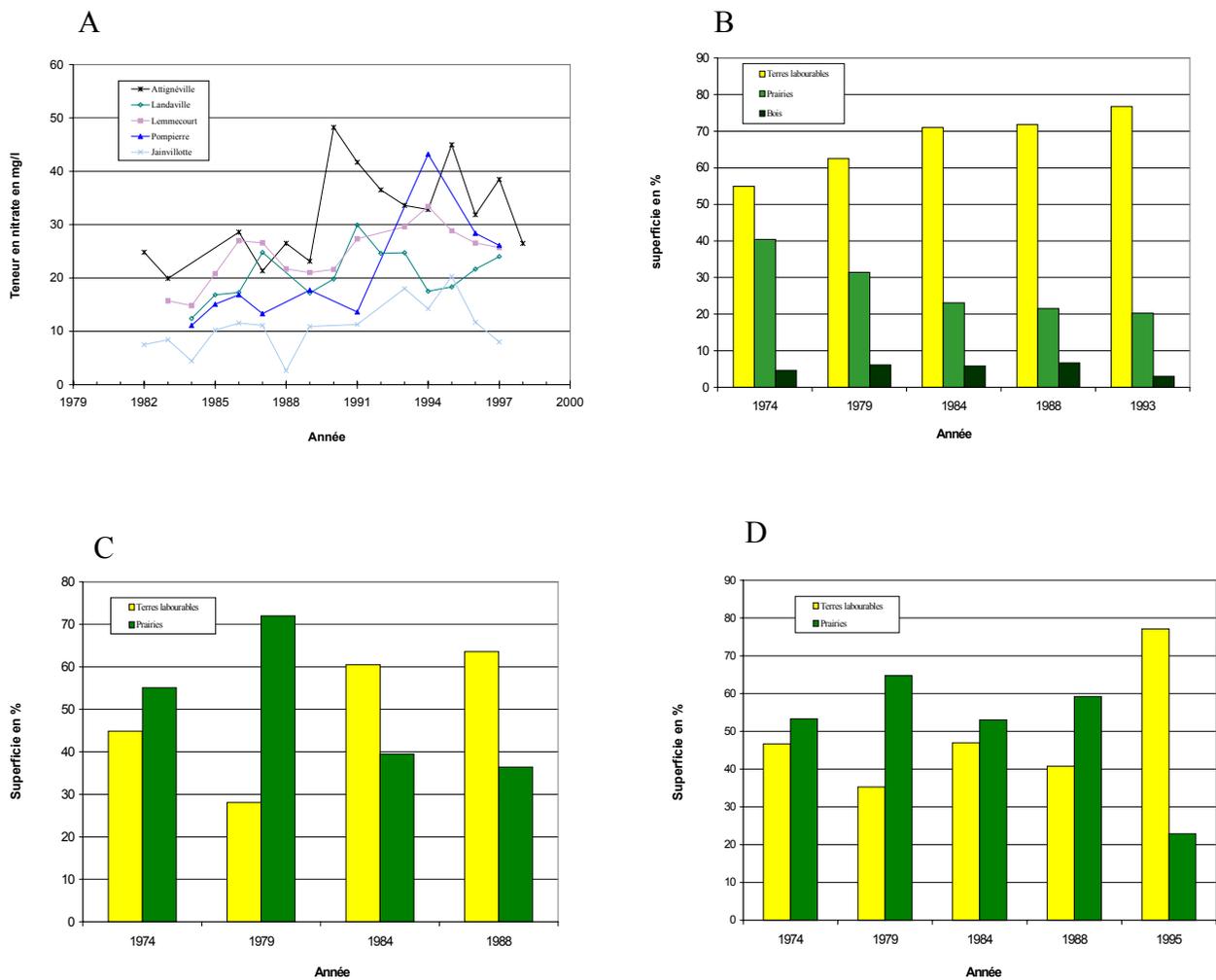
**Figure 8**

**A** : Evolution de la teneur en nitrate de la source des Bouillons (moyenne annuelle)

**B** : Evolution des superficies agricoles sur le plateau de Gorze (données photo-interprétation)

**C** : Evolution des superficies agricoles sur le plateau de Gorze (données RGA)

## FERTI-OUEST



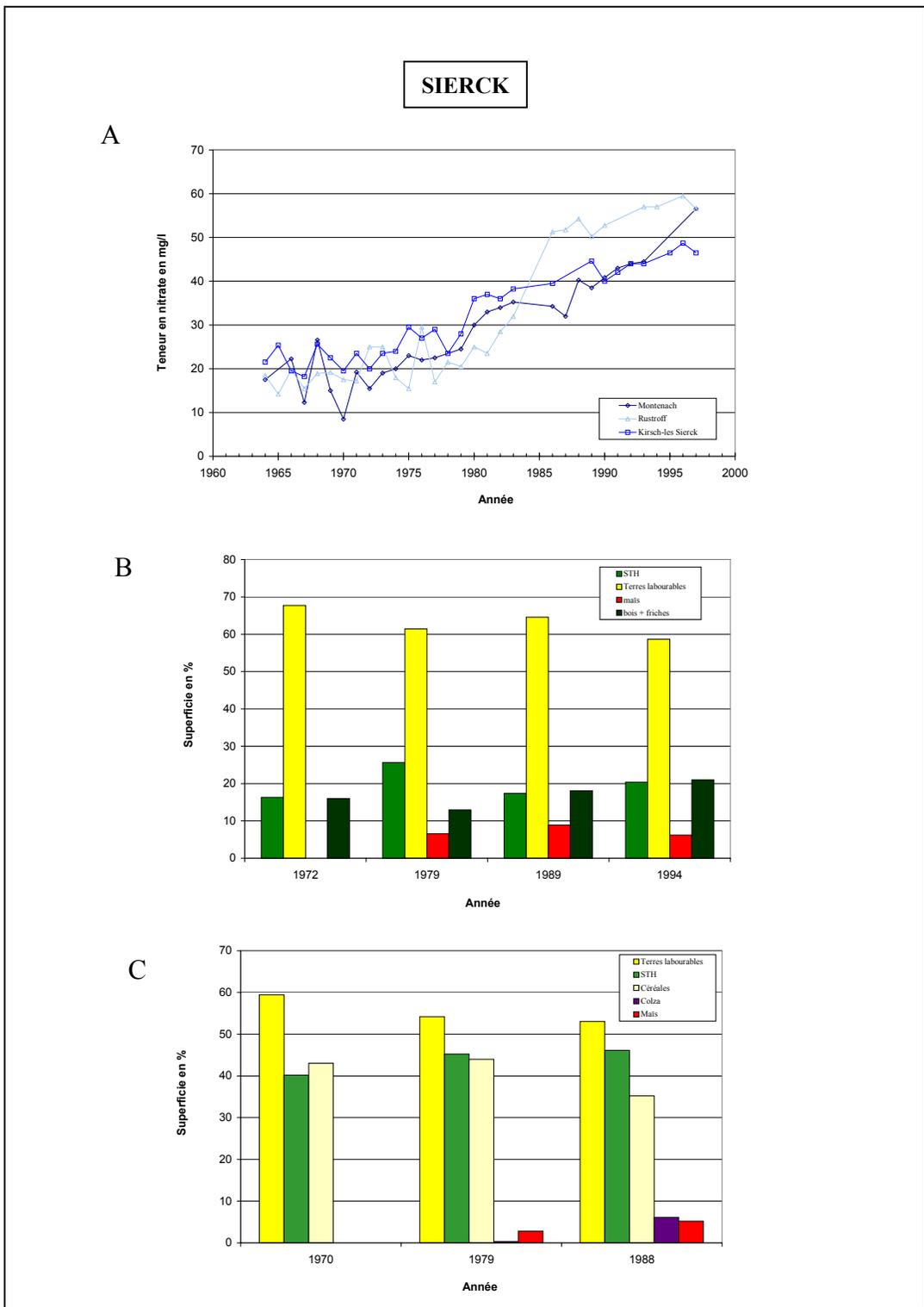
**Figure 9**

**A** : Evolution de la teneur en nitrate de cinq sources du secteur FERTI-OUEST (moyennes annuelles)

**B** : Evolution des superficies agricoles sur le plateau d'Attignéville (données photo-interprétation)

**C** : Evolution des superficies agricoles sur le plateau de Beaufremont (données photo-interprétation)

**D** : Evolution des superficies agricoles sur le plateau de Pompierre (données photo-interprétation)



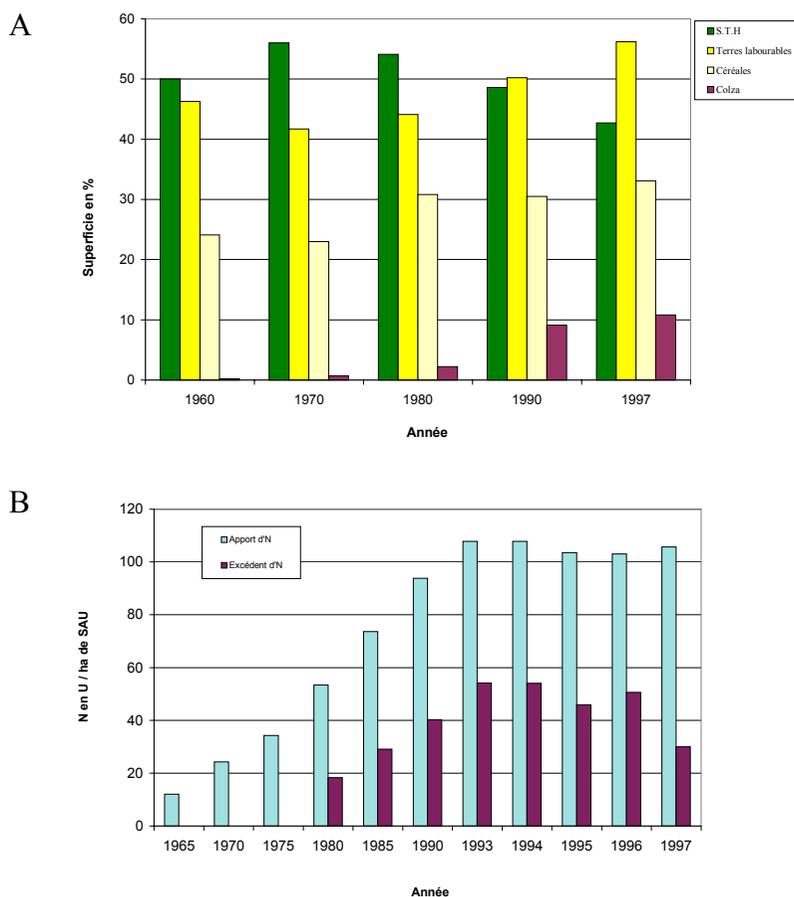
**Figure 10**

**A** : Evolution de la teneur en nitrate des eaux alimentant Kirsch-les-Sierck, Montenach et Rustroff (moyennes annuelles)

**B** : Evolution des superficies agricoles sur le plateaux de Kirsch-les-Sierck (données photo-interprétation)

**C** : Evolution des superficies agricoles sur le plateaux de Kirsch-les-Sierck (données RGA)

### Données générales sur l'évolution de l'agriculture lorraine



**Figure 11**

**A** : Evolution de la part des différentes surfaces agricoles dans la SAU de la région Lorraine (source : DRAF Lorraine)

**B** : Evolution des apports d'azote minéral et des soldes apparents d'azote par ha de SAU de la région Lorraine (source : AE Rhin-Meuse et CRA Lorraine)

## DEUXIEME PARTIE

### LES CHANGEMENTS DE PRATIQUES AGRICOLES

---

*« Les agriculteurs de Maconcourt, c'est encore pas tellement un problème grave parce que y aura des autres terrains pour mettre du maïs, mais des pays comme Beuvezin, toutes leurs terres agricoles sont sur les sources. Eux, ils seront emmerdés jusqu'à l'autre côté. Oh, c'est un problème grave. »*

Agriculteur cité dans le rapport de Dominique Albert,  
« Les agriculteurs du plateau de Vicherey et la pollution des eaux », mars 1991.

Il n'y a pas d'opération FERTI-MIEUX « standard ». Chacune résulte de la rencontre d'une problématique agronomique particulière avec un milieu physique donné. Nous faisons donc le choix de traiter, dans cette seconde partie, chacun des sites d'étude séparément, dont nous rappellerons simplement les thèmes principaux de modifications de pratiques.

Il est conseillé de se reporter aux fiches ANDA présentées en Annexe 1 pour avoir un aperçu de l'historique, du contexte agricole et des aspects techniques de chaque opération. Ces fiches sont réalisées par le Secrétariat technique FERTI-MIEUX au vu des documents fournis par les animateurs des différentes actions et à l'aide des informations recueillies lors des visites de terrain. Elles sont mises à jour lors de chaque étape de la procédure d'évaluation FERTI-MIEUX.

## I. HAUT-SAINTOIS

---

Pour cette opération, la thématique centrale des changements de pratiques a porté sur la gestion des effluents d'élevage qui, avant 1992, étaient épandus sur les cultures avec de très forts tonnages. Il a ainsi été montré que pour le blé, des fertilisations de moins de 90 unités s'accompagnaient d'apports systématiques de fumier de dépôt (40 T/ha) avant l'implantation et que pour le maïs fourrager les apports étaient de 50 à 80 T/ha de fumier frais, toutes doses d'azote minéral confondues (CDA 54 et 88, 1991 ; KUNG-BENOIT, 1992).

Le diagnostic agronomique réalisé auprès des exploitants des plateaux en 1991 a donc eu pour principale conclusion, l'élaboration d'un conseil FERTI-MIEUX portant essentiellement sur la gestion de la matière organique et se résumant à la préconisation suivante :

- ➔ **Délocalisation du fumier (initialement apporté frais sur les terres labourées des plateaux) vers les prairies permanentes hors zone sensible**  
**Épandage maximum de 15 T /ha de fumier composté, tous les trois ans sur les plateaux**  
**Épandage de 20 T /ha de fumier composté, tous les deux ans, sur les prairies hors plateaux**

La mise en application de ce conseil a nécessité l'introduction du compostage<sup>21</sup> dans la gestion des fumiers. En effet, l'utilisation du compost permet d'augmenter indirectement la surface épandable grâce à une diminution par deux des volumes à épandre et à un épandage possible sur les prairies fauchées et/ou pâturées (LUXEN et al., 1998).

C'est ainsi que quatre plates-formes de compostage ont été construites et que l'ensemble est opérationnel depuis l'automne 1996. Le délai important avant que le « dispositif compost » ne soit opérationnel pour tous les exploitants est la conséquence des divers délais administratifs et techniques. L'ensemble des plates formes représente une surface de 3200 m<sup>2</sup> environ et permet de composter près de 10 000 T de fumier pailleux par an.

A partir de 1995, la souscription d'un contrat MAE « réduction d'intrants azotés » est proposée aux agriculteurs du site. S'ils sont signataires, ceux-ci s'engagent alors à respecter un cahier des charges qui , rappelons le, porte sur les points suivants :

- ➔ **Réduction de 20% de la dose d'azote minéral par rapport à la « dose raisonnée » issue des références CRAL**

---

<sup>21</sup> Le compostage des fumiers est une technique qui n'était pas neuve à l'époque, mais qui jusqu'alors était fortement connotée « agriculture biologique ». Son développement sur les plateaux a bénéficié des travaux de la station INRA de Mirecourt et de l'apparition sur le marché de nouveaux engins agricoles, les composteuses, qui facilitent fortement le retournement des andains. Un « bon » compost nécessite un fumier suffisamment pailleux et au moins deux ou trois retournements.

- ➔ **Implantation d'une culture intermédiaire piège à nitrates<sup>22</sup>**
- ➔ **Engagement pour toutes les parcelles présentes dans la zone vulnérable**

En contrepartie de la baisse potentielle de rendement et des charges directes supplémentaires (CIPAN), chaque agriculteur bénéficie d'une aide financière de 1000 F/ha/an.

Ainsi l'évolution des pratiques s'est faite en deux temps : conseil FERTI-MIEUX de 1992 à 1995 puis conseils FERTI-MIEUX et MAE depuis 1995. Vingt et un des 35 agriculteurs exploitant la majorité des surfaces des plateaux ont adhéré à la démarche MAE.

### **I.1. Evolution des apports de fumiers sur les plateaux**

Le conseil FERTI-MIEUX ayant porté sur la gestion des effluents d'élevage et leur exportation vers un milieu moins vulnérable, il était important de pouvoir évaluer l'évolution des tonnages de matière organique apportée sur les plateaux. Ceci a été fait par les CDA 88 et 54 en 1998. Le tableau ci-dessous a été réalisé à partir des résultats de l'enquête initiale de 1991 (CDA 54 et 88, 1991) et d'une enquête effectuée en 1998 (CDA 54 et 88, 1998).

**Nous remarquons que c'est environ 9 000 T de matière organique qui ont été exportées des plateaux vers les prairies situées hors plateaux. Il ne s'agit pas d'un transfert de pollution puisque les fumiers exportés sont épandus principalement sur des prairies permanentes qui sont un couvert pérenne, engendrant en règle générale peu de pertes nitriques par rapport aux cultures (voir Annexe 2 et BENOIT, 1994).**

De plus, ces prairies sont situées sur des terres « lourdes » présentant une texture fortement argileuse et imperméable. L'épandage sur prairies fauchées et/ou pâturées a été largement facilité par le compostage des fumiers. Celui-ci permet en effet de disposer d'un produit plus homogène (LE HOUEROU, 1993 et 1994), plus sain d'un point de vue microbiologique et malherbologique. Il peut être apporté relativement peu de temps avant le retour des animaux aux parcs, car il ne laisse pas sur le sol des masses compactes de matière organique responsables de refus de la part des animaux et qui pénaliseraient l'éleveur soucieux de sa trésorerie fourragère.

	Plateaux		Hors plateaux		Total
	TL	STH	TL	STH	
<b>1991</b>	14 461	816	8 570	1 320	25 167
<b>1997</b>	5 586	1 135	10 497	11 759	29 960
	<b>- 9 000</b>	<b>+ 300</b>	<b>+ 1 900</b>	<b>+ 10 500</b>	<b>+ 5 000</b>

**Tableau 5 : Evolution des tonnages de matière organique en T de fumier (ou équivalents)**

Un graphique (figure 12 a) issu des travaux des CDA 88 et 54 illustre clairement l'évolution des apports de fumier de 1991 à 1997. Les valeurs de 1997 correspondent à l'échantillon MAE ; nous constatons que 22

<sup>22</sup> Ces cultures, également désignées sous l'acronyme CIPAN, continuent à être désignées par les agriculteurs sous le terme d'engrais verts.

exploitants sur 32 apportent moins de 20 T/ha de fumier ou de fumier composté. Trois exploitants seulement épandent des doses supérieures à 30 T/ha, en particulier pour des raisons structurelles.

## I.2. Evolution des balances azotées

Utilisons maintenant l'indicateur balance azotée pour évaluer l'impact global des changements de pratiques. Nous avons utilisé les données brutes fournies par une enquête sur les pratiques agricoles de 1992 à 1994 réalisées par des étudiantes stagiaires de l'INRA de Mirecourt (BONNAMOUR et CHANTEUX, 1995). Cette enquête avait été conduite chez la majorité des exploitants des plateaux et correspond à environ 457 ha de SAU. Puis nous avons eu recours aux enregistrements des pratiques MAE de 1995 à 1999 qui ne portent que sur les agriculteurs signataires des contrats MAE. Il s'agit donc d'un sous-échantillon par rapport à la première enquête. Pour les CDA 54 et 88, ces agriculteurs cultivent près de 80 % de la surface cultivée des plateaux. La lecture de la carte SIG présentée figure 13 nous montre que ce pourcentage est peut-être surestimé du fait d'une sous-estimation<sup>23</sup> de la surface cultivée sur les plateaux ! Nous avons pour notre part calculé que la surface MAE représente 70 % des terres cultivées.

**Il est à noter que notre échantillon n'est pas exhaustif, puisque 80 ha en MAE n'ont pu être renseignés lors de l'enquête réalisée en 1999. Aussi notre échantillon ne représente qu'à peine 60 % des terres cultivées des plateaux (370 ha / 650 ha). Sachant que la surface enquêtée n'est pas équivalente entre les deux périodes, nous exprimons tous les résultats par unité de surface.**

Nous observons une évolution très marquée des pratiques de fertilisation entre les périodes 1992-94 et 1997-99 se traduisant par une balance azotée moyenne par ha (BA/ha) passant de 49 à 1 kg N/ha.

La valeur obtenue pour la période 1997-99 est en fait sous-estimée, d'une part parce que nous avons travaillé à partir des pratiques prévues (conseil de fertilisation MAE et objectif de rendement) et non pas réalisées et d'autre part, nous n'avons pas connaissance de l'évolution des pratiques sur la surface hors MAE, qui représente 200 ha selon nos données SIG.

Ainsi en faisant l'hypothèse que les pratiques de 1997 à 1999 sont semblables à celle de la période 1992-94 pour les agriculteurs non MAE, nous arrivons après pondération par les surfaces à une balance azotée moyenne de 16 kg N/ha. Ce qui est déjà un solde apparent extrêmement faible et témoignant d'apports d'azote très limités.

	BA (kg N/ha)	MO (T/ha)	Nmin (kg N/ha)	N total (kg N/ha)
<b>1992-94</b>	49	13	97	177
<b>1997-99</b>	16	5	85	116

**Tableau 6 : Evolution des pratiques de fertilisation des plateaux du Haut-Saintois**

(moyenne annuelle des balances azotées, des apports de matière organique, d'engrais minéral et d'azote total). Cette dernière valeur correspond à la somme de l' N minéral et de l'équivalent N minéral des engrais de ferme.

Cette baisse très importante des balances azotées traduit la présence fréquente de balances négatives pour de nombreuses parcelles exploitées par l'échantillon MAE. Ces balances négatives sont principalement la

<sup>23</sup> Les CDA considèrent que globalement il y a 550 ha de terres cultivées sur les plateaux alors que les requêtes faites sur notre SIG nous indiquent une surface de terres cultivées en 1999 de l'ordre de 650 ha ! Les CDA se basent sur les enquêtes initiales de 1991 tandis que notre SIG est renseigné à partir de l'observation visuelle de l'occupation des plateaux. Pour ne pas être désobligeant envers qui que ce soit, nous dirons de manière totalement subjective que la vérité se situe entre ces deux valeurs.

conséquence des diminutions très importantes des apports de fumier. La diminution des apports d'engrais minéraux azotés, si elle existe, est relativement faible car les doses totales apportées dans le premier échantillon étaient déjà faibles en 1992 en comparaison des doses apportées classiquement sur les cultures en Lorraine. Les pratiques de fumure azotée minérale ont d'ailleurs été qualifiées de modeste, et de pratiques « d'éleveurs » lors du diagnostic agronomique initial. **C'est donc principalement la baisse de la charge de MO qui a permis d'assister à une évolution spectaculaire des balances azotées. En effet, entre ces deux périodes, le tonnage de fumiers apportés sur les plateaux a diminué d'environ 63 %.**

### I.3. Evolution de l'apport d'azote minéral pour les principales cultures

Regardons l'évolution de la dose totale d'engrais minéral apportée sur blé, orge d'hiver et sur maïs ensilage. Ces trois cultures représentaient environ 80 % de la surface cultivée en 1999.

Les figures 12b, 12c et 12d montrent que pour ces trois cultures, le conseil a conduit à une homogénéisation des doses totales avec diminution des faibles apports (pour le blé et l'orge d'hiver) comme des doses excédentaires.

A partir de notre base de données, nous avons calculé l'évolution des fertilisations moyennes pour les principales cultures. Si les doses d'azote minéral baissent peu, les quantités d'azote total (Nmin + équivalent Nmin des engrais de ferme) baissent énormément (tableau 7). Il faut voir là l'effet des quantités de fumier épandues. Remarquons une fois de plus que les fertilisations minérales pratiquées par les agriculteurs en 1992 étaient certainement inférieures aux doses calculées par la méthode prévisionnelle des besoins en azote, dite « méthode du bilan », mais que les quantités d'azote organique apportées engendraient des situations de surfertilisation.

	1992		1999	
	N minéral Kg N/ha	N total Kg N/ha	N minéral Kg N/ha	N total Kg N/ha
Blé d'hiver	138	235	124	135
Maïs	93	204	65	121
Orge d'hiver	100	184	95	113
Orge de printemps	102	182	80	80

Tableau 7 : Evolution des apports d'azote minéral et d'azote total (min. + org.) pour les principales cultures des plateaux.

### I.4. Approche spatiale des changements de pratiques

L'outil SIG rend possible les changements d'échelle, de la parcelle au bassin d'alimentation (GAURY, 1992(2)) et offre une représentation graphique des changements de pratiques. Nous présenterons deux thèmes (et uniquement pour la période 1997-1999) : le tonnage moyen de matière organique épandue (figure 15), et la balance azotée moyenne à l'hectare (figure 14). Le SIG a été renseigné à partir des enregistrements MAE ; des données sont donc manquantes pour les parcelles exploitées par des agriculteurs n'ayant pas souscrit de contrat MAE.

Ainsi nous ne disposons d'information que pour 60 % environ de la surface en cultures (figure 13). Les limites supposées des différents bassins d'alimentation de sources ou groupe de sources sont représentées sur chaque carte.

- ➔ Matière organique : Nous remarquons une hétérogénéité notable des apports de matière organique. Sur certains bassins d'alimentations (V5 et V19/20/21) de faibles tonnages sont apportés. En revanche sur le secteur central du grand plateau qui regroupe plusieurs bassins d'alimentation, nous remarquons que certains agriculteurs n'appliquent pas le conseil (soit les apports de 15 T/ha sont effectués tous les ans au lieu de tous les trois ans, soit les doses épandues tous les 3 ans sont supérieures au 15 T/ha du conseil FERTI-MIEUX). Les autres bassins présentent des situations intermédiaires.
- ➔ Balance azotée : Mis à part certains bassins du secteur central du grand plateau, des balances azotées négatives sont observées sur tous les bassins.

### I.5. Evolution de l'occupation du sol

Nous avons déjà indiqué que figure en Annexe 2, une synthèse des pertes nitriques propres à chaque type d'occupation du sol. Ces résultats mettent en évidence l'impact de trois grands types d'occupation du sol (cultures, prairies et forêts) sur le teneur en nitrate de l'eau s'écoulant dans la zone infra-racinaire..

Au regard de ces connaissances, il est nécessaire pour décrire l'évolution des pratiques agricoles sur un territoire présentant des cultures et des prairies, d'observer l'évolution de l'occupation du sol. En effet, les retournements de prairies au profit de la mise en culture ont un effet très négatif sur la qualité de l'eau car ils sont à l'origine de la minéralisation de quantité importantes de l'azote organique stocké (GAURY, 1992 ).

Le tableau ci-dessous nous indique qu'avant 1996, il n'y a pas d'évolution marquée de la superficie en culture, prairies et forêt. En revanche de 1996 à 1997, la surface en prairies (STH plus prairies temporaires) a sensiblement diminué au profit des céréales et du maïs. En particulier certaines parcelles en luzerne auraient été retournées pour être ensuite mises en culture. Les parcelles retournées ont été mises en évidence à l'aide du SIG. Il apparaît que ces parcelles sont réparties sur le plateau sans qu'un bassin d'alimentation soit plus concerné qu'un autre.

Assolement en %	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1990
Blé d'hiver	12	17	15	12	14	13	10	10	8
Orge d'hiver	7	7	7	8	6	3	11	7	4
Orge de printemps	5	2	4	1	2	8	1	3	3
<b>Total céréales</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>15</b>
<b>Maïs</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>12</b>
Autres cultures	4	4	1	3	5	4	3	1	1
STH	20	20	21	26	23	25	25	26	22
<b>STH + PT</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>22</b>
<b>Forêt + friche</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>27</b>
Non renseigné	4	3	1	1	0	2	4	6	23

Tableau 8 : Part des différentes utilisations du sol des plateaux du Haut-Saintois

Nous ne pouvons donc pas mettre en relation sur un bassin donné une éventuelle augmentation des teneurs en nitrates avec des retournements de prairies. Il est certain que, globalement, de telles pratiques n'ont pas favorisé l'évolution de la qualité de l'eau dans le bon sens et que quelques hectares de prairies labourées risquent fortement de masquer les bienfaits d'une diminution des apports azotés sur beaucoup plus d'hectares.

Nous avons calculé le nombre d'années pour lesquelles chaque parcelle des plateaux est cultivée en maïs (culture sur laquelle les apports de matière organique sont fréquents) et nous avons fait le même calcul pour les prairies (STH et PT).

Les figures 16 et 17 nous apprennent que les surfaces en maïs sont concentrées sur la moitié est du grand plateau et sur le petit plateau. Ainsi, la part de la surface en prairies est quasiment inexistante sur les bassins des sources V19/20/21 et très faible sur le bassin de V5.

Depuis 1995, l'implantation de CIPAN est obligatoire pour les agriculteurs ayant souscrit un contrat MAE ; il s'agit dans la plupart des cas d'un semis de colza fourrager intercalé entre une culture d'hiver et une culture de printemps. Le tableau ci-dessous indique la surface implantée avant les campagnes allant de 1996 à 1999. Nous remarquons que la valeur se situe aux alentours de 75 ha soit environ 20 % de la surface de notre échantillon MAE, qui rappelons-le, n'est pas totalement exhaustif. Une estimation, réalisée en 1991 portait à 100 ha la surface d'implantation potentielle maximale de CIPAN, compte tenu des rotations pratiquées, et de l'impossibilité d'implantation post-maïs. L'objectif a donc été atteint à 75 %.

	1996	1997	1998	1999
Surface en CIPAN (en ha)	90	72	77	66

Tableau 9 : surface en CIPAN sur les plateaux du Haut-Santois

Les CIPAN concernent les successions culturales : orge d'hiver –maïs, orge de printemps-maïs, orge d'hiver-orge de printemps, blé d'hiver-maïs et blé d'hiver-orge de printemps. Il est important de noter que l'implantation de CIPAN entre deux maïs semble impossible sur ce secteur étant donné la période tardive des ensilages. Parmi les alternatives possibles, le semis d'un ray-grass sous couvert permettrait d'obtenir une couverture du sol durant l'interculture. Cette pratique est en discussion au sein de la CUMA.

## I.6. Conclusion

Nos observations ont porté sur l'intégralité de ce secteur FERTI-MIEUX puisque nous suivons tous les bassins d'alimentation présents sur les plateaux du Haut-Santois.

- ➔ **Le bilan de cette opération est très positif car l'évolution des pratiques constatée est claire et présente une ampleur considérable. A tel point que cette action peut servir de référence pour tout secteur agricole confronté à des pressions de matière organique incompatibles avec la « production » d'une eau de qualité.**
- ➔ **Les causes de ce succès sont à chercher d'une part dans la qualité de l'animation de l'opération (deux conseillers de Chambre pour moins d'une quarantaine d'agriculteurs), et d'autre part dans le dynamisme et la motivation de la majorité des agriculteurs des plateaux qui ont su créer une**

**organisation collective (Groupement des Exploitants du Plateau<sup>24</sup>, CUMA de « L'eau vive »<sup>25</sup>) qui devrait être à même de pérenniser l'action.**

Il est clair cependant que nous nous sommes basés sur les données fournies par un échantillon MAE et que nous ne savons que peu de chose de l'évolution des pratiques des exploitants non MAE.

Il serait donc opportun d'enquêter ces exploitants et si possible, de faire le point de manière exhaustive sur l'évolution des pratiques pour chaque bassin. En effet, il nous semble que l'évolution des conduites culturales présente une certaine hétérogénéité qui mériterait d'être confirmée. Dans cette optique, il serait judicieux de préciser non seulement la SAU des plateaux, mais encore les limites des bassins d'alimentation<sup>26</sup>.

## II. GORZE

---

Cette opération a été lancée en 1992 suite à la dégradation de la qualité de l'eau dans les sources de Gorze. Le diagnostic initial (CDA57, 1992) mit en évidence des situations de surfertilisation, des doses N1 (premier apport d'engrais azoté) trop importantes et trop précoces ainsi qu'une mauvaise gestion du fractionnement des apports d'azote. Notons que sur les 56 agriculteurs exploitant la zone en 1992, 28 étaient dans un système de production mixte céréales-élevage bovin (lait ou viande) et épandaient les effluents d'élevage sur 5% seulement de la surface de terres labourables. C'est pourquoi la gestion de l'azote organique n'est pas un thème de changements de pratiques retenu pour cette opération.

Le conseil FERTI-MIEUX porte sur la fertilisation azotée des cultures et s'appuie sur :

- ➔ **Un nombre important de références locales (fournitures en azote du sol, potentialités agronomiques) et la mise en évidence des effets de la réduction des apports azotés et du fractionnement à partir de parcelles de démonstration. De 1992 à 1997, l'objectif était de fixer la dose optimale (dite juste dose ou dose X) et depuis, il s'agit davantage de fractionner cette dose et de parvenir à une utilisation optimale de l'azote de l'engrais par la plante. Sur ce secteur, une méthode innovante de fractionnement, issue des travaux de la CRA Lorraine (LIMAUX, 1999) a été testée sur le blé. Appelée méthode « colorimétrique » ou plus simplement méthode visuelle, elle permet une meilleure utilisation de l'azote par les cultures<sup>27</sup>.**
- ➔ **Une communication qui associe des conseils agronomiques collectifs mais également des conseils individualisés pour un grand nombre d'agriculteurs (trois niveaux en 1998 : 42 plans de fumure, 20 « suivis de parcelles » et 18 gestion de parcelles).**

En 1995, des contrats MAE « réduction d'intrants azotés » ont été proposés aux agriculteurs et mis en place pour la campagne 1996. Le cahier des charges donne obligation aux agriculteurs de diminuer de 20% la

---

<sup>24</sup> Le GEP est une association – loi 1901 créé en février 1993 et dont l'objectif est « la préservation de la ressource et des captages en eau potable de la zone ».

<sup>25</sup> La CUMA a été créée en février 1992 afin de faciliter la mise en œuvre du compostage collectif ; elle a permis l'achat de trois épandeurs « grande largeur », d'une composteuse et d'un maxiculteur pour le semis des CIPAN. A noter une originalité de la CUMA : les parts sociales initiales retenues correspondent au tonnage de fumier apporté en 1992 sur le plateau.

<sup>26</sup> Notons que depuis le lancement de notre étude, les limites de quatre bassins d'alimentation (V24, V25, V19/20/21 et V17) ont été précisées par des hydrogéologues (Etude GEOSUM pour la commune de Beuvezin et étude GEOTHERMA pour l'AERM).

<sup>27</sup> La méthode visuelle consiste à réaliser les apports N1 et N2 lorsqu'est visible un changement de couleur de la culture en comparaison d'un témoin carencé en azote (une zone semée en double densité). Cela revient à apporter l'engrais lorsque la croissance de la biomasse végétale induit une augmentation des besoins en azote du peuplement. Autrement dit, l'efficacité de la dose d'azote est améliorée grâce à une meilleure utilisation par la plante. L'intérêt de la méthode est double, agronomique et environnemental car le retard important du premier apport limite les risques de lessivage.

dose X et de favoriser les repousses par un travail superficiel du sol. En effet, la faible proportion de cultures de printemps dans les rotations de Gorze, ainsi que les conditions climatiques de l'automne, limitent les possibilités d'implanter des cultures intermédiaires pièges à nitrate. Les MAE concernent 40 agriculteurs et représentaient pour la dernière campagne une surface couvrant 85 % de la zone.

Le conseil agronomique se fonde d'une part sur un rendement potentiel correspondant au rendement atteint une année sur deux, et d'autre part sur les fournitures en azote du sol estimées à partir des témoins « 0 azote » et du référentiel intitulé « connaître les sols et leur potentiel de production pour raisonner la fertilisation » créé en 1995.

## II.1. Evolution des balances azotées

Nous disposons d'une base de données agronomiques portant sur les années 94 à 99. Cette base, dont l'initiative revient à la CDA57, comporte de nombreux renseignements sur les séquences techniques mises en œuvre sur les parcelles du bassin d'alimentation des sources de Gorze.

Observons l'évolution des balances azotées (BA) et de l'apport moyen d'azote minéral de 1994 à 1999. Ces calculs ont été effectués en additionnant pour chaque année les BA positives et en divisant la somme par la superficie de l'ensemble des parcelles du bassin d'alimentation. Ceci permet de s'affranchir de renseignements ne portant que sur un nombre variable de parcelles selon les campagnes. Il a été fait de même avec le nombre d'unités d'azote apportées sur chaque parcelle.

Le tableau 10 montre que la balance azotée moyenne a été divisée par près de trois, entre 1994-96 et 1997-99. Les valeurs de balance azotée pour les années 1994 et 1995 étaient relativement élevées (de l'ordre de 63 kg N/ha) et la diminution est apparue dès 1996, date de la première campagne MAE.

Nous constatons une fois de plus que les doses X-20 % (sans apports d'engrais de ferme) génèrent des BA extrêmement faibles. La diminution importante est due au fait que les entrées d'azote ont fortement diminué tandis que les sorties sont relativement constantes. Nous verrons ci-dessous que les doses MAE ne se sont en effet pas traduites par des baisses notables de rendement.

	Balance azotée kg N/ha	Dose azote minéral kg N/ha
1994-96	27	165
1997-99	10	130

Tableau 10 : Evolution de la balance azotée moyenne et de la dose d'azote minéral moyenne apportée sur le plateau de Gorze

Dans le cas de Gorze, il nous semblait important de faire une distinction entre les pratiques « FERTI-MIEUX » et les pratiques « MAE » en simulant des apports d'azote issus de conseils FERTI-MIEUX seuls (dose MAE + 20 %), et ainsi ignorer artificiellement l'impact des MAE.

Ce calcul montre (tableau 11) que le conseil FERTI-MIEUX aurait permis une baisse de l'ordre de 25 % de la balance azotée, tandis qu'en réalité les doses MAE ont conduit à une baisse de près de 40 % de la balance azotée.

	Balance azotée (kg N/ha) données réelles	Balance azotée (kg N/ha) données simulées
1994-96	27	41
1997-99	10	31

Tableau 11 : Comparaison de l'évolution de la balance azotée moyenne avec les pratiques observées (FERTI-MIEUX + MAE) et avec des pratiques simulées (FERTI-MIEUX seul).

## II.2. Evolution des apports d'azote pour les principales cultures

Les données fournies par la CDA 57 sur un échantillon de 12 agriculteurs (dans la démarche FERTI-MIEUX et MAE) dont les pratiques réalisées sont connues depuis 1991 permettent de calculer l'évolution de la dose totale apportée en moyenne pour les quatre principales cultures. Les figures 18a, b, c et d indiquent que de 1991 à 1998, la dose totale a diminué de 26 % pour le colza, 17 % pour le blé, 21 % pour l'orge d'hiver et 23 % pour l'orge de printemps.

A partir de ces mêmes données, nous avons calculé la BA/ha par culture. Nous avons effectué ce calcul sachant que les cultures n'ont reçu que des engrais minéraux. Nous constatons une baisse importante entre 1995 et 1996, correspondant à la mise en œuvre des doses MAE. Bien que les apports d'azote sur colza aient enregistré une baisse très importante, cette culture présente encore des BA supérieures aux autres cultures.

Enfin, notons qu'une comparaison entre les rendements annuels de l'échantillon du secteur de Gorze et d'un échantillon témoin (160 agriculteurs du département en suivi de gestion de parcelles et hors MAE) montrent clairement que les parcelles sous contrat MAE n'affichent qu'une baisse minime des rendements (CDA 57, 1999). Ainsi, les moyennes calculées sur 8 années, mettent en évidence une diminution de 1,3 % pour le blé d'hiver, de 1 % pour l'orge d'hiver et de 0,3 % pour le colza d'hiver. Bien entendu, ces moyennes masquent des diminutions de rendement qui, pour une année donnée, peuvent être plus importantes. Il serait également dangereux de généraliser hors du contexte local de Gorze.

	Apport total d'N kg/ha	% de la surface avec Ni > 2	% de la surface avec N1 > 60 U
1991	197	10	100
1992	192	20	100
1993	188	25	88
1994	187	38	65
1995	186	45	52
1996	171	80	2
1997	166	90	4
1998	164	95	10

Tableau 12 : Evolution des modalités d'apport de l'azote minéral sur blé (dose totale, % de la surface en blé recevant plus de 2 apports et un premier apport supérieur à 60 U

Nous avons évalué, pour une année donnée, l'écart existant entre les pratiques FERTI-MIEUX et les pratiques MAE. Ainsi, en 1997, nous trouvons des apports pour FERTI-MIEUX et les MAE de 172 U et 139 U pour le colza (- 19 %), de 173 U et 144 U pour le blé (- 17 %), de 145 U et de 113 U pour l'orge d'hiver (- 22%).

En 1997, dans le cadre des pratiques FERTI-MIEUX, les balances azotées moyennes à l'ha sont de 42,6 kg N/ha pour le colza, de 31,5 kg N/ha pour le blé et de 30 kg N/ha pour l'orge d'hiver. Seules les BA sur colza sont encore élevées. Il faut en effet remarquer qu'il est difficile d'obtenir des balances azotées inférieures à 30 kg N/ha sans réduction très importante des apports d'azote (cas des doses MAE).

Non seulement les apports d'azote ont fortement diminué, mais encore le calendrier des apports a évolué également de manière importante. Ainsi, il a été montré que si, en 1992, seul 20 % de la sole en blé d'hiver recevait trois apports, en 1998, cette pratique concernait 95 % de la surface en blé. De même, en 1992, 100 % de la surface en blé recevait un apport N1 de plus de 60 U, alors qu'en 1998 cette pratique ne persistait que sur 10 % de la sole en blé (CDA57, 1999) et ne dépassait jamais 70 U (tableau 12).

La date de ce premier apport est également un paramètre de grande importance du point de vue agronomique et environnemental. En 1992, N1 était apporté dès le 10 février sur sol gelé (N2 à la 1<sup>ère</sup> décade de mars), alors qu'en 1998, N1 était apporté entre le 20 février et le 30 mars (N2 entre le 20 mars et le 30 avril et N3 entre le 22 avril et le 1<sup>er</sup> mai). Ainsi, il apparaît que le premier apport a été retardé de près d'un mois en moyenne. Sur notre base, nous avons observé qu'en 1999, ce 1<sup>er</sup> apport sur blé était en moyenne de 47 U apporté vers le 11 mars.

Des évolutions des modalités de la fertilisation minérale ont été observées (CDA 57, 1999) sur les autres cultures : colza d'hiver, orge d'hiver, orge de printemps et même sur les quelques ha en maïs ensilage.

Il est impossible de quantifier le bénéfice réalisé en diminuant la dose N1 et en retardant la date de cet apport (comme nous pouvons le faire avec l'indicateur BA pour la réduction des doses totales). Il est cependant certain que ce bénéfice environnemental est important.

### II.3. Approche spatiale des changements de pratiques

La base de données a été couplée à un fond de carte numérisé sur notre SIG. Ainsi grâce aux figures 20 et 21, nous appréhendons l'évolution des balances azotées moyennes sur les périodes 1994-1996 et 1997-1999.

Nous remarquons que la classe 80-120 disparaît sur la seconde période et que la classe 40-80 est nettement moins représentée pour 97-99. Des requêtes sur le SIG nous ont permis de réaliser le tableau ci-dessous.

	Effectif 1994-96 en %	Effectif 1997-99 en %
-80 - -40	4	2
-40 - 0	21	30
0 - 40	54	64
40 - 80	20	4
80 - 120	1	0

Tableau 13 : Comparaison entre les périodes 94-96 et 97-99 du nombre de parcelles pour chaque classe de BA (kg N/ha)

Nous constatons que la répartition des BA dans les différentes classes a été profondément modifiée entre les deux périodes. Pour l'intervalle 1997-1999, il y a une homogénéisation certaine des BA, les valeurs supérieures à 40 kg N/ha devenant très rares. Il faut voir là le fait que la bonne connaissance des potentialités agronomiques des différents sols présents sur le bassin d'alimentation couplée au conseil individualisé et au respect des doses MAE ont conduit à la raréfaction des situations de surfertilisation.

Précisons que sur ce secteur, une grille de risques<sup>28</sup> réalisée par les conseillers et techniciens en charge de cette opération pourrait être croisée à notre SIG. La grille de risques a été construite selon la méthodologie proposée par l'ANDA pour évaluer les modifications de pratiques (LANQUETUIT et SEBILLOTTE, 1997). La grille est réalisée en croisant plusieurs niveaux d'informations.

- ➔ Le croisement des successions culturales (R1, R2, R3, R4) aux différents itinéraires techniques aboutit à la description de 10 systèmes de culture (S1 à S10) avec R1 : rotation cultures d'hiver, R2 : rotation avec cultures de printemps, R3 : rotation avec culture temporaire, R4 : STH.
- ➔ Le croisement des différents milieux (M1, M2, M3, M4) aux systèmes de culture se traduisant par l'existence de 40 situations que l'on classe selon trois niveaux de risque de lessivage des nitrates (faible, moyen, fort) avec M1 : sols argilo-calcaires superficiels et filtrants, M2 : sols argilo-calcaires moyennement profonds, M3 : sols limoneux et argilo-calcaires profonds, M4 : sols argileux drainés.
- ➔ Chaque niveau de risque est décliné en deux situations selon la variabilité des potentialités agricoles selon les années (et donc la difficulté de prévoir avec exactitude le bon niveau de fertilisation). Cela conduit donc à six niveaux de risque : A (risque faible/faible variabilité), B (risque faible/forte variabilité), C (risque moyen/faible variabilité), D (risque moyen/forte variabilité), E (risque fort/faible variabilité) et F (risque fort/forte variabilité).

Dans le cadre d'un objectif de gestion concertée du bassin d'alimentation des sources de Gorze, le SIG et la grille de risques représenteraient deux outils intéressants. En particulier, il serait idéal de faire évoluer le conseil individualisé de manière à ce que les valeurs de BA deviennent inversement proportionnelles aux niveaux de risque.

Pour l'instant une première analyse multivariée (analyse factorielle des correspondances) ne nous a pas permis de mettre en évidence des corrélations entre les classes « balances azotées » des parcelles et les classes « risque » de ces parcelles. Il faut cependant remarquer que la distribution très hétérogène des parcelles entre les différentes classes biaise l'analyse statistique.

#### **II.4. Evolution de l'occupation du sol**

L'occupation du sol est enregistrée chaque année depuis plusieurs années par la CDA 57. Les surfaces totales en cultures, prairies temporaires et STH (figure 19) sont relativement stables d'une année à l'autre. Une comparaison entre 1992 et 1998 (tableau 13) nous apprend que les cultures d'hiver demeurent majoritaires et que les surfaces en culture de printemps présentent une diminution (16 % de la SAU en 1992 contre 10 % en 1998). La SAU a été estimée en 1990 à un peu plus de 4100 ha (BURGEAP, 1991) dont près de 370 ha en STH. L'augmentation de la surface cultivée en colza peut être attribuée à la possibilité d'implanter des jachères industrielles dès 1994 (CDA57, 1999).

---

<sup>28</sup> Une grille de risques existe pour chacune des opérations FERTI-MIEUX dont nous assurons le suivi. Malheureusement il s'agit plus pour l'instant d'une obligation pour satisfaire aux exigences de la procédure d'évaluation FERTI-MIEUX, qu'un véritable outil de pilotage !

	1992	1998
Blé d'hiver	35	30
Orge d'hiver	20	23
Orge de printemps	11	7
Colza	17	23
Maïs ensilage	4	3
Pois/féveroles/tournesol	1	0
Jachère	2	1
Total culture	90	87
surface en herbe (PP+PT)	10	13

Tableau 14: Evolution de la SAU du bassin d'alimentation (en %) de 1992 à 1998

Les surfaces en prairies permanentes et STH n'ont pas régressé depuis 1992. Nous remarquons en outre que la surface en prairies temporaires n'a quasiment pas évolué de 1996 à 1999 avec une surface moyenne de 100 ha.

Nous faisons donc le constat qu'il n'y a pas eu depuis le lancement de cette opération FERTI-MIEUX d'évolution de l'occupation du sol défavorable à la qualité de la ressource en eau.

## II.5. Conclusion sur les changements de pratiques

**L'opération FERTI-MIEUX « Sources de Gorze » peut mettre en avant un bilan très positif car les changements de pratiques de fertilisation minérale sont patents. Il apparaît clairement que le couplage FERTI-MIEUX - MAE a permis de diminuer de manière drastique les apports d'azote sur le bassin d'alimentation.**

L'évolution de la fertilisation minérale a atteint un niveau tel qu'il semble difficile d'être encore plus précis dans la détermination de la dose X et du calendrier des apports.

La campagne 2000 est la dernière de l'« ère MAE ». Se pose alors la question de l'après-MAE. Comment vont évoluer les pratiques de fertilisation ? L'absence de baisse importante de rendement pour les principales cultures sera-t-elle assez convaincante pour qu'un retour en arrière ne soit pas envisagé ? Un CTE collectif « Qualité de l'eau » pourra-t-il voir le jour et prendre le relais des MAE ?

Il convient de rester optimiste car les acquis constituant actuellement les bases du conseil agronomique et le développement de nouvelles pratiques de fertilisation seront présents pour limiter les situations de surfertilisation observées les années précédant le lancement de l'opération.

## III. FERTI-OUEST

L'opération « FERTI-OUEST 88 » a été lancée au début de l'année 1994 sur un secteur très vaste (16 400 ha) exploité par près de 140 exploitations agricoles. Suite à un diagnostic agronomique réalisé durant l'été 1994, les thèmes de changement de pratiques agricoles ont porté sur les points suivants :

- ➔ Améliorer le raisonnement de la fertilisation azotée (en particulier favoriser la prise en compte du type de sol) et développer le fractionnement (à l'époque peu courant sur maïs et orge d'hiver)
- ➔ Améliorer la gestion de la matière organique (favoriser les épandages hors terres labourées)
- ➔ Supprimer les mises en dépôts sur sols très filtrants (voire anciennes carrières) et améliorer les conditions de stockage des grandes quantités d'azote liquide

### III.1. Evolution des balances azotées

Sur chaque bassin d'alimentation de notre suivi Ferti-Ouest, nous avons mesuré l'évolution des balances azotées des SAU entre deux périodes. Pour le plateau d'Attignéville, nous avons comparé les périodes 1992-94 à 1996-98, et pour ceux de Beaufremont, Jainvillotte et Pompierre, les périodes 1993-95 à 1996-98.

Les données des années les plus récentes ont été obtenues lors de l'enquête que nous avons réalisée en 1998 en collaboration avec la CDA 88, tandis que les données plus anciennes sont issues d'enquêtes réalisées par deux étudiants stagiaires<sup>29</sup> de l'INRA de Mirecourt.

Le tableau 15 nous apporte divers renseignements sur l'évolution des pratiques de fertilisation sur le plateau d'Attignéville. Les balances azotées moyennes sont passées entre ces deux périodes de 97 à 61 kg d'N/ha, soit une diminution de l'ordre de 37 %. Cette diminution est à mettre sur le compte d'une baisse des apports de fumier (- 11 %) et d'une augmentation de la surface en prairies temporaires, qui a été multipliée par trois. En effet, la dose moyenne d'azote minéral n'a pas évolué au cours de ces années.

	Balance azotée (kg d'N/ha)	Fertilisation moyenne (U/ha)	Apport de fumier (T)	Assolement (ha)
1992-94	97	153	3 136	TL : 358 Prairies : 35
1996-98	61	153	2 800	TL : 312,8 Prairies : 106

Tableau 15 : Evolution des pratiques agricoles sur le plateau d'Attignéville

Les figures 23 et 24 indiquent respectivement les grands types d'occupation du sol et la distribution des balances azotées parcellaires sur le plateau d'Attignéville. Nous constatons, qu'il existe encore des balances très excédentaires sur ce plateau et que les balances supérieures à 40 kg d'azote /ha ne sont pas rares. Ces valeurs élevées témoignent toujours d'un apport de matière organique. Les doses épandues sont fréquemment aux alentours de 40 T/ha.

Nous ne présentons pas les balances azotées calculées sur les quatre autres bassins d'alimentation étudiés sur le site Ferti-Ouest. En effet les résultats obtenus pour les périodes 1993-95 et 1996-98 sont assez déconcertants car nous observons une augmentation des balances azotées dans deux cas (bassins de Beaufremont et Jainvillotte) et une diminution très contrastée pour deux bassins présents sur la même commune et cultivés par les mêmes agriculteurs (bassins de Pompierre).

Ces résultats peuvent s'expliquer en partie : les superficies des SAU des plateaux de Beaufremont, Jainvillotte et Pompierre (G et LR) sont respectivement de 30, 14, 15 et 30 ha (voir figure 22). Cela constitue un handicap important puisqu'une légère évolution de l'assolement (une parcelle mise en jachère par exemple) ou deux apports de fumier sur la période 1996-98 contre un pour celle de 1993-95 (cas de Jainvillotte), modifie complètement les ordres de grandeur. Les balances sont ainsi directement liées à l'occurrence des cultures qui, au sein de très petits bassins, prennent un poids énorme dans le calcul.

Ceci montre clairement une limite à l'utilisation des balances azotées. En outre, précisons que sur ces sites, les informations collectées présentent un niveau de précision médiocre. Une seule erreur sur une parcelle d'un bassin de 15 ha de SAU fausse complètement le calcul, alors qu'elle a peu de « poids » sur un bassin dix ou cent fois plus grand.

<sup>29</sup> R. CHEVRIER pour Attignéville (stage BTS en 1996) et P. COCHARD pour Beaufremont, Jainvillotte et Pompierre (stage DAA en 1996).

Cependant, ces données indiquent tout de même que les pratiques n'ont que peu évolué pour ce qui concerne les doses totales d'engrais minéral apportées et pour les tonnages d'engrais de ferme épandus. Ainsi nous avons observé que les balances azotées de ces quatre bassins sont en moyenne supérieures à 60 kg N/ha pour les deux périodes. Les doses moyennes d'azote minéral restent cependant faibles et c'est avant tout la gestion de la matière organique qui pose problème. En effet, les quantités apportées sont comprises entre 20 et 50 T/ha et sont peu prises en compte dans le calcul des fertilisations minérales.

### III.2. Evolution des apports d'azote pour les principales cultures

Sur le plateau d'Attignéville, nous avons calculé l'évolution des fertilisations des différentes cultures entre les périodes 1992-94 et 1996-98 (tableau 15).

	Dose moyenne d'azote En kg N/ha	
	1992-94	1996-98
Colza d'hiver	183	177
Blé d'hiver	163	172
Orge d'hiver	151	150
Orge de printemps	120	113

Tableau 16 : Dose moyenne d'azote minéral pour les différentes cultures

Les résultats indiquent que les fertilisations minérales ont légèrement évolué à la baisse (à l'exception du blé). En règle générale, en système de polyculture-élevage, il est peu recommandé de calculer des balances azotées par culture, compte tenu des apports d'effluents d'élevage : il est préférable de faire des calculs par rotation et de comparer des systèmes de culture entre eux. Sur le plateau d'Attignéville, il était peu aisé d'isoler les différentes successions culturales (en particulier à cause des cultures conduites pour les semences).

Nous avons observé que toutes les cultures semblent susceptibles de recevoir du fumier, ce qui explique que sur une moyenne de trois années, toutes les cultures du plateau ont des soldes azotés élevés (> 60 kg N/ha). Ceci est d'autant plus vrai pour la période 1996-98, qui sur ce plateau, s'est traduite par de mauvais rendements pour certaines cultures.

### III.3. Conclusion

**Le constat que nous faisons de cette opération est assez mitigé. Sur les bassins d'alimentation que nous avons observés, nous ne constatons pas de changements importants des pratiques de fertilisation minérale et organique. Les fertilisations minérales sont relativement bien calculées par rapport aux rendements potentiels, mais les apports de fumier sont rarement pris en compte.**

A l'échelle de tout le secteur FERTI-MIEUX (CDA 88, 1998), le bilan est heureusement plus favorable, bien que la balance azotée moyenne des systèmes de culture est de l'ordre de 52 kg N/ha/an (elle varie de -20 à 147 kg N/ha/an). L'évaluation intermédiaire a en effet montré que si les pratiques de fertilisation minérale ont

peu intégré le message FERTI-MIEUX (qui ne porte que récemment sur la fertilisation minérale), les pratiques d'épandage des fumiers sont à la baisse pour le colza, les céréales d'hiver, et le maïs. Nous n'avons pas pu observer cette amélioration sur nos sites. Cependant, il faut remarquer que la modification des doses de matière organique épandues passe souvent par un investissement en matériel (épandeur grande largeur) ou par des changements organisationnels qui ne sont pas toujours possibles (épandage sur prairies). Les conseils individuels proposés aux exploitants du plateau d'Attignéville devraient permettre à moyen terme d'améliorer cette situation.

**Le plateau d'Attignéville bénéficie d'une augmentation de la surface en prairies permanentes grâce aux jachères semées mise en place sur ce plateau et surtout grâce aux contrats MAE « reconversion des terres arables en herbages extensifs » qui représentent plus de 70 ha soit environ 25 % de la SAU.**

D'après les renseignements obtenus auprès des exploitants, la surface remise en herbe aurait pu être supérieure si une décision administrative (Déclaration d'Utilité Publique) interdisant le retournement des prairies sur le plateau n'avaient été mise en application. Un manque de communication sur ce point a semble-t-il démotivé les agriculteurs.

Remarquons, en outre, que si les agriculteurs approuvent l'opération et apprécient les conseils FERTI-MIEUX, ils ne se sentent que moyennement concernés par les pollutions diffuses azotées. En effet rappelons que cette opération est préventive et que les eaux souterraines du secteur sont en général de bonne qualité du point de vue du nitrate.

**Pour finir sur une note optimiste, reconnaissons que FERTI-OUEST 88 participe à un changement des mentalités et que même si le conseil n'est pas toujours pris en compte, il conforte les agriculteurs qui commencent progressivement à repenser leurs pratiques.**

En outre, la création d'une charte individuelle<sup>30</sup> est actuellement en discussion. Cette charte permettrait de sensibiliser les agriculteurs au-delà de ce qu'il est possible de faire de manière collective au sein d'une vaste opération comme Ferti-Ouest. Certainement, l'opération en ressortirait plus dynamisée et cela permettrait de mesurer avec précision l'adhésion des agriculteurs aux conseils FERTI-MIEUX.

#### IV. SIERCK

---

Cette opération a été lancée en 1996 suite à un diagnostic agronomique réalisé par la CDA 57. La dégradation de la qualité de l'eau constatée sur un grand nombre de captages du canton de Sierck-les-Bains a ainsi été mise en relation avec les flux d'azote d'origine agricole. L'ensemble des bassins d'alimentation représente une superficie totale de près de 1700 ha dont 70 % est consacré à l'agriculture, principalement des exploitations de polyculture-élevage.

Le plateau de Kirsch-les-Sierck, sur lequel porte notre étude, représente environ une superficie de 275 ha cultivée par une douzaine d'agriculteurs (60 parcelles environ). Tous ces agriculteurs bénéficient à la fois du conseil FERTI-MIEUX et du conseil MAE. En effet sur ce plateau, tous les agriculteurs ont signé un contrat MAE « réduction des intrants ».

L'assolement de ce plateau pour les années 1997, 1998 et 1999 est décrit dans le tableau suivant. La figure 25 présente également la part respective en forêt, TL et STH.

---

<sup>30</sup> Des chartes individuelles ont été proposées aux agriculteurs dans quelques opérations FERTI-MIEUX d'autres régions ; en Lorraine une charte est proposée dans le cadre de l'opération Crusnes-Chiers depuis le printemps 2000. Ces chartes présentent un « tournant » dans l'animation d'une action où l'on tente d'aboutir à une adhésion plus forte des agriculteurs. Ainsi pour la charte Crusnes-Chiers, l'agriculteur signataire s'engage à ajuster sa fertilisation azotée en fonction des références locales, à gérer judicieusement la matière organique et à enregistrer ses pratiques sur un cahier.

	Assolement 1997 en %	Assolement 1998 en %	Assolement 1999 en %
Colza d'hiver	22	38	23
Blé d'hiver	30	26	36
Orge d'hiver	20	10	13
Orge de printemps	11	8	7
Maïs fourrage	14	15	16
Prairies temporaires	3	3	5

Tableau 17 : Evolution de l'assolement de 1997 à 1999

La rotation colza-blé-orge est majoritaire sur ce site ; ces trois cultures représentent environ 73 % des assolements. Nous constatons également une diminution de la surface en orge de printemps alors que la surface en maïs augmente légèrement. Pour répondre au cahier des charges MAE, les intercultures culture d'hiver- culture de printemps, sont gérées par des repousses et non par l'implantation de CIPAN.

#### IV.1. Balance azotée

Sur l'ensemble du plateau de Kirsch-les-Sierck, nous avons calculé à partir de la base de données fournie par la CDA 57, une balance azotée moyenne sur la période 1997-99. Nous obtenons une valeur de 24 kg d'azote/ha. Nous avons constaté que les années 1997 et 1998 présentent des balances azotées nettement supérieures à celle de l'année 1999. Ceci est dû au fait qu'en 1999, il semble y avoir eu des apports de matière organique en diminution par rapport aux deux années précédentes (en partant du principe que la base de données ne recèle pas d'erreurs pour 1999).

	Dose d'azote minéral (kg/ha)
1997	117
1998	122
1999	116

Tableau 18 : Evolution des apports d'azote minéral.

Le tableau ci-dessus indique que la fertilisation azotée moyenne (pondérée par la surface) est stable pour la période 1997-99. Elle est représentative des pratiques MAE. Sur ce secteur, les contrats MAE ont été proposés aux agriculteurs dès le lancement de l'opération, les doses d'azote minéral apportées sur les différentes cultures ont été revues à la baisse dès le début, sans passage par une phase intermédiaire (comme sur le site de Gorze) avec seulement un raisonnement des doses selon les références locales. Il est donc ici plus difficile de faire la distinction entre les pratiques MAE et les pratiques FERTI-MIEUX.

## IV.2. Données par culture

L'analyse des données contenues dans la base permet d'obtenir un certain nombre de renseignements pour chaque culture. Nous comparons nos calculs aux résultats de l'enquête réalisée auprès de 40 exploitations présentes sur le canton de Sierck-les-Bains (CDA 57, 1995).

	Dose d'azote minéral (kg/ha)	
	1994	1999
Colza d'hiver	195	138
Blé d'hiver	172	138
Orge d'hiver	150	110
Orge de printemps	117	70
Maïs ensilage	145	79

Tableau 19 : Dose moyenne d'azote minéral pour les différentes cultures en 1994 et 1999 (les données ont été pondérées par les surfaces).

Rappelons que nos données pour 1999 sont exhaustives d'un petit secteur où l'ensemble des agriculteurs appliquent un conseil MAE depuis 1996. Il n'est donc pas étonnant de constater que les fertilisations minérales par culture présentent une baisse très importante entre ces deux périodes. En effet, les doses d'azote apportées sont non seulement calculées par rapport aux fournitures d'azote du sol et à un objectif de rendement réaliste, mais encore réduites de 20 % par rapport à la dose raisonnée N. Les balances azotées calculées avec ces fertilisations présenteraient des valeurs négatives. En revanche, les apports d'engrais de ferme engendrent des balances positives dès qu'ils sont présents.

L'enquête initiale menée par la CDA 57 avait montré que les pratiques d'épandage de matière organique étaient assez variées et que les cultures susceptibles de recevoir les effluents étaient assez nombreuses : céréales, maïs, colza, avec cependant des épandages réalisés préférentiellement sur terres nues en hiver avant semis du maïs ensilage (de l'ordre de 50 T/ha). Sur notre plateau, nous avons pu constater que le fumier était effectivement souvent épandu avant maïs, mais également avant blé d'hiver.

Enfin, il est important de noter que les modalités d'apport des engrais minéraux ont fortement évolué grâce à l'important travail réalisé par l'équipe technique en charge de cette opération. Ainsi, pour les cultures d'hiver, par exemple, le fractionnement et le calendrier des apports ont considérablement évolué.

Tous les apports d'azote étaient réalisés en deux fois en 1995 avec des doses au premier apport assez variables, entre 50 et 90 kg N/ha. Cet apport était alors effectué entre le 20 février et le 1<sup>er</sup> mars.

En 1997, on pouvait déjà constater que les trois apports étaient adoptés par une large majorité de l'échantillon 1997 (84 % de la surface) et que le premier apport était décalé d'au moins 15 jours, étalé de début mars à la mi-mars, et suppression de l'apport en février. En 1999, les apports avaient été encore retardés (de la mi-mars à la fin mars). Ainsi en quatre ans seulement, le premier apport a été retardé de trois semaines à un mois.

En outre, la méthode de fertilisation « visuelle » se développe avec succès sous l'impulsion du conseiller technique du secteur.

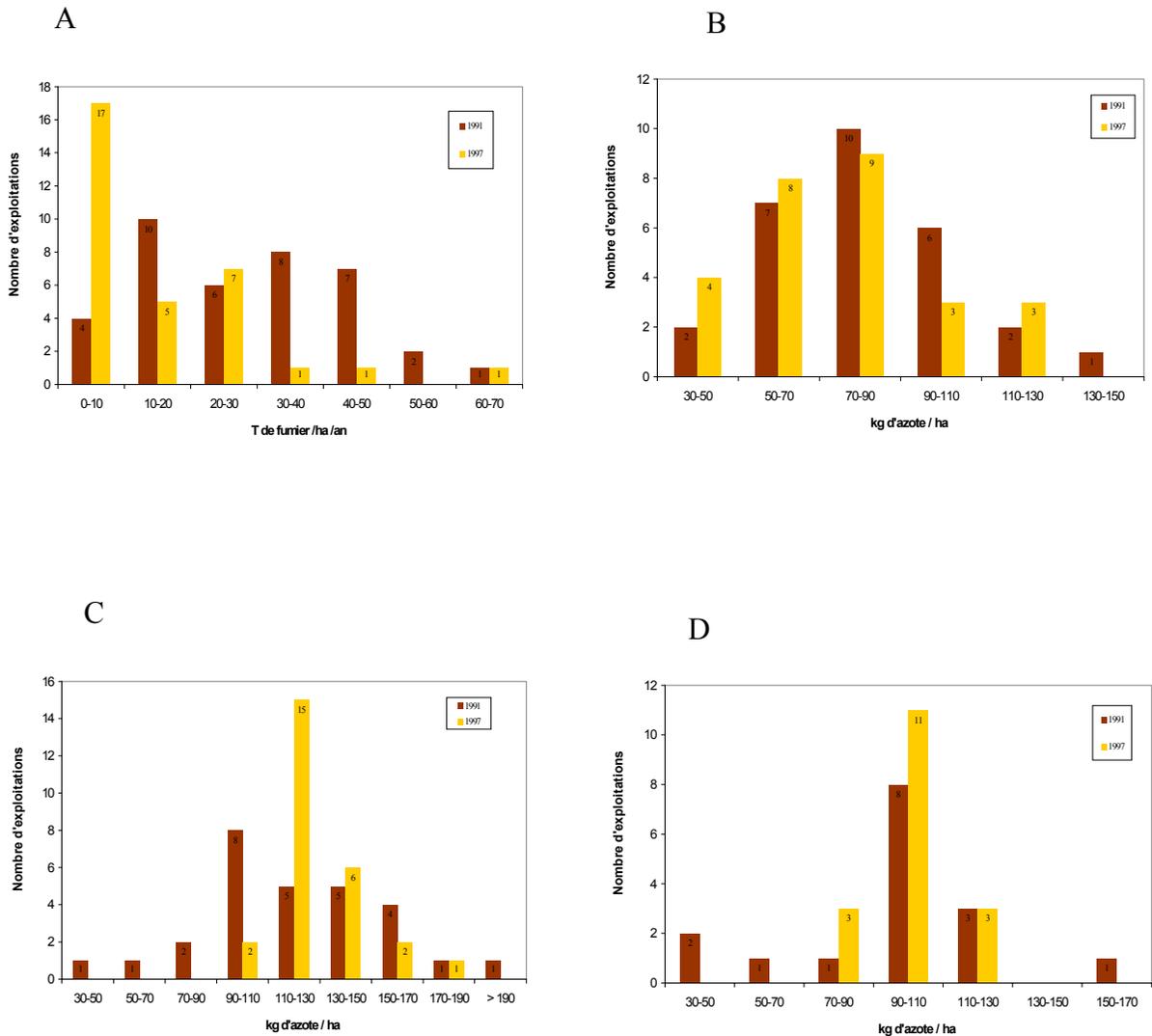
### IV.3. Conclusion

Les changements de pratiques sont manifestes sur ce secteur, principalement grâce au couplage FERTI-MIEUX –MAE. Les balances azotées sont faibles du fait de la réduction des doses et de la connaissance de la juste dose. Cependant, les flux d'azote apportés sur les trois bassins étudiés pourraient être encore plus faibles si les conseils diffusés portaient un peu plus sur la gestion de la matière organique.

En effet, sur ce secteur, la méthode visuelle de fertilisation minérale est testée avec succès en collaboration avec la CRA de Lorraine et participe à une évolution vers des pratiques de fertilisation minérale très fines. Cependant, la plupart des agriculteurs ont des engrais de ferme à épandre et au regard de ce qui a été observé sur l'opération du Haut-Sainctois, seule une modification importante de cette gestion pourrait permettre de restaurer la qualité de l'eau à court terme.

Notons en outre que le fort dynamisme constaté lors des comités de pilotage chez les agriculteurs les plus motivés par la démarche FERTI-MIEUX laisse supposer que ces changements pourraient être mis en œuvre (épandage de fumier composté ou de dépôt sur les surfaces en herbe par ex.).

## Haut-Santois



**Figure 12**

A : Doses annuelles de fumier apportées sur les terres labourées des plateaux  
 B : Fertilisation azotée minérale du maïs ensilage  
 C : Fertilisation azotée minérale du blé d'hiver  
 D : Fertilisation azotée minérale de l'orge d'hiver

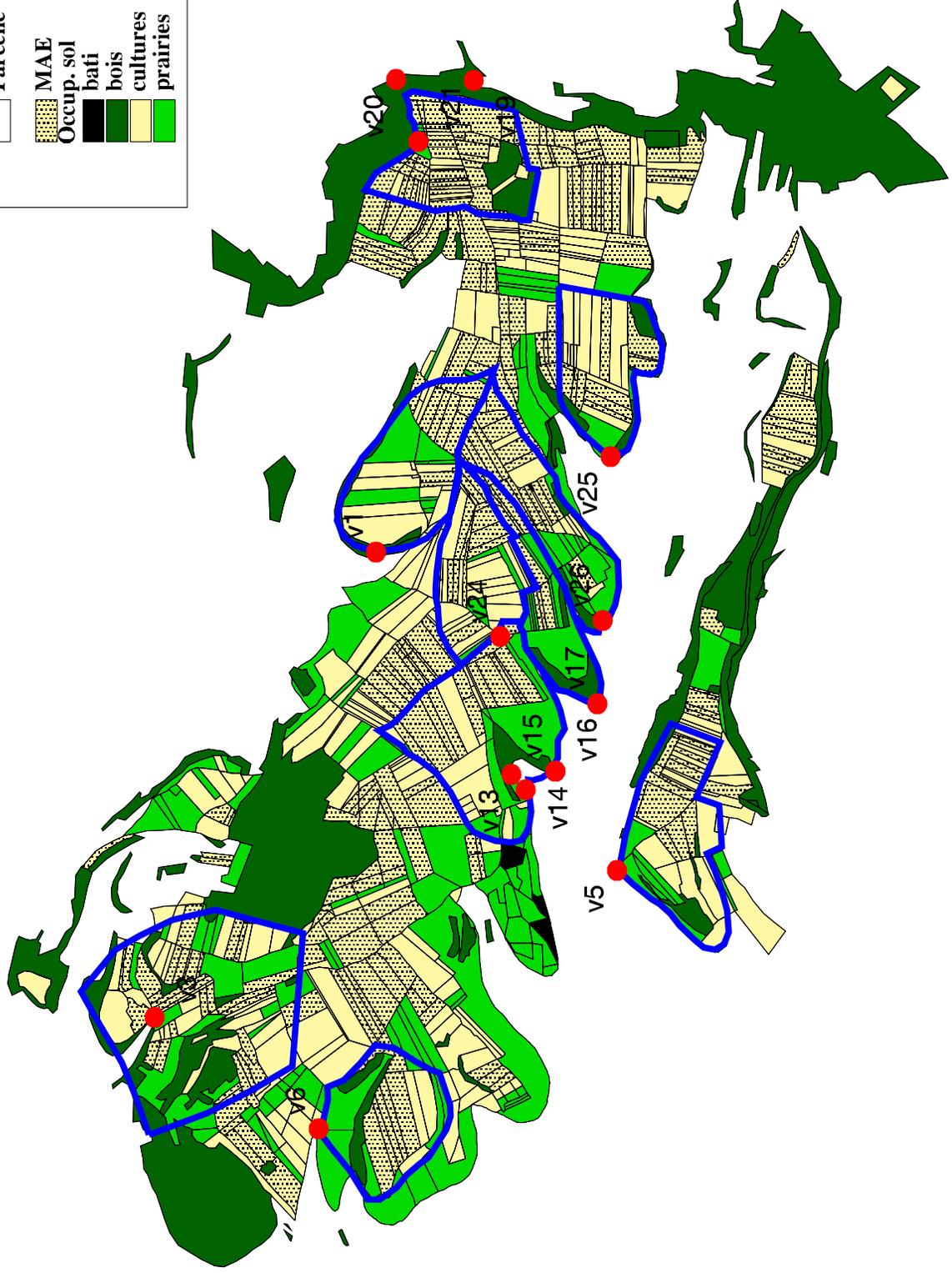
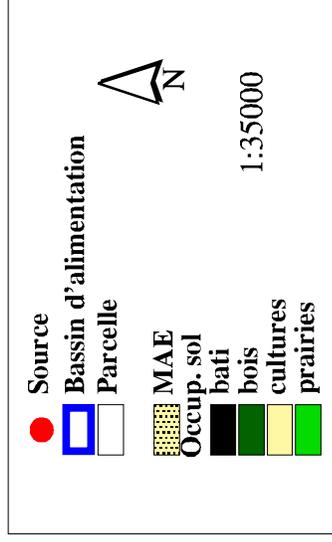


Figure 13 : Occupation du sol des plateaux du Haut-Saintois

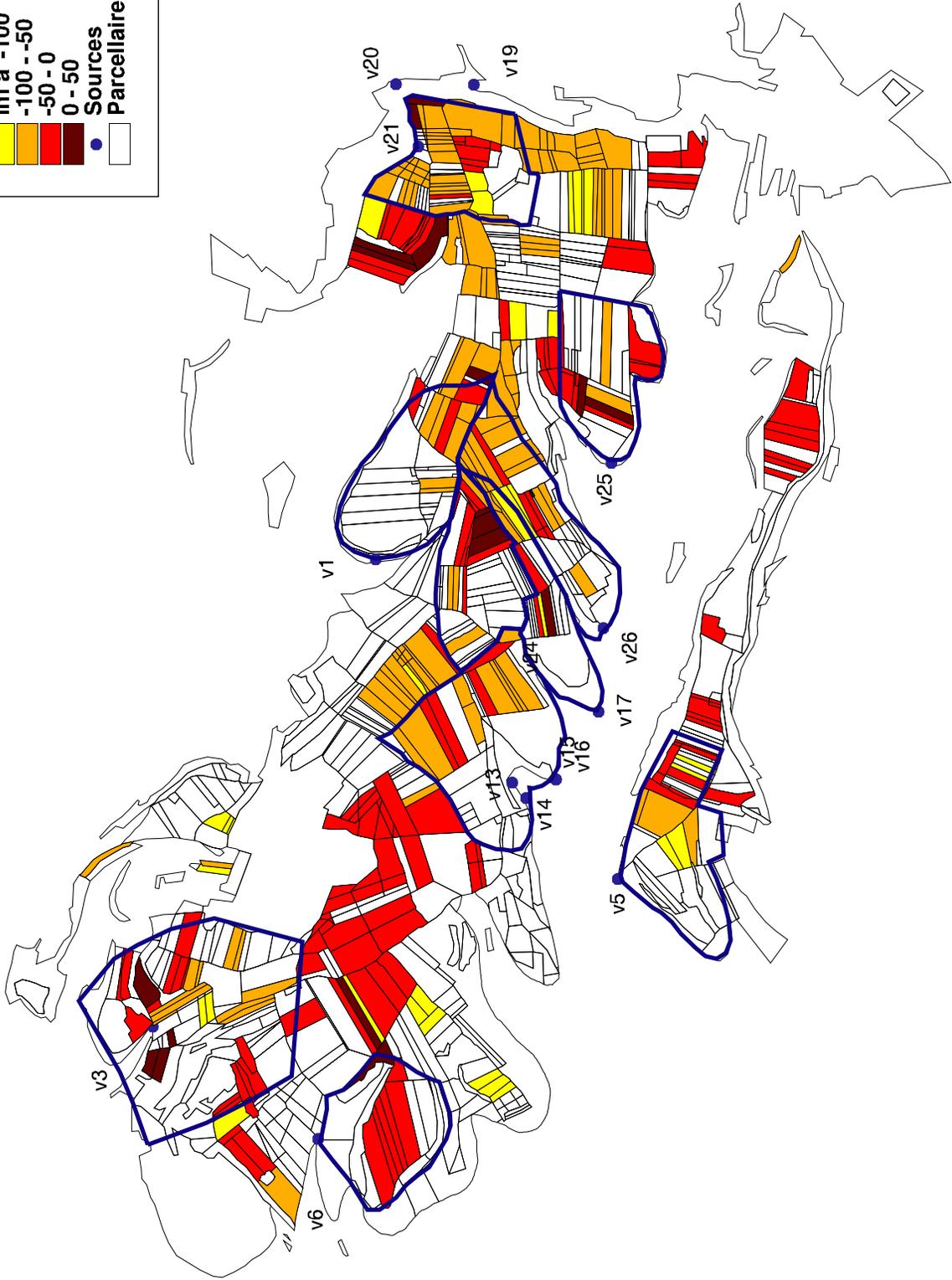
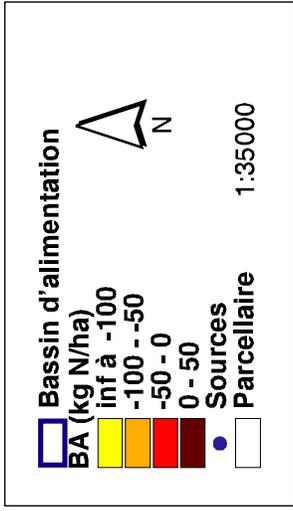


Figure 14 : Balance azotée moyenne sur la période 1997-1999

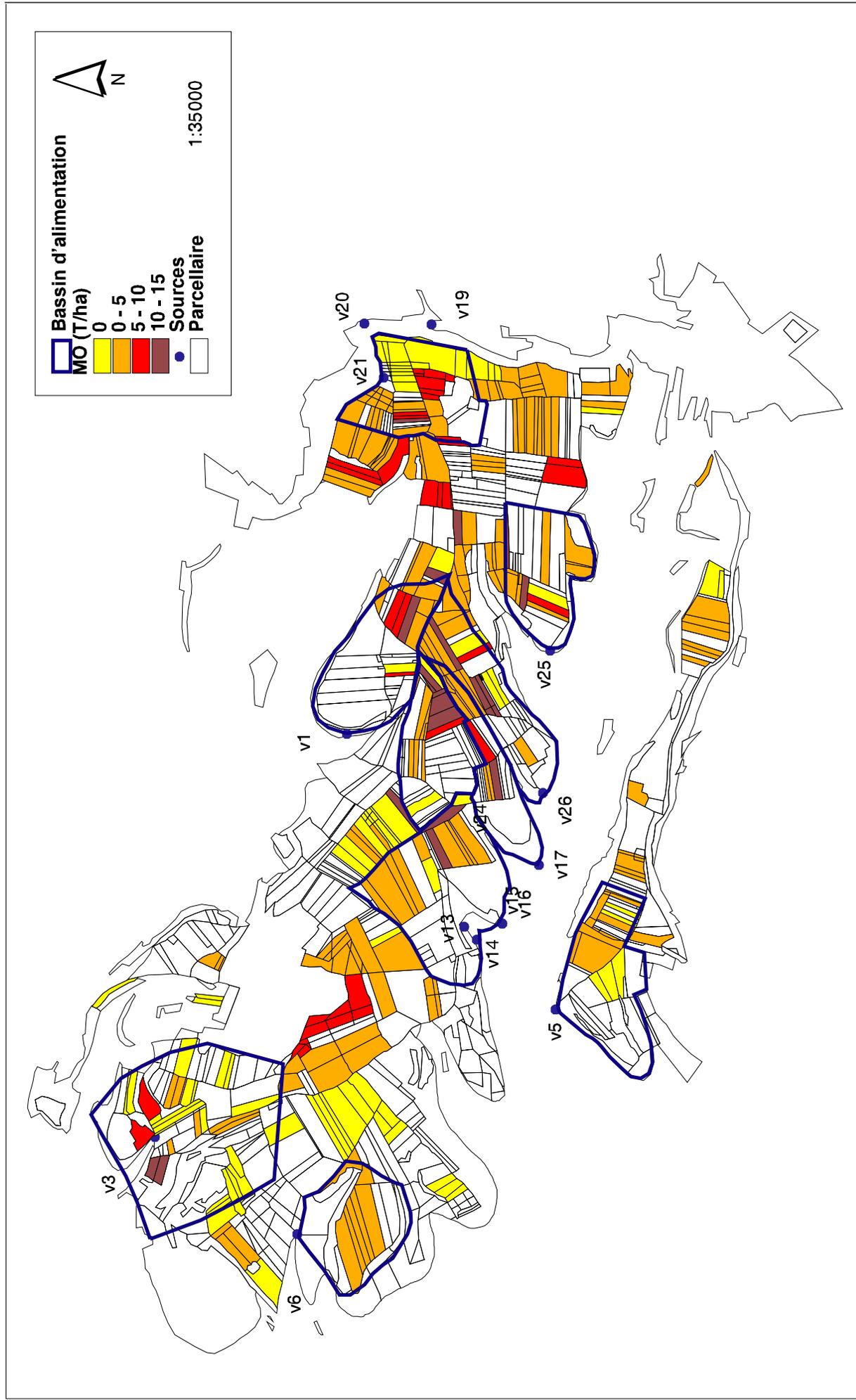


Figure 15 : Moyenne des apports de matière organique de 1997 à 1999

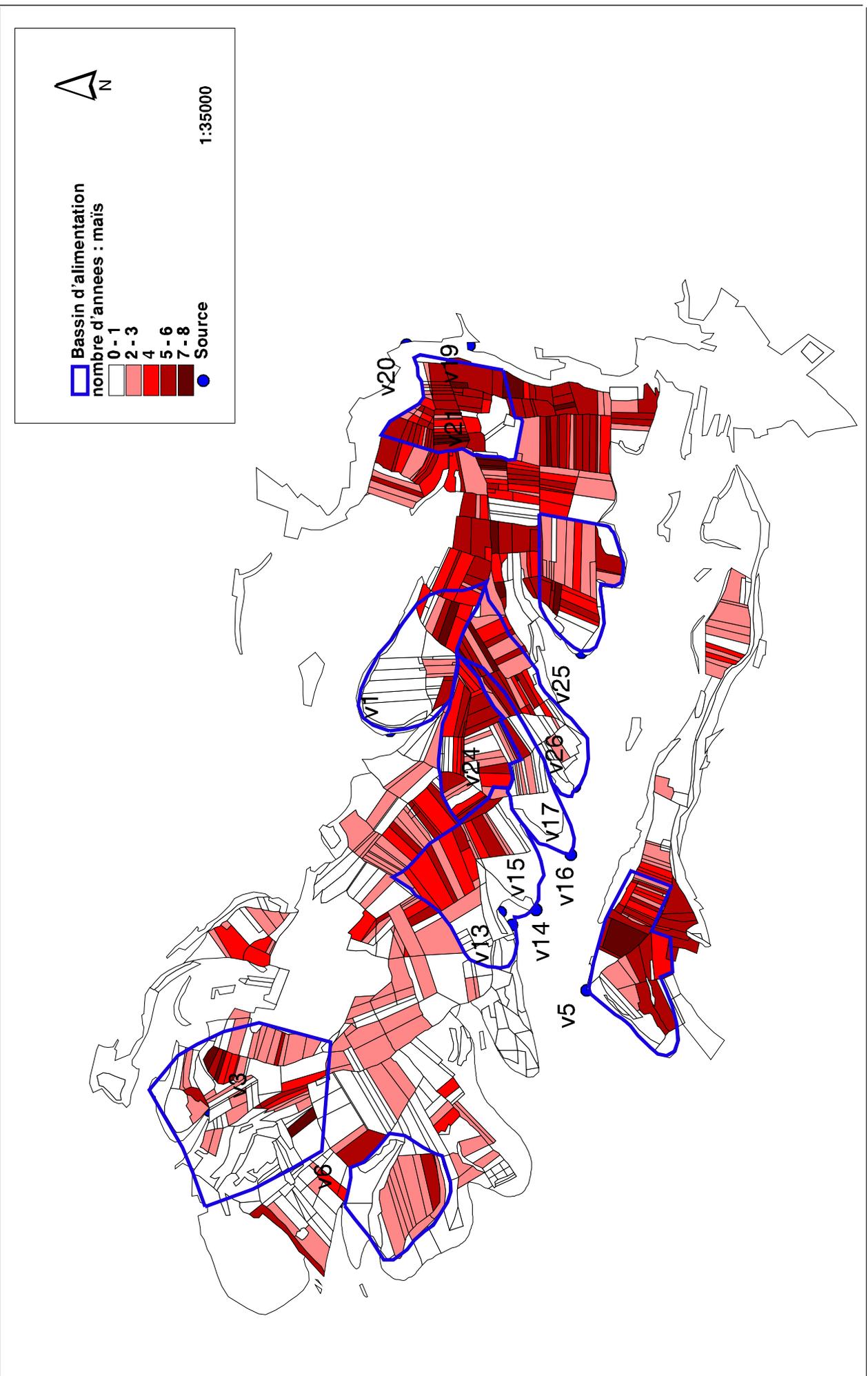


Figure 16 : Nombre d'années en maïs



 Bassin d'alimentation

 Source

nombre d'années : prairie

	0
	1 - 2
	3 - 4
	5 - 6
	7 - 9

1:35000

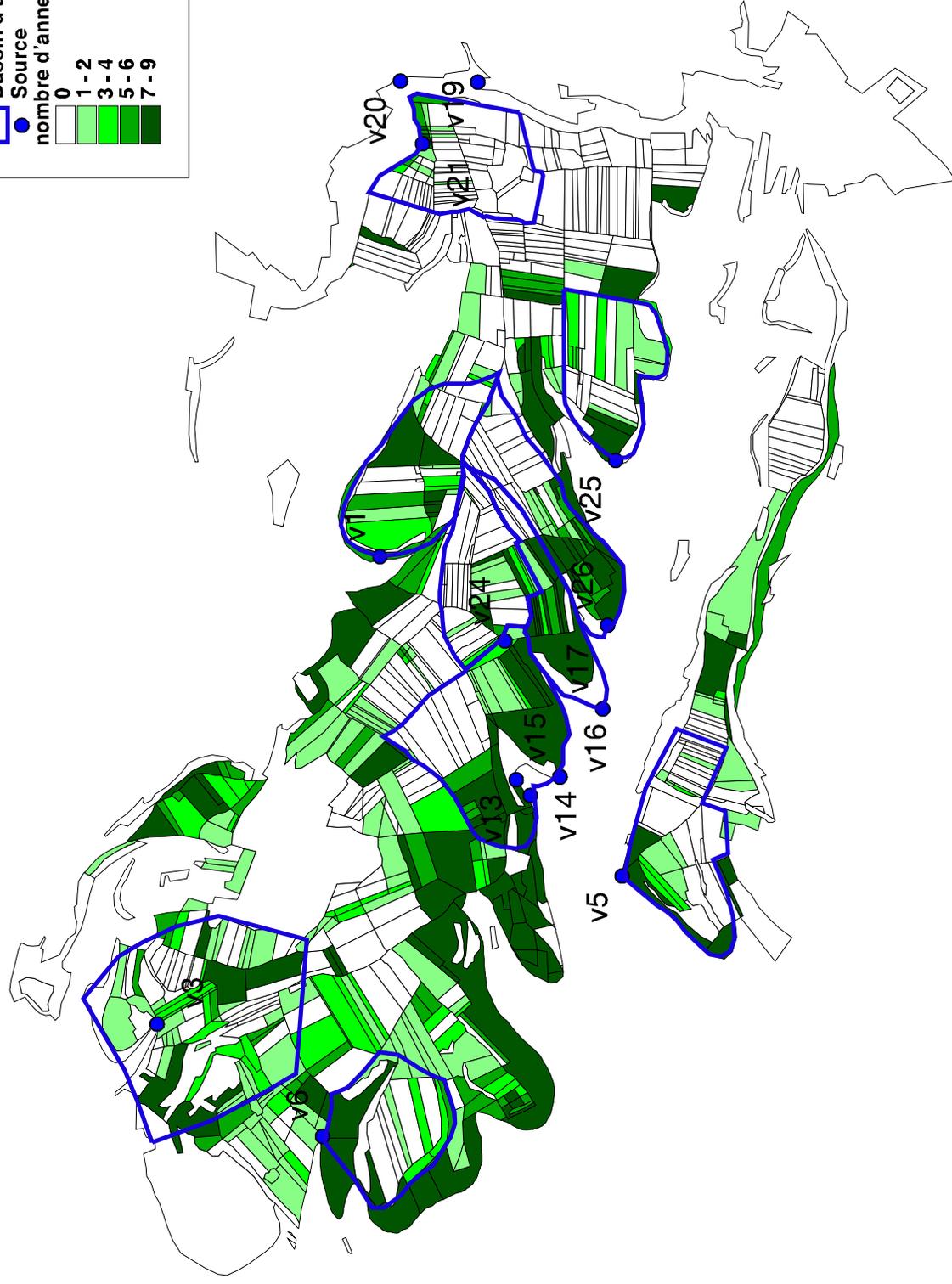
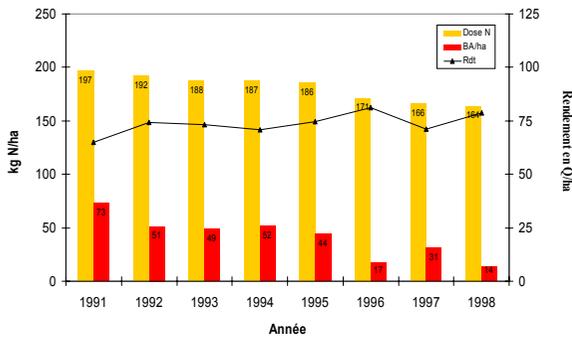


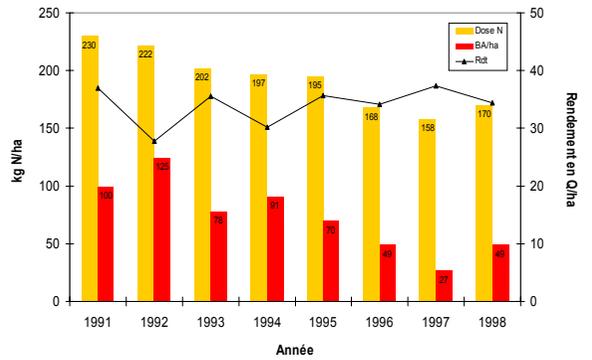
Figure 17 : Nombre d'années en prairie

# GORZE

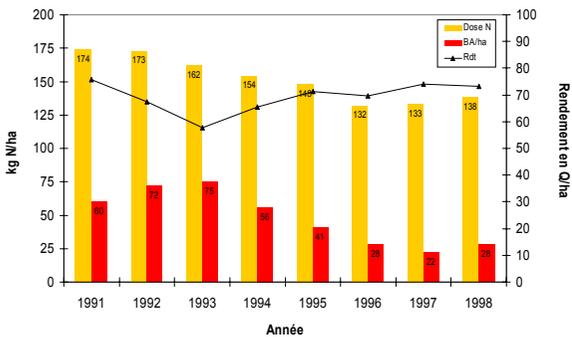
**A**



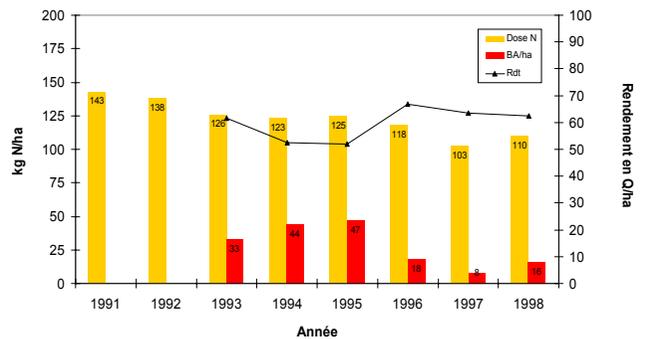
**B**



**C**



**D**



**Figure 18**

Evolution de la dose d'azote, du rendement et de la BA/ha pour les quatre principales cultures du plateau de Gorze (d'après un échantillon de 12 agriculteurs)

A : blé d'hiver - B : colza d'hiver - C : orge d'hiver - D : orge de printemps

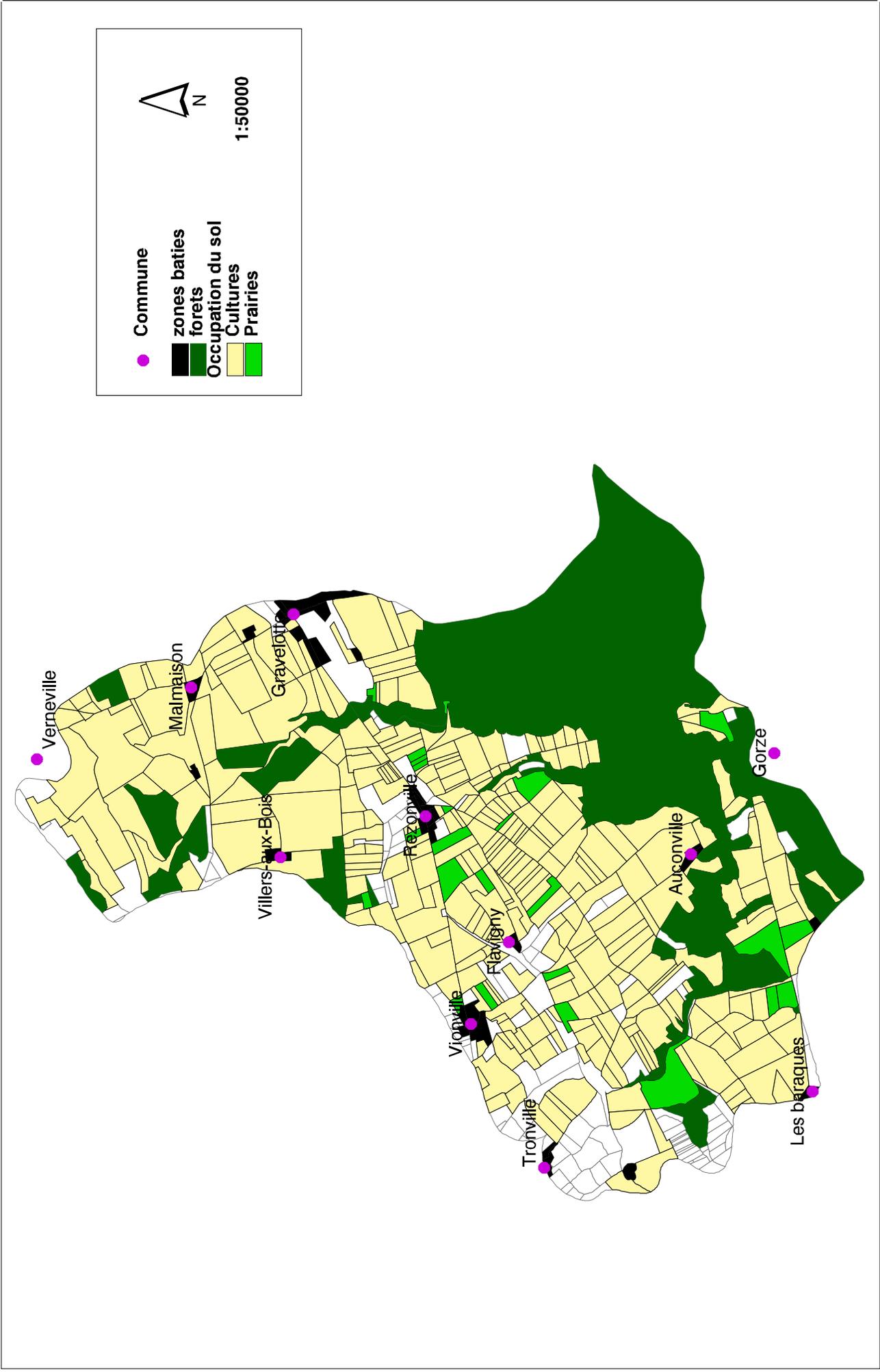


Figure 19 : Occupation du sol du plateau de Gorze

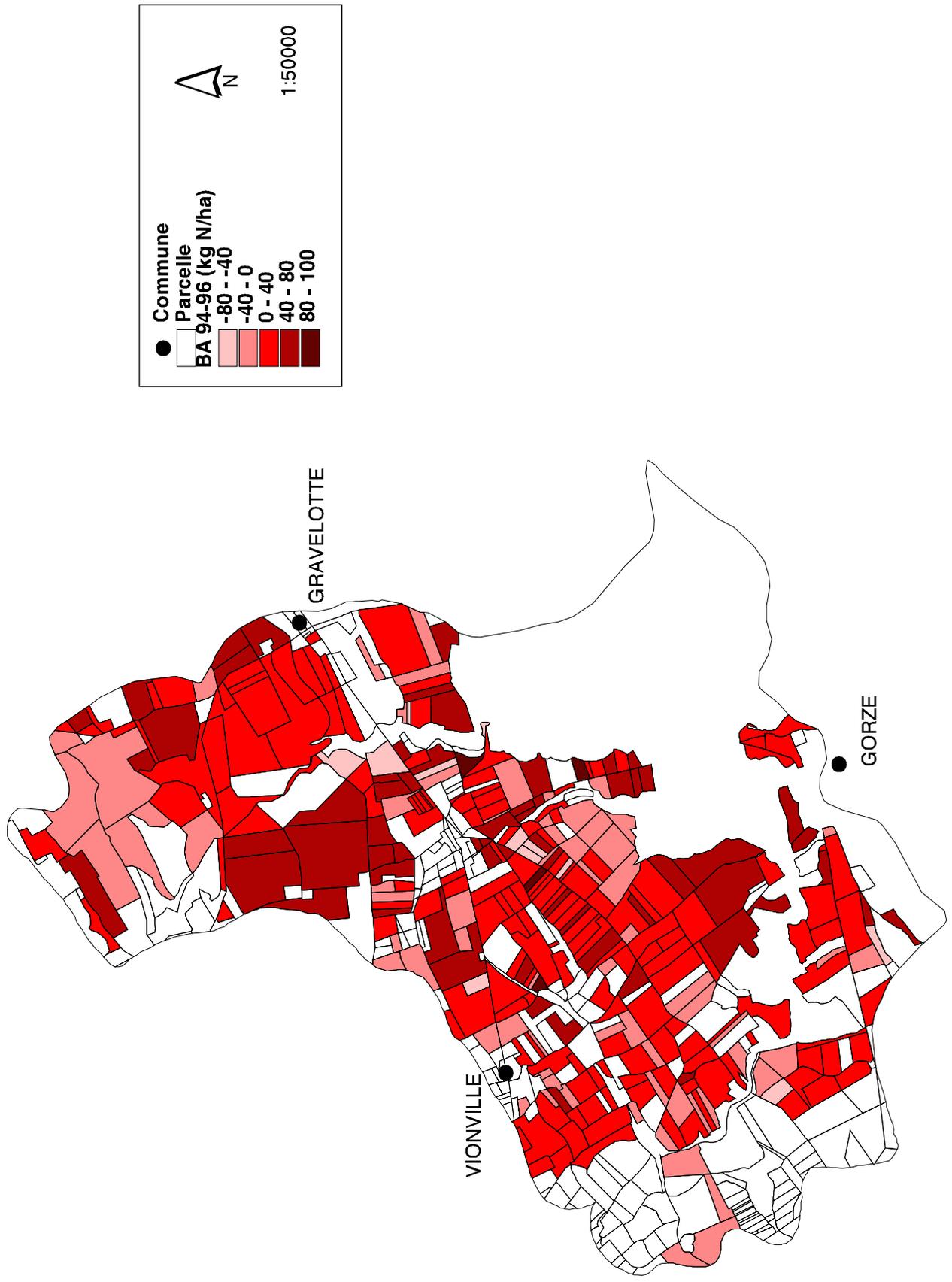


Figure 20 : Moyenne des balances azotées de 1994 à 1996 sur le plateau de Gorze

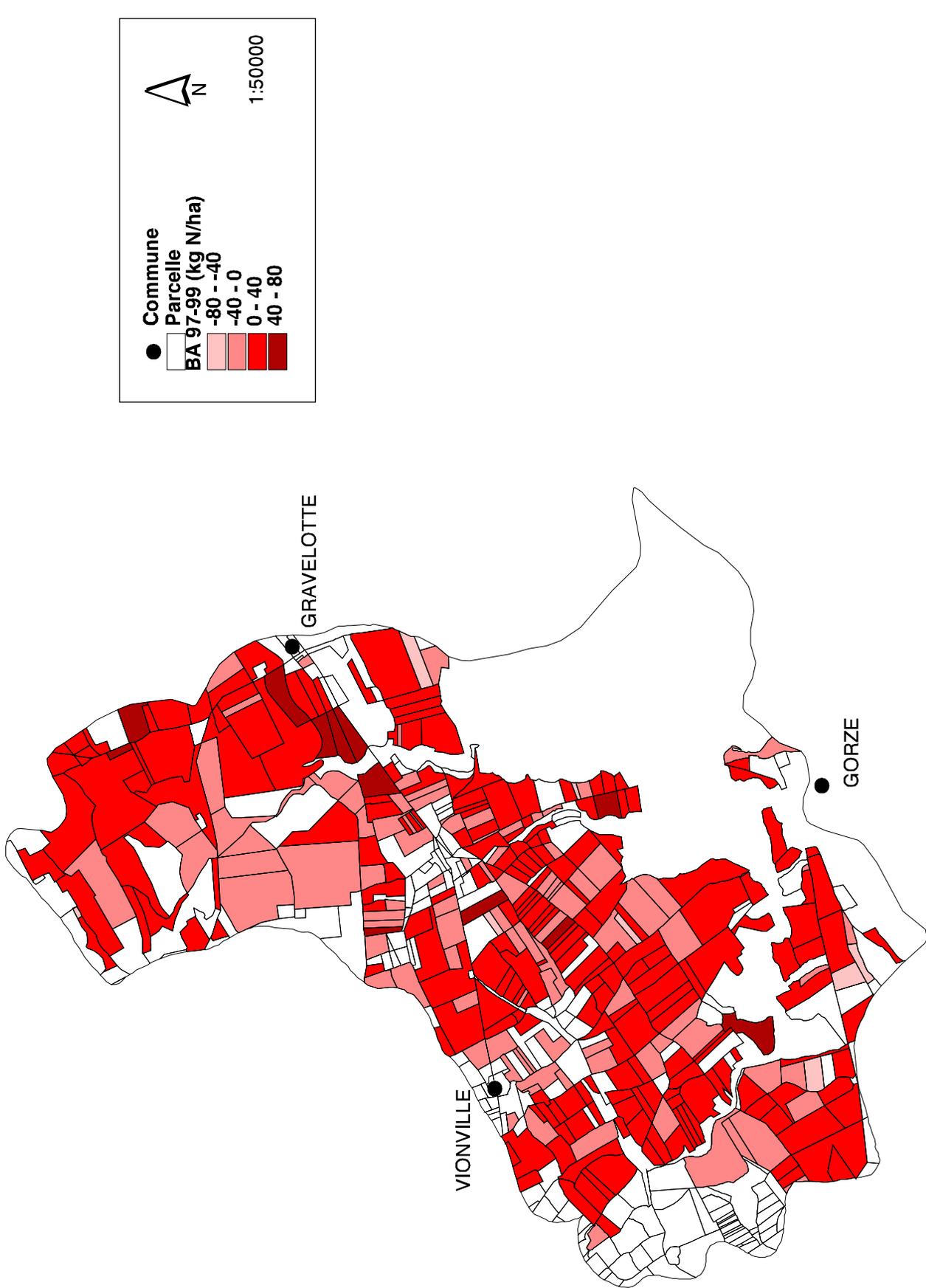


Figure 21 : Moyenne des balances azotées de 1997 à 1999 sur le plateau de Gorze

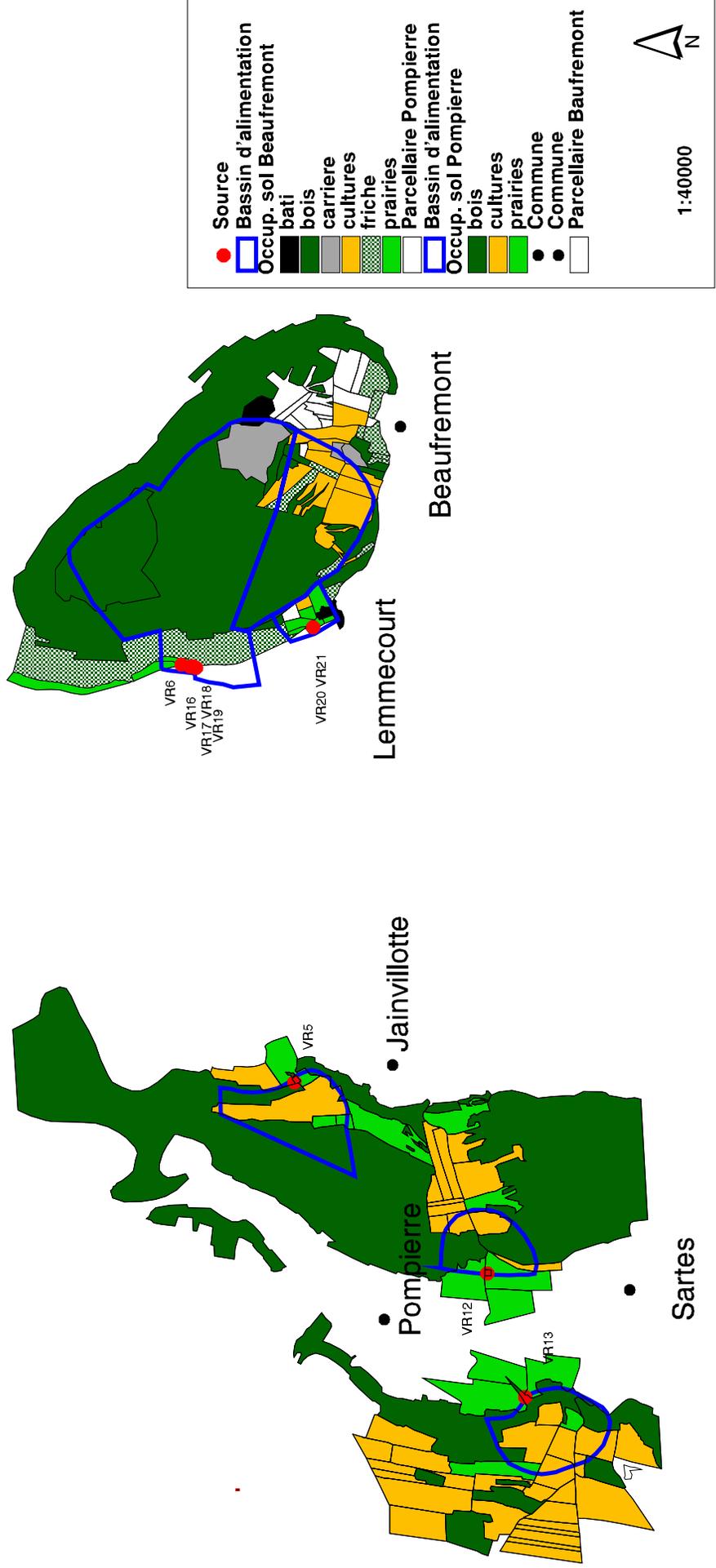


Figure 22 : Occupation du sol des plateaux de Beaufrement et Pompierre

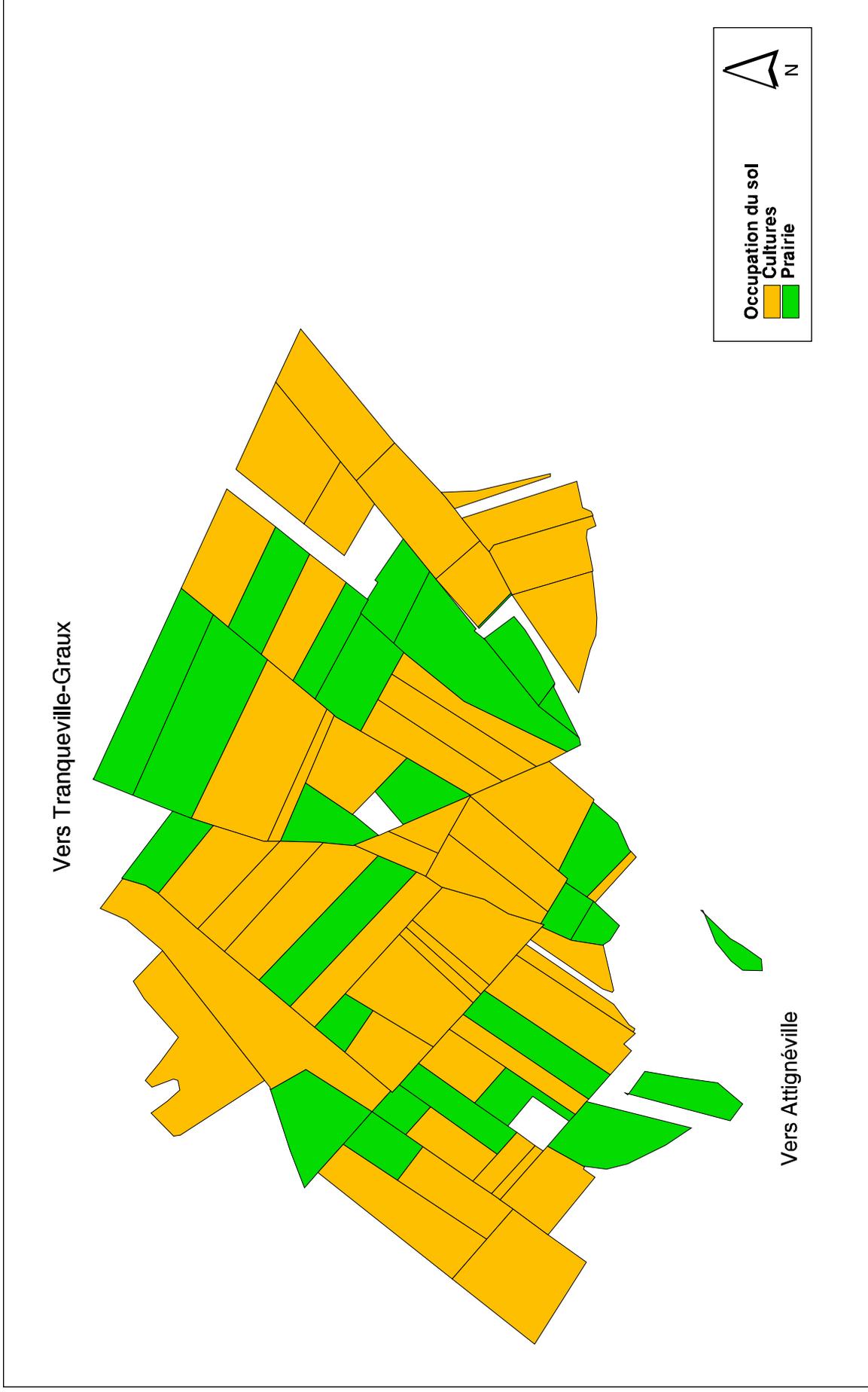


Figure 23 : Occupation du sol 1998 du plateau d'Attignéville (bassin d'alimentation de la Chavée)

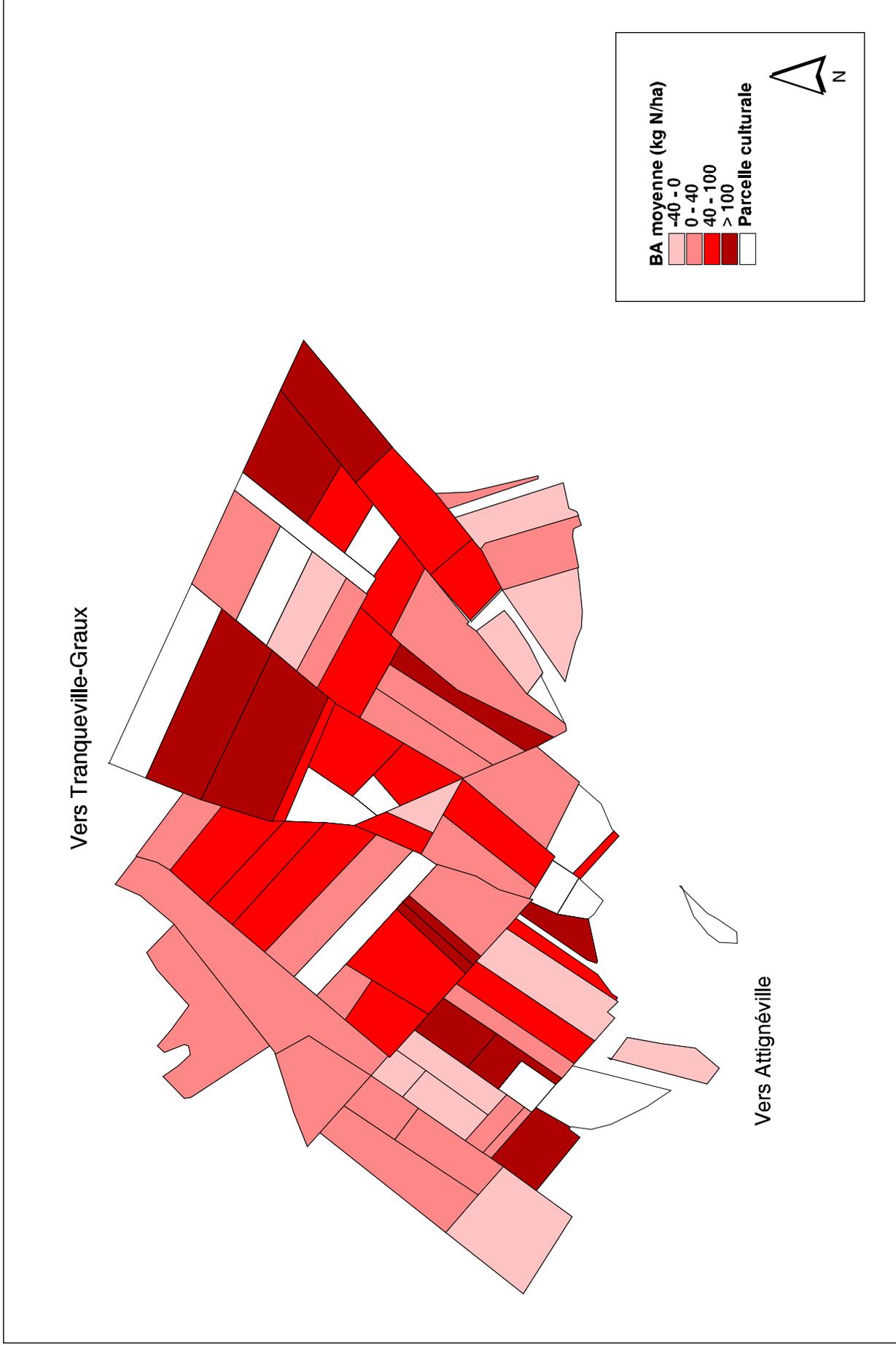


Figure 24 : Balance azotée moyenne (96-98) des parcelles du plateau d'Attignéville

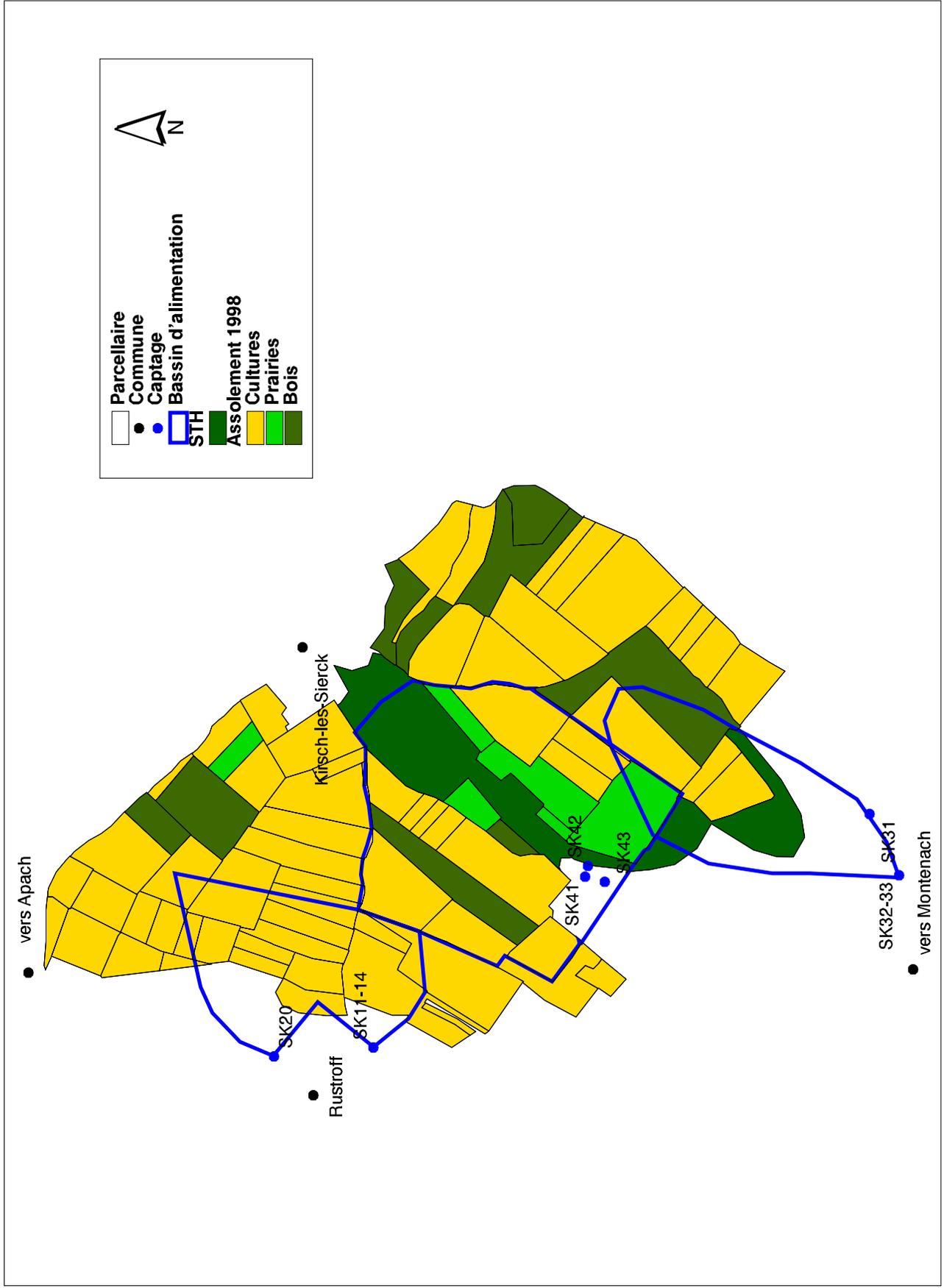


Figure 25 : Occupation du sol du plateau de Kirsch-les-Sierck

## TROISIEME PARTIE EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'EAU

---

*« L'eau elle descend comment, mystère. Est-ce qu'ils arrivent à faire des études parce que pour le moment, on n'en sait rien, on cause plus dans le vide. Ils prennent l'affaire en gros. Par le fait, on ne risque pas de se tromper en prenant tout le plateau. Y a peut-être un coin qu'est plus critique. »*

Agriculteur cité dans le rapport de Dominique Albert,  
« Les agriculteurs du plateau de Vicherey et la pollution des eaux », mars 1991.

Dans cette troisième et dernière partie, nous présentons les résultats portant sur la qualité des eaux souterraines.

Après quelques rappels bibliographiques, nous procéderons à l'analyse des résultats pour chacun des secteurs FERTI-MIEUX.

## I. RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

---

### I.1. La circulation de l'eau dans les aquifères calcaires fissurés

Les vastes plateaux calcaires de Lorraine forment une auréole de réservoirs aquifères discontinus à surface libre, de nature calcaire, fissurés et plus ou moins karstifiés. La perméabilité des séries calcaires (Dogger, Muschelkalk) est principalement due aux fissures de la matrice et aux fractures et joints de stratification agrandis par la karstification. Ce phénomène résulte de l'agrandissement des ouvertures du milieu fissuré par dissolution des roches carbonatées par les eaux chargées naturellement de gaz carbonique. La dissolution peut atteindre différents degrés depuis le conduit karstique de section millimétrique jusqu'à la cavité de dimension d'ordre décimétrique (grotte) et génère un réseau karstique qui désigne l'ensemble interconnecté des éléments conducteurs (appelés également chenaux karstiques).

Dans nos secteurs d'étude, le karst est considéré comme peu développé du fait de la nature lithologique des matériaux (B. PIERLAY<sup>31</sup>, ALLAIN, 1980) et de l'absence de modelé karstique typique à la surface des plateaux.

Cependant les formations calcaires en question possèdent les particularités des aquifères karstiques qui se caractérisent par deux classes de perméabilité : une classe de haute perméabilité affectée au réseau et une classe de faible perméabilité attribuée à la matrice rocheuse qui environne les conduits. Le milieu karstique présente donc un caractère discontinu, anisotrope et hétérogène, du fait de la variation des propriétés physiques et plus particulièrement hydrodynamique de la roche (BURGER, 1983).

JEANNIN et GROSSO (1995) montrent à partir de bilans hydrauliques à l'échelle d'un bassin du karst jurassien suisse que 50 à 75 % des pluies efficaces alimentent les drains à circulation rapide et que 25 à 50 % s'infiltrent directement dans les blocs peu perméables qui assurent le débit d'écoulement des sources en période de tarissement. Les infiltrations rapides ne transitent donc pas par les blocs peu perméables, mais par des points d'infiltration concentrée (pertes) reliés directement au réseau karstique et par l'épikarst (DOERFLIGER *et al*, 1997). L'épikarst est une zone d'absorption très fissurée qui correspond à la décompression et à l'altération des terrains au voisinage de la surface (DODGE, 1983).

En outre les aquifères karstiques sont responsables de phénomènes hydrauliques spécifiques tels que des hydrogrammes présentant des crues rapides et violentes, des décrues également rapides, des tarissements lents et des variations de chimisme en fonction du débit (DOERFLIGER *et al*, 1997).

### I.2. Le transfert du nitrate vers la zone saturée

Du sol jusqu'à la nappe, le déplacement des ions nitrate<sup>32</sup> se fait avec le déplacement moyen de la masse d'eau. Le transport dominant de ces particules (et plus généralement des ions et des micro-organismes) est la convection. Ce transport est également régi par les phénomènes de diffusion moléculaire et de dispersion cinématique (BANTON et BANGOY, 1997). Du fait de la convection, la vitesse de transport de l'ion nitrate est égale à celle de l'eau.

---

<sup>31</sup> Communication personnelle de Bruno PIERLAY du bureau d'études GEOSUM

<sup>32</sup> L'ion nitrate est un anion et du fait de sa charge négative, il n'est pas adsorbé par le complexe argilo-humique du sol, globalement chargé négativement. L'ion nitrate est également extrêmement soluble ; la solubilité de l'ammonium nitrate dans l'eau à 20°C est de 1 183 g/l.

Selon leur localisation géographique, les eaux souterraines présentent des teneurs en nitrate très variables qui sont la résultante d'une combinaison de plusieurs facteurs : le climat (précipitations, température), le sol (composition, épaisseur, ...), le sous-sol (propriétés physiques, ...), le couvert végétal et les pratiques culturales (successions culturales, pratiques de fertilisation, ...) (MELET et al., 1980). Le sol joue un rôle très important dans le transfert du nitrate vers les nappes, car il est le siège de nombreuses interactions physico-chimiques et biologiques susceptibles d'atténuer le flux (LANDREAU et al., 1998). Les solutés présents dans l'eau migrent ensuite dans la zone non saturée selon une composante majoritairement verticale ; cette zone contrôle les temps de transfert (LANDREAU et al., 1998). Dans les formations de calcaires fissurés et karstifiés, les circulations sont de plusieurs mètres par heure.

### **I.3 Variations saisonnières et interannuelles des teneurs en nitrate**

La partie supérieure de la nappe correspond à la zone de battement annuel, où se fait le mélange des eaux, tandis que la partie inférieure correspond, elle, aux réserves profondes (MEGNIEN, 1996). A l'étiage, en régime de tarissement, c'est cette partie profonde qui est mise à contribution. L'eau de réalimentation (l'eau de recharge) se mélange à la zone supérieure de la nappe, puis s'écoule directement vers les exutoires et/ou se mélange avec les zones plus profondes de la nappe. Ainsi, selon que l'eau de recharge se mélange peu ou beaucoup avec la partie supérieure de la nappe, les teneurs en nitrate mesurées dans le captage devraient refléter plus ou moins la teneur de l'eau de recharge.

Ainsi l'augmentation des teneurs en nitrate (en faisant l'hypothèse que l'eau « neuve » qui réalimente la nappe à l'automne est plus chargée en nitrate que l'eau « ancienne »), peut ne pas être synchrone avec l'augmentation des débits observés dans les aquifères calcaires fissurés dès la reprise du drainage.

En Lorraine, l'alimentation des nappes se situent en moyenne de novembre à avril (TURIN, 1991). On considère également que seules les pluies hivernales et pré-printanières profitent aux nappes, car les premières pluies d'automne vont combler le déficit de saturation du sol, provoqué par l'évapotranspiration de l'été (SCHOELLER, 1962 ; RAMON, 1984). L'évapotranspiration très faible en hiver permet l'alimentation des nappes, puis l'évapotranspiration augmente au printemps jusqu'à excéder la quantité de pluie infiltrée, mettant un terme à l'alimentation. Cette période d'alimentation avance ou recule selon les années climatiques.

En conséquence, les variations saisonnières des débits sont marquées et conduisent à des hydrogrammes composés de trois phases : crue, décrue et tarissement.

Et que peut-on dire des variations saisonnières des teneurs en nitrate dans les captages ? TURIN (1991) s'est ainsi demandée si le « rythme agricole » pouvait influencer les variations des teneurs des eaux souterraines. Pour apporter une réponse, elle a observé l'évolution des teneurs en nitrates sur une période de plus de huit ans des captages de sept communes lorraines (54 et 57). Elle conclut ainsi que « la recherche de l'influence d'un rythme agricole sur les valeurs mensuelles des analyses n'est pas complètement satisfaisante même si pour certains captages, l'influence semble être évidente ».

GAURY (1992) considère que les teneurs en nitrate à l'étiage sont représentatives du « bruit de fond » de la nappe en dehors de toute influence climatique.

Les variations interannuelles des teneurs sont sous l'influence des données climatiques et des activités humaines (TURIN, 1991). Les ions nitrate s'accumulent dans le sol en période sèche puis sont entraînés vers la zone saturée en période humide (SRAEL, 1986). Les années 1976 et 1977 illustrent bien ce phénomène. La période allant d'octobre 1975 à septembre 1976 a été affectée par une pluviométrie très faible (471 mm à la Station de Nancy-Essey), alors que l'année 1977 est considérée comme une année pluvieuse (915 mm d'octobre 1976 à septembre 1977). TURIN (1991) observe une progression importante des teneurs moyennes en nitrate pour les départements de la Meurthe-et-Moselle (+ 14 %) et de la Moselle (+ 26 %) entre 1976 et 1977. Le facteur climatique est certainement majoritairement responsable de ce phénomène (lixiviation importante du nitrate après une période d'alimentation déficitaire des nappes), mais il

ne faut pas non plus oublier que les reliquats d'azote après les récoltes de 1976 ont dû être importants du fait des conditions climatiques limitantes pour les rendements.

Enfin, il faut remarquer qu'une pluviométrie hivernale très importante engendrerait non seulement un lessivage important après saturation de la réserve utile mais encore induirait une remontée du niveau piézométrique de la nappe, alors susceptible de récupérer les ions nitrates présents dans la zone non saturée (MEGNIEN, 1996 ; MORLON *et al*, 1996).

#### I.4. Origines de l'ion nitrate

La quantité d'ions nitrate lixiviés, c'est à dire entraînés par l'eau, hors du sol, est directement liée à la quantité et à la répartition en profondeur du nitrate présent dans le sol au début de la période de drainage hivernal (RECOUS *et al*, 1997). Ces fuites d'azote seront également d'autant plus importantes que la pluviométrie hivernale sera forte et la capacité de rétention du sol, faible.

Il faut bien entendu faire la distinction entre un couvert végétal pérenne et une culture annuelle. Sous une forêt ou une prairie, il a été observé que les pertes en nitrate sont faibles. C'est particulièrement vrai sous un sol forestier dont le cycle de l'azote n'est pas perturbé par des pratiques humaines (BENOIT et FIZENDE, 1999) et sous une prairie, tant que le niveau de fertilisation ne dépasse pas un certain seuil (RECOUS *et al*, 1997). En effet, les prairies sont capables de valoriser l'azote produit par minéralisation à l'automne et au printemps (VERTES et DECAU, 1992) et de stocker de l'azote par accumulation d'organes morts dans le sol et par stockage dans le système racinaire d'une fraction importante de l'azote absorbé (LOISEAU et GRIGNANI, 1991). En revanche sous prairies pâturées, les pertes en nitrates peuvent être plus importantes, car les restitutions azotées par les animaux sont difficilement valorisables par les plantes (RECOUS *et al*, 1997).

Sous une culture annuelle, la quantité d'azote nitrique présente dans les différents horizons du sol est issue des apports d'engrais et de la minéralisation de l'azote organique. L'azote organique provient soit de la matière organique endogène du sol, soit de la matière organique exogène des apports d'effluents d'élevage. Les quantités d'azote minéralisées annuellement sont très variables, de quelques dizaines à plus de 150 kg d'azote par hectare (RECOUS *et al*, 1997). L'intensité de cette minéralisation dépend du type de sol, du niveau des restitutions organiques et des facteurs liés au climat (température, teneur en eau du sol, ...).

La quantité d'azote nitrique provenant directement des engrais azotés (et susceptible d'être entraînée par l'eau de percolation) est très faible tant que l'on se trouve en conditions normales de croissance des cultures et de fertilisation raisonnée. Le reliquat d'azote post-récolte est très peu important, de l'ordre de 20 kg d'N/ha sur 1 m de profondeur (RECOUS *et al*, 1997). En cas de surfertilisation, les reliquats peuvent devenir importants dans les couches superficielles du sol. Ces situations de surfertilisation sont la conséquence, soit d'un objectif de production non atteint, soit d'une surestimation des objectifs de production ou des besoins des cultures. Ces reliquats importants augmentent les risques de lixiviation vers les nappes (SIMON et LE CORRE, 1992).

En outre, durant la période d'interculture, en été et principalement en automne, la minéralisation nette par le sol est abondante car le sol encore chaud, se réhumecte progressivement. Ainsi, les quantités d'azote minéral, à l'entrée de l'hiver sont fréquemment, en sol nu, supérieures à celles observées en fin de récolte de la culture précédente (RECOUS *et al*, 1997). Dès la reprise du drainage, les ions nitrate accumulés essentiellement dans l'horizon de surface du sol (couche 0-30 cm), sont entraînés en profondeur jusqu'aux couches inférieures à 90 cm. RECOUS *et al*, indiquent que « plus la durée de l'interculture est importante et plus le risque est grand et les cultures d'hiver récoltées précocement accroissent donc le risque de pollution si aucune culture intermédiaire n'est implantée pour piéger le nitrate ».

Notons enfin, que l'azote récemment organisé est potentiellement plus disponible que l'azote organique de la matière organique stable et que l'accroissement de la fertilisation azotée a pour conséquence d'augmenter le stock d'azote facilement minéralisable. Ceci peut augmenter également la capacité de minéralisation du sol (HOUOT *et al.*, 1991).

Une gestion de l'azote dans les écosystèmes cultivés visant à limiter les pertes vers les aquifères est donc complexe à mettre en œuvre car le cycle de l'azote est influencé par l'occupation des terres, le travail du sol et la gestion de l'azote dans le système sol-plante. Cependant, les travaux de recherche menés depuis les années 70 dans ce domaine ont permis d'acquérir un nombre très important de connaissances scientifiques et techniques<sup>33</sup> et ont conduits à établir diverses recommandations diffusées auprès des organismes de développement dans le cadre d'un code de « bonnes pratiques agricoles » (CORPEN, 1991 ; CARLOTTI, 1992 ; JO, 1994).

### I.5. Caractérisation du fonctionnement des aquifères

Les études portant sur l'observation de l'évolution des teneurs en nitrate à l'échelle de bassin d'alimentation sont relativement peu nombreuses au regard du nombre de travaux conduits à l'échelle de la parcelle. Il faut voir là le fait que des recherches sont d'autant plus difficiles à mener qu'elles portent sur un territoire vaste (qui se mesure en km<sup>2</sup>) et nécessitent une approche pluridisciplinaire (agronomie et hydrogéologie). Cependant, comme le signalent, MARY et al. (1997), **les études à l'échelle du bassin sont indispensables pour évaluer l'impact réel sur le milieu de modifications de pratiques agricoles, car elles intègrent dans l'espace et le temps, les flux d'eau et d'azote, en incluant les effets de l'aménagement de l'espace et du mode de conduite des exploitations agricoles.**

MARY et al. (1997), constatent également « **qu'une bonne connaissance de l'hydrogéologie des bassins étudiés est nécessaire pour éviter les confusions d'effets : notamment pour distinguer les variations temporaires (ou héritées du passé) des variations résultant des changements récents de systèmes de culture** ».

L'étude d'un gisement d'eau souterraine (DNEMT, 1995) correspond à une logique d'acquisition de données avec l'objectif d'apporter des éléments de réponse à des questions spécifiques. En particulier, une question principale est : quels sont les modes d'alimentation et de circulation des eaux ?

Répondre à cette question suppose un raisonnement par approche successive avec élaboration renouvelée d'hypothèses confirmée ou non par des méthodes adaptées jusqu'à l'obtention des résultats attendus. Ce cheminement fait appel à diverses techniques : géologiques, hydrogéologiques, hydrochimiques.

- ➔ Inventaire des connaissances disponibles sur le site
- ➔ Etude des formations géologiques pour préciser la structure de l'aquifère (grâce aux cartes, observations de terrain, ...)
- ➔ Etude hydrogéologique pour identifier les circulations de l'eau des zones de recharge aux exutoires à partir de mesures directes (suivi des débits des sources, éventuellement suivi piézométrique, ...).
- ➔ Etude hydrogéochimique pour identifier les caractéristiques physico-chimiques (T, pH, CE, pot. Redox, O<sub>2</sub> dissous, ions majeurs, COT, ...) des eaux. Selon les moyens, une approche par géochimie isotopique permet d'évaluer l'origine et le circuit de l'eau (dosage des isotopes stables : deutérium et oxygène 18) et de dater les eaux (dosage des isotopes radio-actifs : tritium et carbone 14).

L'étude hydrogéologique porte avant tout sur la compréhension des transferts d'énergie au sein de l'aquifère, alors que l'étude hydrogéochimique permet d'appréhender directement les transferts de matière et les temps de transit. Toutes ces approches permettent de converger vers l'élaboration d'un modèle de fonctionnement de l'aquifère.

La question qui se pose principalement aux agronomes travaillant à l'échelle du bassin d'alimentation est : quel est le temps de renouvellement de l'eau (et donc du nitrate) dans le système hydrologique ?

---

<sup>33</sup> Pour s'en convaincre, il suffira au lecteur de se reporter aux divers ouvrages de synthèse édités notamment par l'INRA : Nitrates, Agriculture, Eau (1990) et Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes (1997).

Pour répondre à cette question, les auteurs mettent en œuvre certaines des méthodes citées ci-dessus afin d'établir un modèle de transfert du nitrate (à partir du volume de la recharge en eau de la nappe et du temps de renouvellement)

Citons par exemple l'étude du plateau de Bruyères (Aine) localisé dans le calcaire du Lutécien par BEAUDOIN et al., (1995) et l'étude portant sur les sources de Provins (Seine-et-Marne) alimentées par les calcaires de Champigny (Lutécien, Bartonien et Ludien) par MEGNIEN (1997).

Bien que ces études portent également sur des aquifères calcaires fissurés, les données fournies par ces auteurs sont fortement liées à un contexte local. Cependant, nous retenons de ces travaux deux points importants.

- ➔ Premièrement, dans ce type de formation aquifère, le temps de réponse des débits de l'exutoire aux épisodes pluvieux peut être inférieur de plusieurs ordres de grandeur au temps de réponse ou au temps de renouvellement du nitrate (MARY et al., 1997). Ce n'est donc pas un critère suffisant pour caractériser l'évolution des teneurs.
- ➔ Deuxièmement, si le mélange dans la nappe est hétérogène, avec une zone superficielle à renouvellement rapide et une zone profonde à renouvellement lent, l'eau recueillie à l'exutoire, peut être le mélange d'eaux « d'âge variable » au cours du cycle hydrologique.

A la lecture de ce qui précède, il est clair que nous ne disposons de bien trop peu d'observations de terrains et d'éléments analytiques variés pour proposer un modèle de transfert du nitrate. Nous devons nous contenter d'apporter certains éléments descriptifs et de faire des propositions méthodologiques en vue d'une éventuelle collaboration avec des hydrogéologues.

## II. HAUT-SAINTOIS

---

Sur les plateaux du Haut-Saintois, le suivi de la qualité de l'eau a débuté en décembre 1991, lors du lancement de l'opération FERTI-MIEUX.

### II.1. Précipitation et débit

Sur ce secteur, nous constatons par une simple lecture des hydrogrammes (courbe d'évolution de Q en fonction du temps), que nous sommes en présence de sources alimentées par des aquifères de type karstique : crue très rapide, décrue très rapide et tarissement lent avec des variations de débit en période de hautes eaux supérieures à 10 : 1. La superposition avec la courbe des pluies efficaces (figure 26a) met en évidence des latences relativement courtes (parfois inférieures à 15 jours en période de hautes eaux) entre les événements pluvieux et la réponse débitométrique. Autrement dit, le transfert de l'impulsion (pression ou particule) du signal d'entrée (PE) au signal de sortie (Q) est très rapide.

Le recours aux moyennes mobiles fait ressortir les faits marquants de l'évolution des débits de 1992 à 1999, qui sont peu visibles dans les hydrogrammes. Nous constatons différents épisodes remarquables dans l'évolution des tendances :

- ➔ augmentation très marquée de l'été 1993 au printemps 1994
- ➔ baisse jusqu'à l'été 1994 et stabilisation jusqu'à l'été suivant
- ➔ baisse très importante jusqu'au printemps 1996
- ➔ remontée jusqu'à l'automne 1997 et relative stabilité depuis

	V1	V5	V15	V16	V171	V172	V173	V19	V21	V26	Moyenne
1992	0.7	2.3	1.4	0.4	0.4	2.4	0.2	1.9	1.4	1.3	1.2
1993	0.6	1.9	1.4	0.4	0.2	2.1	0.1	1.8	1.2	1.1	1.1
1994	0.7	2.2	1.5	0.5	0.3	2.3	0.8	2.0	1.4	1.3	1.3
1995	0.7	2.4	1.6	0.5	0.2	2.1	1.2	2.0	1.5	1.3	1.4
1996	0.5	1.4	0.9	0.2	0.2	1.5	0.9	1.5	1.0	1.0	0.9
1997	0.7	2.2	1.5	0.3	0.2	2.3	1.0	2.1	1.0	1.4	1.3
1998	0.6	2.2	1.6	0.4	0.2	2.3	1.0	2.0	1.1	1.2	1.3
1999	0.7	1.9	1.6	0.4	0.2	2.3	1.1	1.9	0.9	1.2	1.2
Moy	0.6	2.1	1.4	0.4	0.3	2.2	0.8	1.9	1.2	1.2	

Tableau 20 : Evolution du débit moyen annuel des captages du Haut-Sainctois ( en l/s.)

Les débits présentent donc des évolutions contrastées et synchrones pour la majorité des sources dont les chroniques sont complètes pour cette variable. Cette évolution est à mettre en relation avec celle de la pluie efficace (PE) qui correspond à P-ETP, c'est à dire à la lame d'eau qui, dès la reprise du drainage (d'octobre à avril en moyenne), est susceptible d'alimenter la nappe après infiltration dans le sol et dans la zone non saturée. Nous parlerons également de pluie hivernale Ph qui correspond à la somme des P-ETP positifs du 01/10 au 28/02 (CRAL, 1998). Ce calcul a le mérite d'être simple et de comparer les années sur une même période de temps. Nous constatons (figure 26b) que les valeurs de Ph sont très variables d'une années à l'autre ( 188 mm pour l'hiver 95-96 contre 540 mm pour l'hiver 93-94).

	V1	V5	V15	V16	V171	V172	V173	V19	V21	V26	Moy
Janv.	1.0	3.5	2.7	0.8	0.5	3.5	0.9	2.5	1.9	1.8	1.9
Fév.	0.9	3.1	2.2	0.6	0.3	3.2	1.0	2.3	1.8	1.8	1.7
Mars	0.8	3.3	2.3	0.6	0.3	3.2	1.0	2.4	1.6	1.7	1.7
Avril	0.7	2.5	1.9	0.6	0.2	3.3	1.1	2.3	1.4	1.5	1.6
Mai	0.6	2.1	1.5	0.3	0.4	2.3	1.0	1.9	1.2	1.3	1.2
Juin	0.5	1.7	1.2	0.2	0.3	2.0	0.8	1.8	1.1	1.1	1.1
Juil.	0.4	1.6	1.0	0.2	0.2	1.7	0.8	1.7	0.9	1.0	0.9
Août	<u>0.3</u>	1.2	0.7	0.1	0.2	1.4	0.6	1.5	0.8	0.8	0.8
Sept.	0.3	1.0	0.5	0.1	0.2	1.2	0.5	1.3	<u>0.6</u>	0.8	<u>0.7</u>
Oct.	0.5	<u>1.0</u>	<u>0.5</u>	<u>0.1</u>	<u>0.2</u>	<u>1.2</u>	<u>0.5</u>	<u>1.3</u>	0.7	<u>0.7</u>	<u>0.7</u>
Nov.	0.7	1.7	1.0	0.3	0.2	1.7	0.6	1.8	1.1	1.0	1.0
Déc.	0.9	2.8	2.3	0.6	0.2	2.7	0.7	2.2	1.4	1.4	1.5

Tableau 21 : Evolution moyenne sur 8 ans des débits mensuels des captages du Haut-sainctois (en l/s.)  
(les valeurs en gras correspondent aux maximums et les valeurs soulignées aux minimums)

Une corrélation visuelle est observée à la lecture de la figure 26c où la série lissée des précipitations est mise en relation avec la série lissée du débit de la source V5. Il est clair que cette relation de cause à effet est une évidence mais elle a le mérite de signifier clairement que nous nous trouvons dans un contexte hydrogéologique présentant un transfert rapide entre le signal d'entrée (P) et le signal de sortie (Q).

Seules des données issues de traçage permettraient de parler de transfert de matière. Cependant, d'après les résultats des traçages réalisés dans des systèmes aquifères voisins géographiquement (voir ci-dessous le paragraphe traitant du site Ferti-Ouest) et géologiquement, il semble possible d'éliminer un éventuel transfert de pression.

Les caractéristiques hydrodynamiques de ce type d'aquifères et les traçages réalisés dans d'autres secteurs du Dogger lorrain (SRAEL, 1980 ; GEOSUM, 1995) laissent supposer que les circulations rapides en période de hautes eaux sont principalement dues aux réseaux de conduits karstifiés.

Les débits très faibles à l'étiage indiquent des réserves de tarissement également faibles. Le peu de points de mesure sur la période de tarissement rend difficile l'utilisation du modèle de Maillet<sup>34</sup>. Nous nous « contenterons » donc de l'avis de spécialistes de ce milieu ou d'hydrogéologue de terrain qui présumant qu'un renouvellement complet du volume d'eau souterraine intervient dans un laps de temps inférieur à 5 ans. Nous pouvons dès à présent supposer (mais non pas affirmer puisque nous ne disposons pas des données nécessaires) que ces systèmes hydrogéologiques sont favorable à une évolution rapide des teneurs en nitrate.

## II.2. Teneurs en nitrate

La teneur moyenne (tableau 22) en nitrates dans les sources du Haut-Santois est de l'ordre de 50 mg/l ; seuls les captages dont l'environnement proche est constitué de prairies et/ou de bois (V1, V3, V15 et V16) présentent des teneurs inférieures à 40 mg/l .

Les teneurs en nitrate affichent d'importantes fluctuations au cours d'un cycle hydrologique (voir figures de l'Annexe 3), et une périodicité d'égale amplitude à celle de Q, mais semble-t-il souvent décalée de quelques mois. Ceci est confirmé par le calcul des moyennes mensuelles pour les variables NO<sub>3</sub> et Q.

Le tableau 21 indique en effet que pour la plupart des captages, les valeurs de Q sont maximales en janvier et minimales en octobre. Ceci correspond à la saisonnalité classiquement observée sous le régime pluviométrique lorrain. En revanche, nous constatons que les teneurs maximale de NO<sub>3</sub> sont enregistrées en moyenne vers le mois de mai et les teneurs minimales vers le mois de décembre (tableau 23). Seul le captage V1 affiche une périodicité intra-annuelle correspondant à celle de Q.

Notons également que l'augmentation moyenne entre teneur en hautes eaux et teneur à l'étiage est de l'ordre de 12 % pour les captages sauf pour V1 qui présente une augmentation de l'ordre de 30 %.

	V1	V3	V5	V6	V13	V14	V15	V16	V171	V172	V173	V174	V19	V20	V21	V24	V25	V26	Moy.
1992	46.0		52.2	54.0	58.9	55.1	35.1	30.2	46.3	46.9	45.9	45.4	53.3	57.1	55.1	54.8	43.5	51.6	48.9
1993	46.3		55.0	56.0	59.3	56.1	38.9	33.7	49.4	49.9	49.4	49.1	54.2	58.2	56.0	60.5	40.1	55.2	51.0
1994	40.0		55.6	60.7	62.1	60.1	43.1	37.8	51.4	53.0	54.2	52.6	55.6	60.1	56.6	68.5	43.5	62.5	54.0
1995	35.5		52.0	59.9	57.2	58.0	41.5	36.8	53.5	54.3	54.4	52.8	51.6	54.3	48.3	69.4	42.4	58.3	51.8
1996	32.7		47.5	60.3	57.7	54.9	38.8	32.4	49.4	49.8	49.3	49.4	50.3	53.0	44.7	65.9	40.9	52.4	48.8
1997	35.3		45.9	60.7	53.5	52.5	38.2	33.4	47.3	47.4	45.9	46.0	47.5		41.8	61.7	41.0	50.4	46.8
1998	38.0	38.0	45.0	62.7	58.1	54.0	41.0	34.6	48.9	48.5	46.8	46.4	45.7		42.0	63.7	48.8	50.5	47.8
1999	37.9	37.1	42.0	61.4	64.3	60.1	41.3	34.9	48.8	48.6	46.6	46.4	44.4	45.7	42.0	67.0	50.6	48.9	48.2
<b>Moy.</b>	39.0	37.6	49.4	59.5	58.9	56.4	39.7	34.2	49.4	49.8	49.1	48.5	50.3	54.7	48.3	63.9	43.9	53.7	

Tableau 22 : Evolution de la teneur moyenne annuelle en nitrate des captages du Haut-Santois ( en mg/l.)

Comment expliquer le déphasage de quelques mois ? Nous ne disposons d'aucun élément nous permettant de proposer autre chose que des hypothèses. Le mélange de l'eau de recharge arrivant dans la zone saturée pendant la période de drainage n'est certainement pas homogène immédiatement et il peut même exister une stratification de la nappe comme cela avait été montré par MEGNIEN, (1996) pour les calcaires du Champigny.

<sup>34</sup> La résolution des équations issues du modèle de Maillet (régression linéaire du logarithme du débit en fonction du temps) permet en particulier d'estimer le volume de la recharge de la nappe et par conséquent le temps de renouvellement à partir d'un bilan hydrologique (V aquifère/V recharge annuelle moyenne).

	V1	V5	V6	V13	V14	V15	V16	V171	V172	V173	V174	V19	V21	V24	V25	V26	Moy
Janv.	41.1	49.4	<u>57.7</u>	56.8	53.6	38.2	33.5	48.6	48.7	<u>46.3</u>	<u>45.8</u>	49.4	47.5	60.3	44.7	55.4	48.6
Fév.	40.8	51.4	59.5	59.8	56.4	39.3	34.6	51.1	50.5	48.6	47.6	49.2	48.1	62.4	46.1	<b>57.6</b>	50.2
Mars	39.8	51.3	60.0	60.5	56.6	39.8	35.5	51.3	51.3	49.2	48.3	50.6	49.1	62.7	46.1	55.6	50.5
Avril	40.6	<b>51.7</b>	61.3	61.2	58.2	<b>41.5</b>	36.6	<b>51.8</b>	51.7	49.8	49.3	51.6	50.6	64.5	<b>46.8</b>	56.1	51.5
Mai	38.9	51.6	<b>61.6</b>	<b>62.7</b>	<b>59.4</b>	41.3	<b>36.8</b>	50.9	<b>52.6</b>	<b>50.9</b>	50.4	<b>52.3</b>	50.9	65.1	45.6	56.0	<b>51.7</b>
Juin	37.6	51.3	60.7	60.9	58.4	40.7	35.4	49.4	49.3	50.8	<b>50.7</b>	52.1	<b>51.3</b>	<b>66.9</b>	45.0	54.9	51.0
Juil.	37.0	49.7	58.7	<u>55.8</u>	57.3	41.3	35.1	48.5	51.4	49.5	50.2	52.2	47.2	64.6	43.1	53.7	49.7
Août	34.4	48.8	59.7	58.5	56.9	39.0	33.8	49.8	49.3	50.0	48.3	50.2	49.5	65.9	41.8	52.4	49.3
Sept.	<u>33.6</u>	47.3	<u>57.7</u>	58.2	55.7	39.5	32.3	48.6	48.5	48.5	48.6	49.7	47.1	65.8	41.8	<u>50.5</u>	48.3
Oct.	39.7	48.1	59.6	58.9	56.8	40.1	32.7	48.7	49.6	50.0	49.3	49.9	47.4	65.3	42.9	51.2	49.4
Nov.	41.0	<u>44.9</u>	58.3	56.6	53.6	38.4	<u>32.2</u>	<u>46.5</u>	<u>47.4</u>	47.3	47.3	48.2	45.3	63.1	<u>40.6</u>	50.6	<u>47.6</u>
Déc.	<b>43.1</b>	47.3	58.9	56.7	<u>53.4</u>	<u>38.1</u>	32.7	47.4	47.7	47.4	46.5	<u>47.9</u>	<u>45.2</u>	<u>59.9</u>	42.1	52.1	47.9

**Tableau 23 : Evolution moyenne sur 8 ans des teneurs mensuelles en nitrate en mg/l des captages du Haut-saintois (les valeurs en gras correspondent aux maximums et les valeurs soulignées aux minimums)**

Des investigations hydrogéologiques permettraient de clarifier le fonctionnement hydrodynamique de ces nappes (voir paragraphe 1.5). En particulier, des traçages apporteraient un nombre important de renseignements en permettant de préciser le temps de transfert d'un soluté (fluorescéine, iodure de sodium, ...) entre un point d'entrée et le point de sortie à l'exutoire. Cette technique permet également de préciser les limites de bassin d'alimentation de sources.

Comme nous l'avons précisé dans la partie traitant des méthodes de travail, ces techniques coûteuses n'étaient pas compatibles avec les modalités pratiques de notre étude. En outre, seuls des hydrogéologues sont compétents pour appréhender leur faisabilité sur le secteur du Haut-Saintois.

Ce secteur apparaît intéressant car en règle générale c'est plutôt le fonctionnement du captage V1 qui est cité comme cas d'école (MORLON et al (1996) parlent des « variations saisonnières classiques ») pour expliquer l'évolution des teneurs en nitrates dans la nappe. Il est important de noter également que sur un secteur présentant une lithologie similaire, des fonctionnements hydrodynamiques relativement différents peuvent être mis en évidence (voir site Ferti-Ouest).

Observons maintenant les séries NO<sub>3</sub> lissées. **Nous constatons que ce traitement mathématique nous autorise à classer les captages en trois groupes selon l'allure de la courbe de tendance.**

#### 1<sup>er</sup> groupe :

10 captages présentent une allure similaire en terme de tendance : V13, V14, V15, V16, V17x, V24, V25 (Figure 27). Ces sources sont géographiquement très proches et rien n'exclut qu'elles forment un groupe d'exutoires pour un seul et même aquifère ! Les différences importantes de teneur moyenne pourraient s'expliquer par :

- ➔ Une stratification de la nappe ; il est en effet clair que la source V24 qui présente une cote plus élevées de 20 m environ que les autres captages (dont les cotes sont similaires) affiche des teneurs nettement plus élevées que les autres sources situées en contrebas.
- ➔ Des effets de dilution peuvent être dus localement à des occupations du sol différentes à la proximité des exutoires. Ceci pourraient expliquer les teneurs moyennes différentes entre V13-V14 et V15-V16.

**Aussi, parlerons nous maintenant d'un groupe de sources présentant des évolutions similaires et situé dans la partie centrale du plateau entre Beuvezin et Vicherey (voir figure 13).**

Les périmètres de protection délimités pour ces captages se recouvrent pour certains d'entre eux. Remarquons que dans notre étude rétrospective de la pollution azotée, nous avons déjà constaté que les

captages alimentant Beuvezin (V24 et V25) présentait la même évolution que les captages alimentant le SIE d'Aboncourt-Maconcourt (V17).

Enfin, dans ce groupe, les teneurs ont augmenté de 1997 à 1998, mais principalement pour quatre captages (V13, V14, V24 et V25). Nous avons vu dans la partie traitant de l'évolution des pratiques agricoles, que cette évolution ne pourrait être facilement expliquée par des modifications importantes de l'occupation du sol, car les retournements de prairies observés ne concernent pas un bassin en particulier. Cependant il suffit qu'une parcelle retournée soit sur une zone d'infiltration préférentielle pour que la dégradation de la qualité de l'eau soit sensible. Rien n'indique non plus une inversion de la tendance d'évolution des pratiques. Les captages V17 et V15-V16 présentent une augmentation nettement moins marquée de 1997 à 1998.

### **2<sup>ème</sup> groupe :**

**Il se compose de 5 sources (V5, V19, V20<sup>35</sup>, V21 et V26) qui présentent une baisse notable des teneurs en nitrates depuis l'hiver 94-95.** Si nous comparons les valeurs mesurées fin 93 à celles de la fin 99, nous observons une baisse comprise entre 20 et 25 %. Les sources V19, V20 et V21 sont alimentées par un bassin situé sur la partie est du plateau, alors que la source V5 est alimentée par un bassin situé sur le petit plateau. Ces bassins n'ont aucune relation, et le fonctionnement de ces sources est distinct bien que le profils des chroniques lissées respectives soient très proches. Nous pouvons faire l'hypothèse d'une baisse parallèle des entrées d'azote dans les systèmes hydrogéologiques.

Bien que faisant partie du groupe central de source décrit ci-dessus, la source V26 présente une évolution assez proche des sources V19 à V21. La baisse est constante depuis l'hiver 94-95, mais demeure très ralentie depuis l'hiver 95-96 et présente maintenant une stagnation des teneurs.

**La baisse des teneurs en nitrates des captages V5 et V19/20/21 pourrait, semble-t-il, être liée à l'évolution importante des pratiques constatée sur ces bassins.**

### **3<sup>ème</sup> groupe :**

**Il s'agit de sources qui présentent une évolution différente : V1 et V6.** La source V1 a marqué une baisse très importante de l'hiver 91-92 à l'hiver 96-97 puis a montré une progression constante avant d'être stabilisée. En revanche la progression des teneurs en nitrates de la source V6 est d'une grande constance depuis le lancement du suivi.

Rappelons que l'hydrogramme de la source V1 est complètement opposé à ce qui a été observé pour les autres sources des plateaux ; il s'agit bien dans ce cas d'un fonctionnement différent.

Après une série de calculs sur les corrélations entre les chroniques de débit des différentes sources, nous avons constaté que deux d'entre elles (V5 et V15) présentaient un coefficient de corrélation supérieur à 0,9 ! La figure 28 met clairement en évidence le fait que ces deux sources ont des hydrogrammes parfaitement identiques, alors qu'il n'y a aucune relation hydrogéologique possible entre les deux bassins qui sont séparés par une étroite vallée. En revanche nous constatons que les teneurs en nitrates ont des évolutions opposées ; ceci est d'autant plus évident avec les courbes de tendance. L'écart de 20 mg/l présent au lancement du suivi s'est réduit jusqu'à ce que les deux chroniques ne fassent plus qu'une au début de l'année 1999.

**Qu'est-ce que cela signifie ? Les hydrogrammes identiques témoignent d'une structuration et d'un fonctionnement semblable des deux aquifères. Le comportement de l'aquifère vis-à-vis de l'eau de drainage chargée de nitrates est très certainement équivalent et seul une évolution différente des apports d'azote à la surface des bassins peut expliquer cette différence. Il n'est pas certain que l'on puisse parler de l'effet de l'homogénéisation des pratiques mais plutôt de changements de pratiques beaucoup plus marqués sur un bassin que sur l'autre. Ceci est en définitive une preuve par défaut du lien existant entre la nature des conduites culturales présentes sur un bassin et l'effet sur la qualité de l'eau.**

---

<sup>35</sup> La chronique V20 ne peut être lissée par les moyennes mobiles car le prélèvement n'a pu se faire pendant une longue période suite à des modifications dans le réservoir où se fait également le prélèvement des sources V19 et V21.

### II.3. Analyses corrélatoires et spectrales

Les chroniques relativement longues du Haut-Saintois et la nature diverse des renseignements dont nous disposons : pluviométrie, débit et teneurs en nitrate, nous autorisent à réaliser certains traitements statistiques utilisés par les scientifiques menant des recherches en hydrogéologie. Ainsi, à titre exploratoire nous avons réalisé des analyses corrélatoires et spectrales sur les chroniques de P, Q et NO<sub>3</sub> de la source V5 pour améliorer la description du fonctionnement des aquifères.

Les figures 29a et b sont un bon exemple des informations que ces traitements sont capables de révéler. Les pas de temps utilisés correspondent à ceux des prélèvements d'eau, c'est à dire 14 jours. La fonction d'autocorrélation de P montre clairement que la chronique P est parfaitement aléatoire et ne présente aucune saisonnalité. Autrement dit, la hauteur de pluie tombée le jour n est indépendante de la quantité de pluie tombée le jour n-1. En revanche, la fonction d'autocorrélation de l'ETP Penman correspond à une chronique cyclique (cycle de 26 pas de temps soit une année) avec des variations saisonnières très marquées. Ceci n'a rien d'étonnant car la formule sur laquelle repose le calcul de cette ETP fait intervenir l'énergie radiative et les échanges convectifs ; il est clair que le rayonnement net présente une saisonnalité marquée. La pluie efficace (PE) résulte de la soustraction P-ETP. C'est pourquoi la chronique PE semble intermédiaire avec une saisonnalité marquée et des cycles annuels.

Les fonctions de densité spectrale indiquent à peu près la même chose, mais cette fois dans le domaine fréquentiel et non plus temporel. Les pics représentent des phénomènes périodiques et plus le pic est élevé, plus le phénomène cyclique est important. La périodicité intermédiaire de la chronique P-ETP est de nouveau mise en évidence.

La figure 29c présente les autocorrélogrammes des chroniques Q et NO<sub>3</sub> de la source V5. La fonction d'autocorrélation de Q montre un cycle très marqué dont la période est annuelle. Nous constatons également que cette fonction diminue lentement, ce qui pourrait faire croire à tort que le système dispose de bonnes réserves. En effet, nous savons par MUHAR (1992) que les réserves des aquifères du Haut-Saintois sont faibles. Par contre, cela témoignerait plutôt d'un système aquifère présentant une inertie importante. Il n'est pas possible de préciser outre mesure, les causes de cette inertie (épaisseur du sol et de la zone non saturée, ...)

La fonction d'autocorrélation de la teneur en nitrate diminue également lentement (inertie importante) et présente une composante cyclique. Il est logique d'observer cela puisque les nitrates sont mobilisés par l'écoulement et que le débit a une composante annuelle évidente.

Les fonctions de densité spectrale (figure 29d) confirment la composante cyclique pour Q et NO<sub>3</sub>.

### II.4. Conclusion

**Les changements de pratiques observés sur le Haut-Saintois semble avoir des effets sur certains bassins d'alimentation (V5 et V19/20/21). L'évolution de la qualité de l'eau est globalement très satisfaisante et nous assistons à une reconquête de la qualité de l'eau pour certains captages AEP.**

**Nous avons également constaté, grâce aux séries lissées, que le climat joue un rôle important sur l'évolution des teneurs en nitrates (augmentation collective des teneurs pendant l'hiver 94-95).**

La comparaison des variations intra-annuelles de Q et NO<sub>3</sub> et les résultats des ACS laisse supposer que le système aquifère de ces plateaux est complexe. En particulier, une inertie du milieu (due au sol et/ou à la zone non saturée) amortit la réponse impulsionnelle du système. Il est clair que ces aquifères sont peu karstifiés et que l'évolution de la qualité de l'eau est moins rapide qu'on pouvait l'espérer au lancement de l'action. Toutefois, le dispositif FERTI-MIEUX n'a atteint sa « vitesses de croisière » qu'en 1996 et en définitive, il aura fallu attendre moins de cinq ans pour assister à des effets sur la qualité de l'eau.

### III.1. GORZE

Sur ce secteur, le suivi des sources est composé uniquement d'observations des teneurs en nitrates. L'étude réalisée en 1991 par un bureau d'études (BURGEAP, 1991) est la seule source d'informations sur le fonctionnement des sources de Gorze. Cette étude a en particulier permis de préciser les limites du bassin d'alimentation<sup>36</sup> à partir d'un bilan hydrique et d'essais de traçage. Ce bassin, d'une superficie de 59 km<sup>2</sup> alimente la source des Bouillons et la source Romaines. Le débit cumulé des deux captages est de 14 millions de m<sup>3</sup> de septembre 90 à septembre 91. Pour ce cycle hydrologique, le débit à l'étiage était de l'ordre de 7500 m<sup>3</sup>/j en septembre, et le pic de crue observé en janvier atteignait environ 450 000 m<sup>3</sup>/j. Cela représente donc un rapport de 1:60 témoignant d'un fonctionnement karstique.

Ces sources fournissent en moyenne 7000 m<sup>3</sup>/j à la ville de Metz, soit 10 % de sa consommation et 300 m<sup>3</sup>/j à la ville de Gorze.

Un suivi mensuel de la teneur en nitrate des deux sources a été mis en place en 1991 par la Société Mosellane des Eaux (filiale de la Compagnie Générale des Eaux), à qui la gestion de ces captages AEP a été déléguée. Ce suivi a été renforcé en 1994 par un réseau portant sur 12 autres points d'observation (voir figure 35). Ces points d'observation sont de nature diverse : deux piézomètres 1 et 2, quatre puits P1, P2, P3 et P4, trois captages situés à la périphérie du bassin d'alimentation des sources de Gorze, C1, C2 et C3 et enfin trois ruisseaux présents sur l'aire du bassin, S1, S2 et S3.

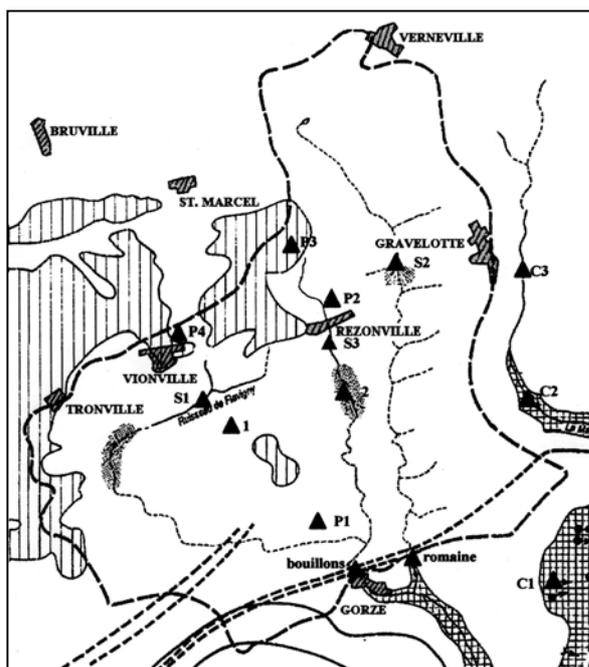


Figure 30

Bassin d'alimentation des sources Bouillons et Romaine et situation des points de surveillance de la nappe de Gorze (sources : BURGEAP et Société Mosellane des Eaux)

<sup>36</sup> Les auteurs du rapport emploient le terme de bassin versant des sources. Il correspond à peu près aux limites du périmètre de protection éloigné. Il est probable que cette aire est supérieure à celle du bassin d'alimentation réel de la nappe. Nous emploierons cependant le terme de bassin d'alimentation par souci de simplification.

### III.1. Teneur en nitrate des sources Romaines et Bouillons

Nous disposons d'observations régulières des teneurs en nitrate des sources Romaines (SR) et Bouillons (SB) depuis janvier 1991. Les valeurs annuelles (tableau 24) et les séries lissées par les moyennes mobiles (figure 31d) mettent en évidence les phases suivantes.

- 1991-1994 : augmentation des teneurs
- 1995-1999 : diminution des teneurs

L'augmentation importante de 1992 à 1994 a été constatée sur d'autres secteurs géographiques, dont celui du Haut-Sainctois. L'augmentation de la concentration en nitrate dans la nappe peut être la conséquence d'une augmentation régulière du volume de pluie efficace (P-ETP) au cours des hivers qui se sont succédés de 1992 à 1994 (figures 31a et b). D'une part, ceci pourrait avoir eu pour effet d'augmenter la lixiviation des nitrates. D'autre part, l'élévation du niveau de la nappe a pu causer une « récupération » des ions nitrates présents dans l'eau suspendue de la zone non saturée. L'absence de données piézométriques ne permet pas d'apporter des éléments de réponse.

En revanche, parallèlement à l'augmentation très importante de la pluie hivernale (qui correspond à la somme des P-ETP positifs entre le 01/10 et le 28/02) observée entre les hivers 95/96 et 96/97, il a été enregistré une diminution des teneurs. Cependant il faut remarquer que sur cette même période, les apports d'azote dans le système hydrogéologique ont dû fortement diminuer du fait des changements de pratiques de fertilisation.

A titre d'indication, nous avons chiffré la diminution des concentrations en azote en comparant pour chaque source deux moyennes annuelles : celle de 1994 (teneur maximale atteinte pour SB et SR) et celle de 1999 (dernière année d'enregistrement). Pour SB et SR, nous observons respectivement une diminution d'environ 26 % et 23 % des teneurs en nitrate. Ce calcul est grossier, mais il présente cependant l'intérêt d'exprimer l'ampleur de la baisse des teneurs.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Moyenne
SB	50.3	48.8	56.0	60.7	58.9	55.6	52.9	50.9	45.0	53.2
SR	37.5	36.7	44.7	47.0	41.9	43.1	39.6	40.6	36.0	40.8
Moyenne	43.9	42.8	50.3	53.9	50.4	49.4	46.3	45.8	40.5	

Tableau 24 : Evolution de la teneur moyenne annuelle en nitrate des sources de Gorze (en mg/l.)

Les fluctuations des teneurs en nitrate au cours d'une année ont été observées à partir du calcul sur plusieurs années des moyennes mensuelles (tableau 25 et figure 31c). Nous constatons qu'un cycle hydrologique moyen se compose de deux périodes pour les sources SB et SR .

- Augmentation des teneurs dès la fin de l'étiage en septembre et teneurs stables durant toute la période de hautes eaux d'octobre à avril
- Baisse très rapide des teneurs dès le mois d'avril (SB) ou mai (SR), puis légères fluctuations durant toute la période d'étiage.

Les teneurs en nitrate de ces captages présentent donc une périodicité avec des variations saisonnières marquées (variation de 10 mg/l au cours d'un cycle moyen) mais cependant relativement faibles au regard de ce que l'on sait du rapport Q étiage/Q hautes eaux (1 : 60).

	PZ1	PZ2	P1	P2	P3	P4	S1	S2	S3	C1	C2	C3	SB	SR
Janv.	25.1	<b>56.5</b>	<b>58.4</b>	20.3	<b>89.4</b>	57.9	<b>62.9</b>	<b>65.1</b>	<b>48.1</b>	3.5	<b>33.8</b>	<b>35.1</b>	57.3	42.9
Fév.	19.7	52.2	54.5	<u>9.9</u>	74.6	<b>64.9</b>	54.8	51.4	41.4	4.1	31.0	32.1	55.6	40.2
Mars	<b>29.4</b>	48.3	57.2	30.0	84.9	54.9	55.3	53.6	37.1	8.4	32.1	33.6	55.9	43.3
Avril	25.8	50.6	59.9	<b>44.7</b>	53.4	61.5	53.5	41.0	33.6	2.7	30.0	27.7	57.7	40.2
Mai	21.0	45.8	49.8	39.7	43.5	64.0	35.5	23.8	16.3	<u>2.3</u>	25.2	32.1	48.9	<u>34.9</u>
juin	19.6	47.6	48.2	39.9	27.5	58.3	29.9	23.8	12.4	2.5	23.7	31.9	51.7	39.1
Juil.	20.9	<u>40.3</u>	<u>43.3</u>	12.9	27.6	59.6	<u>4.9</u>	<u>2.5</u>	<u>1.5</u>	4.3	23.2	29.8	48.0	38.4
Août	10.3	47.3	45.7	20.8	24.2	53.9	19.4	29.4	2.0	3.1	17.2	28.5	52.0	41.7
Sept.	<u>8.1</u>	43.2	45.2	17.6	18.4	<u>50.7</u>	28.2	30.3	9.2	<u>2.3</u>	<u>15.9</u>	27.1	<u>47.1</u>	36.3
Oct.	22.1	47.1	45.3	29.9	<u>15.2</u>	58.4	43.2	50.6	13.8	7.8	16.5	<u>25.6</u>	52.0	44.7
Nov.	21.6	47.3	45.2	12.0	42.0	54.7	43.3	42.8	34.2	<b>16.2</b>	18.0	32.3	56.7	<b>45.2</b>
Déc.	17.9	48.6	47.2	19.7	51.8	56.5	53.4	51.5	38.1	3.0	29.8	30.2	<b>57.9</b>	44.0

Tableau 25 : Evolution moyenne sur 6 ans des teneurs mensuelles en nitrate des 14 points de surveillance de la nappe de Gorze en mg/l (pour SB et SR, les moyennes ont été calculées sur 9 ans).  
Les valeurs en gras correspondent aux maximums et les valeurs soulignées aux minimums.

La lecture des séries brutes (figure 31d) nous apprend que, depuis l'hiver 95/96, les fluctuations des concentrations en nitrate pour les deux sources sont nettement plus faibles. Nous faisons l'hypothèse que si les sorties d'azote sont plus homogènes, alors les entrées d'azote le sont également. A priori, il est exclu que ce changement d'allure de la courbe soit la conséquence d'avatars méthodologiques (échantillonnage, dosage).

En conséquence, nous pensons qu'il faut voir là les effets de l'homogénéisation des pratiques de fertilisation (calendrier des apports, dose du premier apport, etc...) sur le bassin d'alimentation.

La lecture des chroniques lissées nous informe que l'écart entre les teneurs de SB et de SR est constant dans le temps, de l'ordre de 15 mg/l. Pourtant, il s'agit bien de deux captages alimentés par une seule et même nappe. Ces captages sont géographiquement très proches, mais SR est localisée à proximité d'un important massif forestier (situé à l'est du bassin d'alimentation). Il y aurait donc une dilution constante dans le temps par des eaux d'infiltration peu chargées en nitrate.

### III.2. Teneur en nitrate des points de surveillance de la nappe

Nous n'avons que peu d'informations sur les choix ayant conduit aux emplacements des points de surveillance de la nappe de Gorze. Nous avons eu la surprise de constater que pour des raisons techniques, les piézomètres ne peuvent être utilisés que pour faire des prélèvements d'eau et qu'ils ne fournissent ainsi aucun renseignement sur la hauteur de la nappe !

Les points P2, P3 et P4 sont des puits peu profonds (quelques mètres) et sont alimentés par la nappe perchée des Caillasses à Anabacia. Il n'y a pas de corrélation entre l'évolution des teneurs en nitrates retrouvées dans ces puits. La figure 32 b présente la moyenne de ces trois points. Nous constatons que les fluctuations sont très importantes et présentent une amplitude comparable aux teneurs observées dans les eaux de surface. Les variations saisonnières des teneurs de la nappe perchée (tableau 25) sont très variables d'un mois à l'autre, et peuvent être multipliées par un facteur 4 à 6 en l'espace de deux ou trois mois. La figure 32 b indique assez clairement une diminution des teneurs depuis l'hiver 94/95.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Moyenne
<b>PZ1</b>	22.7	30.1	18.3	14.1	17.3	16.2	19.8
<b>PZ2</b>	53.9	52.7	49.1	46.1	46.2	42.1	48.3
<b>P1</b>	54.5	103.3	49.5	48.3	45.3	39.8	56.8
<b>P2</b>	29.1	27.0	18.1	30.4	21.4	18.4	24.1
<b>P3</b>	83.2	51.2	41.7	31.1	30.7	33.3	45.2
<b>P4</b>	73.2	67.7	57.6	49.0	49.7	44.7	57.0
<b>S1</b>	63.3	45.2	49.2	24.6	42.7	36.6	43.6
<b>S2</b>	47.9	43.2	44.1	33.6	44.8	41.7	42.5
<b>S3</b>	33.4	18.9	27.6	20.0	31.3	17.9	24.8
<b>C1</b>	9.7	4.7	8.2	2.8	3.1	2.5	5.2
<b>C2</b>	29.6	27.3	22.0	21.8	24.3	22.1	24.5
<b>C3</b>	38.4	32.4	30.9	25.6	29.8	27.1	30.7

**Tableau 26 : Evolution de la teneur moyenne annuelle en nitrate des points de surveillance de la nappe de Gorze (en mg/l.)**

Les ruisseaux S1, S2 et S3 sont des écoulements de surface temporaires (figure 32b), régulièrement taris durant les mois de juillet et d'août. Les variations sont très brutales avec des maximums atteints durant le mois de janvier. Il ne s'agit donc pas d'une pollution liée directement aux épandages d'azote, qui n'interviennent que deux mois plus tard. La charge en azote des eaux de ruissellement trouve donc certainement son origine dans les nitrates issus de la minéralisation automnale. Comme pour les points P, la figure 32b et le tableau 26 mettent en évidence une tendance à la baisse pour les points S.

Les captages C1, C2 et C3 n'ont a priori pas de relations hydrogéologiques avec les sources de Gorze et ils sont situés hors de la limite Est du bassin d'alimentation de ces dernières. Si une corrélation existe entre l'évolution des teneurs en nitrate dans les captages C2 et C3, ce n'est pas le cas avec C1 qui présente en outre une évolution saisonnière relativement similaire à celle de SR (tableau 25). Les variations saisonnières sont assez marquées pour ces trois captages. L'évolution interannuelle moyenne (figure 32a) présente des similitudes claires avec celle des sources SB et SR. Une tendance à la baisse est à noter depuis l'hiver 94/95 pour C2 et C3 (figure 32c), mais depuis l'hiver 96-97 la diminution des teneurs en nitrates de SR et surtout SB est supérieure. Remarquons enfin que l'écart entre les points C et la moyenne SB + SR tend à diminuer (de 30 à 20 mg/l. environ) du fait d'une évolution à la baisse importante pour les sources de Gorze. Les captages C apparaissent comme des témoins de l'évolution de la qualité de l'eau hors du secteur de Gorze. Il faut toutefois remarquer que l'environnement immédiat de ces captages est assez différent et en particulier, l'occupation du sol est majoritairement forestière ; les effets en sont sensibles, en particulier dans le cas de C1.

Les points PZ2 et P1 présentent une corrélation importante, des valeurs moyennes semblables (tableau 26) et des variations saisonnières relativement proches. Le piézomètre (PZ2) a une profondeur de 94,5 m. (le niveau de l'eau lors de la première observation était à -62,5 m.), tandis que la profondeur du puits P1 est de l'ordre de quelques mètres. Les données issues de PZ1 sont différentes non seulement du fait des valeurs moyennes, nettement inférieures, mais encore en terme de variations saisonnières.

Les échantillons d'eau prélevés aux points PZ2 et P1 ont la même signature chimique (pour les composés azotés) sans pour autant, a priori appartenir à la même nappe. En effet, les températures de l'eau sont enregistrées durant la prise d'échantillon. Une analyse rapide de l'évolution des températures au cours d'un cycle hydrologique met clairement en évidence que les eaux prélevées dans PZ1 et PZ2 sont similaires alors que P1 présente une évolution très proche des autres points P. En particulier, les températures des deux nappes à l'étiage varient du simple au double. Les températures de l'eau prélevée dans PZ2 et P1 atteignaient respectivement 9.2 °C et 19.3°C en août 97 et 9,4 °C et 21,5 °C en août 98. La température de l'eau des points P est en effet très proche de la température de l'air, alors que la température des eaux de la nappe profonde présente une inertie thermique très importante et reste globalement constante quelque soit la saison. Ainsi la nappe perchée des Caillaces à Anabacia se prolongerait très en aval du bassin.

En revanche, PZ1 a certaines caractéristiques des séries obtenues avec les points P. Ce piézomètre n'est pourtant pas desservi par une nappe perchée car sa profondeur est de 85,4 m. et le niveau de l'eau enregistré lors de sa mise en œuvre était à -66,5 m. Traduit-il l'hétérogénéité spatiale de la nappe de Gorze ? Est-il en relation avec la nappe perchée ? Il est surprenant de constater que les teneurs en nitrate sont très inférieures à celles de PZ2 alors que celui-ci est situé dans une zone partagée entre bois et cultures et que PZ1 est dans une zone totalement cultivée ! Il est noté dans les fiches d'observations de la Mosellane des Eaux, que le point PZ1 est parfois à sec (août 94 et 96) ! Renseignements pris, cela signifie en fait que le niveau très bas de la nappe ne permet techniquement pas de faire de prélèvement d'eau. Des observations piézométriques (selon une méthodologie qui reste à préciser) au droit de des points PZ1 et PZ2 seraient a priori riches d'enseignements, de même que d'éventuels essais de traçage . Enfin, remarquons que l'évolution moyenne des points PZ1, PZ2 et P1 montre une évolution similaire à celles des sources de Gorze (figure 32a) avec une tendance semblable à la baisse depuis l'hiver 94/95.

### III.3. Conclusions sur l'évolution de la qualité de l'eau

**Le constat que nous faisons au regard de ces résultats est extrêmement positif. La tendance à la baisse est marquée et indiscutable non seulement pour les sources Bouillons et Romaine, mais encore pour les points du réseau d'observation. La nature variée de ces points (nappe profonde, nappe perchée et eaux de surface) indique une pollution diffuse azotée en régression à l'échelle du bassin d'alimentation.**

Quelle est la cause de cette amélioration de la qualité de l'eau ? La réduction des apports azotés sur le plateau de Gorze ? Une évolution des conditions climatiques qui tend à limiter les risques de lixiviation du nitrate ?

Deux éléments nous portent à écrire que la première hypothèse doit être retenue.

- ➔ D'une part, les variations périodiques des teneurs en nitrate des sources de Gorze sont nettement moins importantes depuis l'hiver 95/96 ce qui semble indiquer que l'homogénéisation spatiale et temporelle des apports d'azote constatée sur le bassin a eu pour conséquence d'homogénéiser les entrées d'azote dans le système hydrogéologique . A priori, aucun phénomène climatique ou hydrogéologique ne peut expliquer une telle évolution sur plusieurs années.
- ➔ D'autre part, les captages C situés en bordure du bassin d'alimentation dans un secteur non agricole, présentent une évolution moins marquée des teneurs en nitrate sur cette même période alors que l'influence climatique et le contexte hydrogéologique sont identiques avec SB et SR.

En outre, les tendances sont à la baisse de manière régulière et continue depuis maintenant près de cinq ans. Il s'agit donc maintenant d'une tendance « lourde » qu'il est impossible de relier à des aléas climatiques. Seul l'évolution de la teneur en azote de l'eau de recharge de la nappe peut expliquer une telle tendance. L'impact des changements de pratiques de fertilisation sur les teneurs en nitrate des sources de Gorze serait donc mis en évidence.

Ceci démontre également que le taux de renouvellement annuel de la nappe est certainement important, car la baisse des teneurs en nitrate est apparue très rapidement en l'espace de quelques années. Sans suivi hydrogéologique précis sur un cycle complet, il est impossible d'avancer des valeurs pour la vitesse de renouvellement de la nappe.

Le BURGEAP a réalisé en 1991 des traçages dont un s'est avéré positif (4,5 km à vol d'oiseau parcouru en trois jours par le traceur) et a fait la preuve d'une liaison hydraulique directe et rapide entre une zone d'infiltration « le Ban de Saulcy » et la source des Bouillons. Nous avons en outre vu que la charge en azote des écoulements de surface peut être importante en période hivernale.

En 1993, une proposition avait été faite dans le cadre de l'animation FERTI-MIEUX , de mettre en place un programme d'aménagement des zones d'infiltration (création de bandes enherbées, « étanchéification » des fonds de ruisseaux, etc..). Pour l'instant, faute de moyens financiers et de motivation, ce projet n'a pas été finalisé et demeure dans les perspectives de l'opération. Les effets attendus de ce type d'aménagement ne

sont pas complètement prévisibles sur le site de Gorze, mais ont déjà participé à une amélioration de la qualité de l'eau sur une autre opération FERTI-MIEUX<sup>37</sup>.

Dans le cadre d'un remembrement sur la commune de Rezonville (16 agriculteurs concernés pour environ 1 040 ha de SAU), le bureau d'études chargé de l'étude d'impact devrait faire un certain nombre de propositions de travaux connexes<sup>38</sup> allant dans le sens d'un aménagement de ces zones à risque.

## IV. FERTI-OUEST

Le suivi de la qualité de l'eau sur le site Ferti-Ouest a débuté au printemps 1996, le choix des sources ayant fait l'objet du stage d'un étudiant de l'ENSAM (COCHARD, 1996). Au lancement de notre étude, nous avons légèrement modifié le « tour de sources » en ne gardant que les captages présentant un intérêt au regard de nos objectifs.

Le réseau de suivi se compose sur le secteur Ferti-Ouest de 11 sources localisées dans la partie sud et d'une douzième source, la Chavée, située plus au nord, sur la commune d'Attignéville. Ce captage est la ressource principale du Syndicat intercommunal des Eaux de la Vraine et du Xaintois et participe à l'alimentation en eau potable de 30 communes de l'ouest des Vosges (soit un peu plus de 7 000 habitants). Notons que ce captage a fait l'objet d'une étude hydrogéologique poussée qui a permis de définir précisément les limites de son bassin d'alimentation (GEOSUM, 1995).

### IV.1. Pluviométrie et débit

La lecture du tableau 27 nous montre que les débits moyens sont relativement faibles pour l'ensemble de ces captages, mis à part pour la source de Jainvillotte (code VR5) dont le jaugeage est rendu difficile en période de crue. La Chavée à Attignéville présente un débit très important variant entre 25 et 70 m<sup>3</sup>/h selon la période de l'année et pouvant atteindre 350 m<sup>3</sup>/h en période de crue. Cette information nous a été communiquée par le SIE, car le jaugeage de ce captage est impossible selon notre protocole.

	VR1	VR5	VR6	VR12	VR16	VR17	VR18	VR19	VR20	VR21	Moy.
1997	2.1	7.9	1.3	1.5	0.8	5.8	0.9	1.8	1.3	1.0	2.4
1998	2.5	7.1	1.4	1.7	0.6	4.0	0.6	1.4	1.0	1.0	2.1
1999	2.0	8.4	1.1	1.2	0.5	4.3	0.6	1.1	0.8	0.7	2.1
Moy.	2.2	7.8	1.3	1.4	0.6	4.7	0.7	1.4	1.0	0.9	

Tableau 27 : Evolution du débit moyen annuel des captages de Ferti-Ouest ( en l/s.)

Nous constatons que les variations saisonnières des débits sont extrêmement marquées au cours d'une année moyenne (tableau 28). Alors que sur le site du Haut-Saintois, les débits présentent en moyenne une augmentation par 2 entre étiage et hautes eaux, sur les débits des sources de Ferti-Ouest sont en moyenne multipliés par 6. A titre d'exemple le débit de la source VR 5 est passé de 6 à plus de 14 l/s en moins de 15 jours. C'est là une différence notable qu'il est difficile d'expliquer vu le peu de renseignements dont nous disposons sur le fonctionnement hydrodynamique de ces aquifères. Le fait que les augmentations de débit sont plus importantes entre deux sites proches du point de vue géographique et géologique indique qu'un

<sup>37</sup> Communication personnelle de M. LAYA de la Société Anonyme de Gestion des Eaux de Paris à propos de l'opération FERTI-MIEUX « Bassin de la Voulzie ».

<sup>38</sup> Communication personnelle de Mlle MASSOT du bureau d'études « L'atelier des Territoires ».

système présente un amortissement plus important du signal d'entrée que l'autre (épaisseur différente du sol et/ou de la ZNS, structuration de l'aquifère différente).

	VR1	VR5	VR6	VR12	VR16	VR17	VR18	VR19	VR20	VR21
janvier	<b>6.2</b>	<b>18.3</b>	<b>2.2</b>	2.7	0.7	<b>13.4</b>	<b>1.8</b>	<b>3.0</b>	<b>2.2</b>	<b>2.8</b>
février	3.5	13.4	1.6	1.9	<b>1.3</b>	7.3	0.9	1.8	1.3	1.1
mars	3.9	12.9	1.8	2.6	0.6	8.8	0.9	1.6	1.1	1.0
avril	3.4	12.2	1.8	<b>2.9</b>	0.8	5.3	0.9	1.8	1.4	1.4
mai	2.7	8.9	1.7	1.9	0.8	4.4	0.8	1.4	2.2	1.3
juin	2.4	7.3	1.2	0.9	0.5	5.0	0.8	1.1	0.9	0.8
juillet	1.5	5.3	0.8	0.8	0.4	3.7	0.6	1.0	0.7	0.4
août	0.8	3.3	0.5	0.5	<u>0.3</u>	2.2	0.4	0.9	0.4	0.2
septembre	0.7	<u>2.7</u>	<u>0.4</u>	<u>0.5</u>	0.4	<u>1.9</u>	<u>0.3</u>	<u>0.9</u>	0.3	0.1
octobre	<u>0.6</u>	3.4	0.6	0.4	0.4	2.4	0.4	0.9	<u>0.3</u>	<u>0.1</u>
novembre	1.4	8.7	1.5	1.3	0.6	4.0	0.6	1.5	0.9	0.8
décembre	2.8	11.8	1.8	2.3	0.9	6.3	1.0	1.4	1.6	2.1

Tableau 28 : Evolution moyenne sur 3 ans des débits mensuels des captages de Ferti-Ouest (en l/s.). Les valeurs en gras correspondent aux maximums et les valeurs soulignées aux minimums)

Le délai entre pluviométrie et réponse débitométrique est extrêmement rapide en période de hautes eaux, inférieur à 15 jours (figure 33a). Remarquons que les chroniques Q miment fidèlement la chronique P du secteur.

Les circulations de l'eau dans ces aquifères ont été appréhendées lors de traçages. Nous avons pu recueillir les informations suivantes :

- ➔ Plateau de Beaufremont : d'après le temps nécessaire au traceur (J + 7) pour parcourir les 1 500 m qui sépare le point d'injection de la chambre de réunion des captages de Landaville, nous estimons une vitesse de circulation inférieure à 10 m/h (NOELLE, 1996). Le rapport hydrogéologique précise qu'aucune précipitation significative n'ayant eu lieu durant cette période, la liaison aurait certainement été plus rapide en cas d'épisode pluviométrique. Notons que le traceur a été retrouvé jusqu'à J + 85.
- ➔ Plateau d'Attignéville : la vitesse de circulation de l'eau a été estimée comme étant inférieure à 30 m/h ; cette faible perméabilité témoigne d'un système karstique peu développé (GEOSUM, 1995).

Ces informations confirment donc que la karstification est peu développée sur le secteur. Il n'en demeure pas moins que la circulation est relativement rapide et que les faibles débits observés en période de décrue puis de tarissement indiquent des réserves faibles dont le renouvellement doit être inférieur à cinq ans.

## IV.2 Teneurs en nitrates

Nous constatons que les chroniques NO<sub>3</sub> sont très contrastées avec une amplitude très importante entre les teneurs enregistrées en période de crue et celles enregistrées à l'étiage. Le tableau 28 nous permet de constater que cette amplitude est en moyenne de l'ordre de 70 %.

Le profil d'évolution des teneurs en nitrates lors d'un cycle hydrologique moyen est donc relativement fidèle à l'hydrogramme. Ainsi, de même que le contraste entre les valeurs de Q à l'étiage et en hautes eaux est très marqué, les teneurs en nitrate sont très nettement supérieures en hautes eaux (comparaison pour la VR21 : 22.02 mg/l le 10/08/99 et 40.8 le 15/12/99, soit un facteur 2 !). Ce phénomène semble encore plus marqué en 1999 qu'en 1998.

Les teneurs en nitrate remontent très vite dès que les débits augmentent : c'est quasiment un cas d'école pour illustrer le lessivage du nitrate ! Les pics observés en période hivernale sont certainement la conséquence de la lixiviation des reliquats d'azote à l'entrée de l'hiver.

**Le temps de réponse du système aux modifications des stocks d'azote lixiviable du sol est donc a priori extrêmement court. Ce qui confère un avantage majeur pour observer l'impact des changements de pratiques mis en œuvre dans le cadre de l'action FERTI-MIEUX.**

En revanche cela pose problème pour le contrôle sanitaire DDASS car un prélèvement annuel d'eau donnera un résultat d'analyse totalement différent selon la date du contrôle ; un prélèvement à l'étiage l'année n puis en hautes eaux l'année n + 1 laissera à tort penser qu'il y a eu dégradation de la qualité de l'eau.

	VR1	VR4	VR5	VR6	VR12	VR13	VR16	VR17	VR18	VR19	VR20	VR21	Moy
<b>1996</b>		30.7											
<b>1997</b>	0.6	33.2	11.8	15.4	6.3	31.7	21.6	22.9	22.8	22.9	29.5	31.5	20.9
<b>1998</b>	0.6	30.3	13.9	16.7	5.6	34.3	22.3	24.3	24.2	24.3	28.9	30.9	21.4
<b>1999</b>	0.5	28.1	13.6	14.6	6.0	33.2	20.3	22.1	21.9	22.1	26.9	28.2	19.8
<b>Moy.</b>	0.5	30.5	13.1	15.6	6.0	33.1	21.4	23.1	23.0	23.1	28.4	30.2	

Tableau 29 : Evolution de la teneur moyenne annuelle en nitrate des captages de Ferti-Ouest ( en mg/l.)

L'assolement pratiqué sur des bassins d'alimentation dont les sources ont des fonctionnements hydrogéologiques comparables, peut suffire à expliquer les écarts de concentration observés (GAURY, 1992). Ceci est confirmé sur les secteur Ferti-Ouest, où les bassins présentent des occupations du sol assez diverses. En particulier, si nous comparons les teneurs moyennes des sources de Pompierre, dont les bassins sont cultivés par les mêmes exploitants, nous observons une grande différence de teneur moyenne en nitrate (tableau 26). Rappelons que les superficies en bois, prairies et cultures sont respectivement de 55 %, 24 % et 21 % pour la source VR12 et 36 %, 14 % et 50 % pour la source VR13.

	VR1	VR4	VR5	VR6	VR12	VR13	VR16	VR17	VR18	VR19	VR20	VR21
<b>Janv.</b>	0.5	31.1	14.8	16.6	7.8	38.9	19.9	23.4	23.1	23.1	30.1	34.2
<b>Fév.</b>	0.3	27.9	14.9	15.6	5.1	35.4	18.9	21.8	21.0	21.4	30.5	32.6
<b>Mars</b>	0.3	29.0	15.2	13.3	4.4	35.6	18.3	20.4	20.1	20.6	29.7	31.0
<b>Avril</b>	0.5	29.3	11.5	14.2	4.5	32.9	17.9	20.6	20.3	20.9	27.9	28.9
<b>Mai</b>	0.4	<u>26.0</u>	10.0	<u>13.0</u>	3.9	31.3	<u>17.1</u>	<u>19.1</u>	<u>19.2</u>	<u>19.6</u>	27.2	29.0
<b>Juin</b>	0.8	28.2	<u>9.8</u>	14.6	3.9	29.6	22.4	21.6	21.7	21.7	27.0	28.6
<b>Juil.</b>	0.5	28.8	9.9	14.5	4.7	29.4	22.2	22.9	22.9	22.8	26.6	27.7
<b>Août</b>	0.3	28.5	10.1	14.1	<u>3.9</u>	<u>27.5</u>	23.3	23.4	23.5	23.4	<u>24.4</u>	<u>25.1</u>
<b>Sept.</b>	<u>0.3</u>	29.4	10.6	13.9	4.5	27.5	23.3	23.0	23.1	22.9	24.7	25.1
<b>Oct.</b>	0.7	31.5	13.1	15.7	8.5	29.3	22.6	22.8	22.9	23.3	26.7	26.8
<b>Nov.</b>	<b>1.4</b>	35.4	19.5	<b>21.1</b>	<b>12.2</b>	38.7	<b>25.6</b>	29.4	28.8	28.8	33.1	35.8
<b>Déc.</b>	0.6	<b>38.1</b>	<b>20.7</b>	21.1	8.8	<b>40.3</b>	23.7	<b>29.5</b>	<b>29.5</b>	<b>29.5</b>	<b>33.5</b>	<b>38.3</b>

Tableau 30 : Evolution moyenne sur 3 ans des teneurs mensuelles en nitrate des captages du Ferti-Ouest (en mg/l.). Les valeurs en gras correspondent aux maximums et les valeurs soulignées aux minimums.

La figure 33c nous indique l'évolution des tendances des chroniques NO<sub>3</sub> après lissage par les moyennes mobiles. Nous constatons que les tendances sont stables pour la majorité des captages et seul le captage VR4 (la source Chavée) présente une tendance à la baisse. Remarquons que pour les autres sources, nous ne disposons que de trois années de recul ce qui est encore insuffisant pour établir un constat sûr de

l'évolution des teneurs sur le site Ferti-Ouest. Toutefois il est clair que la situation est relativement satisfaisante au regard de l'évolution des teneurs entre les années 80 et 90. L'augmentation qui étaient alors constatée semble jugulée.

### IV.3. Conclusion

La qualité de l'eau est relativement satisfaisante sur ce secteur. Cela est plus la conséquence de l'occupation du sol des bassins (forte proportion de prairies et de forêt) que des pratiques agricoles observées (voir partie précédente).

Le fonctionnement hydrodynamique des systèmes aquifères est intéressant dans le cadre d'un suivi d'une opération visant à limiter les risques de lessivage. En effet, il ne semble pas y avoir d'inertie du milieu comme cela a été constaté sur le secteur voisin du Haut-Santois et l'impact de changements de pratiques agricoles doit a priori être rapide (cela a été observé sur le plateau d'Attignéville).

## V. SIERCK

Sur ce site, dix captages ont été intégrés dans le réseau régional de suivi à la fin de l'année 1997 (communes de Kirsch-les-Sierck, Montenach et Rustroff). Nous disposons de chroniques relativement courtes (deux ans), ce qui est encore trop peu pour rechercher les tendances à partir des moyennes mobiles. Rappelons que les sources étudiées sont alimentées par des aquifères calcaires des séries du Muschelkalk. Plus encore que les calcaires du Dogger, ce matériau géologique est peu sujet à la karstification.

### V.1. Pluviométrie et débit

La figure 34a nous indique que la réponse du débit aux épisodes pluviométriques est de courte durée puisque les augmentations de Q sont inférieures au pas de temps des observations, c'est à dire un mois sur ce site. La décrue est également rapide et la phase de tarissement semblable à ce qui a été observé sur les autres sites. La pluviométrie efficace est très variable d'un hiver à l'autre avec 310 mm pour l'hiver 97-98 et 502 mm pour l'hiver 98-99.

	SK11	SK12	SK13	SK14	SK20	SK31	SK32	SK33	SK41	SK42	Moy.
1998	0.8	3.3	0.5	0.2		1.3	0.5	1.0	3.2	2.4	1.5
1999	0.8	3.2	0.4	0.2		1.4	0.5	1.4	3.3	2.4	1.5
Moy.	0.8	3.2	0.4	0.2		1.3	0.5	1.2	3.2	2.4	

Tableau 31 : Evolution du débit moyen annuel des captages de Rustroff, Montenach et Kirsch-les-Sierck

### V.2 Teneurs en nitrate

Les moyennes annuelles présentées dans le tableau 34 montrent le niveau de pollution atteint dans ces captages. Il est relativement élevé par rapport autres sites. Signalons que deux captages de la commune de Rustroff (SK 11 et SK 20) ont dû être abandonnés pour que l'eau distribuée soit conforme à la norme de qualité chimique de 50 mg/l de nitrates.

L'analyse des moyennes mensuelles doit ici être considérée avec précaution car ces moyennes n'ont été calculées qu'avec deux années d'observation. Il semble cependant que l'on retrouve ici des variations saisonnières proches de celles observées sur le secteur du Haut-Santois.

	SK11	SK12	SK13	SK14	SK31	SK32	SK33	SK41	SK42
Janv.	1.0	4.9	0.5	0.2	1.6	0.6	1.3	4.6	3.1
Fév.	1.0	<b>6.7</b>	<b>0.6</b>	0.3	<b>2.1</b>	0.7	<b>2.8</b>	4.0	<b>3.5</b>
Mars	<b>1.0</b>	5.4	0.5	0.3	1.9	<b>0.8</b>	1.5	<b>5.0</b>	3.4
Avril	<b>1.0</b>	4.6	0.5	<b>0.4</b>	1.5	0.5	1.2	3.9	3.0
Mai	0.9	4.0	0.5	0.2	1.5	0.5	1.1	3.4	3.5
Juin	0.8	2.8	0.4	0.2	1.2	0.4	0.8	3.1	2.7
Juil.	0.8	1.8	0.4	0.2	1.0	0.4	0.8	3.1	2.5
Août	0.7	1.1	0.4	0.2	0.8	0.3	1.0	2.5	1.8
Sept.	<u>0.7</u>	0.8	0.3	<u>0.2</u>	0.8	0.3	<u>0.6</u>	2.3	1.2
Oct.	0.7	<u>0.7</u>	0.3	0.2	<u>0.8</u>	<u>0.3</u>	<u>0.6</u>	2.1	<u>0.9</u>
Nov.	0.8	2.8	0.5	0.2	1.6	0.5	1.3	3.3	2.4
Déc.	0.8	4.0	0.5	0.3	1.5	0.5	1.1	3.6	2.8

Tableau 32 : Evolution moyenne sur 2 ans des débits mensuels des captages de Rustroff, Montenach et Kirsch-les-Sierck (les valeurs en gras correspondent aux maximums et les valeurs soulignées aux minimums)

Les débits sont à leur maximum vers les mois de février-mars (tableau 33) et à leur minimum vers septembre-octobre, tandis que, en moyenne, les teneurs en NO<sub>3</sub> les plus élevées sont observées en octobre (étiage) et les plus basses en janvier et février (hautes eaux). Une fois de plus, nous constatons que l'augmentation de NO<sub>3</sub> présente une évolution différente de Q. Nous observons également qu'une augmentation des teneurs est sensible vers le mois d'avril pour la majorité des captages. Il y a donc une évolution relativement fluctuante de NO<sub>3</sub>.

	SK11	SK12	SK13	SK14	SK20	SK31	SK32	SK33	SK41	SK42	SK43
Janv.	53.3	<u>47.7</u>	<u>46.8</u>	22.4	60.8	<u>42.9</u>	47.7	44.8	51.7	46.7	49.8
Fév.	<u>52.6</u>	49.1	47.6	22.8	63.4	43.9	<u>47.0</u>	44.6	<u>50.3</u>	46.0	<u>48.7</u>
Mars	56.3	53.3	52.2	<b>25.5</b>	66.4	47.8	50.5	49.3	54.7	48.5	51.6
Avril	54.8	53.3	52.7	25.0	67.2	47.8	55.1	53.6	55.9	50.5	52.7
Mai	54.4	51.2	50.6	24.6	<u>59.4</u>	46.2	53.5	51.3	<b>56.6</b>	<b>51.0</b>	52.9
Juin	57.7	51.1	51.2	24.1	65.7	47.7	54.9	53.1	54.3	49.3	52.2
Juil.	58.7	50.8	51.5	23.0	64.1	46.7	54.6	54.1	51.9	47.6	50.3
Août	59.9	51.8	50.3	<u>21.0</u>	61.6	45.2	56.7	54.3	51.5	<u>45.4</u>	49.6
Sept.	62.3	53.2	52.5	21.8	64.2	46.7	57.8	56.3	53.1	46.2	50.6
Oct.	<b>65.4</b>	<b>55.3</b>	<b>55.5</b>	23.4	<b>68.1</b>	<b>49.2</b>	<b>62.0</b>	<b>60.3</b>	55.6	48.8	<b>53.0</b>
Nov.	61.0	50.5	50.3	23.3	65.1	45.9	57.7	52.9	52.4	47.1	50.3
Déc.	64.1	54.6	54.5	24.3	67.2	48.4	57.5	56.4	54.7	48.3	52.3

Tableau 33 : Evolution moyenne sur 2 ans des teneurs mensuelles en nitrate des captages de Rustroff, Montenach et Kirsch-les-Sierck (les valeurs en gras correspondent aux maximums et les valeurs soulignées aux minimums)

	SK11	SK12	SK13	SK14	SK20	SK31	SK32	SK33	SK41	SK42	Moy.
1998	58.1	50.8	50.4	24.0	64.5	46.6	53.6	52.0	54.0	47.0	50.1
1999	58.7	53.2	52.6	23.2	64.9	46.8	55.6	53.2	53.9	49.4	51.1
Moy.	58.4	52.0	51.5	23.6	64.7	46.7	54.6	52.6	53.9	48.2	

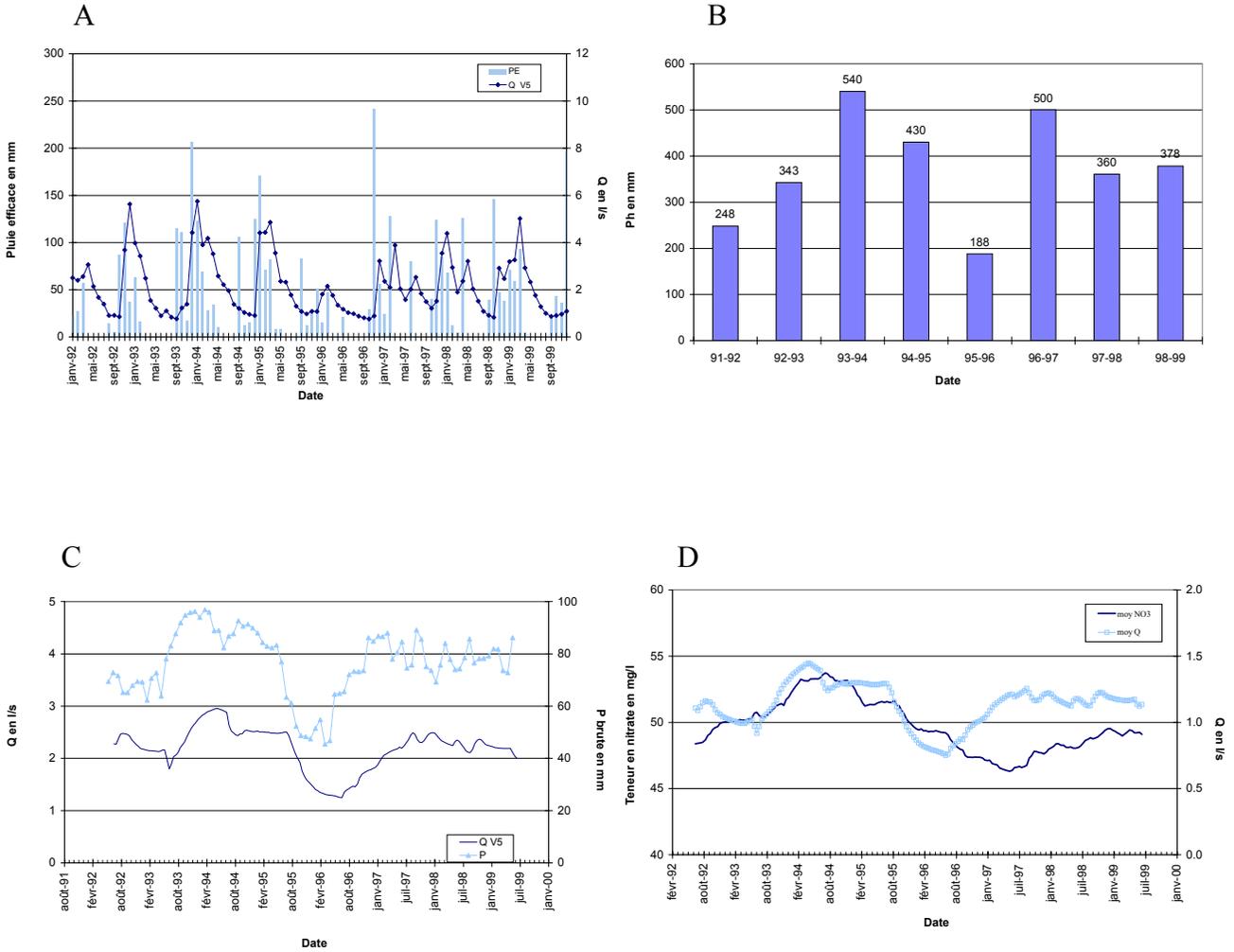
**Tableau 34 : Evolution de la teneur moyenne annuelle en nitrate des captages de Rustroff, Montenach et Kirsch-les-Sierck**

### V.3 Conclusion

Globalement, les teneurs en nitrates sont relativement stables sur la période de mesure, en particulier au regard des courbes observées dans la partie traitant de l'évolution passée de la qualité de l'eau. La dégradation de la qualité de l'eau semble maîtrisée. Cependant nous disposons de chroniques encore trop étroites pour mesurer avec certitude les effets de l'opération FERTI-MIEUX sur la qualité des eaux de Kirsch les Sierck, Rustroff et Montenach et s'affranchir des effets dus à la variabilité naturelle du climat.

Il est important que le suivi puisse être assuré après cette étude afin de pouvoir dépasser le stade du simple constat. Il est en effet trop tôt pour pouvoir se prononcer sur le devenir de la qualité de l'eau alimentant ces trois communes.

## Haut-Santois



**Figure 26**

**A** : Evolution de la pluie efficace et du débit de la source V5

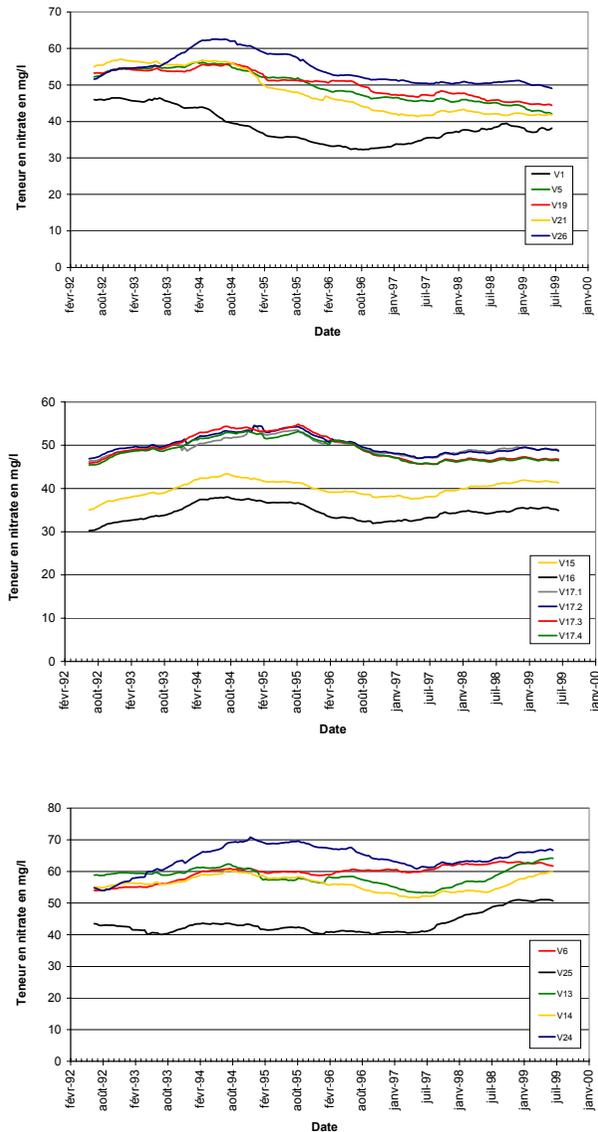
**B** : Variation de la pluviométrie hivernale (somme des P-ETP du 01/10 au 28/02)

**C** : Evolution des tendances de la pluviométrie et du débit de la source V5

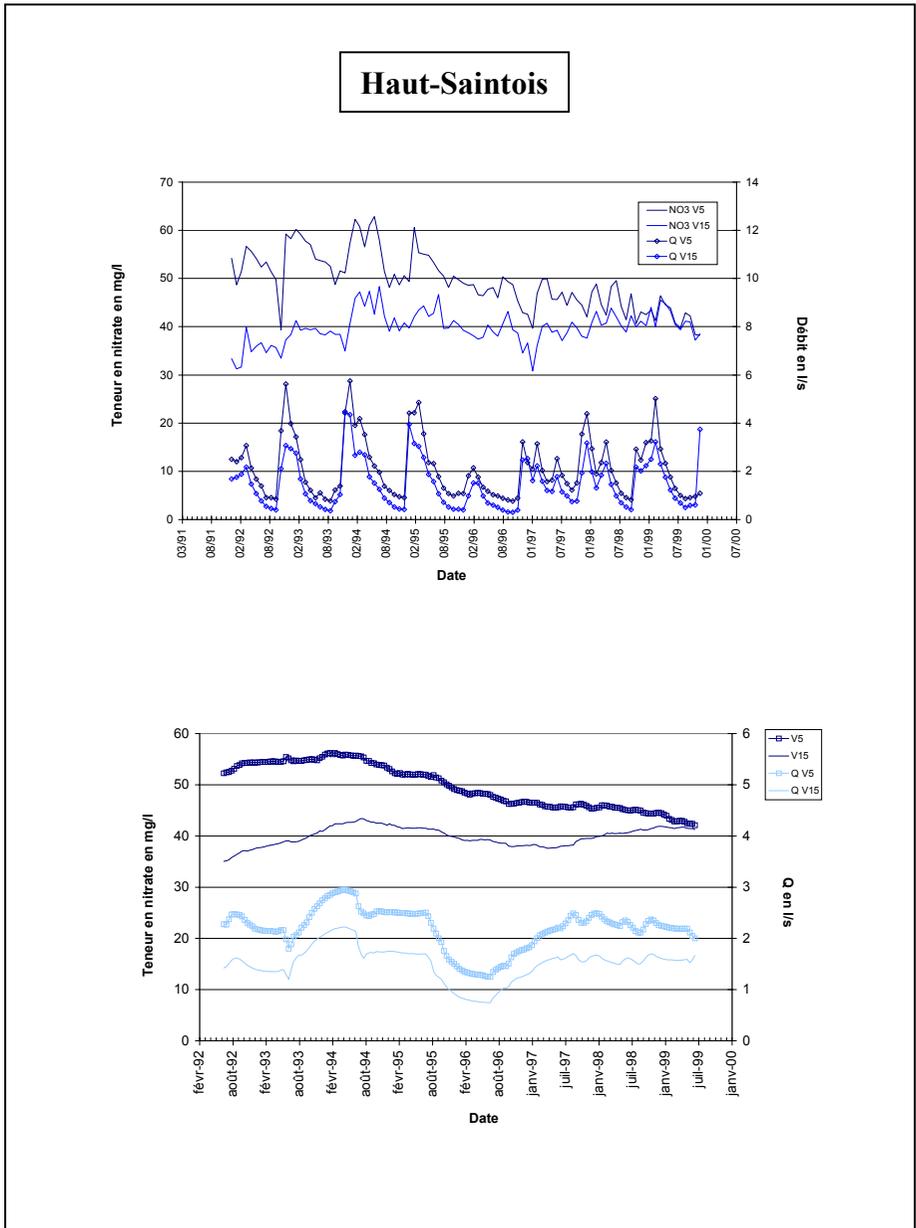
**D** : Evolution des tendances du débit et de la teneur en nitrate moyenne

des sources du Haut-Santois

## Haut-Santois

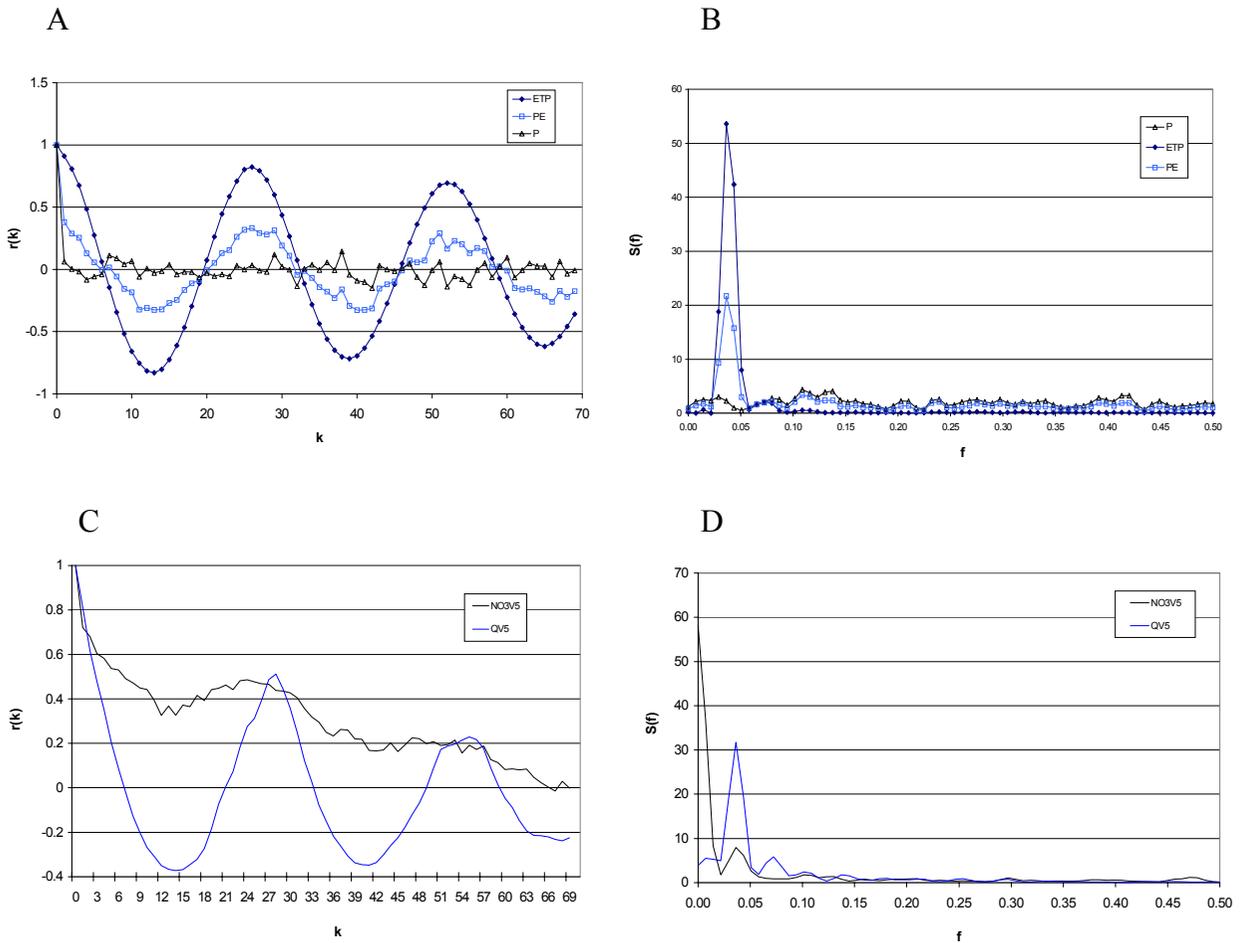


**Figure 27**  
Evolution des chroniques lissées des teneurs en nitrate (tendance)  
des sources du Haut-Santois



**Figure 28**  
 Evolution comparée des débits et teneurs en nitrate des sources V5 et V15  
 (séries brutes et séries lissées)

## Haut-Saintois



**Figure 29**

**A :** Fonction d'autocorrélation de P, ETP et P-ETP

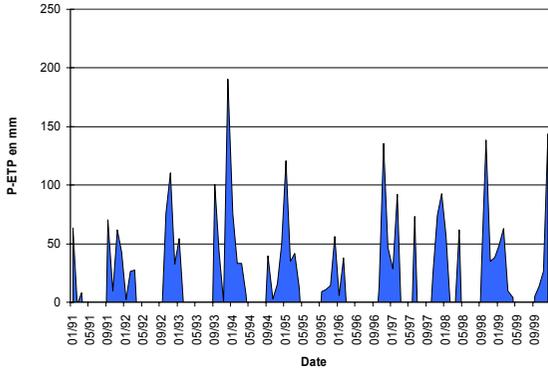
**B :** Fonction de densité spectrale de P, ETP et P-ETP

**C :** Fonction d'autocorrélation du débit et de la teneur en nitrate de la source V5

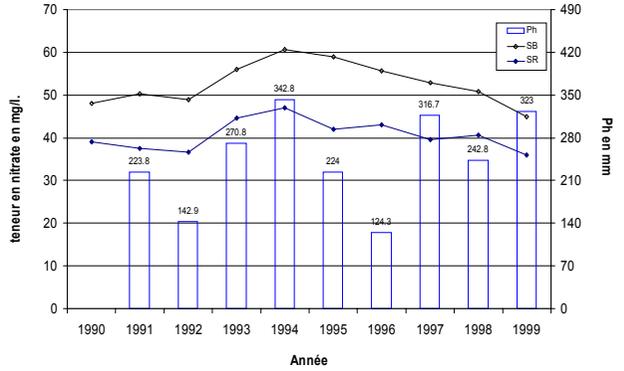
**D :** Fonction de densité spectrale du débit et de la teneur en nitrate de la source V5

## Gorze

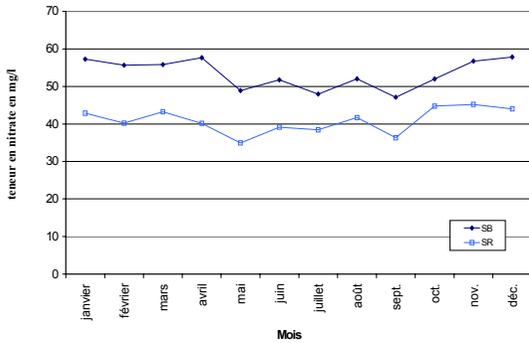
**A**



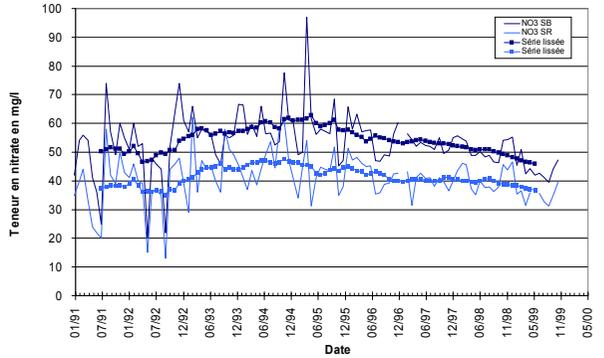
**B**



**C**



**D**



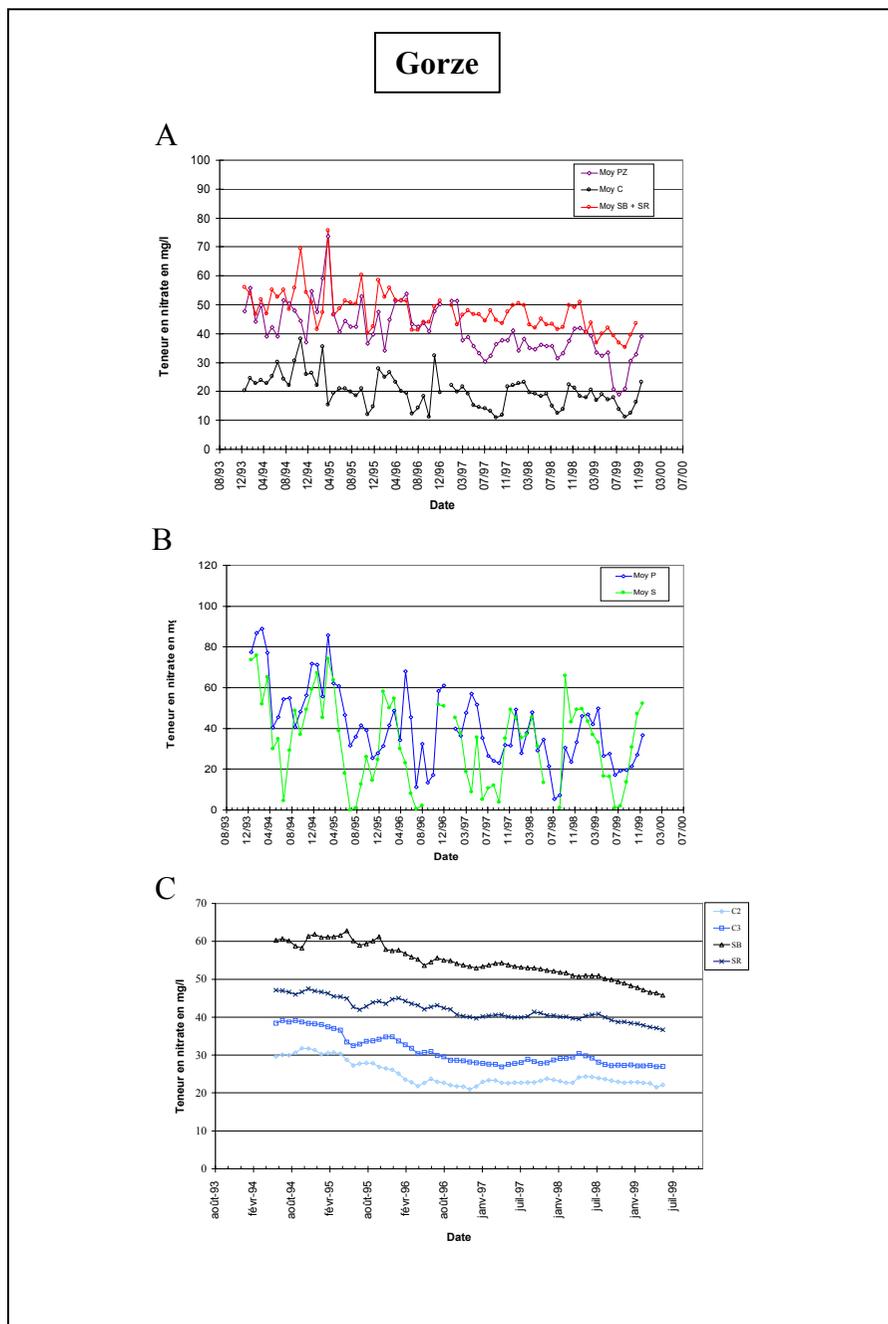
**Figure 31**

**A** : Evolution mensuelle de la pluie efficace (Météo France- Conflans et Augny)

**B** : Evolution annuelle de la pluie hivernale et des teneurs moyennes en nitrate des deux sources de Gorze

**C** : Variation mensuelle des teneurs en nitrate (moyenne sur 9 ans)

**D** : Evolution des teneurs en nitrate des sources (séries brutes et lissées)



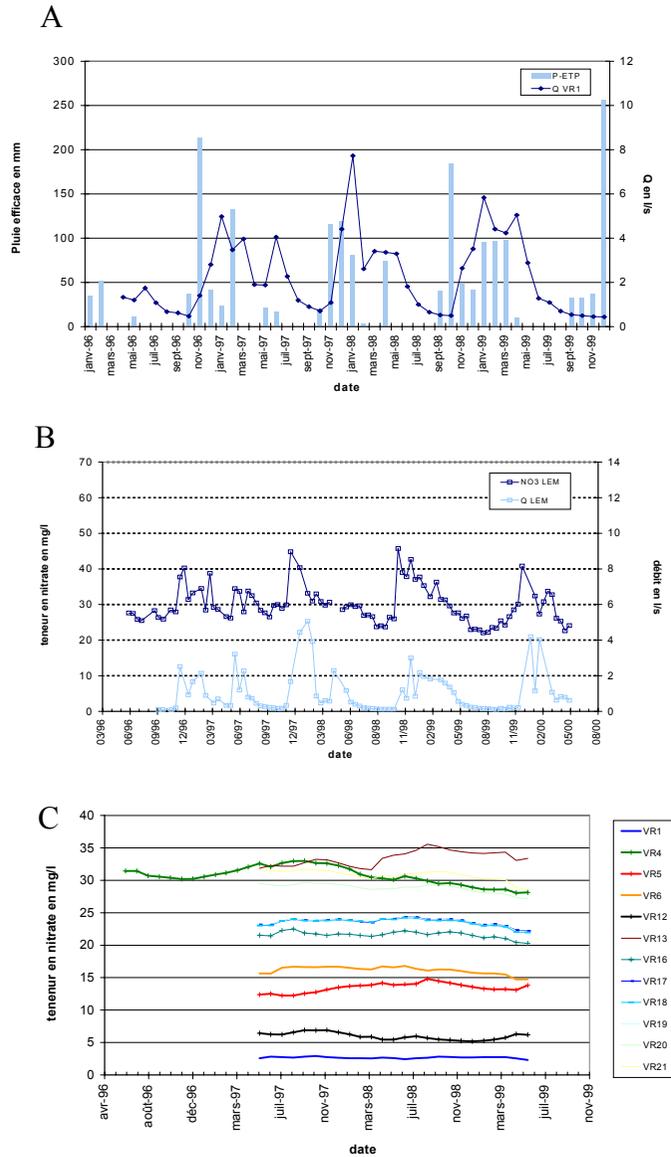
**Figure 32**

**A** : Evolution des teneurs en nitrate pour trois catégories des points de surveillance de la nappe de Gorze (piézomètre et source)

**B** : Evolution des teneurs en nitrate pour deux autres catégories de points de surveillance (nappe perchée et ruisseau)

**C** : Evolution comparée des tendances des séries nitrate des sources de Gorze et des points C2 et C3

# Ferti-Ouest



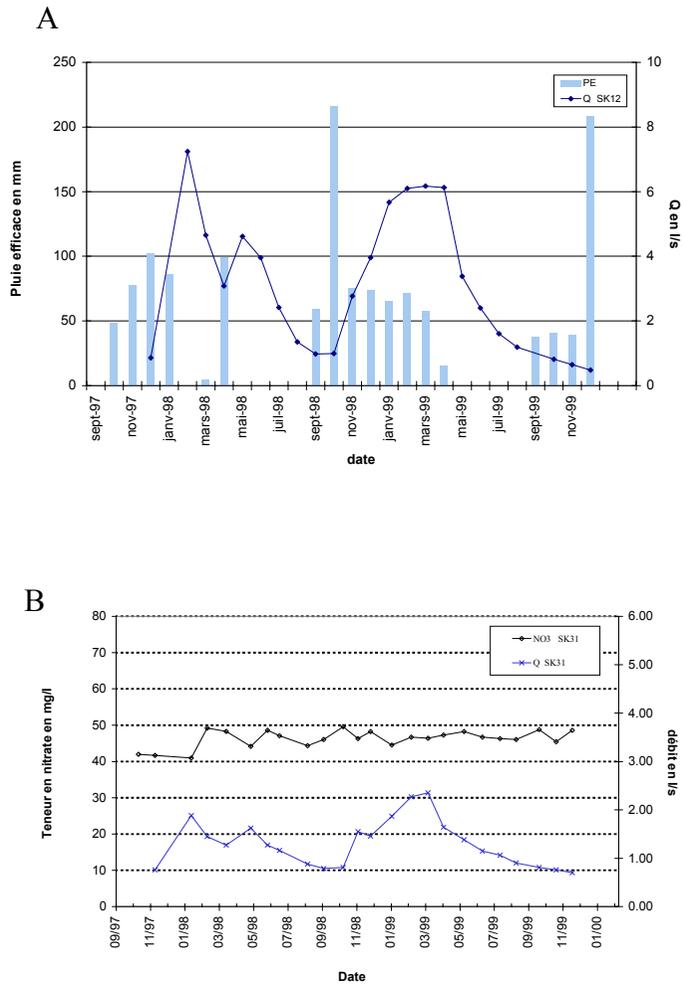
**Figure 33**

**A** : Evolution de la pluie efficace ( Météo France - Neufchateau et Ochey) et du débit de la source VR1 (Beaufremont)

**B** : Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source VR20 (Lemmecourt)

**C** : Evolution des séries nitrate lissées pour toutes les sources

## Sierck



**Figure 34**

**A** : Evolution de la pluie efficace ( Météo France - Waldwisse et Tressange) et du débit de la source SK12 (Rustroff)

**B** : Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source SK31 (Montenach)

## **DISCUSSION – CONCLUSION**

---

Sur la base de nos résultats, nous pouvons isoler des faits intéressants des sciences agronomiques et des sciences de l'eau. Cette étude n'a pas abordé les opérations FERTI-MIEUX sous un angle sociologique, mais nous autorise cependant à apporter quelques réflexions de cette nature.

Les discussions porteront donc sur ces trois points, et incluront diverses propositions méthodologiques. Nous concluons ce travail en replaçant les opérations FERTI-MIEUX de Lorraine dans un contexte plus général.

## **I. Le changement des pratiques agricoles**

---

### **I.1. Les sites GORZE et HAUT-SAINTOIS**

Les opérations du Haut-Saintois et de Gorze peuvent être qualifiées d'exemplaires vu l'ampleur des modifications de pratiques agricoles mises en place. Les documents d'évaluation des CDA et nos résultats montrent que les potentialités agro-climatiques ont été prises en compte dans le raisonnement des fertilisations azotées minérales, de même que les apports de matière organique dans le cas du Haut-Saintois. Les pratiques MAE ont permis en outre d'aller plus loin dans la réduction des doses totales et de faciliter l'implantation de CIPAN. Sans oublier les efforts portant sur les modalités d'apport des engrais azotés qui ont conduit à une généralisation du fractionnement et pour le premier apport, à un retard et à une baisse des doses d'engrais.

Les changements de pratiques liées à l'azote semblent avoir atteint leur niveau maximum et seule une réflexion sur les systèmes de production permettrait d'aller plus loin. En exemple, citons le cas des pratiques de fertilisation sur maïs sur le bassin d'alimentation des sources de Grimonviller (Haut-Saintois). Sur ce bassin, la surface en maïs est fréquemment supérieure à 50 % en moyenne et pourtant la qualité de l'eau à l'exutoire présente une amélioration importante<sup>39</sup>. Ainsi, une culture présentée comme « à risque » peut s'avérer conciliable avec un objectif de qualité nitrique de l'eau, si les conduites culturales évoluent vers une minimisation des risques de pertes en azote.

En outre, autre point commun à ces deux opérations, l'adhésion en nombre des agriculteurs. Adhésion relativement facile à évaluer du fait du nombre restreint d'agriculteurs et de la présence de contrats MAE. Ainsi, sur Gorze, sur les 56 exploitants recensés en 1992 qui ont pratiquement tous adhéré au conseil FERTI-MIEUX, 40 ont signé des contrats MAE, ce qui représente 85 % de la surface cultivée de la zone FERTI-MIEUX (CDA 57, 1999). Sur le Haut-Saintois, le GEP a joué un rôle fédérateur avec 82 % d'adhésion. L'adhésion au GEP implique un engagement à suivre les conseils des Chambres d'Agriculture et donne droit à la réalisation de plans d'épandage et de fumure, au bulletin de liaison et aux résultats d'essais. En outre 22 agriculteurs ont signé le contrat MAE, ce qui représente environ 70 % de la surface cultivée des plateaux. Seuls 4 exploitations sont restées « réfractaires » à toute forme d'engagement (CDA 54 et 88, 1998).

### **1.2 Les sites FERTI-OUEST et SIERCK**

Les sites Ferti-Ouest et Sierck correspondent à des opérations plus récentes qui ont au moins deux points communs : une taille importante et des systèmes de production majoritairement de type polyculture-élevage. En revanche, les thématiques de changement privilégiées sont différentes.

Durant ses premières années, Ferti-Ouest a fait le choix d'axer les messages sur la fertilisation minérale et organique, mais a privilégié les actions en rapport avec la gestion de la matière organique (journée compostage, plusieurs fiches techniques sur le fumier, etc...). Depuis 1997 et le développement de méthodes et d'outils de pilotage fiables (Méthode JUBIL® et Hydro N-tester pour céréales, réglette CETIOM pour colza) pour le raisonnement des fertilisations minérales, les essais chez les agriculteurs se sont

---

<sup>39</sup> Malheureusement, la présence sur ce secteur d'une sole importante en maïs depuis plusieurs décennies a conduit également à une pollution diffuse importante de la nappe par l'atrazine et ses résidus !

multipliés afin de disposer d'un plus grand nombre de références locales et de tester maintenant la méthode visuelle.

Sur ce secteur, la prise de conscience de la nécessité de changer certaines pratiques a été plus lente à émerger. Et ce principalement du fait que l'enjeu environnemental n'est pas toujours clairement perçu par les agriculteurs. Ferti-Ouest est une opération préventive pour la majorité des captages et les agriculteurs considèrent parfois que les vrais problèmes ne sont pas ici mais ailleurs (en Bretagne, par exemple !).

Sur le secteur de Sierck, le développement d'une fertilisation minérale de « pointe » a été favorisé dès le lancement de l'action, en particulier en démontrant l'intérêt de la méthode de fertilisation visuelle. Les actions portant sur la gestion de la matière organique semblent plus en retrait. Ainsi le projet de composter les fumiers et d'épandre sur prairies fait son chemin avec lenteur, à cause peut-être d'une moindre motivation des animateurs pour ce thème.

Rappelons enfin que sur ce site, les changements observés en ce qui concerne les fertilisations minérales sont importants et ont été réalisés en quelques années seulement. Il faut également souligner que la motivation des agriculteurs de Sierck engagés dans la démarche FERTI-MIEUX est très importante certainement du fait du problème réel de qualité de l'eau et de la vocation de ce secteur pour le tourisme vert.

### I.3 Discussion

a) Sur au moins deux sites, Haut-Sainctois (pour certains bassins) et Gorze, la maîtrise de l'azote semble optimale et seule une modification de l'occupation du sol (en favorisant des remises en herbe par exemple) permettrait de limiter encore plus les risques de lixiviation du nitrate. Mais, ceci ne relève pas d'une démarche FERTI-MIEUX, où l'on ne cherche pas à produire autrement, mais à produire mieux (voir la conclusion) !

b) Une avancée pertinente serait d'aboutir à une gestion concertée du territoire agricole, en l'occurrence des parcelles du bassin d'alimentation. La qualité de l'eau d'une nappe dépend en effet de l'ensemble des activités des agriculteurs sur le bassin, que nous considérons comme un « terroir de l'eau » (BENOIT et al., 1997).

Avant chaque campagne, une réflexion collective permettrait d'équilibrer la part respective de chaque situation à risque sur le bassin. Le travail mené sur chaque opération pour réaliser la grille de risques FERTI-MIEUX n'a pour l'instant été utilisée que pour un objectif d'évaluation. Avec un objectif de gestion du risque, cette grille deviendrait un outil permettant d'orienter finement les pratiques à l'échelle de bassin.

Par conséquent, la gestion des flux d'azote serait encore mieux maîtrisée à l'échelle du bassin, ce qui conduirait à une minimisation des risques de pollution de la nappe. Il est clair que ce type d'approche sera complexe à mettre en œuvre, et gourmande en temps de travail. Sur des bassins cultivés par moins d'une cinquantaine d'agriculteurs, cela ne semble pas utopique.

c) Les opérations couvrant une superficie importante cultivée par un grand nombre d'agriculteurs sont en général pénalisées par rapport à des opérations qui ne concernent que quelques dizaines d'exploitants ; en effet, la plupart du temps le nombre d'animateurs n'est pas plus important, ni le volume horaire qu'ils peuvent consacrer à l'animation. Cela est particulièrement vrai lorsque l'on compare le Haut-Sainctois à Ferti-Ouest et Gorze à Sierck. Chacune de ces actions bénéficie de deux animateurs.

Aussi, pour les actions de taille importante comme Ferti-Ouest et Sierck, il serait opportun de réaliser un zonage permettant de hiérarchiser les bassins où les pratiques doivent évoluer en priorité. Il existe des parcelles de démonstration ; pourquoi pas des bassins de démonstration ? Ces zones pourraient servir de support à l'animation (lieu d'implantation des parcelles d'essais, tours de plaine, « tour de bassin »<sup>40</sup>...) pour

---

<sup>40</sup> Le tour de bassin est une méthode de communication innovante qui a été testée par l'INRA de Mirecourt sur le secteur Ferti-Ouest. Il s'agit d'expliquer de manière simple et interactive l'impact des pratiques agricoles sur la qualité des eaux souterraines. Le public visé est principalement les agriculteurs exploitant les parcelles du bassin concerné.

l'ensemble de l'action lors des diverses actions de communication. L'objectif recherché serait que ces zones de référence fassent ensuite « tâche d'huile » sur l'ensemble du périmètre de l'opération.

d) Enfin, il serait intéressant de mener une réflexion sur un nouvel indicateur utilisable à l'échelle de l'exploitation et du bassin d'alimentation. Un indicateur qui permette de faire le point d'une manière globale sur l'évolution des pratiques agricoles et qui aborderait les divers aspects de la gestion de l'azote. En effet, le recours à des balances azotées est très réducteur car il ne tient pas compte des modalités d'apport des engrais, ni de la gestion de l'interculture.

Citons à titre d'exemple la démarche initiée par le laboratoire d'Agronomie de l'INRA Colmar dans le cadre de recherches sur les indicateurs agro-écologiques (GIRARDIN et BOCKSTALLER, 1997 ; GIRARDIN et al, 2000). Ces indicateurs sont des outils d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes de culture. Il serait intéressant de tester à l'échelle d'un bassin d'alimentation l'indicateur « Gestion de l'azote » qui permet en particulier d'estimer les pertes en azote (volatilisation, lessivage des nitrates). Le calcul de l'indicateur repose sur une comparaison des pratiques de l'agriculteur à un itinéraire « recommandé ». Les pratiques évaluées sont l'enfouissement des engrais (impact sur la qualité de l'air), la période d'apport, la dose du premier apport, le fractionnement, la dose totale, et la gestion de l'interculture (impact sur la qualité des eaux).

## II. Les agriculteurs dans la démarche FERTI-MIEUX

---

À des degrés divers, les changements des pratiques agricoles ont été importants sur nos quatre secteurs d'étude. Aussi, il est intéressant de se poser la question : pourquoi ces changements ont-ils été possibles ? Nous n'avons pas les moyens de répondre clairement à cette question qui à elle seule aurait pu faire l'objet d'une étude. Nous ne cherchons qu'à donner des éléments de réponse.

Il a été montré que le développement des méthodes de fertilisation raisonnée (la méthode dite du bilan) a été rendu difficile par la mauvaise adaptation des références diffusées aux modes de raisonnement des agriculteurs et à leurs contraintes pratiques (COMIFER, 1985 ; JEUFFROY et al, 1987). Une étude réalisée plus récemment en Lorraine (PILLOT, 1996) conclut que si les nouvelles préconisations étaient maintenant connues des agriculteurs, elles étaient rarement suivies (doses de références et non doses calculées, travail à l'échelle de la sole et non à la parcelle) du fait de leur non-adaptation au programme prévisionnel des agriculteurs et à leurs contraintes. En clair, les conseils restaient trop théoriques pour une majorité d'agriculteurs qui se basaient sur l'expérience.

Les travaux réalisés par le Service Agronomie et Environnement de la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine sur le réseau OPAL<sup>41</sup> ont permis de déterminer les fournitures en azote du sol et des objectifs de rendement cohérents pour un grand nombre de situations pédo-climatiques lorraines (CRAL, 1998). Ces travaux ont été largement utilisés par les équipes d'animation des secteurs FERTI-MIEUX pour proposer aux agriculteurs des doses d'azote (calculées d'après le bilan simplifié) à apporter selon le type de sol et la culture en place (avec des modulations selon le précédent et la présence d'épandage de matière organique). Ces références techniques locales, ainsi que les résultats des parcelles de démonstration (comparaison entre dose FERTI-MIEUX (dose X) et dose X-40 et X+40 par exemple) ont permis d'élaborer des « conseils de proximité » qui ont fortement contribué à l'évolution des fertilisations minérales.

---

<sup>41</sup> Le réseau OPAL (Observatoire des Potentialités Agro-climatiques de Lorraine) a été créé en 1992 pour élaborer un référentiel régional des rendements potentiels et des fournitures en azote du sol. Ces travaux ont été diffusés parallèlement à l'équation d'efficacité de l'azote ( $y = N_s + CAU \cdot X$  avec  $y$  le besoin en azote par unité de production,  $y$  le rendement,  $N_s$  les fournitures en azote du sol,  $CAU$  le Coefficient Apparent d'Utilisation de l'azote apporté et  $X$  la dose d'engrais). En outre la CRAL et l'ENSAIA ont établi une méthodologie de codification des profils à partir de sondages à la tarière qui est simple et efficace pour déterminer le type de sol. L'utilisateur se reporte ensuite au référentiel régional pour connaître le potentiel agronomique et les fournitures en azote de la parcelle.

Diverses études ont montré et expliqué la difficulté de mener des actions visant à développer des pratiques agricoles favorables à l'environnement (CATTAN et MERMET, 1992 ; LARRUE, 1992 ; SCHELLENBERGER et SOULARD, 1993). Il apparaît que les changements techniques s'opèrent plus ou moins lentement selon l'attitude initiale des agriculteurs (liée à leurs représentations de l'eau souterraine, de l'engrais azoté, etc...) face au contenu des projets, selon le stade parcouru dans la prise de conscience du problème (existence, nature, importance et responsabilité) et enfin selon la présence ou non de l'ensemble des prescripteurs du secteur au sein de l'action.

Ainsi, les solutions agronomiques aux problèmes de pollution diffuses ont la réputation d'être complexes à mettre en œuvre, car elles nécessitent la coordination de l'ensemble des acteurs et la volonté du plus grand nombre de modifier des pratiques dans un domaine où les routines sont fortes (LACROIX, 1995).

C'est justement cette difficulté qu'ont réussi à surmonter, au moins en partie, les opérations FERTI-MIEUX de Lorraine. Les petits collectifs qui se sont constitués avec les agriculteurs pour l'animation et les diverses actions de communication ont certainement favorisé la sensibilisation de beaucoup d'agriculteurs. Nous faisons également l'hypothèse que les actions collectives sont peut-être plus aisées au sein d'une région où, dans le passé, les agriculteurs adhéraient à un mode collectif de gestion territoriale des activités agricoles au travers du finage (le territoire de la communauté villageoise) et de son assolement triennal.

Mais le point qui est certainement le plus important est que nous assistons sur ces secteurs à une « appropriation stratégique » de l'enjeu environnemental. Nous reprenons cette expression des écrits d'un groupe de travail qui a étudié les stratégies des agriculteurs face aux dispositifs de gestion de l'eau (SALLES et al, 1999). En particulier, ces auteurs ont montré qu'un engagement volontaire des agriculteurs leur permet de transformer des contraintes que représentent les normes environnementales en opportunités. Opportunité technico-économique d'essayer de nouvelles techniques et de changer les pratiques. Opportunité sociale grâce à l'affichage d'un savoir-faire conciliant production et préservation du milieu auprès des voisins et du grand public. Ceci semble bien correspondre à ce que l'on observe sur les secteurs FERTI-MIEUX où la sensibilité environnementale est plus ou moins développée, mais où l'adhésion est en règle générale assez forte.

Enfin, notons que les MAE « réduction d'intrants » ont fortement profité de la démarche FERTI-MIEUX. En effet, il a été montré localement sur le secteur Haut-Saintois (DIOT, 1996) et au niveau national (ADEPRINA, 1997), que les taux d'adhésion étaient plus importants dans les secteurs FERTI-MIEUX, du fait de la plus forte sensibilisation du public agriculteur. Le rapport ADEPRINA précise que « MAE et FERTI-MIEUX présentent une bonne complémentarité, tant au niveau des références agronomiques disponibles, de la structuration du conseil et de l'existence d'un diagnostic, qu'au niveau de la sensibilisation des agriculteurs face à la problématique de la pollution des eaux ». La confusion que peut entraîner la superposition de ces deux dispositifs, semble avoir été limitée sur nos secteurs d'étude grâce à une bonne information des agriculteurs. Enfin, DIOT (1996) montre que l'implication dans FERTI-MIEUX, a participé au phénomène d'« entraînement social » prépondérant pour l'explication de la décision de signature du contrat MAE<sup>42</sup>.

Pour induire des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement, le dispositif lorrain FERTI-MIEUX repose principalement sur des innovations techniques. MORMONT (1994) explique que dans ce cas de figure « la prise en compte de l'environnement ne relève alors ni d'une mise en cause de l'agriculture efficace, ni d'une sorte de retour en arrière : c'est une nouvelle modernisation ».

---

<sup>42</sup> Plus généralement, DIOT a démontré que sur le Haut-Saintois, en plus du niveau individuel (type d'exploitation, contraintes d'exploitation), le niveau collectif (le village, le GEP) devait être pris en compte pour expliquer l'adoption ou le refus des contrats MAE.

### III. La qualité de l'eau

---

Pour trois des opérations étudiées, la reconquête de la qualité de l'eau est l'enjeu principal et seule l'opération Ferti-Ouest affiche un objectif de prévention (ce qui est cohérent avec la qualité des eaux souterraines de ce secteur).

#### III.1. Les sites GORZE et HAUT-SAINTOIS

Sur le site de Gorze, nous avons observé une évolution tendancielle des teneurs en nitrate à la baisse d'environ 25 % entre la valeur la plus haute atteinte dans le passé (hiver 94-95) et la fin de l'année 1999. Ce même ordre de grandeur a été observé sur certaines sources du Haut-Saintois.

Les systèmes de production présents sur ces deux secteurs sont extrêmement différents, mais témoignent en parallèle, de la possibilité de concilier production agricole et contrainte environnementale en zone d'élevage ou de grandes cultures.

Les suivis hydrologiques effectués sur les sources du Haut-Saintois sont insuffisants pour caractériser le fonctionnement de ces aquifères qui est a priori complexe. Ils nous ont cependant permis de mettre en évidence des comportements très proches de la plupart des sources (voire identiques pour les sources V5 et V15) et une réponse impulsionnelle rapide après un épisode pluviométrique. Les temps de transit de l'eau étant inconnus, il n'est pas possible de dire s'il s'agit véritablement là de transfert de pression. Le chimisme de l'eau évolue plus lentement au cours d'un cycle hydrologique, certainement du fait de latence lors du transfert dans la zone non saturée (et dans la zone saturée (stratification de la nappe, ...)).

Comme nous l'avons déjà remarqué, seule une étude poussée, basée sur des suivis physico-chimiques et hydrologiques, permettra de préciser l'aire d'alimentation des sources (superficie et localisation) et quelques caractéristiques de ces aquifères (temps de séjour de l'eau, mode de mélange, etc...).

L'aire d'alimentation des sources de Gorze est mieux connue du fait d'une étude existante, mais la présence d'un suivi hydrologique de cette nappe très importante, en particulier de données piézométriques, serait précieux pour éliminer des évolutions « conjoncturelles » des teneurs en nitrates.

#### III.2. Les sites FERTI-OUEST et SIERCK

Les teneurs en nitrate des eaux souterraines sont stables sur le secteur Ferti-Ouest. Seule la source Chavée présente des teneurs à la baisse.

La lecture des hydrogrammes indique que nous sommes en présence de petits aquifères et que la circulation de l'eau est très rapide dès la reprise du drainage. Si les pratiques évoluent dans le bon sens (avec des reliquats d'azote en diminution), les teneurs en nitrate de l'eau à l'étiage devraient donc diminuer puisque la qualité de l'eau de recharge de la nappe devrait aller en s'améliorant. Ceci est constaté déjà sur quelques sources (VR5, VR20 et VR21) pour lesquelles les teneurs durant l'été 1999 sont un peu plus faibles que lors de l'été 1998.

Sur le secteur de Sierck, les chroniques sont trop courtes pour en tirer des conclusions sur l'efficacité de l'opération. Nous constatons cependant que l'augmentation passée des concentrations en nitrates est jugulée, ce qui est encourageant pour une opération encore jeune. Les données hydrologiques actuellement disponibles sont insuffisantes pour apporter quelques éléments sur le fonctionnement de ces aquifères.

### III.3. Discussion

a) Les objectifs que nous nous étions fixés étaient double : montrer l'évolution de la qualité de l'eau dans les secteurs FERTI-MIEUX et améliorer la connaissance du fonctionnement des aquifères rencontrés sur ces sites. Le premier objectif a été atteint, en particulier l'utilisation de traitements statistiques adéquats (moyenne mobile) a permis de décrire « proprement » l'évolution des tendances sur ces secteurs. Cette méthode est maintenant adoptée pour l'analyse de chroniques des teneurs en nitrate dans la cadre des activités scientifiques de la Station INRA de Mirecourt.

Le manque de données hydrogéologiques (analyses géochimiques, suivis piézométriques, essais de traçage) a pénalisé notre étude. Ce déficit de connaissance ne nous permet pas de comprendre les processus qui régissent les teneurs en nitrate au sein de la zone saturée (mode de mélange, temps de transferts, etc). Ainsi nos observations sont exclusivement empiriques et si nous avons les moyens de constater une évolution favorable des teneurs en nitrate dans certaines sources en l'espace de quelques années (de 5 à 10 ans sur nos sites), nous sommes actuellement incapables d'évaluer précisément le temps de réponse des nappes aux changements de pratiques agricoles.

Une collaboration plus étroite avec des hydrogéologues devrait permettre de réduire en partie ce déficit de connaissances. La station de l'INRA de Mirecourt a en effet le projet d'équiper un des bassins d'alimentation du Haut-Santois d'une station automatique d'acquisition de données multi-paramètres (débit, température, pH, conductivité électrique,...) effectuant les mesures à un pas de temps très fin (journalier, horaire). L'utilisation d'un modèle biophysique de simulation des flux d'eau et d'azote représenterait une solution intéressante pour prédire l'évolution de teneur en nitrate de l'eau de recharge de la nappe. Cette approche est actuellement envisagée par l'INRA de Mirecourt.

b) Notre réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines a montré tout son intérêt dans ce type d'étude. Les données issues des contrôles sanitaires DDASS auraient été insuffisantes pour décrire l'évolution de la qualité et la nature des tendances. Ce type d'approche devrait être systématique sur les secteurs où la qualité de l'eau est en enjeu car il permet de mesurer l'effet des solutions agronomiques de type FERTI-MIEUX.

L'obtention de chroniques de qualité de l'eau sur une longue période permet en outre de s'affranchir des effets climatiques qui masquent bien souvent les effets anthropiques sur les teneurs en nitrates d'une ressource en eau. Cela a déjà été montré par d'autres auteurs. Ainsi LIU et al (1997) ont montré que les améliorations de la qualité de l'eau en relation avec une amélioration de la gestion de l'azote sont souvent masquées par l'impact du climat, particulièrement lors d'année hydrologique très sèche ou très humide. De même, GROSSO et JEANNIN (1997), ont mis en évidence l'importante influence de l'état hydraulique du système (débit de la source) sur les composantes chimiques de l'eau.

c) Un autre aspect intéressant de notre étude est d'avoir montré que si les aquifères calcaires du Dogger présentaient une grande vulnérabilité aux pollutions diffuses azotées, ils autorisaient des restaurations de la qualité de l'eau. L'absence de rémanence des polluants dans les ressources en eau karstiques a déjà été mise en avant (BAKALOWICZ, 2000) pour expliquer l'intérêt de leur exploitation. En 1982, RAMON remarquait déjà que la réserve aquifère du DOGGER, ressource en eau très importante, pourrait voir son exploitation encore développée en Lorraine, du moment que la mise en place de périmètre de protection assure un minimum de protection des captages AEP.

FERTI-MIEUX prouve donc la faisabilité des solutions agronomiques aux problèmes de pollutions diffuses azotées. En outre, nous avons montré que ces solutions agronomiques peuvent avoir une dimension curative car elles ont permis (en partie seulement pour le Haut-Santois) d'enrayer la dégradation de la qualité de l'eau et même de revenir aux valeurs observées à la fin des années 80 !

## IV. Conclusion

L'agronome, « garant » de la qualité de l'eau ? Il y a seulement quelques décennies, cette question aurait paru absurde<sup>43</sup>. Elle semble aujourd'hui pertinente car depuis le rapport Hénin (1981), point de départ de la prise de conscience des effets environnementaux négatifs de la production agricole, le conseil agronomique a évolué. Au sein des zones vulnérables, il n'est plus question de raisonner uniquement en terme de production et il est maintenant nécessaire d'intégrer toutes les dimensions de la conduite des cultures dans le conseil. « La gestion de l'environnement fait désormais partie des priorités de la recherche agronomique » remarquait SEBILLOTTE en 1996.

**C'est en partie grâce aux conseils techniques, que le dispositif FERTI-MIEUX de Lorraine apparaît comme une solution agronomique au problème de pollution diffuse azotée. Le succès des quatre opérations liées à la préservation des eaux souterraines est incontestable. Ceci est particulièrement vrai pour les deux plus anciennes opérations, qui font figure d'exemples aux niveaux régional et national, notamment au sein des instances FERTI-MIEUX de l'ANDA. Le changement des pratiques de gestion de l'azote et l'impact environnemental sont démontrés, en particulier grâce à la volonté de la CRA Lorraine et de l'INRA de Mirecourt d'aller au-delà des évaluations internes FERTI-MIEUX et de parler en terme de résultats.**

Il faut garder à l'esprit qu'il n'y a pas d'opération de conseil standard et ne pas tirer de nos observations, un constat valable pour l'ensemble des actions du réseau national FERTI-MIEUX. Toutefois, la réussite de plusieurs de ces opérations montre que la démarche FERTI-MIEUX est une solution sérieuse pour réduire les antagonismes, les conflits d'intérêt au sein de territoires supportant une activité économique et permettant l'élaboration de ressources en eau. Ressource naturelle qui est maintenant considérée comme un bien collectif et un élément clef du développement durable.

Au-delà du changement des mentalités et des pratiques que permet FERTI-MIEUX, les avantages sont multiples : expérimentation de nouvelles techniques et de nouvelles pratiques et coût relativement modeste pour la société.

Les pratiques peuvent évoluer dans divers contextes et pour différentes raisons (mesures réglementaires, incitations financières), mais nous considérons qu'une approche participative et volontariste est plus propice à la pérennité des changements. Au sein du dispositif déployé en France pour lutter contre les pollutions diffuses d'origine agricole, FERTI-MIEUX est pour l'instant la seule démarche à faire preuve de pédagogie citoyenne.

**Malheureusement, il faut bien constater que la connaissance (et la reconnaissance) de ces actions est quasi inexistante.** Tout d'abord, pour le grand public, ces actions restent méconnues et les quelques articles paraissant sur ce sujet ne font allusion qu'à un changement progressif des mentalités (Science & Vie, 2000), ou relate dubitativement les déclarations d'intention du monde agricole sur l'agriculture raisonnée (60 millions de consommateurs, 2000). Rarement, il est fait allusion aux initiatives se soldant par des changements réels des pratiques agricoles<sup>44</sup>.

Plus inquiétante est la vision que certains experts ont de ces actions. Ainsi le rapport BACPOLLAGRI (MAP et MATE, 1999)<sup>45</sup> conclut que « quelle que soit l'ancienneté des opérations, leurs acquis, la sophistication de leur organisation et de leurs protocoles, toutes les actions de conseil se rejoignent quant à la faiblesse de

---

<sup>43</sup> Au cours des années 70, certains agronomes donnaient déjà l'alerte sur les effets négatifs de l'intensification des pratiques agricoles et faisaient un certain nombre de recommandations (HEBERT, 1974 ; CHRETIEN *et al*, 1974, NOIRFALISE, 1974), malheureusement à une époque où on les entendait peu.

<sup>44</sup> Les opérations FERTI-MIEUX de Lorraine sont tout de même présentées au public aux travers des manifestations propres à l'animation FERTI-MIEUX (posters, plaquettes, présentations orales, ...) et aux travers des médias régionaux (presse, radio, télévision).

<sup>45</sup> Il s'agit d'un « bilan des actions de conseil mises en œuvre par la profession agricole concernant les pollutions diffuses liées à la fertilisation minérale et aux traitements phytosanitaires » financé par le MATE et conduit par QAP Décision. Le travail a porté sur l'analyse d'actions choisies dans trois départements (Cher, Isère et Mayenne). Parmi les diverses actions, les opérations FERTI-MIEUX suivantes ont été étudiées : AZUR dans le Cher et les deux opérations PIL-AZOTE dans l'Isère.

leurs impacts sur l'évolution concrète des pratiques agricoles et sur la qualité des eaux ». Ce rapport résulte d'une étude portant sur diverses actions de développement et en particulier sur quelques opérations FERTI-MIEUX. Les auteurs regrettent la timidité des changements de pratiques et le manque de réflexion sur les systèmes de production. Si certains arguments sont tout à fait recevables, il faut cependant garder en mémoire les choix qui ont été faits en France lors du lancement de la lutte contre les pollutions diffuses agricoles dans les années 80 et qui ont conduit à l'approche actuelle.

Cela est très bien résumé par Jean SEBILLOTTE (1997) qui constate que « ...dans le cadre du CORPEN, on a toujours évité de se prononcer en termes de systèmes, en opposant par exemple agriculture biologique et autres formes d'agriculture, «extensif » et « intensif », modèle « productiviste » ou non . On a préféré traiter de pratiques « élémentaires » à resituer dans les systèmes de culture et d'élevage ; cette approche a permis d'échapper à des débats importants, essentiels, mais dépassant de ce fait le seul cadre de la lutte contre la pollution d'origine agricole. Il n'en reste pas moins que la recherche de nouveaux systèmes est essentielle, mais extrêmement difficile ».

Fondée sur un cahier des charges du CORPEN, l'opération FERTI-MIEUX n'a donc pas eu d'autres objectifs que de faire évoluer les pratiques vers une limitation du risque environnemental, de permettre à l'agriculteur d'adopter des pratiques dépendantes des situations environnementales et non plus reproduire des pratiques standard.

Certains experts considèrent cependant qu'une amélioration des pratiques agricoles ne suffira pas à limiter les pollutions diffuses<sup>46</sup> à l'échelle nationale et qu'il faut envisager une réduction générale des intrants (PUJOL et DRON, 1998), en particulier par une modification des systèmes de production. Ils partent en effet du constat suivant : depuis les années 50, la qualité chimique des eaux s'est progressivement dégradée (IFEN, 1997 ; PUJOL et DRON, 1998) jusqu'à ce que la situation soit jugée préoccupante<sup>47</sup>.

Un autre expert, DE MARSILY (1995) propose de créer de « vastes espaces de terres non cultivées mais entretenues, dont la fonction essentielle serait de préserver ou de restaurer des nappes d'eau de qualité irréprochable, destinées à l'alimentation en eau potable ». Ces « parcs naturels hydrogéologiques » seraient complémentaires à une politique volontariste de réduction des intrants par incitation ou par taxation.

La démarche FERTI-MIEUX telle qu'elle a été mise en pratique en Lorraine démontre qu'il est encore possible d'échapper à des solutions radicales de limitation voire d'exclusion de l'activité agricole sur les zones vulnérables. Cependant, les opérations très efficaces sont limitées à de petits secteurs et il devient urgent de diffuser ce que l'on nomme les « acquis FERTI-MIEUX » à toutes les zones vulnérables. Comment ? La question reste ouverte, mais le projet de diffuser le conseil à partir de « ferme relais » pourrait être une réponse.

Remarquons, enfin, que la démarche FERTI-MIEUX est en voie d'être transposée dans des actions restreintes aux périmètres de protection de captage AEP. Ces opérations de conseil rapproché devrait concerner la majorité des secteurs lorrains menacés par les pollutions diffuses azotées.

**Les politiques nationale et européenne de gestion de l'eau sont actuellement en évolution : future directive cadre européenne<sup>48</sup>, nouveau projet de loi sur l'eau<sup>49</sup>. Il est patent que la maîtrise des polluants d'origine agricole deviendra un enjeu de plus en plus important.**

---

<sup>46</sup> Ces considérations se fondent sur le bilan structurel de l'azote calculé pour la France entière et excédentaire en 1988 d'environ 516 000 tonnes (SCEES, 1996). Cet excédent est très inégalement réparti selon les départements, 23 départements enregistrant un solde supérieur à 33kg/ha. La situation s'est améliorée durant les années 1993-95 puis s'est dégradée de 1995 à 1997 (SCEES, 1999).

<sup>47</sup> Les captages AEP des communes de moins de 5 000 habitants représentent actuellement 90 % des captages hors normes (PUJOL et DRON, 1998). Il est d'ailleurs symptomatique de constater que dans certaines régions agricoles où l'irrigation est nécessaire, on parle parfois « d'eau fertilisante » et « d'eau traitante » vu la qualité de l'eau captée !

<sup>48</sup> La prochaine directive cadre européenne sur l'eau aura pour objectif de prévenir toute nouvelle dégradation de l'état qualitatif et quantitatif des eaux souterraines et d'engager des mesures de protection pour le long terme.

**C'est pourquoi il faut espérer que les démarches participatives de type FERTI-MIEUX continuerons à s'offrir aux agriculteurs au côté de démarches plus normatives, voire réglementaires. Elles ont en effet l'avantage d'aider les agriculteurs à être les propres acteurs du maintien de la qualité de leur environnement en adoptant des comportements responsables. C'est une voie où l'environnement n'est plus une contrainte mais un atout !**

Afin d'illustrer ce qu'est une agriculture responsable, citons pour finir le nom que s'est attribué une des opérations FERTI-MIEUX de Bourgogne (CDA 71) : « **CULTIVONS L'EAU POTABLE !** »

---

<sup>49</sup> Après les lois sur l'eau de 1964 et 1992, un nouveau projet de loi est en préparation. Parmi les différents objectifs, celui de mieux appliquer le principe pollueur-payeur en revoyant les redevances de pollution, en particulier par la prise en compte des pollutions d'origine agricole.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

AERM, 1998. Gestion de l'azote par l'agriculture en Lorraine et en Alsace 1980-1997.

ALBERT D., 1991. Les agriculteurs du plateau de Vicherey et la pollution des eaux. Rapport GIP - ITEB. 22 pages + annexes.

ALLAIN G., 1985. Hydrogéologie du Dogger du Saosnois (Nord de la Sarthe) ; Evolution des teneurs en nitrates et environnement agricole. Thèse de 3ème cycle de l'Université de Rouen-Haute-Normandie. 255 pages + annexes.

ANDA, 1999. L'opération FERTI-MIEUX, 35 pages.

APCA, 1990. Journée « Agriculture et Environnement » du 8 novembre 1990. Synthèse des réflexions et des actions des Chambres d'Agriculture. 61 pages.

APCA, 1996. FERTI-MIEUX, les agriculteurs s'engagent pour préserver la qualité de l'eau. Supplément de la revue « Chambres d'Agriculture ».

BALLIF J.L., 1996. Les lysimètres en sol de craie de Chalons sur Marne. In : Trente ans de lysimétrie en France (1960-1990). INRA éditions. pages 115 à 149.

BANTON O. et BANGOY L.M., 1997. Hydrogéologie ; Multiscience environnementale des eaux souterraines. Presses de l'Université du Québec / AUPELF. 460 pages.

BARBEZANT M., 1992. L'opération FERTI-MIEUX. Bull. Techn. Inf. nouvelle série, 8 : pages 21 à 26.

BEAUDOIN N., SCHEURER O., MAUCORPS J. et MARY B., 1995. Maîtrise de la pollution diffuse par les nitrates en zone agricole de grande culture. Compte-rendu de Contrat INRA-Région Picardie. 48 pages + annexes.

BENOIT M., 1992. Un indicateur des risques de pollution azotée nommé « BASCULE » (Balance Azotée Spatialisée des Systèmes de CULTure de l'Exploitation). Fourrages. 129 : pages 95 à 110.

BENOIT M., 1994. Risques de pollution des eaux sous prairie et sous culture - Influence des pratiques d'apport d'engrais de ferme. Fourrages. 140 : pages 407 à 420.

BENOIT M., SAINTOT D. et GAURY F., 1995. Mesures en parcelles d'agriculteurs des pertes en nitrates. Variabilité sous divers systèmes de culture et modélisation de la qualité d'eau d'un bassin d'alimentation. Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France. Volume 81, n°4 : pages 175 à 188.

BENOIT M., DEFFONTAINES J-P., GRAS F., BIENAIME E. et RIELA-COSSERAT R., 1997. Agriculture et qualité de l'eau. une approche interdisciplinaire de la pollution par les nitrates d'un bassin d'alimentation. Volume 6, n°2 : pages 97 à 105.

BENOIT M. et FIZAINÉ G., 1999. Qualité des eaux en bassin forestier. Revue forestière française - n°2 : pages 162 à 172

BENSABER A. et BLEUSE-TRILLON B., 1989. Pratique des chroniques et de la prévision à court terme. MASSON. 261 pages.

BONIFACE R. et al., 1996. Lysimètres en sols de Versailles Bilan 1974-1990 – In : trente ans de lysimétrie en France 1960-1990 - INRA Editions.

BONNAMOUR A.L. et CHANTEUX S., 1995. Un problème d'eau ; Mémoire de Maîtrise de Sciences et Techniques Aménagement et Environnement de l'Université de Metz. 74 pages + annexes.

BURGEAP, 1991. Etude de vulnérabilité et de protection des sources de Gorze. 46 pages + annexes.

BURGER A., 1983. Prospection et captage des eaux souterraines des roches carbonatées du Jura – Gaz-Eaux-Eaux usées, n° 9 : pages 533 à 583.

BRGM, 1991. Amélioration de l'alimentation en eau du canton de Sierck-les-Bains (57). Rapport pour le Conseil Général de Moselle.

CATTAN A., MERMET L., 1992. L'adoption par les agriculteurs de pratiques agricoles favorables à l'environnement : identification des facteurs de blocage. Actes du colloque « L'agriculture et la gestion des ressources renouvelables », 29-30 mai 1991. Economie Rurale 208-209 : pages 38 à 41.

CARLOTTI B., 1992. Recueil des bases de préconisation de la fertilisation azotée. Ministère de l'Agriculture, Ministère de l'Environnement, CORPEN. 136 pages.

CASTANY G. et MARGAT J., 1977. Dictionnaire français d'hydrogéologie. BRGM édit., Orléans. 249 pages

CDA 54 et 88, 1991. Plateau de Vicherey-Beuvezin : maîtrise de la pollution des eaux d'alimentation des communes par les nitrates d'origine agricole-Etude des exploitations. 18 pages + annexes.

CDA 54 et 88, 1999. Opération FERTI-MIEUX du Haut-Saintois. Rapport d'étape 1991-1998. 83 pages + annexes.

CDA 57, 1992. Audit environnement opération « Stop pollution-Sources de Gorze ». 54 pages + annexes.

CDA 57, 1995. Audit des risques de pollution azotée pour une opération FERTI-MIEUX dans la zone de Sierck-les-Bains. 99 pages + annexes.

CDA 57, 1999. Présentation de l'Action Ferti-Mieux « Sources de Gorze » - Renouvellement de label Mars 99. 38 pages + annexes.

CDA 77, 1998. Bassin de la Voulzie ; Prévention nitrates avec les agriculteurs et les partenaires locaux (période sept. 94 à avril 1998). 55 pages + annexes.

CDA 88, 1998. FERTI OUEST 88 ; Evaluation intermédiaire de l'opération. 58 pages + annexes.

CHRETIEN J., CONCARET J. et MERE C., 1974. Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux d'alimentation (département de l'Yonne). Annales Agronomiques de l'INRA, 25, pages 499 à 513.

COCHARD P., 1996. Etude de l'évolution de la qualité des eaux en lien avec les pratiques agricoles dans une région de polyculture-élevage. Mémoire de DAA de l'ENSA de Montpellier. 35 pages + annexes.

COMIFER, 1985. La fertilisation raisonnée et sa pratique vues par les prescripteurs. 7 pages + annexes.

CORPEN, 1988. Bilan de l'azote à l'exploitation.

CORPEN, 1992. Interculture, gérer l'interculture pour limiter les fuites de nitrates vers les eaux. Coédité par le ministère de l'Agriculture et le ministère de l'Environnement. 40 pages.

CRAL, 1986. Tableau de bord de l'agriculture lorraine.

CRAL, 1998. Caractérisation des sols et potentialités de production : un outil pour le raisonnement de la fertilisation azotée. 45 pages + annexes.

DE MARSILY G., 1995. L'eau. Collection Dominos. Flammarion Ed. 115 pages + annexes.

DNEMT Note technique n°1 , 1995. Etude d'un gisement d'eau minérale – Les méthodes mises en œuvre. Secrétariat d'Etat à l'Industrie - Division Nationale des Eaux Minérales et Thermales – Bureau de Recherches Géologiques et Minières. 14 pages.

D'HULST D., 1993. STOCHASTOS ; Variables régionalisées Approche stochastique. 36 pages.

DIOT F., 1996. L'adoption par les agriculteurs de la Mesure Agro-environnementale « réduction des intrants » : Raisons et conséquences dans le cas du Haut-Saintois (région Lorraine). Mémoire de DAA de l'ENESAD. 55 pages + annexes.

DOBRÉ M., 1995. L'opinion publique et l'environnement. Les dossiers de l'environnement de l'IFEN. 95 pages.

DODGE M., 1983. Structure, fonctionnement hydrodynamique et vulnérabilité des aquifères karstiques – In : Journée d'étude sur la protection des eaux karstiques, Bruxelles, 1982 – Soc. Nationales des distributions d'eau et comm. de protection des sites spéléologiques : pages 42 à 46.

DOERFLIGER N., ZWAHLEN F., MEYLAN B., TRIPET J-P. et WILDBERGER A., 1997. Vulnérabilité des captages en milieu karstique ; Nouvelle méthode de délimitation des zones de protection méthode multicritère EPIK. GWA 5/97 : pages 295 à 302.

DRAF Lorraine, 1997. OTEX 54-55-57-88.

DRAF Lorraine, 1998. Evolution du territoire agricole lorrain ; Un territoire en perpétuelle évolution - Colloque de l'Académie d'agriculture de France du 13 mai 1998. 5 pages.

DROESBEKE J-J., FICHET B. et TASSI P., 1989. Séries chronologiques ; théorie et pratique des modèles ARIMA. Economica, Paris. 299 pages.

FOISSY D., 2000. Naïade ; Logiciel de gestion des données eaux de l'équipe ASTEQ Mirecourt ; Procédures qualités relatives aux prélèvements d'eaux. 24 pages + annexes.

GAURY F., 1992 (1). Systèmes de culture et teneurs en nitrates des eaux souterraines. Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. 210 pages.

GAURY F., 1992 (2). L'utilisation d'un système d'information géographique pour l'étude des relations entre systèmes de culture et qualité des eaux souterraines. In : gestion de l'espace rural et système d'information géographique. Colloque, INRA éditions : pages 185 à 193.

GEOSUM, 1995. Etude de vulnérabilité du captage d'eau potable de la source Chavée à Attignéville – Rapport Syndicat des eaux de la Vraine et du Xaintois et DDAF des Vosges. 30 pages + annexes.

GIRARDIN P., BOCKSTALLER C., 1997. Les indicateurs agro-écologiques outils pour évaluer les systèmes de culture. *Oléagineux Corps Gras Lipides*, 4 : 418-426.

GIRARDIN P., BOCKSTALLER C., VAN DER WERF H., 2000. Assessment of potential impacts of agricultural practices on the environment : the AGRO\*ECO method. *Environmental Impact Assessment Review*, 20 : pages 227 à 239.

GRASSO D. A., JEANNIN P.-Y., 1997. Approche de l'impact des variations climatiques sur la réponse chimique des sources karstiques. Actes du 6<sup>ème</sup> Colloque d'Hydrologie en Pays Calcaire et en Milieu Fissuré, pages 91 à 94.

HEBERT J., 1974. Recommandations aux agriculteurs pour limiter l'enrichissement des nappes d'eau en éléments fertilisants. *B.T.I.*, 295, pages 851 à 854.

HENIN S., 1981. Activités agricoles et qualité des eaux. Tome 1. Ministère de l'Agriculture et Ministère de l'Environnement. 58 pages.

HEYDEL L., BENOIT M., SCHIAVON M., 1997. Estimation des apports de produits phytosanitaires à l'échelle de bassins d'alimentation. *Agronomie*, 17, pages 25 à 33.

HEYDEL L., 1998. Diagnostic et maîtrise des contaminations des eaux souterraines par les résidus d'atrazine. – Thèse de doctorat de l' Institut National Polytechnique de Lorraine. 160 pages.

HOUOT S., CHAUSSOD R., HOUNEMENOU C., BARRIUSO E. et BOURGEOIS S., 1991. Differences induced in the soil matter characteristics and microbial activity by various management practices in long term field experiments. In : J. Berthelin éd., *Diversity of Environmental Biogeochemistry, Developments in Geochemistry*, 6 : pages 435 à 443.

Institut français de l'environnement (IFEN), 1997. Agriculture et environnement : les indicateurs. Diffusion Lavoisier TEC & DOC. 72 pages.

JEANNIN P-Y. et GRASSO A., 1995. Recharge respective des volumes de roche peu perméable et des conduits karstiques, rôle de l'épikarst. *Bulletin d'hydrogéologie*, 14 : pages 95 à 111.

JENKINS G.M. et WATTS D.G., 1968. *Spectral analysis and its application*. Holden-Day, San Francisco, CA, USA. 525 pages.

JEUFFROY M-H., MEYNARD J-M., SEVAT B., 1987. Identification des obstacles à la mise en œuvre des méthodes de fertilisation vulgarisées : une enquête réalisée par le COMIFER, avec les lycées agricoles. *BTI*, 420 : pages 241 à 245.

Journal Officiel (JO), 1994. Arrêté du 22 novembre 1993 relatif au code des bonnes pratiques agricoles. 5 janvier. pages 287 à 292.

KUNG-BENOIT A., 1992. Réduction de la pollution nitrique : exemple d'un diagnostic en Lorraine. *Fourrages*, 131 : pages 235 à 250.

LACROIX A., 1995. Les solutions agronomiques à la pollution azotée. Le Courrier de l'Environnement de l'INRA, 24, : pages 29 à 40.

LANDREAU A., MOUVET C. et NORMAND B., 1998. Quelques aspects hydrologiques des transferts de solutés par infiltration vers les nappes : nitrates et phytosanitaires. Actes du colloque d'Hydrotechnique, 159<sup>ème</sup> Session du Comité Scientifique et technique de la SHF : pages 47 à 57.

LANQUETUIT D. et SEBILLOTTE M., 1997. Protection de l'eau, le guide FERTI-MIEUX pour évaluer les modifications de pratiques des agriculteurs. ANDA. 173 pages + annexes.

LAROCQUE M., 1997. Intégration d'approches quantitatives de caractérisation et de simulation des aquifères calcaires fissurés – Application à l'aquifère karstique de la Rochefoucauld (Charente, France). Thèse de doctorat de l'Université de Poitiers. 194 pages + annexes.

LARRUE C., 1992. Le comportement des agriculteurs face aux mesures de protection de l'eau. Actes du colloque « L'agriculture et la gestion des ressources renouvelables », 29-30 mai 1991. Economie Rurale 208-209 : pages 42 à 49.

LE HOUEROU B., 1993. Le compostage des fumiers bovins, une pratique pour protéger l'eau. Rapport du congrès GEMAS-COMIFER Blois. Matières organiques en agriculture (atelier 2).

LE HOUEROU B., 1994. Transfert du fumier des cultures vers les prairies en Lorraine. Outils et méthode pour changer les pratiques. Fourrages ,140 : pages 471 à 503.

LIMAUX F., BENOIT M., JACQUIN F. et RECOUS S. - 1998 - Le devenir des fertilisants azotés : utilisation par les plantes, immobilisation, lixiviation et pertes par voies gazeuses - In : Gestion des sols et qualité des eaux, Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France, Volume 84, n°5 : pages 95 à 114.

LIMAUX F., 1999. Modélisation des besoins du blé en azote, de la fourniture du sol et de l'évolution de l'engrais ; Application au raisonnement de la fertilisation en Lorraine. Thèse de doctorat de l'INPL 167 pages + annexes.

LIU Z.-J., HALLBERG G. R. et MALANSON G.P., 1997. Structural equation modeling of dynamics of nitrate contamination in ground water. Journal of the American Water Resources Association, vol. 33, n° 6 : pages 1219-1235.

LOISEAU P. et GRIGNANI C., 1991. Etats de l'azote organique et devenir de l'azote apporté sous les prairies de moyenne montagne. Agronomie, 11 : pages 143 à 150.

LUXEN P., LIMBOURG P., GODDEN B. et QUENON G., 1998. Le compostage des fumiers, une technique de valorisation des matières organiques en agriculture. Ministère de la Région wallonne, Direction générale de l'Agriculture. Collection Les livrets de l'agriculture, n°3.

MANGIN A., 1984. Pour une meilleure connaissance des systèmes hydrologiques à partir des analyses corrélatoires et spectrales. J. Hydrol. 67 : 25-43.

MARIOTTI A.– 1982 – Apports de la géochimie isotopique à la connaissance du cycle de l'azote – thèse de l'Université Paris VI.

MARY B., VIGOUR N. et MACHET J.M., 1992. Effet du changement des pratiques culturales sur le fonctionnement azoté d'un bassin d'alimentation. Compte-rendu de contrat SRETIE/Ministère de l'Environnement/INRA. 32 pages + annexes.

MEGNIEN C., 1996. Etude des temps de transit dans l'aquifère des sources de Provins – Rapport SAGEP. 31 pages.

MEGNIEN C., 1997. Datation des eaux de la nappe des calcaires de Champigny du bassin des sources de Provins ; Commentaires du protocole de prélèvement et des résultats. Rapport SAGEP. 6 pages + annexes.

MELET J.J., MORLOT M., PASSAVY J. et SALADO J., 1980. Hydrogéologie et médecine dans l'approche des problèmes de santé liés aux nitrates : exemple en Lorraine. Ann. Nutr. Alim., 34 : pages 969 à 978.

MEYBECK M. , DE MARSILLY G. et FUSTEC E., 1998. La Seine en son bassin, fonctionnement d'un système fluvial anthropisé. ELSEVIER. 750 pages.

MONTIGAUD I., 1997. Dans la Sarthe, 150 agriculteurs mobilisés contre les nitrates. Cultivar n° 418, pages 46 à 47.

MORLON P., SOULARD C., GUYARD P-O., MAIGROT J-L. et TROUCHE G. , 1996. Comment traiter un problème de pollution par les nitrates ? Evaluation de l'opération du Migennois (Yonne). Rapport de synthèse, 52 pages.

MORLON P., TROUCHE G., SOULARD C., MAIGROT J-L. et GUYARD P-O., 1998. Diagnostic de la pollution azotée de l'eau par approche historique multi-échelles ; Une étude de cas dans le département de l'Yonne (France). Cahiers Agricultures, 7 : pages 15 à 27.

MORMON M., 1994. Vers un encadrement environnemental des agriculteurs ? Comparaisons régionales : France – Belgique. 238 pages + annexes.

MUHAR M-C., 1997. Efficacité du changement des pratiques agricoles sur la qualité des eaux potables captées. Rapport final de synthèse AERM.

MUNIER V., 1991. Plateau de Vicherey-Beuvezin : maîtrise de la pollution des eaux d'alimentation des communes par les nitrates d'origine agricole. Mémoire de fin d'étude.

MUXART T. (COORD), 1997. Exportation des MES et des polluants. PIREN-Seine. Rapport d'activité 1996/I ; Thème Bassins versants ruraux, Chapitre 7 : pages 75 à 124.

NOELLE F., 1996. Etude hydrogéologique relative à la définition des périmètres de protection des sources de l'Etanchotte.

NOIRFALISE A., 1974. Conséquences écologiques de l'application des techniques modernes de production en agriculture. Informations internes sur l'agriculture, 137, CEE.

PALM R., 1992. Comment interpréter les résultats d'une série chronologique. ITCF. 80 pages.

PASSAVY J. et SALADO J., 1978. La pollution azotée des aquifères lorrains ; Première phase : constat et évolution. 56 pages + annexes.

PILLOT A., 1996. Fertilisation en Lorraine - Etude des modes de raisonnement des agriculteurs – Réflexion sur l'évolution du conseil technique. Mémoire ENSAIA, 81 pages + annexes.

PROBST A., VIVILLE D., FRITZ B., AMBROISE B. et DAMBRINE E., 1992. Hydrochemical budgets of a small forested granitic catchment exposed to acid deposition : the strengbach catchment case study (Vosges massif, France). *Water Air Soil Pollut.*, 62 : pages 337 à 347.

PUJOL J-L. et DRON D., 1998. Agriculture, monde rural et environnement : qualité oblige. Collection des rapports officiels, La documentation Française. 541 pages + annexes.

RAMON S., 1982. Une importante ressource en eau de la Lorraine, la nappe du Dogger. In : Spéléo. L n° 13 Spécial Protection des eaux souterraines et des cavernes : pages 59 à 66.

RAMON S., 1984. Pollution nitratée et pratiques agricoles. Document AFBRM.

RECOUS S., NICOLARDOT B. et SIMON J.C., 1997. Le cycle de l'azote dans les sols et la qualité des eaux souterraines. In : L'eau dans l'espace rural, production végétale et qualité de l'eau, INRA Editions : pages 193 à 215.

SALLES D., ZELEM M-C., BUSCA D. et GENDRE C., 1999. Les stratégies des agriculteurs face aux dispositifs de gestion de l'eau. CERTOP-CNRS. 94 pages + annexes.

SALMON J ; 1996. Présentation du contexte national de la politique de réduction de la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole. In : Actes du colloque Ferti-Mieux Opérations de fertilisation raisonnée du 19/01/96. pages 7 à 12.

SALOU M.C., 1992. Elaboration de la qualité des eaux dans des bassins versants agricoles. Essai de modélisation en milieu calcaire. Mémoire de DEA de géographie physique de l'Université de Metz. 117 pages.

SCEES, 1996. Un excédent de 500 000 tonnes d'azote en 1988. Agreste-Cahiers n°12

SCEES, 1999. Bilan de l'azote agricole : détérioration de 1995 à 1997. Agreste primeur n° 53.

SCHOELLER H., 1962. Les eaux souterraines. MASSON Ed. Paris, 642 pages.

SHELLENBERGER G., SOULARD C., 1993. Nitrates et agriculture : du blocage à l'assimilation. *Economie Rurale*, 213 : pages 34 à 40.

SEBILLOTTE J., 1992. Le bilan de l'azote du CORPEN : une démarche, un outil. *Bull. Techn. Inf. nouvelle série*, 8 : pages 13 à 20.

SEBILLOTTE J., 1997. La qualité de l'eau : quels problèmes et quelles connaissances pour agir ? In : L'eau dans l'espace rural, production végétale et qualité de l'eau, INRA Editions : pages 339 à 353.

SEBILLOTTE M., 1996. Les mondes de l'agriculture – Une recherche pour demain. Collection Sciences en questions, INRA Editions.

SIMON J-C. et LE CORRE L., 1992. Fertilisation annuelle et lessivage de l'azote nitrique. *Fourrages*, 129 : pages 3 à 10.

SDAGE Rhin-Meuse, 1996. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux approuvé par le Comité de Bassin Rhin-Meuse le 2 juillet 1996, 5 fascicules

SRAEL, 1980. Fonctionnement des aquifères calcaires lorrains déduit des expériences de traçages colorimétriques.

SRAEL, 1986. Etude de la physico-chimie des eaux du Dogger en Lorraine. 42 pages + annexes.

SRAEL et CEGUM, 1987. Synthèse des études concernant les eaux souterraines ; Départements de la Moselle et de la Meurthe-et-Moselle. Volume IV : Nappes secondaires. 45 pages + annexes.

TAUREAU J-C. et MARY B., 1995. Incorporation des pailles - Quel est l'impact sur l'azote minéral du sol ? Perspectives Agricoles, 206 : pages XVI à XIX.

TURIN A., 1991. La pollution des eaux souterraines en Lorraine, le cas des nitrates. Thèse de Doctorat de l'Université de Nancy II. 226 pages + annexes.

VIDAL DE LA BLACHE P., 1903. In : Histoire de France d'E. LAVISSE. Tome 1, page 206.

VERTES F. et DECAU M-L., 1992. Suivis d'azote minéral dans les sols : risque de lessivage de nitrate selon le couvert végétal. Fourrages, 129 : pages 11 à 28.

VERTES F., ALARD V. et LE CORRE L., 1999. Bilan d'azote à l'échelle de l'exploitation. In : Actes du colloque Programme Systèmes Terre et Eau 1994-1999 des 29 et 30/04/99 : pages 46 à 50.



## **ANNEXE 1**

Fiches ANDA de présentation des opérations FERTI-MIEUX

<b>OPERATION DU HAUT-SAINTOIS</b> (VOSGES et MEURTHE-ET-MOSELLE)
---------------------------------------------------------------------

## PRESENTATION DE L'OPERATION

A l'initiative des communes

Co-Présidents du Comité de Pilotage : D. GREMILLET et B. MERCIER (Présidents respectifs des Chambres d'agriculture des Vosges et de Meurthe-et-Moselle)

Responsables techniques : A. KUNG-BENOIT (88) et C. REVEST (54) (Chambres d'agriculture)

### *Bassin*

---

Les plateaux de Vicherey-Beuvezin et de Maconcourt reposent sur des calcaires fissurés. A leur base, 17 sources dont les teneurs en nitrates varient de 30 à 60 mg/l, alimentent 12 communes et 3 Syndicats Intercommunaux.

L'occupation des sols des plateaux est exclusivement agricole et forestière. Les 850 ha de SAU dont près du tiers en prairies permanentes, sont répartis entre 41 exploitations qui représentent 2.900 ha au total et possèdent 20 à 75 % de leurs terres labourées sur les plateaux. Les céréales (blé, orges, maïs) représentent l'essentiel des cultures implantées avec un peu de pommes de terre.

Jusqu'au démarrage de l'action, les agriculteurs apportaient la majeure partie de leur fumier sur les plateaux, principalement sur les parcelles destinées au maïs fourrager, alors que les terres lourdes de vallée ne recevaient pas de fumier. En 1990, les communes ont demandé une action de prévention. Sollicités, les agriculteurs ont voulu éviter une contrainte de remise en herbe sur le plateau ou l'utilisation d'une ressource en eau éloignée, ce qui aurait entraîné un surcoût de l'eau distribuée.

### *Acteurs et Financement*

---

La maîtrise d'ouvrage a été attribuée à la Chambre Régionale d'Agriculture et la maîtrise d'œuvre à un « Syndicat mixte » d'études et d'amélioration de la qualité des ressources en eau potable du Plateau du Haut-Sainctois. Créée en 1993, cette structure associe les gestionnaires de l'eau du plateau. Son animation comprend une réunion annuelle de restitution des travaux des Chambres d'Agriculture et de l'INRA et la diffusion de 3-4 bulletins aux collectivités et aux agriculteurs. Constitué pour 4 ans, le Syndicat mixte n'a plus de fonctions depuis la fin 1997 mais continue d'être représenté au Comité de Pilotage Ferti-Mieux.

Réuni pour la première fois en 1993, le Comité de Pilotage Ferti-Mieux comprend des représentants des 2 Chambres d'Agriculture départementales, des distributeurs locaux (Coopérative Agricole Lorraine et Ets Pillot et Royer), des partenaires scientifiques et techniques (INRA et CRAL), du Syndicat mixte, de l'Administration (DDAF 54 et 88) et des partenaires financiers (Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Conseils Régional et Général).

Le financement de l'opération Ferti-Mieux est assuré à parts égales par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (1/3), le Conseil régional (1/3) et les Chambres d'Agriculture départementales. Pour 1999, les principaux postes budgétaires sont les suivis individuels renforcés (33 %), le recueil de références (32 %) et l'animation de l'action (30 %).

### *Diagnostic*

---

En 1991, une première étude des pratiques avait montré sur le plateau :

- une occupation des sols au-dessus des sources, par les cultures et prairies, à l'exception de 30 ha de bois et d'un poste militaire (4-5 personnes en permanence) ;
- une concentration des épandages de déjections animales (147 kg N/ha de terre labourable contre 26 kg hors plateau), le fumier de bovins fournissant 97 % de l'azote organique épandu ;

- une répartition de la sole équilibrée entre les cultures de printemps (35 %), les prairies permanentes (32 %) et les cultures d'hiver (29 %) ;
- des pratiques de fumure azotée minérale modestes, basées sur l'usage de doses « pivot » sans référence aux potentialités des sols.

Les exploitations avaient alors été classées en 4 groupes :

- groupe I : exploitations à pratiques polluantes, très impliquées sur le plateau (+ de 600 t/an de fumier, + de 10 ha de maïs et + de la moitié des terres labourables sur le plateau, et proximité de captage),
- groupe II : autres exploitations très impliquées sur le plateau (+ de 75 % des terres labourables sur le plateau, de 200 à 500 t/an de fumier),
- groupe III : exploitations peu impliquées sur le plateau (- de 50 % des terres labourables) mais proches de captage,
- groupe IV : exploitations à pratiques peu polluantes, très peu impliquées sur le plateau (- de 20 % des terres labourables).

En 1997, une évaluation intermédiaire montrait qu'il n'avait pas eu d'accroissement des contraintes structurelles ni de modifications notoires de l'occupation du sol du plateau.

Les systèmes de cultures sont définis en croisant les doses de fumier et la part des cultures de printemps dans la rotation, les fertilisations minérales étant considérées comme modestes.

Systèmes de culture			
Rotation	Système		
	Fumier dose raisonnée <20 t/ha/an	Fumier dose forte 20 < dose < 40 t/ha/an	Fumier très forte dose > 40 t/ha/an
Prairie permanente	S1	S1	
Surface des cultures de printemps < 2/3 des TL (1)	S2	S4	S6
Surface des cultures de printemps < 2/3 des TL (1)	S3	S5	S7

(1) terres labourables

Compte tenu de l'objectif de l'opération et des faibles risques liés à la fertilisation minérale, 2 types de milieu sont retenus : hors plateau et sur plateau. La grille de risque s'établit comme suit (5 niveaux de risque : TF : très faible, F : faible, M : moyen, E : élevé, TE : très élevé)

Milieu Système	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Hors plateau	TF	F		M		E	
Sur plateau	TF	F	M	E		TE	

Milieu	TF	F	M	E	TE
1991					
Hors plateau	1760 ha	236 ha	119 ha	27 ha	0
Sur plateau	267 ha	153 ha	11 ha	211 ha	119 ha
1997					
Hors plateau	1959 ha	411 ha	63 ha	31 ha	0
Sur plateau	278 ha	388 ha	105 ha	72 ha	6 ha

### ***Priorités et mode d'action***

A l'issue du diagnostic initial, les priorités d'action ont été fixées comme suit :

- exporter le fumier épandu sur le plateau vers des prairies extérieures, et limiter des apports de compost ou de fumier de dépôt encore réalisés sur le plateau à 15 t/ha tous les 3 ans,
- limiter les arrières effets des pratiques excédentaires par l'implantation de cultures intermédiaires entre céréale d'hiver et maïs,

- diffuser des conseils de raisonnement de la fumure minérale.

La priorité est alors donnée à la mise en place de la filière de compostage avec recherche et aménagement de sites de compostage collectifs, et création de 2 structures :

- la CUMA de l'Eau vive ; créée en 1992 avec 10 adhérents au départ, elle acquiert et gère les matériels de la filière compostage. Son Président participe au Comité de Pilotage Ferti-Mieux ;
- le Groupement des exploitants du plateau (GEP) ; les adhérents qui s'engagent à suivre les conseils des Chambres d'Agriculture, ont droit à la réalisation de plans d'épandage et de fumure et reçoivent le bulletin de liaison et les résultats d'essais.

En 1995, une mesure agri-environnementale de réduction d'intrants est mise en place sur le site du Haut Saintois. Près de 80 % des terres labourées du plateau font l'objet de ce contrat.

### ***Fondement du conseil***

---

Les conseils sur l'épandage des fumiers et composts s'appuient sur des expérimentations locales visant notamment à vérifier que la diminution de l'apport organique n'induit pas de risque de diminution des rendements. Les travaux sont basés sur des suivis de qualité de l'eau et l'estimation des risques de pertes nitriques sous différentes conduites de la fumure azotée, dans 2 sites expérimentaux. En outre, les références régionales concernant le « maïs fourrage » ont été validées au plan local.

Les essais d'implantations de cultures intermédiaires débouchent sur le choix du colza semé juste après la moisson. Toutefois, la réussite de la culture étant très liée aux conditions climatiques de la deuxième quinzaine d'août, il a été choisi de favoriser également les repousses de céréales en place. La CUMA a acquis un maxiculteur pour le semis direct du colza grain.

### ***Conseil - Communication***

---

Les conseils de limitation des apports de fumiers et de composts à 15 t/ha visent en priorité les exploitations des groupes 1 et 2 (cf. diagnostic), soit environ 11 500 t de fumier à composter. La pratique des cultures intermédiaires est conseillée à ce même public ainsi qu'aux exploitations du groupe 3 situées en zone a priori sensibles. Ces publics sont également destinataires des appuis à la mise en place de plans d'épandage et de fumures. Pour les parcelles MAE, les conseils visent à une réduction de 20 % de la fumure azotée.

La communication vers les agriculteurs passe par les messages et informations diffusées par les différentes structures (Chambres d'Agriculture, organismes économiques, syndicat mixte, CUMA et GEP).

Les agriculteurs ont également engagé une communication vers l'extérieur, en :

- recevant chaque année des groupes d'agriculteurs et de techniciens,
- organisant en 1997 une manifestation destinée à la population locale, aux élus et aux représentants de l'administration,
- diffusant des articles dans la presse spécialisée ou générale (Liberté de l'Est, le Républicain Lorrain et l'Est Républicain),
- intervenant dans des journées techniques, des colloques et des établissements d'enseignement agricole (une démarche se met en place à l'échelle régionale pour toucher les élèves de fin de premier cycle – début du second ; un outil pédagogique est à l'étude).

### ***Evaluation***

---

L'évaluation intermédiaire effectuée en 1997, est réalisée à partir des enregistrements des pratiques des agriculteurs sur le plateau et d'informations recueillies par enquêtes pour les autres parcelles.

Elle montre une quasi disparition des pratiques d'épandage de fumier à très forte dose et une forte diminution des apports à dose forte sur les terres labourées du plateau (86 % des surfaces font l'objet

d'apports raisonnés). Les surfaces à risque élevé ou très élevé ont été divisées par 4. Les 105 ha « à risques moyens » restant sur les plateaux sont imputables à la proportion de cultures de printemps dans les assolements. Par ailleurs, les transferts de fumiers ne se sont pas faits aux dépens des terres labourées hors plateau, ce sont bien les prairies de cette zone qui bénéficient de ce transfert de matière organique.

Une analyse plus fine des pratiques d'épandage de fumiers montre que dans les systèmes S2 et S3 les apports annuels moyens passent de 15,3 t/ha en S2 et 16 t/ha en 1991 à 6,7 t/ha en 1997. Toutefois, bien qu'en légère baisse, les doses apportées sur S4 et S5 restent élevées (environ 30 T/ha en 1991 et 25 T/ha en 1997).

Plus des 2/3 des 78 ha des plateaux sur lesquels subsistent des risques élevés à très élevés, appartiennent à des exploitations des groupes 3 et 4. Plus généralement, il ressort de l'analyse que ce sont les exploitations de ces deux derniers groupes qui ont le moins modifié leurs pratiques d'épandage ; jusqu'à présent, elles étaient également moins ciblées par l'opération.

Concernant les pratiques de fertilisation azotée minérale, on observe une baisse des apports sur maïs (93 kgN/ha en 1991, 76 kgN/ha en 1997) avec notamment une limitation des pratiques largement excédentaires et un ajustement des dates d'apports. Sur céréales d'hiver, on relève une homogénéisation des pratiques qui évoluent peu (114 et 133 kgN/ha en 1991 et 103 et 130 kgN/ha en 1997 respectivement pour l'orge d'hiver et le blé d'hiver, en moyenne pondérées par les surfaces).

### ***Perspectives***

---

Pour les années à venir, il est notamment prévu :

- de s'assurer de l'impact du conseil auprès des agriculteurs et de renforcer la communication et le conseil auprès de ceux des groupes 3 et 4,
- de suivre l'évolution des taux de matière organique des sols et améliorer la technique de compostage des fumiers mous,
- de réfléchir à une gestion collective des assolements en fonction des risques dans les différents sous-bassins,
- d'aborder les aspects phytosanitaires.

#### **HISTORIQUE DE LA PROCEDURE D'EVALUATION**

Pré-label : CST février 1992 - CP février 1992  
experts : C. CHEVERRY, T. VAN DE VELDE

Label 2 ans : CST mai 1993 - CP juin 1993  
experts : C. CHEVERRY, T. VAN DE VELDE

En vue du 1<sup>er</sup> renouvellement (2 ans) : CST octobre 1995, CP février 1996  
experts : J. SEBILLOTTE, T. VAN DE VELDE

En vue du 2<sup>ème</sup> renouvellement : CST avril 1999 – CP mai 1999  
experts : M. SEBILLOTTE, Ph. JANNOT

## COMITE DE PILOTAGE DE L'OPERATION (Février 1999)

Co-Présidents du Comité de Pilotage

D. GREMILLET  
B. MERCIER

### Organismes de développement

Chambre d'Agriculture 88  
Chambre d'Agriculture 54  
Chambre Régionale de Lorraine  
GEP  
CUMA de l'EAU VIVE

A. KUNG-BENOIT  
C. REVEST  
F. LIMAUX  
A. DUVAL  
F. THIRION

### Organismes économiques

Ets PILLOT-ROYER  
Coopérative Agricole Lorraine

JM. HAZARD  
JL. VIRLET

### Organismes de recherche

INRA  
INRA - CRAL

M. BENOIT  
P.Y. BERNARD

### Acteurs de l'eau

Agence de l'eau Rhin-Meuse  
Syndicat Mixte du Haut-Santois

F. POTIER  
F. DUVAL

### Collectivités

Conseil Général 54  
Conseil Général 88  
Conseil Régional de Lorraine

O. CAILLAT  
C. GRANDJEAN  
P. LEROUX

### Administrations

DDAF 54  
DDAF 88

P. de MONTLIVAUT  
M. LABRIET

<b>SOURCES DE GORZE</b> (MOSELLE ET MEURTHE-ET-MOSELLE)
------------------------------------------------------------

### PRESENTATION DE L'OPERATION

Sur l'initiative de la ville de Metz.

Président du Comité de Pilotage : Philippe LEROND (Agriculteur - Maire de Vionville - Coopérative EMC2).

Responsable technique : Véronique CARMES, à la suite de Sylvie LANG (Chambre d'Agriculture de Moselle).

Conseiller agronomique : Claude RETTEL (Chambre d'Agriculture de Moselle).

Responsable technique : Benoît BROUAND (Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle).

#### *Bassin*

---

La zone correspond au **bassin d'alimentation de deux sources** - Romains et Bouillons- qui alimentent la ville de Gorze ainsi que 10 % de la ville de Metz et son agglomération.

Le bassin d'alimentation est essentiellement **agricole** avec 5 900 ha principalement occupés par des terres labourées. L'activité agricole repose sur des systèmes céréaliers avec des exploitations de grande taille (100 à 300 ha) et performantes techniquement.

En 1992, 56 agriculteurs exploitaient la zone (25 céréaliers purs, 28 céréaliers avec de l'élevage bovin, lait ou viande, 3 céréaliers avec un élevage hors-sol).

Le **substrat géologique** est de type **karstique** à calcaire fissuré. La circulation de l'eau jusqu'aux sources est rapide avec des zones d'infiltration préférentielle cependant difficiles à localiser.

**Deux aquifères** sont présents sur la zone : une nappe profonde, qui donne naissance aux sources de Gorze et une nappe perchée de faible capacité qui donne naissance à des sources peu abondantes.

En 10 ans, dans les années 80, les **teneurs en nitrates des sources** sont passées d'une fourchette de 20-30 mg/l à une fourchette de 40-50 mg/l avec des pics dépassant la norme européenne de 50 mg/l. L'étude du BURGEAP réalisée en juin 1991 montre que l'agriculture représente 94 % des sources de pollution azotée potentielles (2/3 imputable aux céréaliers, 1/3 aux élevages).

On observe cependant une stabilisation puis une baisse des teneurs depuis 1995.

La zone se situe entièrement en zone vulnérable

#### *Acteurs et Financement*

---

Le **Comité Technique** est constitué des organismes techniques (Instituts, Chambres d'Agriculture), économiques (Coopératives et négoces), de l'Agence de l'Eau, de la Mosellane de l'eau ainsi que d'agriculteurs.

Le **Comité de Pilotage** regroupe certains membres du Comité Technique, les financeurs de l'opération, les bénéficiaires ainsi que des représentants agricoles.

4 organismes économiques sont présents sur la zone : les coopératives LORCA (23 agriculteurs) et EMC2 (22 agriculteurs), SOLAGRI (6 agriculteurs) et les Etablissements SOUFFLET (3 agriculteurs).

Les agriculteurs de la zone sont en majorité jeunes et bien formés, demandeurs de conseils techniques et sensibilisés aux problèmes de pollution.

Le budget 1998 est de 460 200 F.

## **Diagnostic**

---

La majorité des **sols** présentent des risques de lessivage forts. 12 % des sols du bassin d'alimentation sont très filtrants, 52 % des sols présentent une sensibilité au lessivage élevée à moyenne. 7 % de la SAU est occupée par des sols drainés dont les collecteurs se déversent directement dans la nappe.

Du fait de la situation géologique et de la présence de sols filtrants plus ou moins caillouteux, la nappe profonde est fortement sensible aux risques de lessivage et à toute pollution des eaux de surface (pollution par infiltration).

Les principales rotations sur la zone sont :

- colza d'hiver – blé d'hiver – orge d'hiver ou escourgeon (56% de la SAU),
- successions incluant une culture de printemps (colza-blé-orge de printemps et maïs-blé-orge) ou une jachère (40 % de la SAU),
- rotations incluant une prairie ou prairies permanentes (4 % de la SAU)

Les cultures d'hiver sont majoritaires : en 1992, les cultures de printemps occupaient 15 % de la SAU.

Les pratiques à risque identifiées en 1992 sont :

- la surfertilisation, des 1<sup>ers</sup> apports trop précoces et trop importants,
- une mauvaise gestion du fractionnement,
- une concentration des épandages sur 5% de la surface des terres labourables.

### *Grille de risque 1992*

Variabilité inter annuelle des potentialités agricoles	Risques de perte hors de portée des racines les plus profondes dans les cycles culturaux successifs		
	Faibles à nuls	Intermédiaires	Forts à certains
Faible	3,5 %	21 %	30 %
Forte	0	0	45,5 %

En 1992, environ la moitié de la surface de la zone correspond à des situations où les risques de lessivage de nitrates sont élevés.

## **Priorités et mode d'action**

---

Le programme d'action défini en 1992 et prévu sur 5 ans privilégiait 4 types d'opérations : acquisition de références locales, suivi technique, information large et évaluation.

L'opération associe **conseil individuel** et **conseil collectif**. La zone est également concernée par la mise en conformité des bâtiments d'élevage.

Depuis 1996, des contrats de Mesures Agri-Environnementales réduction d'intrants (-20 % de la dose raisonnée, 1000 F/ha) ont été proposés aux agriculteurs. Ils couvrent aujourd'hui 85 % de la SAU de la zone.

## **Fondement du conseil**

---

Le conseil utilise la méthode du bilan simplifié. L'objectif de rendement est le rendement obtenu une année sur deux.

L'opération utilise des références locales : identification des sols de la zone en utilisant la codification régionale des sols, données sur les rendements potentiels, fournitures du sol et doses repères pour chacun des types de sols en blé, maïs, colza, orge.

Des outils de pilotage de la fertilisation sont également proposés : Jubil, Ramsès, méthode CETIOM (réglette ou pesée), méthode « colorimétrique » pour déclencher les apports sur blé d'hiver.

## *Conseil - Communication*

---

L'opération utilise :

- le conseil collectif : fiches techniques de fréquence quasi mensuelle, animations : tours de plaines, journées de démonstration...
- le conseil individuel qui recouvre trois types de prestations :
  1. les plans de fumure (42 en 1998)
  2. le suivi de parcelle : conseil individuel avec un suivi du type prévisions / réalisations (20 en 1998)
  3. gestion de parcelle : suivi de parcelle avec analyse technico-économique (18 en 1998).

La **communication vers le public non agricole** s'est développée à partir de 1996. Elle vise particulièrement le « grand public » de proximité et a utilisé la presse ainsi que la participation à des manifestations.

## *Evaluation*

---

Dans le cadre du conseil individuel et des MAE, un enregistrement des pratiques des agriculteurs est effectué sur informatique. L'assolement de la zone est connu chaque année. Une évaluation intermédiaire de l'action a été réalisée en 1995.

Au niveau de la **qualité de l'eau**, les deux sources sont suivies mensuellement depuis 1991 (teneurs en nitrates). La Mosellane des Eaux a mis en place un dispositif complémentaire de suivi des nappes profondes, des puits (nappes perchées) et des ruisseaux depuis 1994.

## *Perspectives*

---

En 1999, les perspectives de l'action sont :

- la poursuite des actions menées – conseil individuel et collectif,
- la recherche de références, notamment axées sur les variétés de blé en vue d'une **valorisation économique des céréales** et des pratiques « respectueuses de l'environnement »,
- la limitation de l'infiltration par un aménagement des zones d'infiltration préférentielles dans une approche bassin versant,
- la transition des MAE, probablement vers des chartes d'engagement individuel.

### **HISTORIQUE DE LA PROCEDURE D'EVALUATION**

pré-label : CST janvier 1993 - CP février 1993  
experts : JM. VINATIER, R. DELOUVEE, A. POUZET

label 1 an : CST décembre 1994 - CP février 1995  
experts : R. DELOUVEE, A. POUZET

en vue du 1<sup>er</sup> renouvellement (2 ans) : CST juin 1996, CP juillet 1996  
experts : MP. ARLOT, A. POUZET

en vue du 2<sup>ème</sup> renouvellement : CST avril 1999 – CP mai 1999  
experts : M. SEBILLOTTE, B. CARROUEE

## COMITE DE PILOTAGE DE L'OPERATION (mars 1999)

### Président du Comité de Pilotage

Philippe LEROND (Agriculteur)

### Représentants des organismes financiers

Région Lorraine

Patrick LEROUX

Commune de Metz

Marie-Alberte CARLES, adjointe au Maire,  
Chargée de l'Environnement

Agence de l'Eau Rhin-Meuse

Anne SECCONELLO, Mission Environnement

Serge RAMON

Fabien POTIER

Chambre d'Agriculture de Moselle

Michel DEFLOIRINE, Président

Jean-Louis GOURLET, Directeur

### Représentants des bénéficiaires – collectivités

Commune de Gorze

Jacques HOFFMANN, Maire

1 commune du Meurthe-et-Moselle

Jean LIBOTTE, Maire de Chambley

2 communes de Moselle

Léon MULLER, Maire de Gravelotte

Marielle PAYEN, Maire de Rezonville

Conseil Général

Marie-Louise DIEBOLD, Conseiller Général

M. PAILHERET, D.A.R.

Mme CARON

### Représentants de l'Agriculture

FDSEA

Denis SIMON

CDJA

Michel TORLOTING

Coopérative LORCA

Xavier LEMOINE

Coopérative EMC2

Léon MULLER

GDA

Philippe LEROND

Jean-Paul DEFLOIRINE

### Invités

Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine

François LIMAUX

DDAF

Alain TRIDON

Mosellane des Eaux

M. DE BISSHOP, Directeur Général

Chambre d'Agriculture de Meurthe-et-Moselle Sébastien ANDRE

Frédéric ARNAUD

INRA de Mirecourt

Pierre-Yves BERNARD

Chambre d'Agriculture de la Moselle

Jean-Paul PIERROT

Claude RETTEL

Jean-Marie MARTIG

Bruno SCHMITT

Véronique CARMES

<b>FERTI-OUEST VOSGES</b> (VOSGES)
---------------------------------------

## **I - PRESENTATION DE L'ACTION**

A l'initiative du Comité de Petite Région du secteur de Neufchâteau.

Co-Présidents du Comité de Pilotage : MM. D. GREMILLET (Président de la Chambre d'Agriculture des Vosges) et D. LALEVEE, (Président du SUAEER).

Responsable technique : A. KÜNG-BENOIT et P. LEMAIRE (Chambre d'Agriculture)

### **Zone d'action**

Correspondant à la petite région agricole des Côtes de Meuse autour de Neufchâteau, la zone d'action recoupe en grande partie la nappe du Dogger. Elle couvre 33.500 ha dont 16.400 ha de SAU (51 % de forêts, 22 % STH, 27 % de terres labourées), et compte 34 communes.

L'ensemble des 138 exploitations, dont le siège est sur la zone, sont concernées. Selon une typologie des exploitations agricoles lorraines simplifiée, les exploitations en systèmes laitiers (65% du total) se répartissent en "Lait en polyculture-élevage, quota laitier (QL) le plus souvent > 200 000 l et cultures de vente > 40 ha " (49 %), "Lait et maïs, 100 000 l < QL < 400 000 l " (30 %) et "lait herbagers" (21 %). Parmi les systèmes non laitiers (25%), les "Herbagers viande bovine ou ovine " (57 %) et " céréaliers " (43 %). La surface moyenne 130 ha (+ 5 ha par rapport à 1993) est élevée comparativement à celle du département (environ 30 ha).

### **Problème posé**

Les 14 300 habitants de la zone Ferti-Mieux sont desservis à partir de captage locaux. L'opération s'inscrit dans une démarche préventive puisqu'à son démarrage, la moitié des 24 sources suivies sur le secteur, présente une teneur inférieure à 10 mg/l et les deux tiers une teneur inférieure à 25 mg/l. Seule la source de la Chavée, sur le plateau d'Attignéville, dépasse alors le seuil de 50 mg/l.

Le Syndicat de la Vraine qui alimente une population de 7 000 habitants environ en dehors du secteur Ferti Ouest, puise une partie de sa ressource en eau dans la nappe du Dogger, à la source de la Chavée. Après avoir envisagé la construction d'une usine de traitement des eaux, le projet est abandonné pour une procédure de protection de captage très localisée.

En outre, la nappe du Dogger reste très vulnérable, même si les teneurs sont généralement faibles.

### **Action candidate au label FERTI-MIEUX**

Au cours de l'hiver 1993-94, le Comité de Petite Région du Secteur de Neufchâteau propose de lancer une opération sur la zone des Côtes de Meuse qui vient d'être définie comme zone vulnérable. Le projet recueille une adhésion générale sur le secteur lors d'une assemblée plénière tenue en janvier 1994 et à laquelle participent 85 agriculteurs.

Une étude des pratiques agricoles est menée durant l'été 1994 par le service environnement de la Chambre d'Agriculture. Parallèlement, une étude hydrogéologique est confiée à un cabinet.

Bénéficiant de l'appui scientifique et technique de la station INRA de Mirecourt et de la Chambre Régionale d'Agriculture, l'opération de conseil a poursuivi trois objectifs :

- éviter les risques de pollution directe liés au stockage des engrais azotés liquides ou encore aux fumiers dans des sites sensibles,
- promouvoir la valorisation des déjections animales sur prairies et une gestion différente du fumier mou,

- ajuster et piloter la fumure azotée minérale des cultures (notamment en colza, blé, maïs, orge).

Les responsables de l'opération Ferti-Mieux ont demandé un statut spécifique qui leur a été refusé par le préfet. Réservées à la protection des captages, les mesures agri-environnementales n'ont concerné que la source de la Chavée. La mesure retenue est la conversion des terres arables en herbages extensifs.

#### **HISTORIQUE DE LA PROCEDURE D'EVALUATION**

pré-label : CST décembre 1994 - CP février 1995  
experts : C. CHEVERRY, B. RAYNAUD

label 1 an : CST juin 1996 - CP septembre 1996  
experts : C. CHEVERRY, B. RAYNAUD

1<sup>er</sup> renouvellement label : CST novembre 1998  
experts : Ph. JANNOT, Ph. LETERME

#### **COMITE DE PILOTAGE DE L'OPERATION (Octobre 1998)**

##### Co-Présidents

Président de la Chambre d'Agriculture des Vosges  
Président du SUAEEER

MM. GREMILLET  
D. LALEVEE

##### Agriculteurs

Président du Comité de Petite Région Neufchâteau  
Agriculteurs de la zone, membres du Comité technique

M. G. AUBERTIN  
MM. R. FOND et RICHARDOT

##### Prescripteurs

Chambre d'Agriculture des Vosges  
Chambre Régionale d'Agriculture  
Ets PILLOT et ROYER  
Coopérative Agricole Lorraine  
Champagne Céréales

Mme KÜNG-BENOIT, M. Ph. LEMAIRE  
M. LIMAUX  
M. P. FLORENTIN  
M. Ph. RAGOT  
M. H. MIGNON

##### Gestionnaires de l'Eau

Syndicat des Eaux de la Vraine  
Ville de Neufchâteau  
Association des maires 88

MM. Cl. NICOLAS et Cl. BAZARD  
M. PERRIN  
M. J. MAILLARD

##### Financeurs

Agence de l'Eau Rhin-Meuse  
Conseil Régional de Lorraine  
Conseil Général des Vosges

M. F. POTIER.  
M. D. LANGE.  
Mme C. GRANDJEAN.

##### Administration

DDAF  
DSV

M. LABRIET  
M. RICHARDOT

**Action « H<sub>2</sub>O Pays de SIERCK »  
(MOSELLE)**

## **I - PRÉSENTATION DE L'ACTION**

À l'initiative de la Chambre d'Agriculture.

Présidente du Comité de Pilotage : Martine CORDEL (Chambre d'Agriculture et C.C.J.A.).

Responsable technique : Sylvie LANG, relayée sur le terrain par Jean-Luc FORRLER (technicien productions végétales) - Chambre d'Agriculture

### **Zone d'action**

La zone d'action, vaste plateau traversé par la vallée de la Moselle, concerne 16 communes dans le secteur de Sierck-les-Bains, au nord du département.

La superficie totale est de 13 000 ha, dont 7 600 ha de S.A.U. et 5 000 ha de forêt. La part des surfaces en herbe représentent plus d'1/3 de la S.A.U., les céréales d'hiver 35 % et les cultures de printemps 20 %.

Le relief très vallonné influe très fortement sur les types de production et les structures. L'agriculture concerne le quart des actifs. 90 % des exploitations ont une orientation élevage. Sur les 138 exploitations de la zone, les petites structures avec une double activité (41 %) et les élevages bovins (49 %) prédominent. Il existe par ailleurs des ateliers porcins et des grandes exploitations céréalieres.

### **Problème posé**

Le bassin versant comprend 12 bassins d'alimentation identifiés par une étude hydrogéologique (1991). La circulation de l'eau (circulation verticale dans les milieux karstiques et latérale) est complexe. Les teneurs en nitrate des 12 sources captées se situent actuellement entre 30 et 70 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l. Près de 73 % des 10 000 habitants de la zone recevaient en 1995 une eau aux teneurs en nitrate proches ou supérieures à la norme. Les sources présentent également une pollution bactérienne et des risques ponctuels d'érosion existent. Seuls les deux forages de la zone échappent à ces pollutions. L'autre enjeu est l'attrait touristique de la zone.

Face à ces problèmes, un projet de forage est en cours, visant à raccorder ensemble les communes du secteur. Ce forage permettra de répondre à un besoin en eau de qualité à court terme, tout en maintenant l'action de prévention à long terme.

C'est l'activité agricole qui gère le plus d'azote sur le secteur (90 % du flux d'azote total, dont 2/3 d'origine animale), le reste étant dû à la pollution domestique (assainissement défectueux de certaines collectivités). La commune de Rustroff a choisi de ne pas renouveler les baux de location de ses 70 ha de terres agricoles afin de les remettre en forêt et prairie. Ceci soulève actuellement une vive polémique au sein de la zone et a un effet démobilisateur. Le maire souhaite une solution rapide pour maintenir une eau < 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l, sans se connecter au réseau et sans attendre 5 à 50 ans.

Le secteur est classé en zone vulnérable : les deux zones sont identiques, excepté la commune de Kerling. L'action n'a pas demandé de statut spécifique. Il a été choisi de s'appuyer sur tous les outils existants, MAE, Ferti-Mieux et directive nitrates, pour résoudre les problèmes de potabilité des eaux.

### **Bases de l'action**

"H<sub>2</sub>O Pays de Sierck" a été mise en place à l'issue du diagnostic réalisé par la Chambre d'Agriculture en 1995, à la demande de l'Agence de l'Eau. Elle s'inscrit dans une dynamique départementale qui vise à valoriser le volontariat et à lier environnement et performances technique et économie. La stratégie départementale est de ne s'occuper que des zones concernées par un problème d'alimentation en eau potable, soit la zone des Sources de Gorze et celle de Sierck (les autres secteurs étant alimentés à partir de sources profondes). La responsable technique est commune à ces deux actions Ferti-Mieux.

L'action est surtout centrée sur la gestion de la fertilisation et des effluents d'élevage. Les volets communication grand public et compostage ont été ajoutés au programme initial. Le programme quinquennal (1996 à 2000) est progressif : 1996 : sensibilisation et information sur l'action, 1997 : "Faire changer", 1998 : premier bilan, 1999/2000 : bilan et pérennisation.

#### **HISTORIQUE DE LA PROCEDURE D'EVALUATION**

pré-label : CST juin 1996 - CP juillet 1996

experts : J.C. REMY et C. TEXIER

en vue du label : CST juin 1998

experts : J.C. REMY et C. TEXIER

#### **COMITE DE PILOTAGE DE L'OPERATION (FEVRIER 98)**

La Présidente Mme Martine CORDEL

##### Représentants de l'Agriculture

FDSEA	Mr André BREIT
CDJA	Mme Martine CORDEL (dont Chambre d'Agriculture)
	Mr Michel KIEFFER
	Mr Guy ENTINGER
EMC <sub>2</sub>	Mr André ZINDT
Organismes économiques	Mr René BREIT
Groupe de développement	Mr Roland REPLLINGER (Président CUMA)
	Mr Norbert HANDRICK

##### Bénéficiaires

Conseil Général	Mr Jean-Marie BLANCHET (Conseiller Général Maire de Sierck)
Commune de Ritzing	Mr Edmond KIFFER (Agriculteur, Administrateur de viande CAPV)
Commune de Manderen	Mr Régis DORBACH (Agriculteur)
Commune de Waldwisse	Mr Gérard GRUN

##### Financeurs

Agence de Bassin	MM. Serge RAMON et Fabien POTIER
Région Lorraine	Mr Patrick LEROUX (Représentant Mr le Président)
SIVOM – Syndicat des eaux	Mr François LICHT (Maire de Rustroff)
Chambre d'Agriculture	Mr Pierre-Paul GERARDY

##### Instituts Techniques

Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine	Mr François LIMAUX
DDAF	Mr Alain TRIDON
DIREN	
INRA de Mirecourt	Mr Pierre-Yves BERNARD
Compagnie Générale des Eaux	Mr FELICI
Chambre d'Agriculture 57	MM. Jean-Paul PIERROT, Jean-Luc FORRLER et Jean-Marie MARTIG
	Mlle Sylvie LANG

## **ANNEXE 2**

Synthèse bibliographique de résultats de suivi de la qualité de l'eau sous diverses occupations du sol

Cette synthèse est tirée de l'ouvrage collectif intitulé « La Seine en son bassin » (MEYBECK et al., 1998). Ces résultats ont été obtenus à partir de mesure de teneur en nitrate de la solution du sol sous des parcelles agricoles ou forestières instrumentées (dr : périmètre de drainage, bp : bougies poreuses et ly : cases lysimétrique).

### Forêts

	Méthode	NO3 en mg/l.	Auteurs
<b>Feuillus (Lorraine)</b>	bp	2	Benoît et al., 1995
<b>Epicéa (Vosges)</b>	dr	1,3	Probst et al., 1992

### Prairies

	Méthode	NO3 en mg/l.	Auteurs
<b>Surface enherbée sans N (Champagne)</b>	ly	4,4	Ballif et al., 1996
<b>Pâturage (Lorraine)</b>	bp	31	Benoît et al., 1995
<b>Prairie de fauche (Lorraine)</b>	bp	19	Benoît et al., 1995
<b>Prairie temporaire (Lorraine)</b>	bp	27,9	Benoît et al., 1995
<b>Luzerne (Lorraine)</b>	bp	23	Benoît et al., 1995

### Céréales

	Méthode	NO3 en mg/l.	Auteurs
<b>Blé d'hiver (Lorraine)</b>	bp	45,6	Benoît et al., 1995
<b>Orge (Lorraine)</b>	bp	62	Benoît et al., 1995
<b>Blé de printemps (Lorraine)</b>	bp	31,9	Benoît et al., 1995
<b>Maïs (Lorraine)</b>	bp	124	Benoît et al., 1995
<b>Blé-maïs (Versailles)</b>	ly	37,6 - 101,9	Boniface et al., 1996
<b>Maïs continu (Versailles)</b>	ly	23,5 – 380,9	Boniface et al., 1996
<b>Blé-betterave (Champagne)</b>	ly	101,9 – 128,4	Ballif et al., 1996
<b>Blé-betterave-luzerne (Champagne)</b>	ly	46,9	Ballif et al., 1996
<b>Céréales (Beauce)</b>	dr	51,8	Mariotti, 1982
<b>Céréales (Brie)</b>	dr	47,4	Belamie, 1980

### Autres cultures

	Méthode	NO3 en mg/l.	Auteurs
<b>Pois (Brie)</b>	dr	141,7	Muxart et al., 1997
<b>Colza (Lorraine)</b>	bp	119,6	Benoît et al., 1995
<b>Vigne (Champagne)</b>	ly	163,9	Ballif et al., 1996

Nous présentons ces résultats afin de montrer le rôle de l'occupation du sol sur la lixiviation de l'azote. En particulier, on remarquera les différences observées entre les couverts végétaux pérennes (forêts et prairies) et les cultures.

Il est peu pertinent de discriminer les cultures selon les pertes en azote car chaque résultat correspond à une moyenne ou médiane d'un nombre plus ou moins important de mesures, dans divers contextes pédo-climatiques et sous des parcelles présentant des conduites très variées (avec des pratiques plus ou moins raisonnées). Mieux vaut donc éviter de parler de « culture à risque » mais plutôt de « pratique à risque ».

## **ANNEXE 3**

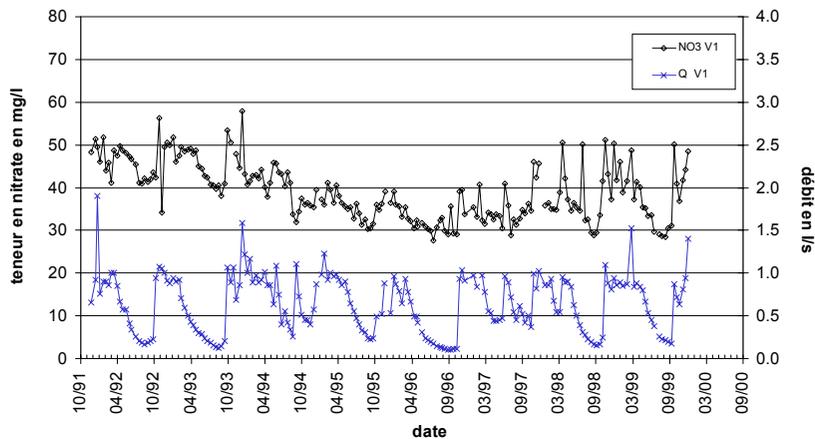
Résultats du Réseau interFERTI-MIEUX de suivi de la qualité des eaux souterraines

## Identité des captages étudiés dans le cadre de l'étude « FERTI-MIEUX » en Lorraine

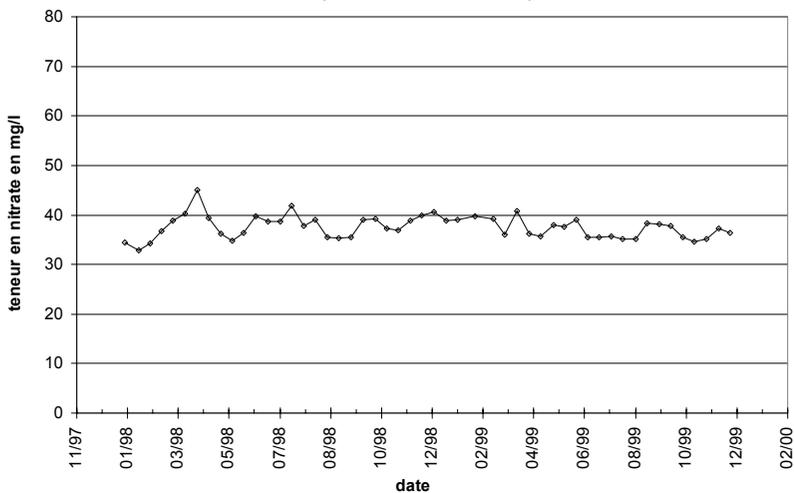
	Situation des captages	Nom vernaculaire des captages	Indice national de classement	Gestion des captages	Code suivi INRA
<b>HAUT-SAINTOIS</b>	GRIMONVILLER (54)	Sce de droite (ou des Conrottes) Sce du milieu (ou du Haut des plans) Sce de gauche (ou du Vieux chemin)	303 3x 0021 303 3x 0020 303 3x 0019	SIE de Grimonviller	V21 V20 V19
	BEUVEZIN (54)	Source de la Rochotte (4 sources)  Source Malinvezay Source des Puits Source de la Chinot (ou Village)	303 3x 0017  303 3x 0024 303 3x 0025 303 3x 0034	SIE d'Aboncourt-Maconcourt  Beuvezin	V17.1 à V17.4  V24 V25 V26
	VICHEREY (88)	Source Rognot Lhuillier Source Laveau bas (ou Vaudevormet) Source Laveau haut (ou Petit bassin couvert) Source Dureau grosse (ou Dureau) Source Dureau petite (ou Petit bassin Dureau)	303 3x 005 303 3x 0013  303 3x 0014  303 3x 0015 303 3x 0016	SIVOM de Vicherey et de l'Aroffe	V5 V13  V14  V15 V16
	SONCOURT (88)	Source la Morley	303 2x 006	SIVOM de Vicherey et de l'Aroffe	V6
	TRAMONT-ST-ANDRÉ (54)	Source des Brasseries	303 2x 0012	SIE de Pulligny	V3
	TRAMONT-LASSUS (54)	Source Sur la Rochotte (ou le Moiré)	303 3x 0023	Tramont-Lassus (plus d'utilisation AEP)	V1
	<b>GORZE</b>	GORZE (57)	Source des Bouillons Source de Parfondval (ou Romaines)	163 3x 0021 163 3x 0022	Metz (Société Mosellane des Eaux)
<b>FERTI-OUEST</b>	ATTIGNÉVILLE (88)	Source La Chavée	303 1x 0013	SIE de la Vraine et du Xaintois	VR4
	LEMECOURT (88)	Source des Chenevières (ou Haie la Truie 1 et 2)  Sources de l'Etanchotte : Source 1 (ou Petite source) Source 2 grosse Source 2 petite Source 3 Source 4	302 8x 0017  302 8x 0018  302 8x 0019	Lemmecourt  SIE de Landaville	VR20 et VR21  VR6 VR17 VR18 VR19 VR16
	BEAUFREMONT (88)	Source de Naburnessart	302 8x 0002	Beaufremont	VR1
	JAINVILLOTTE (88)	Source Notre-Dame de la Pitié	302 8x 0013	Jainvillotte	VR5
	POMPIERRE (88)	Source des Longues Raies Source de Gripotté	302 8x 0021 302 8x 0024	Pompierre	VR 13 VR 12
	<b>SIERCK</b>	KIRSCH LES SIERCK (57)	Source 1 (ou Ouest) Source 2 (ou Est)	114 4x 0022 114 4x 0023	Kirsch-les-Sierck
	MONTENACH (57)	Source 1 (ou Ouest) Source 2 et 3 (ou Est)	114 3x 0046 114 3x 0024	Montenach	SK 31 SK 32 et SK 33
	RUSTROFF (57)	Source de Bure (1,2,3 et 4) Source de Bingenesser (ou Biningesser)	114 3x 0039 114 3x 0037	Rustroff	SK 11, SK 12, SK 13 et SK 14 SK 20

# HAUT-SAINTOIS

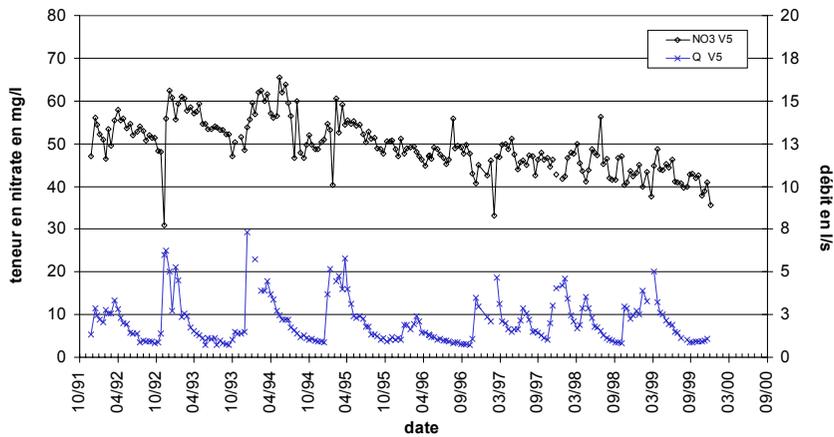
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Le Moiré  
(Tramont-Lassus - 54)



Evolution de la teneur en nitrate de la source des anciennes brasseries  
(Tramont-Saint-André - 54)

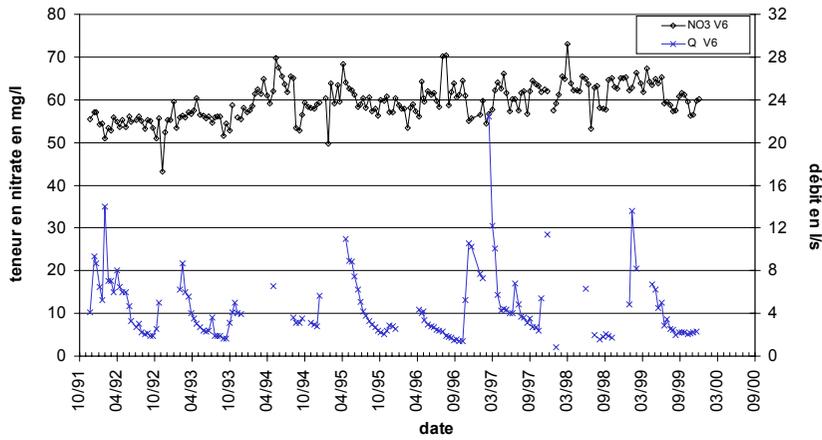


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Rognot l'Huillier  
(Vicherey - 88)

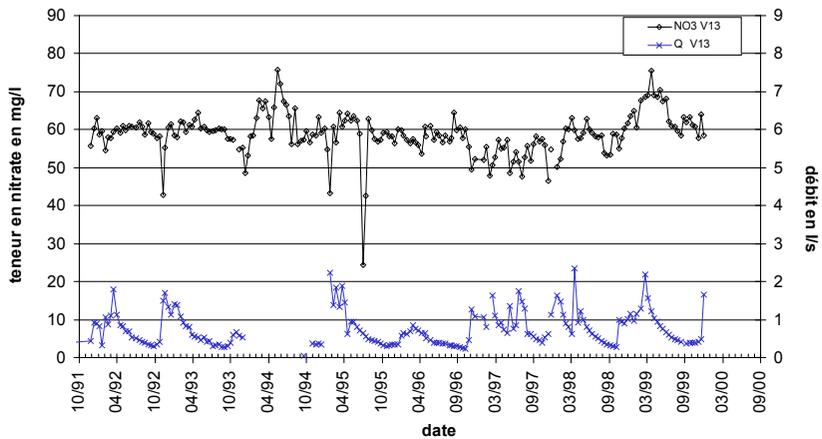


# HAUT-SAINTOIS

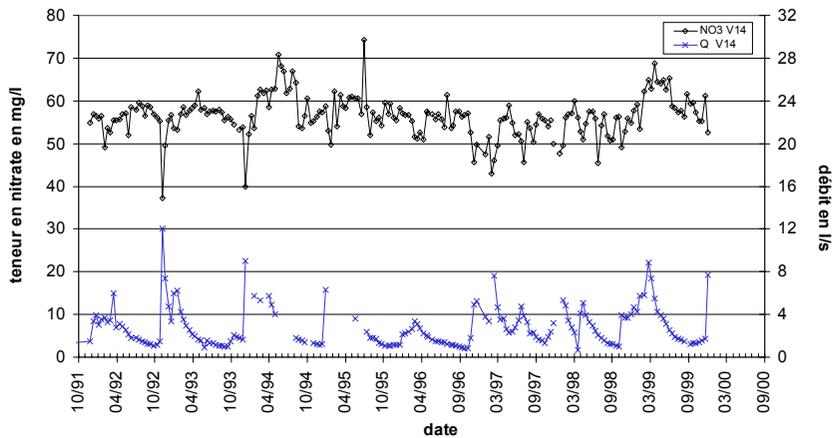
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Morley  
(Soncourt - 88)



Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de Laveau bas  
(Vicherey - 88)

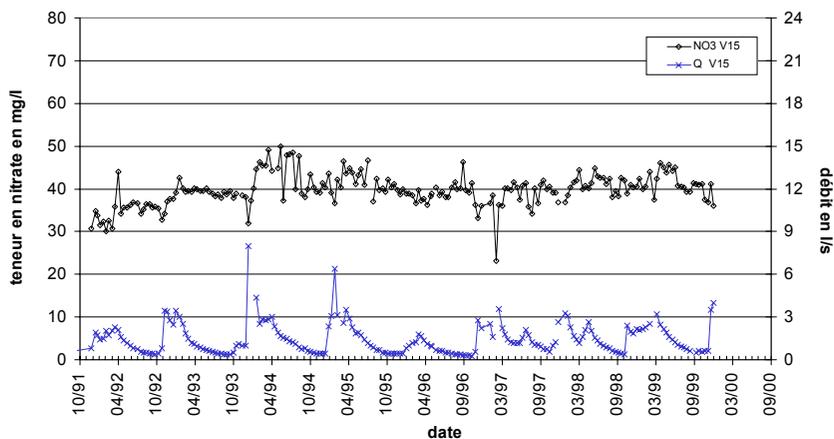


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de Laveau haut  
(Vicherey - 88)

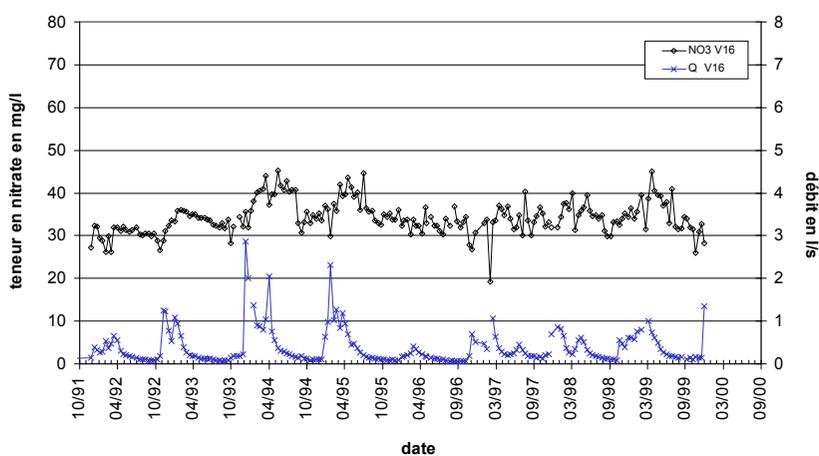


# HAUT-SAINTOIS

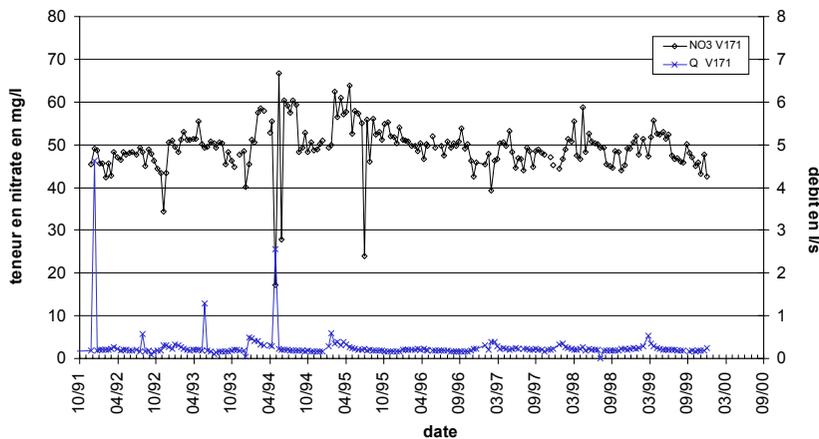
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Dureau grosse (Vicherey - 88)



Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Dureau petite (Vicherey - 88)

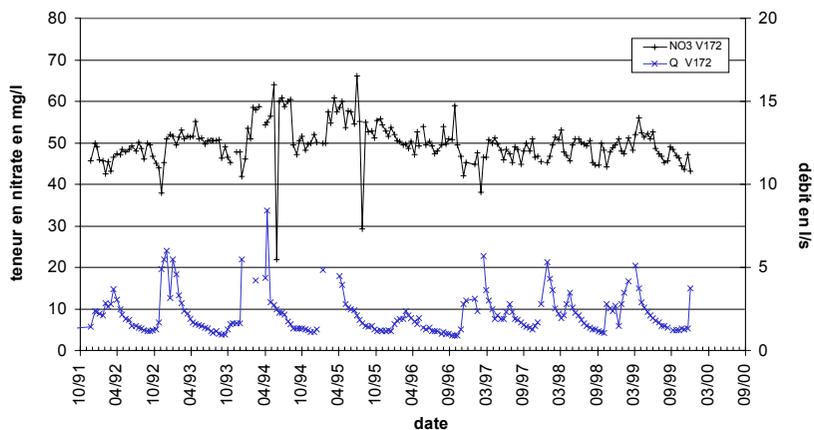


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Rochotte 1 (Beuvezin - 54)

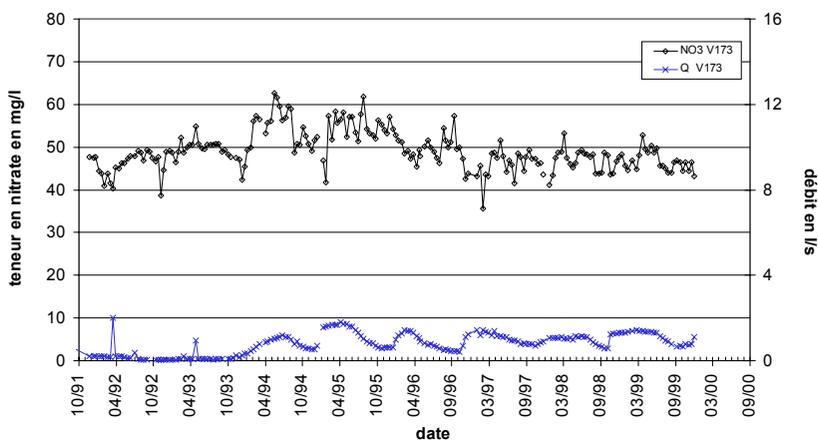


# HAUT-SAINTOIS

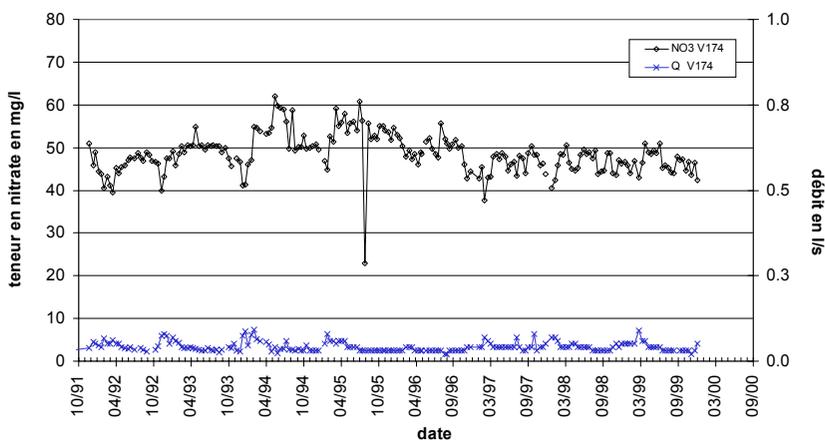
## Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Rochotte 2 (Beuvezin - 54)



## Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Rochotte 3 (Beuvezin - 54)

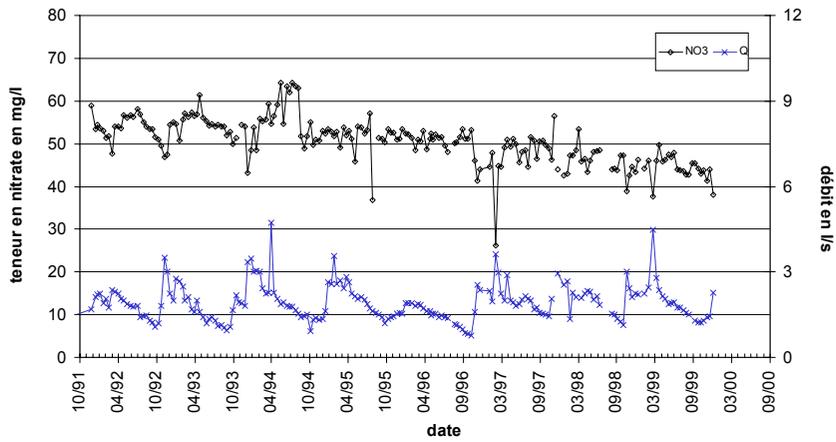


## Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Rochotte 4 (Beuvezin - 54)

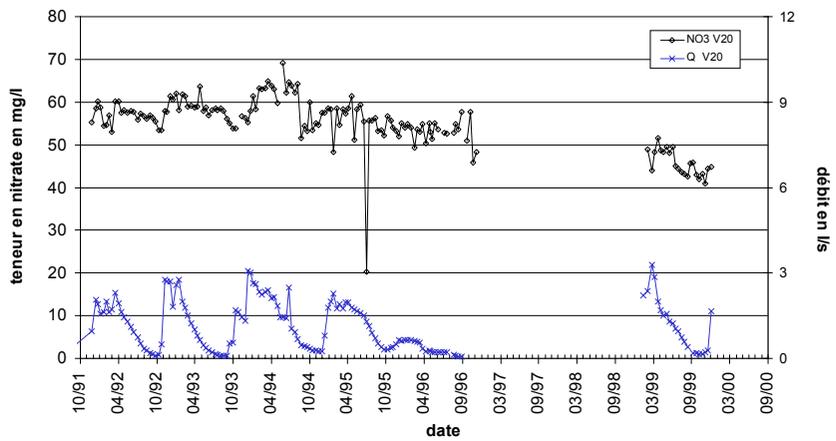


# HAUT-SAINTOIS

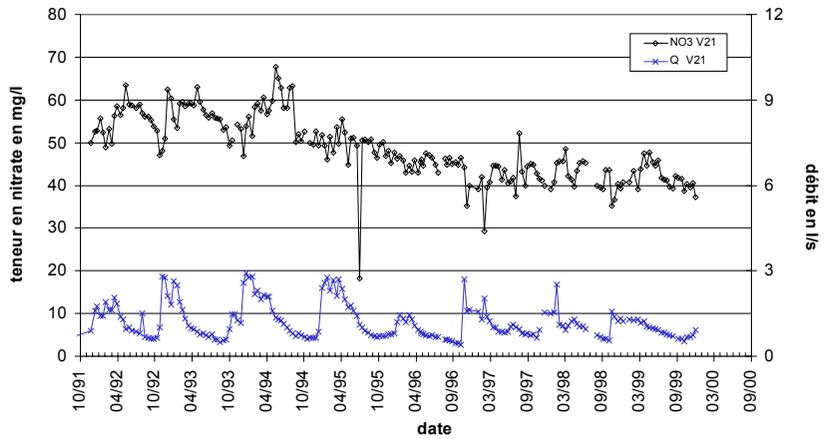
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Vieille Route  
(Grimonviller - 54)



Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Grande Route  
(Grimonviller - 54)

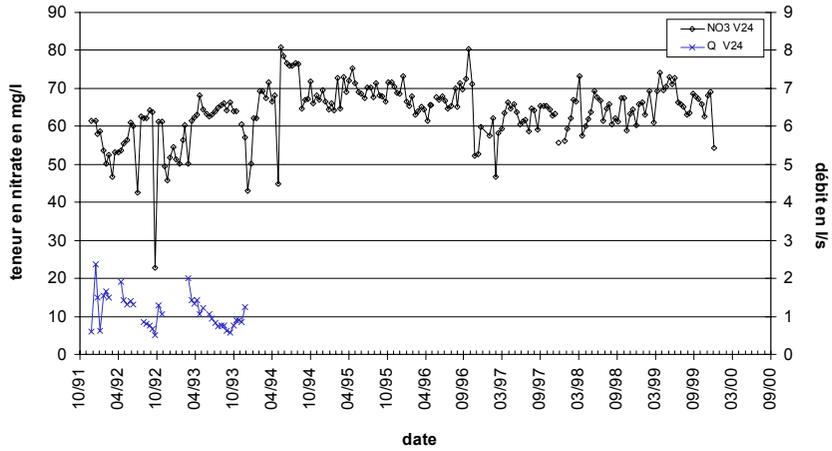


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source des Conrottes  
(Grimonviller - 54)

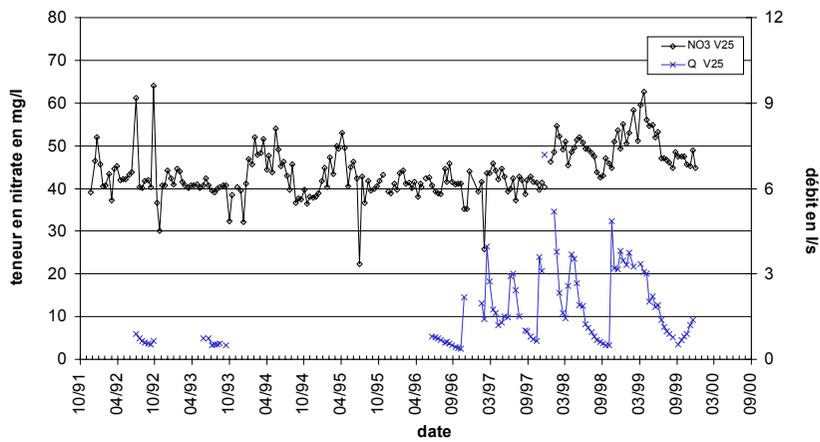


# HAUT-SAINTOIS

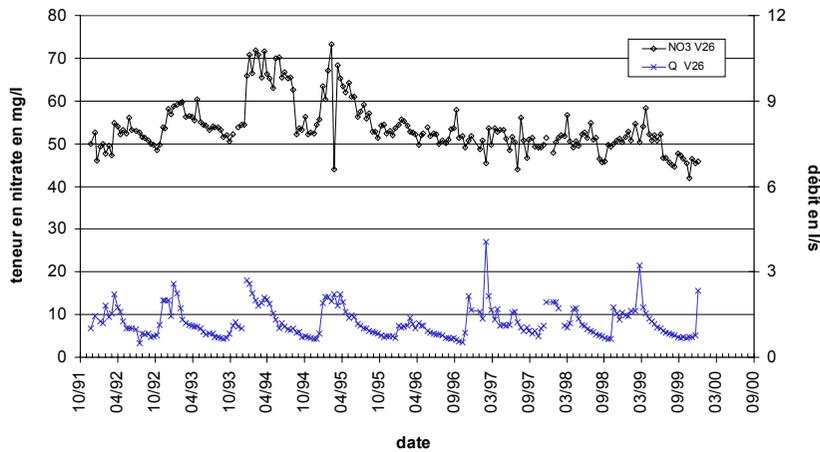
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de Malinvezey  
(Beuvezin - 54)



Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Les Puits  
(Beuvezin - 54)

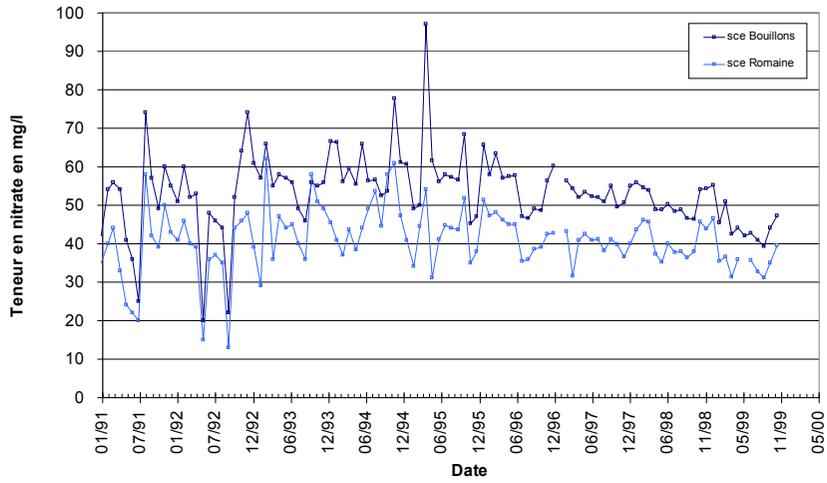


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Village  
(Beuvezin - 54)

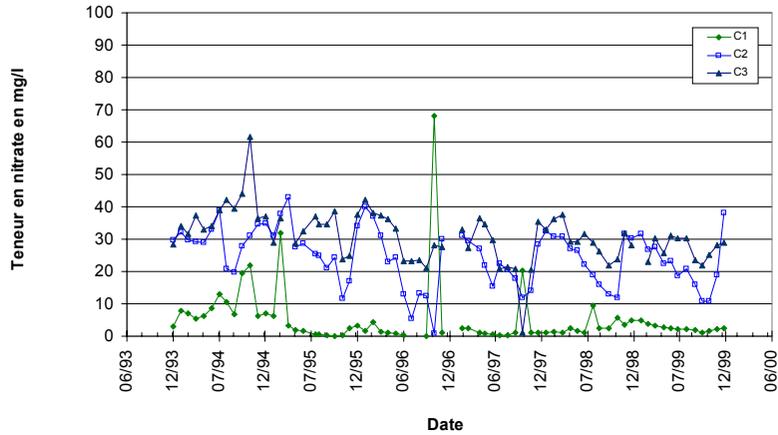


# GORZE

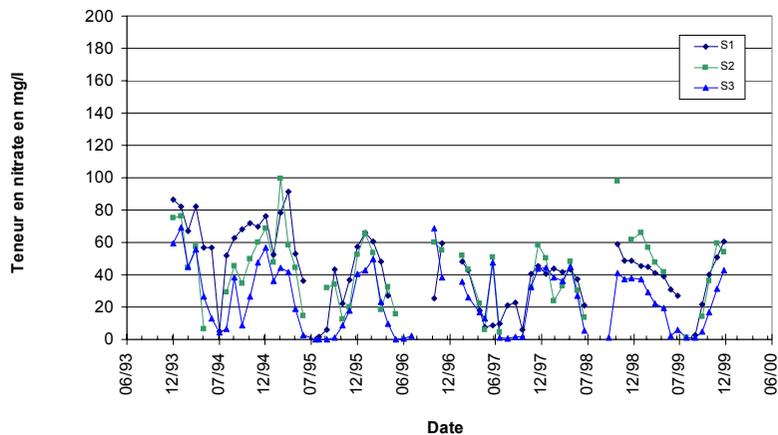
Evolution des teneurs en nitrate de la source des Bouillons et de la source Romaine (Gorze - 57))



Evolution des teneurs en nitrate dans les captages C1, C2 et C3 du réseau de surveillance de la nappe de Gorze

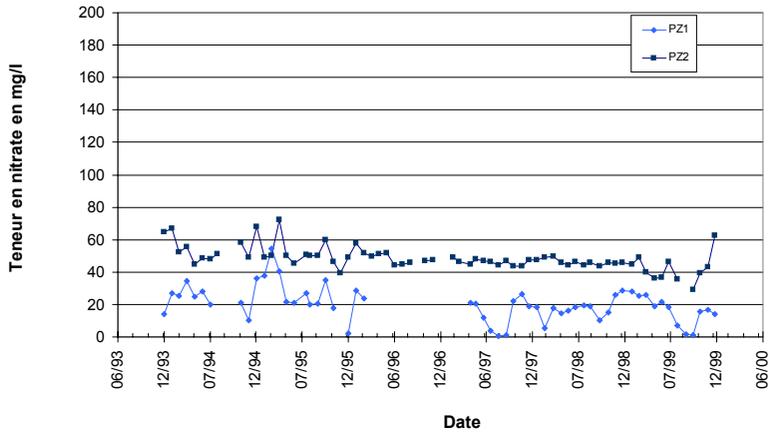


Evolution des teneurs en nitrate dans les ruisseaux S1, S2 et S3 du réseau de surveillance de la nappe de Gorze

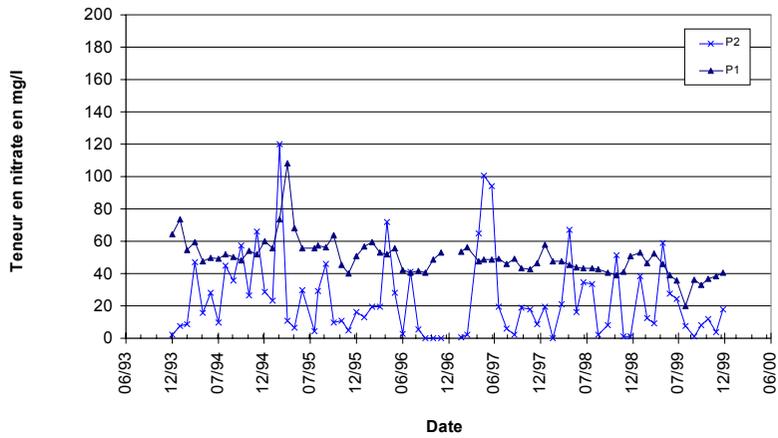


# GORZE

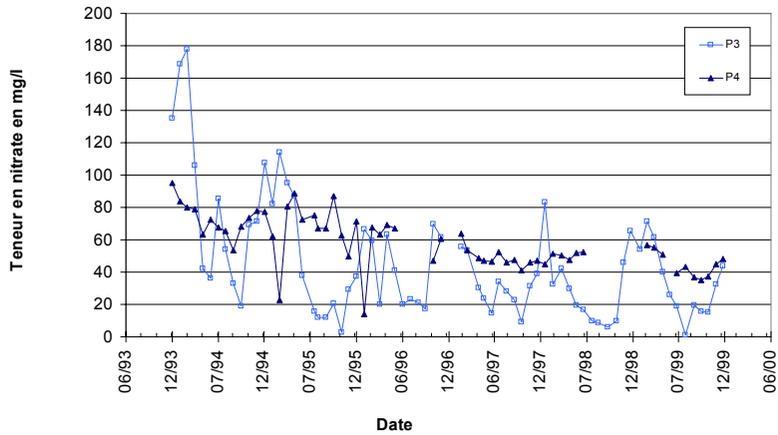
Evolution des teneurs en nitrate dans les piézomètres PZ1 et PZ2  
du réseau de surveillance de la nappe de Gorze



Evolution des teneurs en nitrate dans les puits P1 et P2  
du réseau de surveillance de la nappe de Gorze

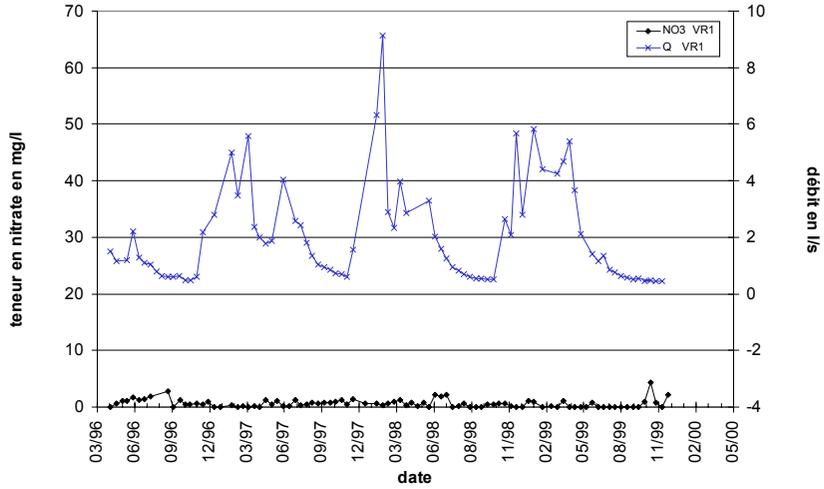


Evolution des teneurs en nitrate dans les puits P3 et P4  
du réseau de surveillance de la nappe de Gorze

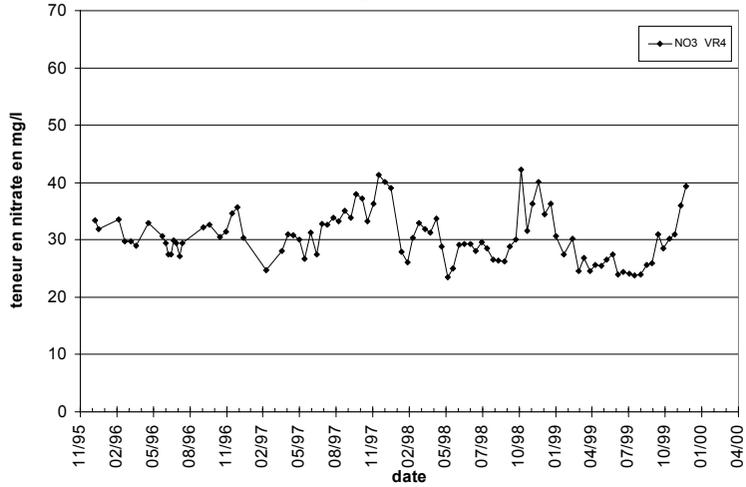


# FERTI-OUEST

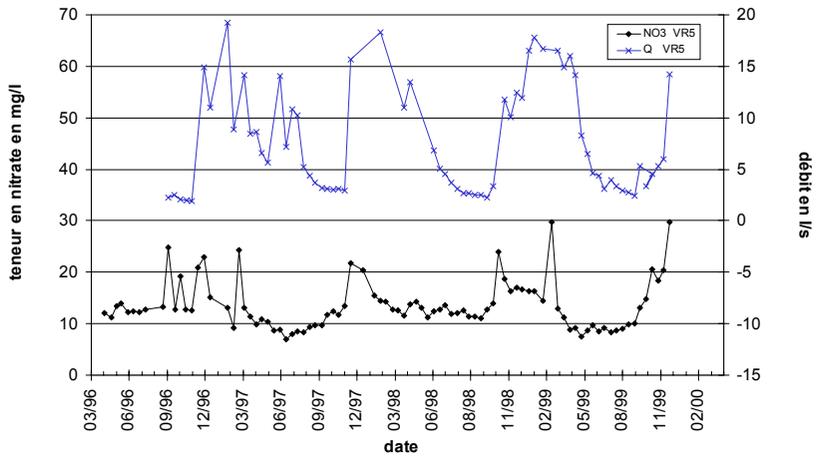
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Naburnessart (Beaufremont - 88)



Evolution de la teneur en nitrate de la source la Chavée (Attignéville - 88)

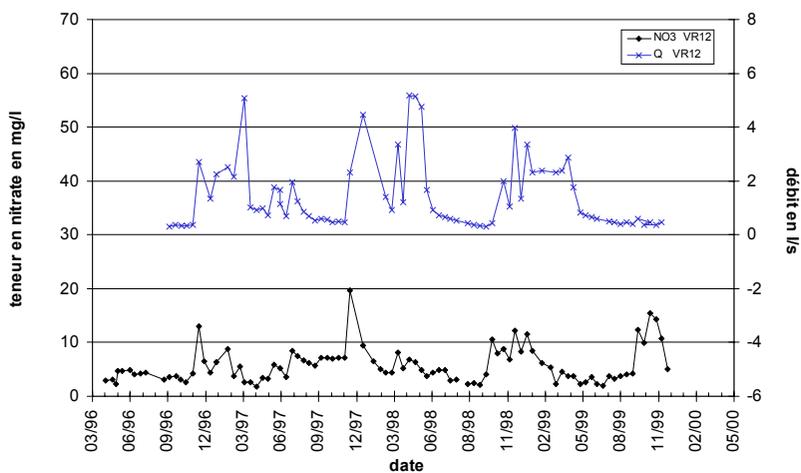


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source Notre-Dame de la Pitié (Jainvillotte - 88)

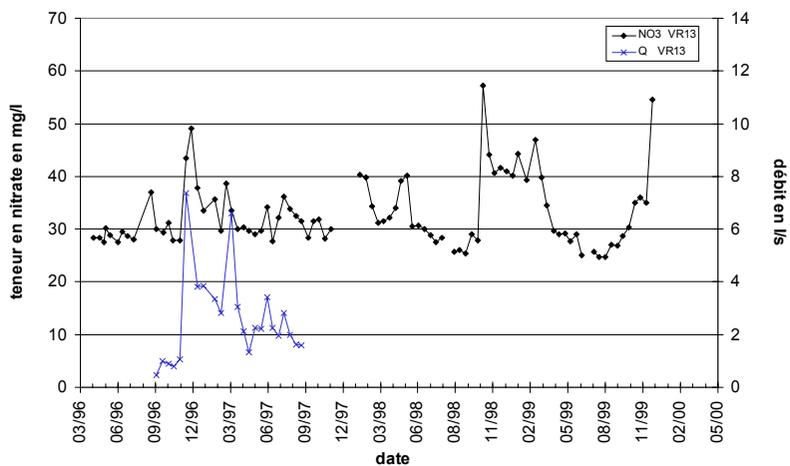


# FERTI-OUEST

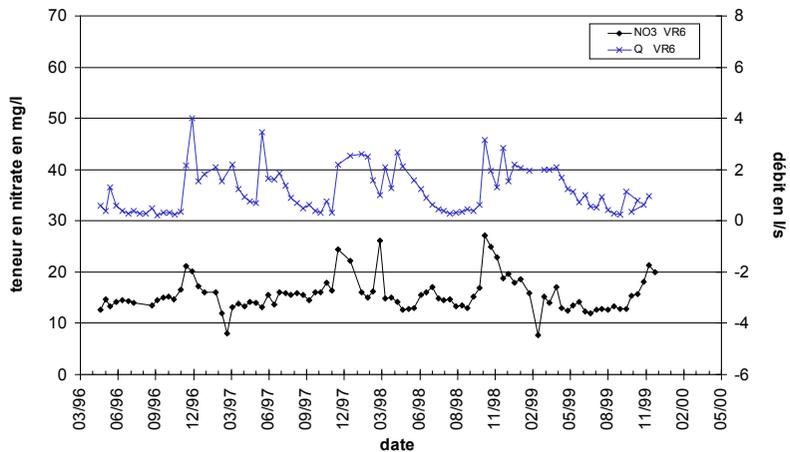
## Evolution de la teneur en nitrate de la source de la Gripotte (Pompierre - Vosges)



## Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source des Longues raies (Pompierre - 88)

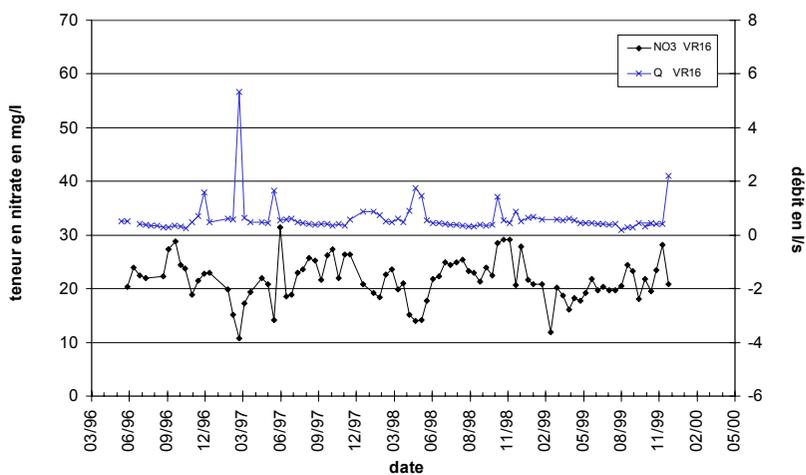


## Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de l'Etanchotte 1 (Landaville - 88)

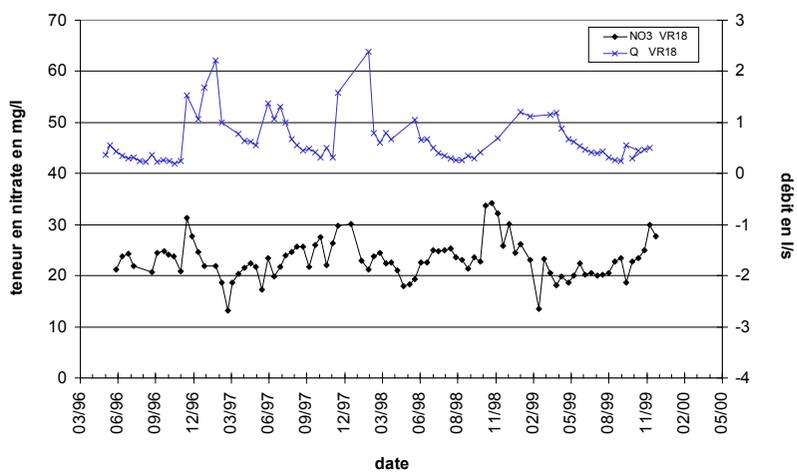


# FERTI-OUEST

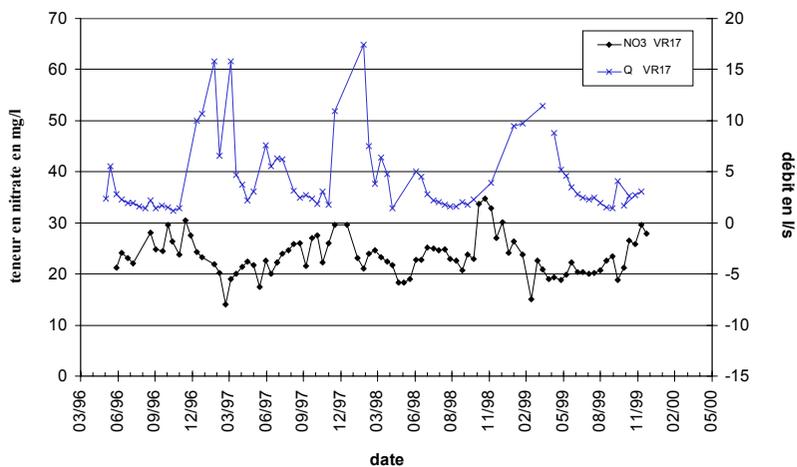
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de L'Etanchotte 4 (Landaville - 88)



Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de l'Etanchotte 2 petite (Landaville - 88)

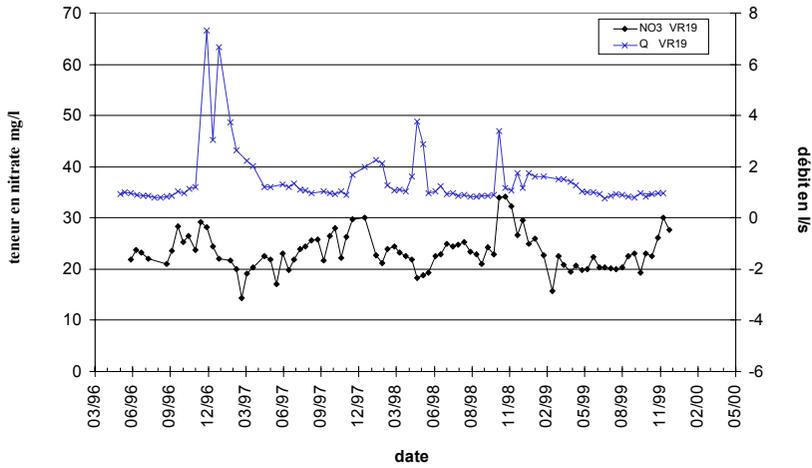


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de l'Etanchotte 2 grosse (Landaville - 88)

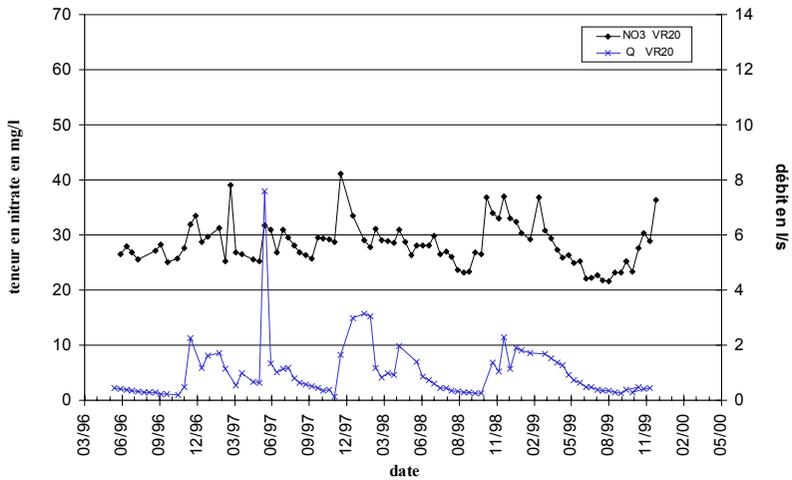


# FERTI-OUEST

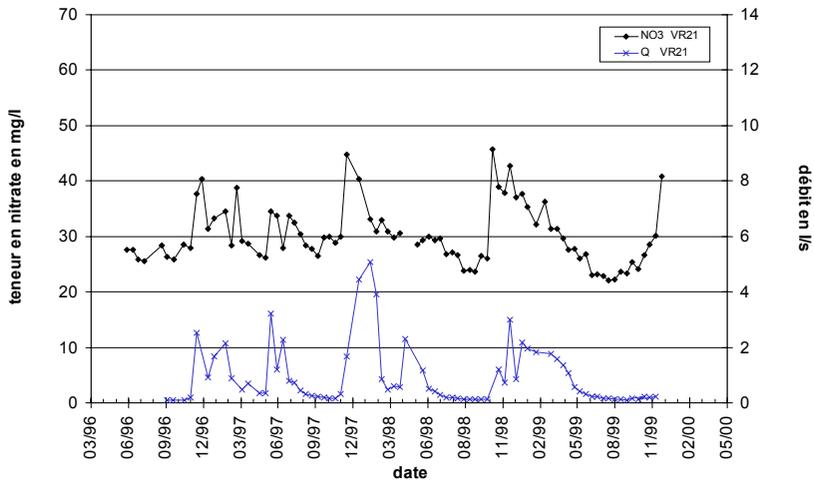
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de l'Etanchotte 3 (Landaville - 88)



Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de Haie la truie 1 (Lemmecourt - 88)

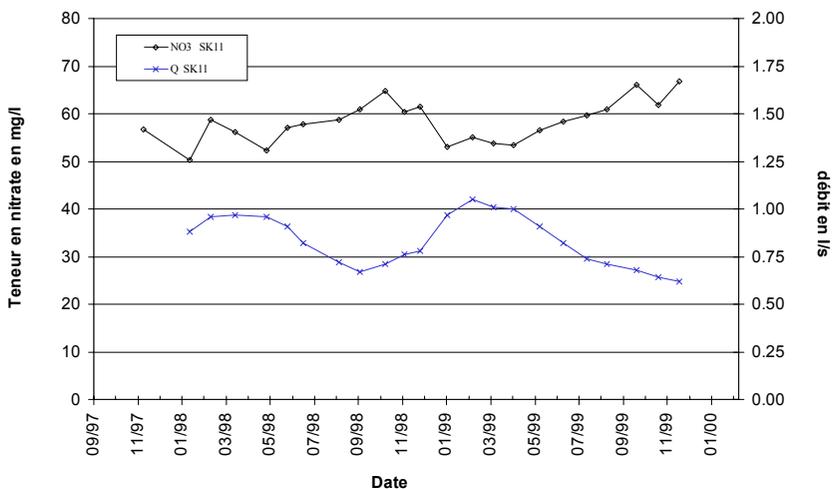


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de Haie la truie 2 (Lemmecourt - 88)

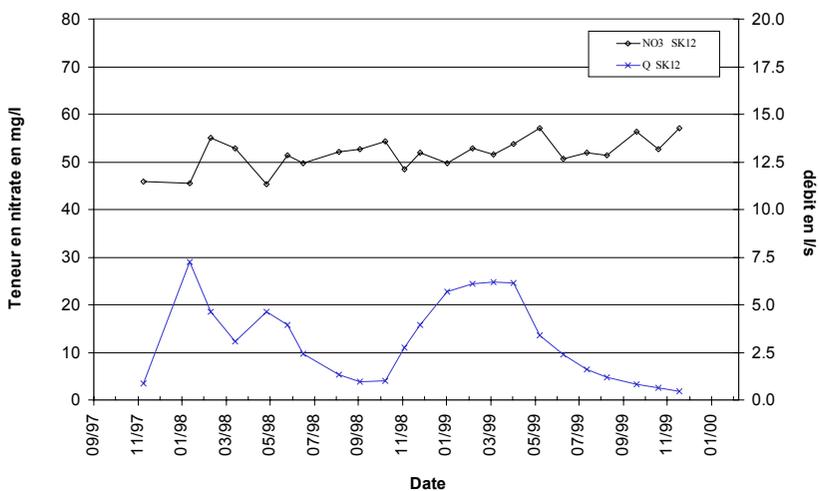


# SIERCK

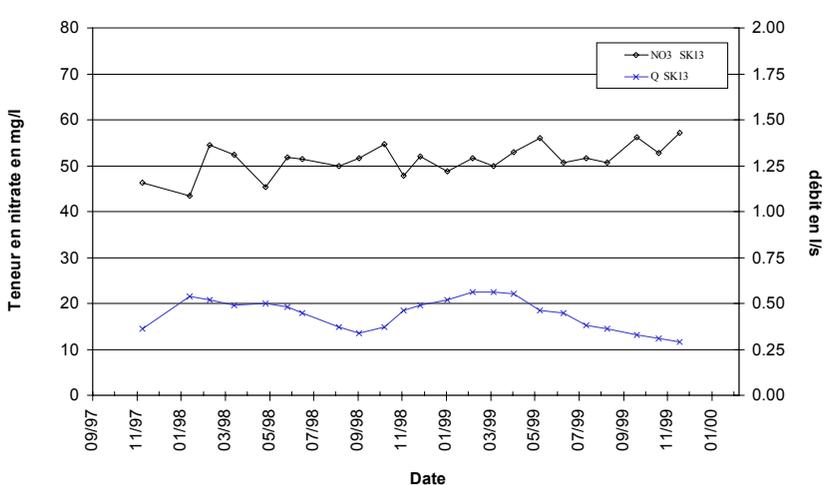
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de Burre 1  
(Rustroff - 57)



Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de Burre 2  
(Rustroff - 57)

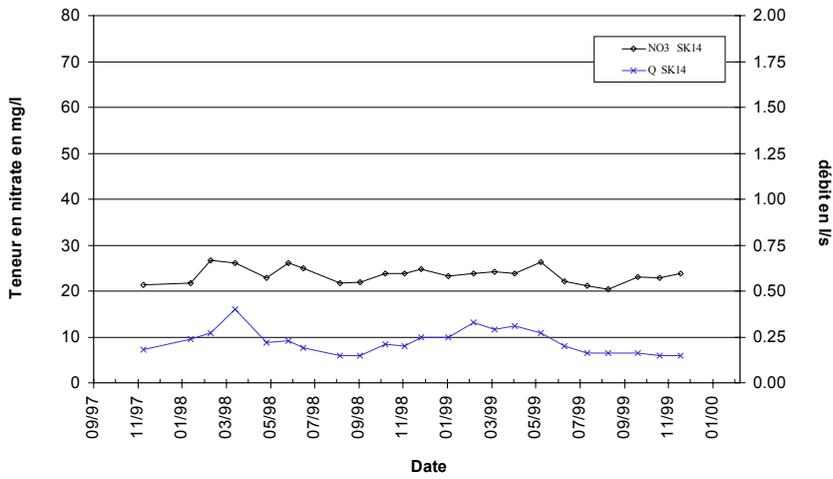


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de Burre 3  
(Rustroff - 57)

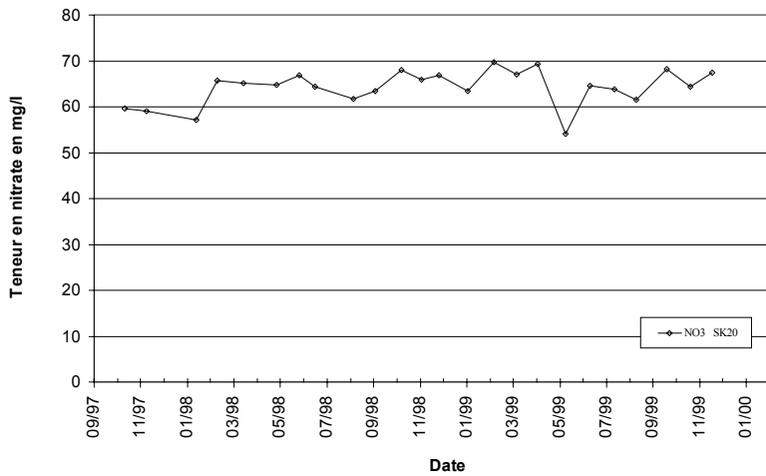


# SIERCK

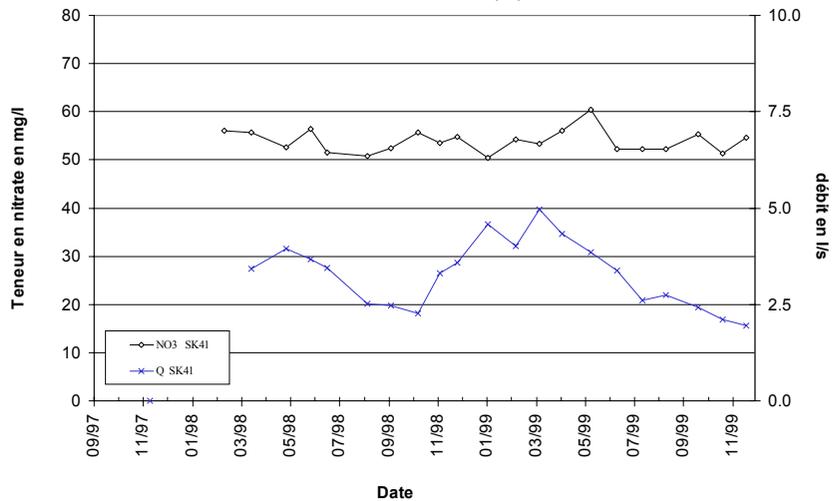
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source de Burre 4 (Rustroff - 57)



Evolution de la teneur en nitrate de la source de Bingenesser (Rustroff - 57)

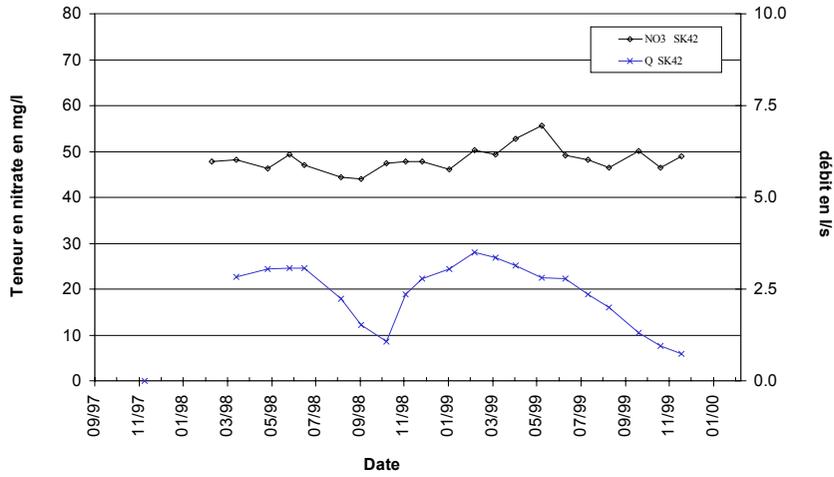


Evolution de la teneur en nitrate et de débit de la source 1 de Kirsch-les-Sierck (57)

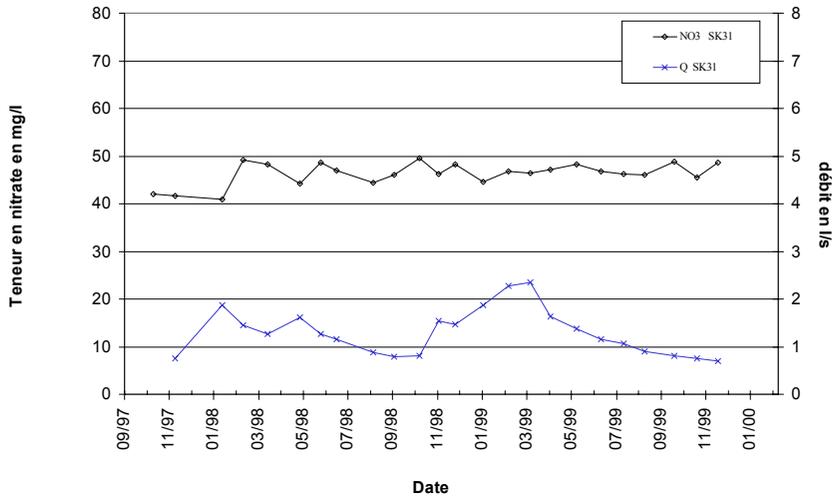


# SIERCK

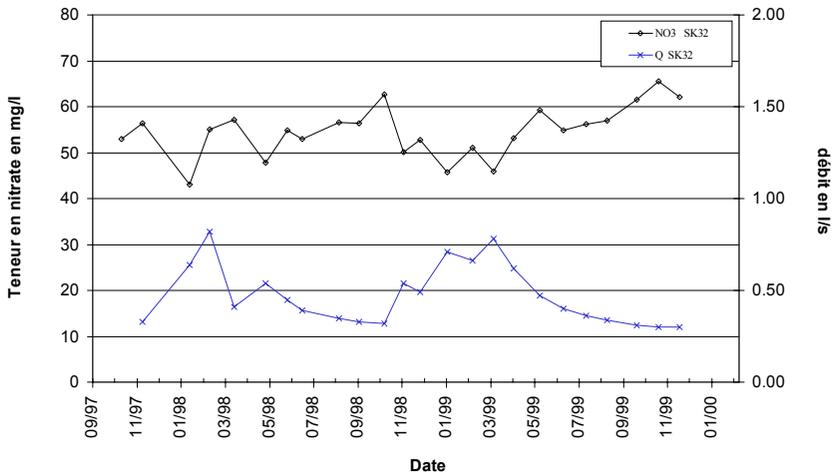
Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source 2 de Kirsch-les-Sierck (57)



Evolution de la teneur en nitrate de la source 1 de Monténach (57)

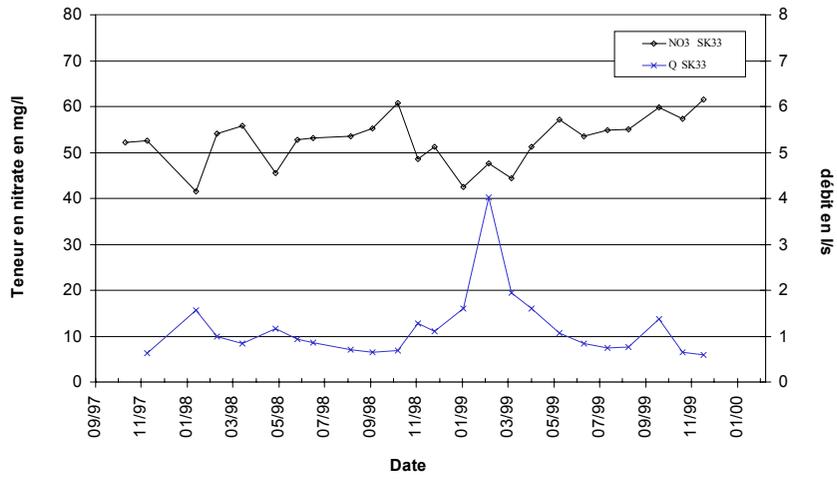


Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source 2.1 de Monténach (57)



# SIERCK

Evolution de la teneur en nitrate et du débit de la source 2.2 de Montenach (57)



## RESUME

Quel est l'impact des opérations FERTI-MIEUX de Lorraine sur la qualité des eaux souterraines ? Pour répondre à cette question, la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine et la Station INRA SAD de Mirecourt ont conduit une étude originale abordant les opérations FERTI-MIEUX en terme de résultats. Quatre opérations, visant à préserver la qualité des eaux souterraines de formations aquifères calcaires, ont donc été évaluées sur le plan agronomique et environnemental. L'itinéraire méthodologique repose sur une approche rétrospective de la qualité de l'eau sur ces sites, l'analyse de l'évolution des pratiques agricoles liées au cycle de l'azote sur de nombreux bassins d'alimentation et l'observation mensuelle ou bimensuelle de la teneur en nitrate des eaux à partir d'un réseau comportant une quarantaine de captages AEP. Ce réseau a également permis de mener un suivi hydrologique par un jaugeage du débit des sources.

L'objectif d'une opération FERTI-MIEUX est de limiter les risques de lixiviation du nitrate en faisant adopter de nouvelles pratiques tout en préservant le revenu des agriculteurs. A partir de l'analyse des données agronomiques fournies par les CDA et d'enquêtes en exploitation agricole, nous constatons que globalement les pratiques ont favorablement évolué, en particulier au sein des plus anciennes opérations. Nous assistons à des réductions des doses d'engrais minéraux et/ou à une diminution des apports de matière organique, en particulier grâce à l'exportation des fumiers vers les surfaces en herbe. Les conseils techniques FERTI-MIEUX, basés sur la prise en compte des potentialités agro-climatiques et appuyés sur les résultats des parcelles de démonstration ont ainsi permis d'ajuster les doses de fertilisants azotés. Avec l'adoption des cahiers des charges MAE « réduction d'intrants », cela a conduit à des baisses encore plus importantes des apports d'azote et par conséquent des balances azotées. En outre, la gestion de l'interculture et la révision des dates et nombre d'apports azotés ont permis d'aboutir à des séquences techniques limitant les risques de perte en azote vers les nappes.

La mise en relation des pratiques agricoles avec l'évolution des teneurs en nitrates des nappes se heurte à certains obstacles, en particulier l'influence prépondérante des facteurs climatiques. Le recours à des chroniques d'observation étendues est donc indispensable pour montrer l'impact des changements de pratiques agricoles. Ainsi, par l'analyse des données d'observation, nous avons montré l'efficacité environnementale de ces actions qui dans de nombreux cas ont permis d'enrayer l'augmentation des teneurs en nitrates des eaux et dans certains cas d'inverser les tendances. Cette reconquête de la qualité de l'eau démontre l'intérêt d'actions collectives et volontaires en tant que solution agronomique à la pollution diffuse des eaux par le nitrate.

## MOTS CLES

Gestion agro-environnementale, action de conseil, pratiques agricoles, pollution diffuse, nitrate, eaux souterraines, bassin d'alimentation