Le bassin du Ruiné (Charente), synthèse des observations 1991-1997

Françoise Vernier, Fabrice Levert, L. Gutzler, J.F. Dubernet, François Delmas, Bertrand Pinel

▶ **To cite this version:**

Françoise Vernier, Fabrice Levert, L. Gutzler, J.F. Dubernet, François Delmas, et al.. Le bassin du Ruiné (Charente), synthèse des observations 1991-1997. irstea. 1999, pp.105. hal-02578013

HAL Id: hal-02578013
https://hal.inrae.fr/hal-02578013

Submitted on 14 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

99/0110

Cemagref

LA RECHERCHE POUR L'INGENIERIE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ENVIRONNEMENT

U.R. Agriculture et Dynamique de l'Espace Rural

U.R. Qualité des eaux

Groupement de Bordeaux

LE BASSIN DU RUINE (CHARENTE) SYNTHESE DES OBSERVATIONS 1991-1997

(RAPPORT D'ETAPE)

U.R. ADER :
Françoise VERNIER, Fabrice LEVERT, Laetitia GUTZLER

U.R. QE :
Jean-François DUBERNET, François DELMAS, Bertrand PINEL

Groupement de Bordeaux
50, Avenue de Verdun
33612 CESTAS Cedex

Avril 1999

TITRE (F.) :
LE BASSIN DU RUINE (CHARENTE),
SYNTHESE DES OBSERVATIONS 1991-1997

TITLE (En.) :
THE WATERSHED OF RUINE (CHARENTE, FRANCE),
SYNTHESIS OF THE OBSERVATIONS 1991-1997

RESUME (F.) : Ce rapport fait le bilan de 7 années d'études sur un petit bassin versant agricole (530 ha) situé en Charente. Après une présentation générale, un état complet et évolutif des pratiques agricoles est présenté ainsi que les résultats issus des analyses de la qualité de l'eau du ruisseau drainant. Les observations concernent les relations entre pratiques agricoles et transfert des produits phytosanitaire en intégrant largement les facteurs climatiques. Une méthode originale de détermination des zones sensibles vis à vis du risque de transfert d'herbicides est également exposée.

RESUME (En.) : This report makes the synthesis of a 7 year study of a little watershed (530 ha) located in the french administrative area Charente. An evolutive state of agricultural practices and results concerning the water quality of the stream is presented, allowing instructive observations on the relationships between agricultural practices and pesticides transfers integrating climatic conditions. A new method of sensitive areas location in relation to herbicides transfers is exposed.

MOTS CLES :
- Produits phytosanitaires
- Transferts
- Pratiques agricoles
- Analyse spatiale
- Zones sensibles
- pollution
- Qualité des eaux
- Triazines, Phénylurées
- Nitrates, Phosphates

KEYWORDS :
- Pesticides
- transfers
- Agricultural practices
- Spatial analysis
- Sensitive area
- pollution
- water quality
- triazine, phenylurea
- nitrogen, phosphate

SOMMAIRE

PREAMBULE 3

I PRESENTATION DU SITE 5

1 DESCRIPTION GÉNÉRALE ET LOCALISATION 6
2 TOPOGRAPHIE 6
3 GÉOLOGIE 7
4 PÉDOLOGIE 8
5 HYDROGÉOLOGIE 9
6 CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES : 10
7 ACTIVITÉS HUMAINES ET OCCUPATION DES SOLS : 10
8 REPRÉSENTATIVITÉ DU BASSIN 10
9 MÉTHODOLOGIE 13

II RESULTATS 1991-1997 15

1 CLIMATOLOGIE 16
2 HYDROLOGIE 18
3 LES PRATIQUES AGRICOLES 22
3.1 les exploitations *22*
3.2 parcellaire, assolements et rotations culturales *25*
3.3 itinéraires techniques des principales cultures *30*
3.4 Les phytosanitaires *33*
3.4.1 Apports en produits phytosanitaires 33
a. Apports en herbicides 33
b. Insecticides 38
c. Fongicides 41
3.4.2 Définition de zones homogènes vis à vis du risque de transfert d'herbicides dans le bassin versant du Ruiné : premiers résultats et discussion 43
a. Objectifs 43
b. Méthode 43
c. Résultats et discussion 45
3.4.3 Les produits phytosanitaires dans les eaux 50
a. Les phényl-urées 50
b. Le diuron 50
c. L'isoproturon 52
d. Le linuron 54
e. Les triazines 55
3.4.4 Conclusions 69
3.5 fertilisants *70*
3.5.1 L'AZOTE 70
a. Apports en azote 70
b. Les nitrates dans les eaux 72
3.5.2 LE PHOSPHORE 81
a. Apports en phosphore 81
b. Phosphore dans les eaux 83

III CONCLUSIONS - PERSPECTIVES 85

IV REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 86

V ANNEXES 88

PREAMBULE

L'agriculture pratiquée de nos jours nécessite pour son développement l'utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires. Le rôle des intrants agricoles dans la dégradation de la qualité des eaux n'est pas négligeable. Le maintien d'une production agricole de qualité et de la préservation de l'environnement doit prendre en compte de manière accrue l'intégration de critères environnementaux dans les projets d'aménagement et de gestion.

Dans une démarche de diagnostic, le degré de la contamination de l'eau engendrée par les pratiques agricoles peut être appréhendé par les approches suivantes :

- ⇒ la surveillance de la qualité de l'eau (méthode basée sur les référentiels de données observées),
- ⇒ des méthodes statistiques de généralisation des données acquises,
- ⇒ l'utilisation de modèles mathématiques empiriques ou déterministes, globaux ou distribués (à terme, méthode prédictive).

Pour ce qui est de la caractérisation des pratiques (pour les zones ateliers comme le bassin versant du Ruiné) ou des systèmes (au niveau de grands bassins versants) la démarche méthodologique s'établit comme suit:

- ⇒ au niveau des zones ateliers , connaissance fine des pratiques agricoles(enquêtes parcellaires),
- ⇒ aux échelles de grands bassins versants , typologie de pratiques (enquêtes au niveau d'un échantillon représentatif d'exploitations, données statistiques) avec une démarche de spatialisation,
- ⇒ dynamique d'occupation du sol en utilisant le traitement d'images et la télédétection (images SPOT ou Landsat selon le cas)
- ⇒ utilisation de bases de données spatialisées et du SIG – assemblage de données multi-sources, définition d'indicateurs, production de zonages
- ⇒ méthodes de changement d'échelle sous-bassins / grand bassin versant transférable à d'autres territoires (comment utiliser les connaissances acquises au niveau des sites ateliers pour définir des indicateurs pertinents à plus petite échelle)

Dans le but premier de compréhension des déterminismes d'élaboration des flux de pesticides à l'échelle d'un bassin versant, le Cemagref a développé depuis 1991 des travaux d'acquisition de connaissance visant à comprendre l'influence du contexte pédo-climatique, de l'occupation des sols, des pratiques agricoles sur les flux et bilans de polluants dans le système hydrographique de surface.

Pour conduire ces travaux de recherche, le Cemagref s'est placé dans une position d'observateur ne cherchant pas à influencer les acteurs de terrain que sont les agriculteurs, mais tentant de comprendre les mécanismes et les ordres de grandeur des fluctuations rencontrées, à des fins de connaissance

fondamentale et, à terme, plus appliquée. Pour ce faire, il a instrumenté un Bassin Versant de Recherche et de d'Expérimentation, le B.V.R.E. du Ruiné, aux fins de mesures hydrologiques d'une part, et de mesures et analyses de qualité des eaux d'autre part. Il a été soutenu pour ce faire par divers financements de durée limitée étant désormais arrivés à leur terme (Contrat de Plan Poitou-Charente via IFREMER/CREMA L'Houmeau, 2 programmes Européens FAR AQ 2500 et AIR 3, Zone Atelier Charente 1996/97 du GIP Hydrosystèmes).

Compte-tenu de la chronique inter-annuelle et des connaissances sur les pratiques agricoles acquises, il devient possible pour l'avenir d'envisager un objectif plus appliqué consistant à évaluer, par rapport au jeu de données existant, l'influence de méthodes et techniques ayant des chances d'aboutir à un meilleur contrôle des pollutions par les intrants agricoles et notamment les produits phytosanitaires.

I PRESENTATION DU SITE

1 Description générale et localisation

Le bassin versant du Ruiné d'une superficie de 5,5 km^2 pour une surface agricole utile de 4,7 km^2, est situé en Charente entre, au nord Barbezieux, au sud Angoulême et à l'est Cognac. Si le bassin du Ruiné se situe administrativement sur les territoires des communes d'Aubeville et de Blanzac, seules 24 fermes isolées du bourg d'Aubeville y sont localisées qui regroupent 150 habitants.
Le Ruiné est un petit cours d'eau de 6,5 km de long. C'est un affluent rive droite du Né lui-même affluent rive gauche du fleuve Charente en aval de Cognac à la frontière entre les départements de Charente et Charente-Maritime (Figure 1).

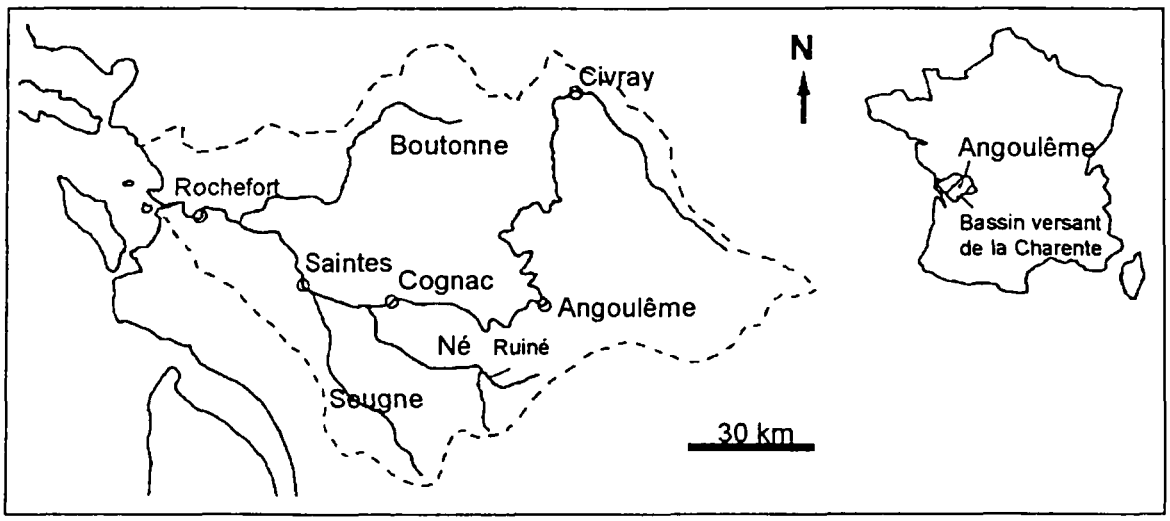


Figure 1 Localisation du bassin du Ruiné

2 Topographie

Le Ruiné coule depuis 145 m, altitude de sa plus haute source à l'Est, jusqu'à 51 m, son altitude au confluent avec le Né, à l'Ouest. La ligne de crête atteint 158 m dans la partie la plus amont du bassin versant. Ce dernier présente une inclinaison de l'Est vers l'Ouest avec une déclivité moyenne de 1,6 % et une certaine dissymétrie de ses versants :

- **le versant Nord,** plus étroit, est caractérisé par un relief plus accentué avec une pente pouvant atteindre 12 %, du ruisseau à la ligne de crête;

- **le versant Sud,** plus large, présente des terrasses que le ruisseau a dessinées au cours du temps. Le relief est vallonné et loin d'être homogène du fait de la présence de petites vallées creusées par les filets d'eau provenant des différentes sources du Ruiné. Une coupe transversale de ces vallées fait apparaître des pentes approchant les 15 % dans certains endroits.

La dissymétrie des versants proviendrait d'une dérive vers le Nord du cours d'eau, dérive qui se serait produite au Quaternaire ancien (2 millions d'années) [BRGM, 1980]. Cette dérive vers le Nord est classique puisqu'on la retrouve sur d'autres cours d'eau de la région orientés Est-Ouest.

3 Géologie

Le Ruiné s'inscrit sur le versant Ouest d'un petit anticlinal orienté Nord-Sud passant par, Blanzac et Mainfonds, à la limite Est du bassin versant. Ce petit anticlinal se situe en fait en limite Nord-Est d'une structure beaucoup plus vaste, le synclinal de Saintes-Barbezieux, d'axe Nord-Ouest Sud-Est.
Les roches en présence font partie de couches crayeuses à faibles pendages datant du Crétacé supérieur (-100 à -65 millions d'années), plus précisément du Campanien 1, 2 et 3 (Carte 1). Ces distinctions faites au sein du Campanien reposent sur une biozonation caractérisée par la présence ou l'absence de certains foraménifères benthiques (Figure 2). Ces trois couches ont une épaisseur d'environ 120 à 140 m. Le Campanien 2 qui couvre environ 290 ha dans notre zone d'étude, prédomine.

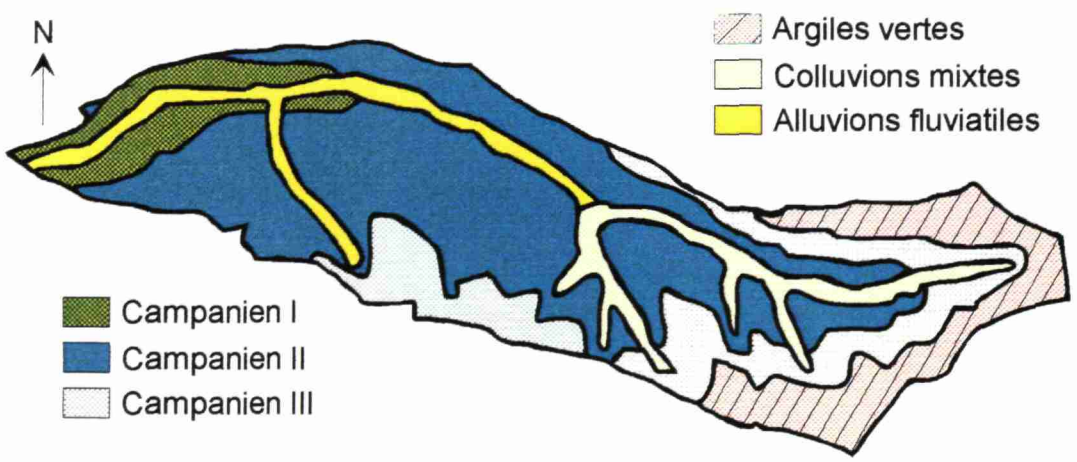
↳ **le Campanien 1** : constitué de calcaire crayo-marneux tendre peu argileux (18 % d'argile en moyenne), il affleure dans la partie aval du ruisseau;

↳ **le Campanien 2** : calcaire crayo-marneux et crayeux piqueté de glauconie. Cette couche présente une alternance de couches dures et de couches tendres à l'origine d'une cuesta. Les teneurs en argiles varient de 16 à 22 %;

↳ **le Campanien 3** : composé de calcaire crayo-marneux et de marnes présentant une alternance de couches dures et tendres contenant un taux d'argile dépassant par endroit 50 %. Ce Campanien 3 entoure toute la moitié Est du bassin versant, il affleure sur 80 ha;

↳ **les Argiles vertes à grises à débris de calcaires silicifiés** : résultant de l'altération sur place des calcaires crayeux du Campanien 3, leur formation a commencé au début du Tertiaire. Elles forment une couche de quelques mètres d'épaisseur qui affleure à l'Est aux altitudes les plus élevées du bassin versant;

↳ **les Alluvions et Colluvions** tapissent le fond des cours d'eau, présents et anciens, sur une surface d'environ 60 ha et sont composés de sables limoneux et de débris du crétacé supérieur remanié.
Une coupe géologique réalisée dans la partie centrale du bassin versant permet de mieux visualiser la concordance des différentes couches géologiques. Au cours du temps, une érosion sur des roches de duretés différentes a conduit à la formation de cuestas, dont l'une d'elles, cuesta du Campanien 2-3 fait face au Ruiné lorsqu'il se jette dans le Né. Par ailleurs, l'alternance de couches de perméabilité différente est à l'origine de l'apparition des sources qui alimentent le ruisseau du Ruiné. Les calcaires campaniens sont peu perméables mais poreux (15 à 25 %) [Ansel et Huet, 1992] et constituent donc des réserves importantes d'eau qui dispensent la plupart des agriculteurs d'irriguer leurs cultures.



Carte 1 Carte géologique du bassin du Ruiné

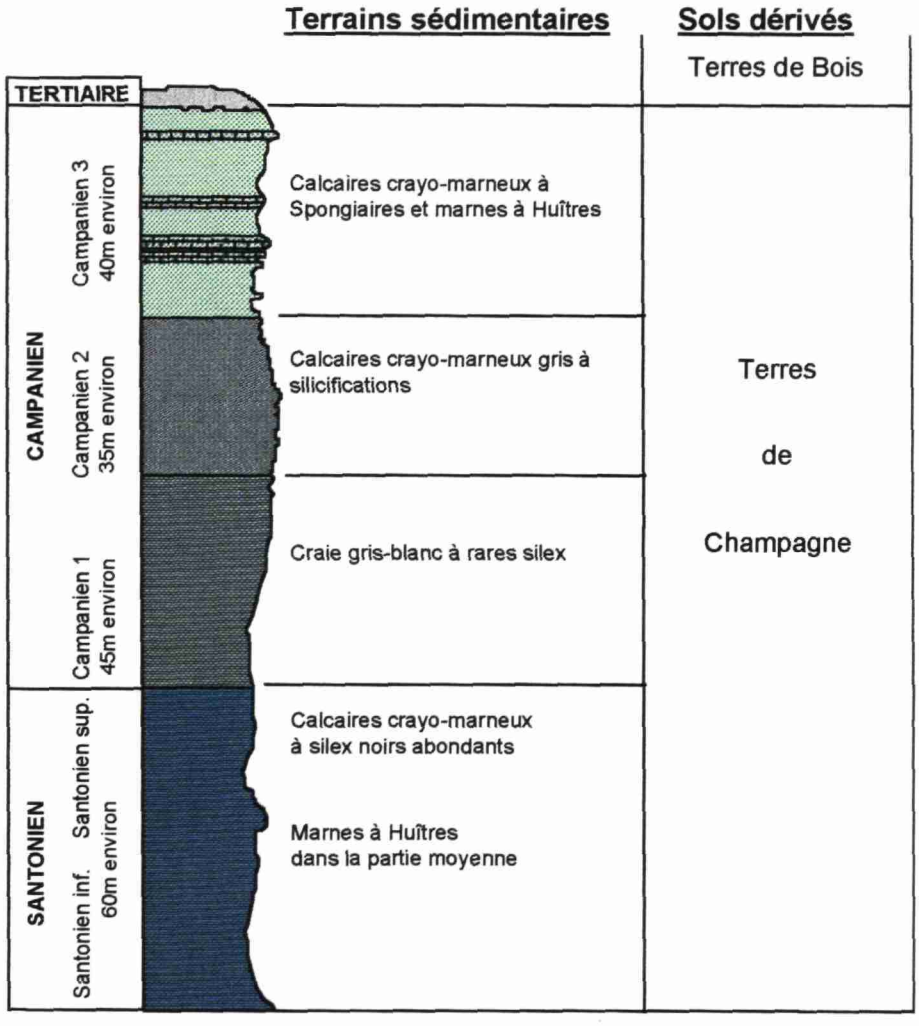


Figure 2 Coupe lithostratigraphique des terrains de la région de Champagne de Blanzac (d'après BRGM 1980).

4 Pédologie

Du fait de la prédominance de la craie campanienne, la plus grande partie des sols de notre bassin versant sont des « Terres de Champagne ». Ce sont des rendzines typiques, riches en carbonates, et pauvres en humus, surtout sur les coteaux. Leur capacité d'échange et leur réserve en eau sont bonnes. Par contre, elles craignent l'insolubilisation et le blocage d'éléments tels que P, S, Mg, Zn, Cu, Mn. L'insuffisance en K est difficile à compenser compte tenu de l'équilibre à maintenir entre K et Mg [Ansel et Huet, 1992]. Ces sols qui ne permettent qu'un développement limité de la végétation naturelle sont très favorables à la culture de la vigne. Quelques endroits rares en pente ont vu leur sols s'éroder donnant naissance à un paysage de landes rappelant celui des Causses.

On rencontre également des « Terres de Bois », c'est à dire des sols bruns acides qui dérivent des argiles. Ces terres tardivement défrichées pour permettre la culture de la vigne, doivent être enrichies en matières organiques pour compenser leur faible CEC.

Proche du ruisseau, sur les formations alluvionnaires se trouvent les « Terres des marais ». Ce sont des limons sablo-argileux, parfois hydromorphes plutôt propices aux prairies.

Commune	terres de champagne	terrains sablo-argileux	alluvions
Mainfonds	94%		
Aubeville	85%	8,5%	6,5%
Blanzac	85%	7,5%	7,5%
Péreuil	84%	1,5%	14,5%

Tableau 1 Proportions des différents types de terrains des communes du bassin du Ruiné (source BRGM – 1980)

5 Hydrogéologie

Le calcaire campanien, peu perméable mais poreux (15 à 25%), constitue un réservoir important. En outre, l'alternance de niveaux de perméabilités différentes génère de petites sources de flancs de coteaux. On recense ainsi 12 sources qui alimentent le ruisseau de manière discontinue.
Selon une récente étude du BRGM (1994), le fonctionnement hydrogéologique du bassin présente un comportement bien différencié d'amont en aval, en relation avec des variations de faciès des formations géologiques.
Dans la partie amont, la présence d'une couche imperméable à moins de 6 m de profondeur ne permet pas le transfert des eaux infiltrées vers un aquifère profond. Le lit du ruisseau constitue le niveau de base des eaux souterraines (Figure 3).
Dans la partie aval, en revanche, la perméabilité du sous-sol permet l'infiltration des eaux en profondeur, le lit du ruisseau ne constituant plus le niveau de base (Figure 4).

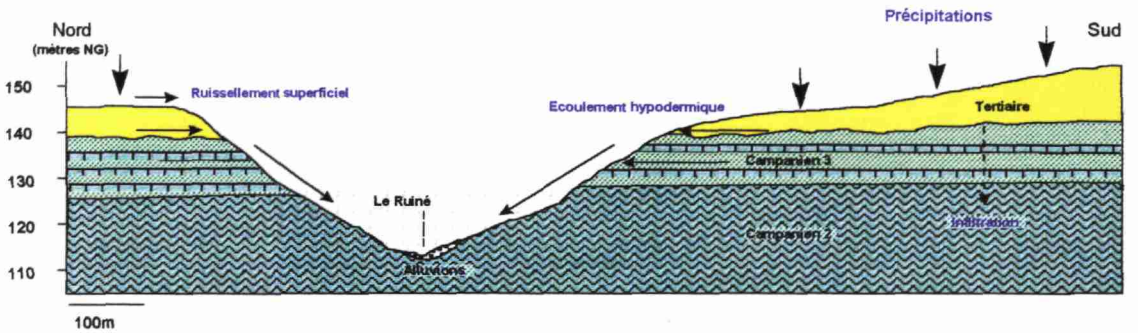


Figure 3 Coupe transversale du bassin dans sa partie amont

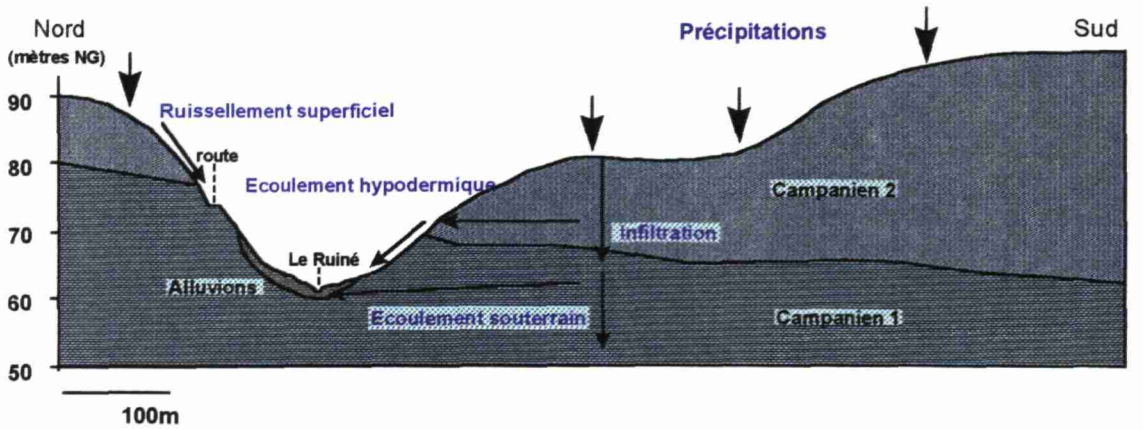


Figure 4 Coupe transversale du bassin dans sa partie aval

6 Caractéristiques climatiques et hydrologiques :

Le Ruiné se situe à proximité de la station pluviométrique de la Météorologie Nationale de Blanzac. La pluviométrie moyenne annuelle pour la période 1970-1991 est de 796 mm. La pluie décennale pendant une heure est de 33 mm, la pluie quinquennale de 26 mm.
La température moyenne minimale est de 7,5°C, la maximale de 18°C,pour une moyenne annuelle de 13,2°C.
L'évapotranspiration est déterminée par la station de la Météorologie Nationale de Cognac. Cette station est assez éloignée du site du Ruiné mais à défaut de données plus pertinentes les valeurs du Ruiné pourront être approchées par celles de Cognac.
Sur la période 1961-1980, l'ETP moyenne varie de 13,8 en Décembre à 140,6 en Juillet pour un total de 806,5 mm. Si ces données ne sont pas parfaitement adaptées au site étudié, il est toutefois intéressant de noter que les valeurs de pluies et d'ETP sont du même ordre de grandeur. De plus un net déficit hydrique s'observe des mois d'avril à septembre.
L'écoulement est permanent, il peut néanmoins se produire des assecs de mi-Juillet à Septembre lors d'années particulièrement sèches. Les crues sont assez brutales.

7 Activités humaines et occupation des sols :

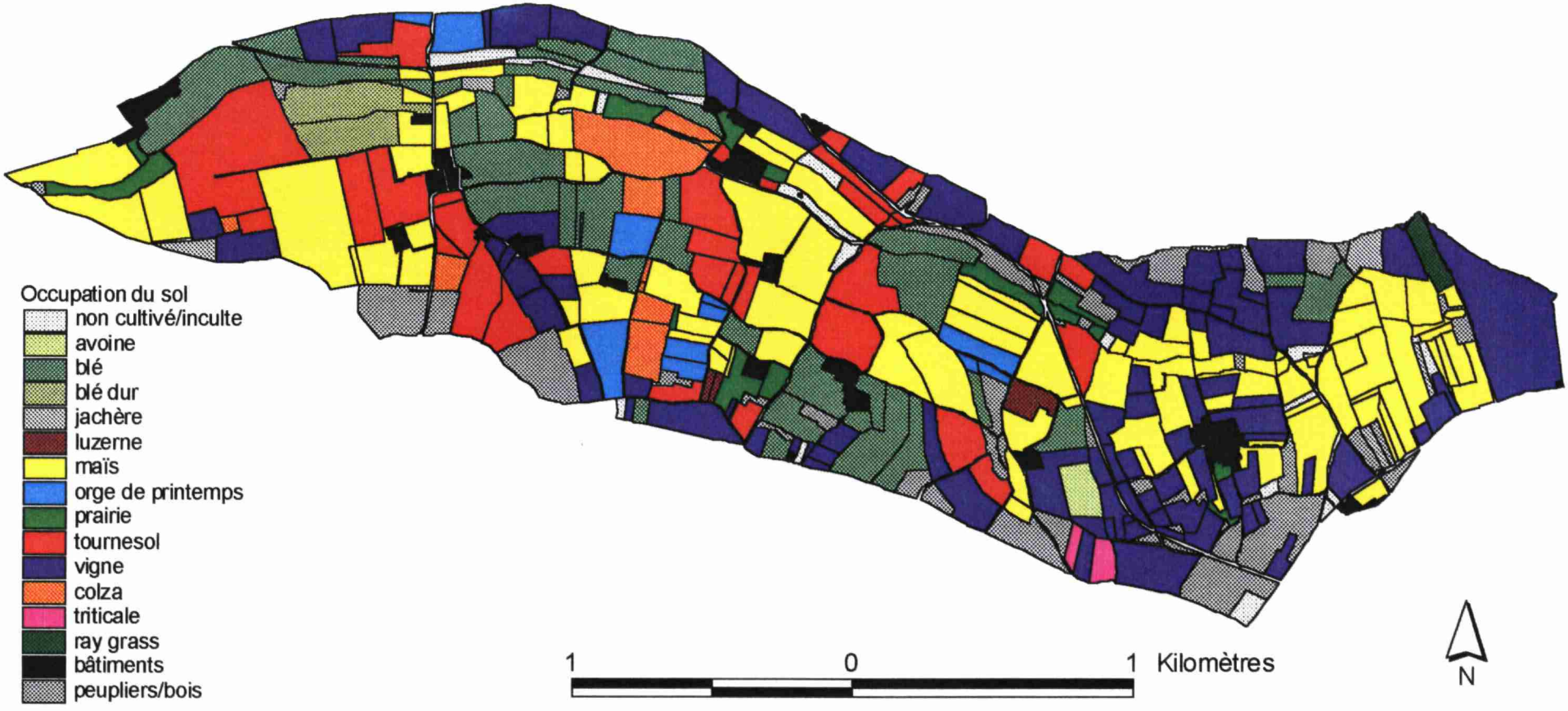
L'activité est exclusivement agricole, avec très peu d'élevage et il n'y a pas d'industrie.
La vigne représente 24% de la surface agricole utile, les céréales 52%, le tournesol 16% (valeurs moyennes), le restant concerne essentiellement les prairies et les bois.
La vigne occupe principalement la tête du bassin et les hauts coteaux avec les bois, les autres cultures se situent sur les bas coteaux et le fond de vallée, les quelques prairies existantes sont en fond de vallée (cf. Carte 2).

8 Représentativité du bassin

Les raisons du choix de ce bassin ont été les suivantes :

- ✓ Dimension moyenne avec occupation du sol presque exclusivement agricole,
- ✓ géologie et pédologie assez homogènes,
- ✓ éventail de cultures représentatif des cultures dominantes du bassin versant de la Charente,
- ✓ capacité du petit cours d'eau à assurer un débit tout au long de l'année,
- ✓ proximité de deux zones déjà étudiées au niveau des pratiques : le Né et l'Aume Couture.

Le Tableau 2 ci-dessous présente l'éventail des cultures présentes sur le bassin versant du Ruiné, par rapport au bassin versant du Né et au grand bassin versant de la Charente, sur la base des données du RGA 88.



Carte 2 Occupation du sol en 1997

	BV CHARENTE		BV NE		BV RUINE	
	Surface (ha)	%	Surface (ha)	%	Surface (ha)	%
S.A.U.	642524		54374		457,0	
T.L.	462589	72,0	33509	61,6	331,8	72,6
S.T.H.	105283	16,5	4336	8,0	15,4	3,4
VIGNE	69659	10,8	16150	29,7	109,8	24,0
BLE	109221	17,0	6174	11,4	101,1	22,1
ORGE	55313	8,6	5365	9,9	29,9	6,5
MAIS	69875	10,9	8709	16,0	121,3	26,5
TOURNESOL	82259	12,8	8013	14,7	59,8	13,1
CULTURES FOURRAGERES	93060	14,5	2919	5,4	14,9	3,3

Tableau 2 Comparaison de l'occupation du sol agricole de la Charente, du Né et du Ruiné

Pour les terres labourables, le bassin versant du Ruiné se situait près de la moyenne du bassin versant de la Charente, le maïs compensant le déficit en cultures fourragères. Les surfaces enherbées et la vigne étaient moins importantes que dans le bassin du Né, contrairement aux céréales. Le site semblait donc à l'époque convenir pour une éventuelle généralisation des résultats obtenus.

Si l'on compare, pour les grands types de culture et en pourcentage, les chiffres actuels de l'occupation du sol agricole dans le département de la Charente (source données Agreste 1997) aux chiffres résultant de l'enquête 1997 sur l'occupation du sol dans le bassin du Ruiné, on constate que le bassin reste relativement représentatif de la diversité de l'agriculture en Charente, et conserve son déficit en surfaces fourragères toujours compensé par d'importantes surfaces en maïs.

	Département de la CHARENTE (1997) (Données Agreste)		BV RUINE (1997)	
	Surface (ha)	%	Surface (ha)	%
Surface agricole concernée.	296 915		464	
vigne		13,70		24,24
Céréales hiver		20,92		19,39
Céréales printemps		6,79		2,97
maïs		15,53		29,96
Oléagineux		19,20		18,49
Protéagineux		1,65		0
Cultures fourragères		16,95		4,10

Tableau 3 Occupation du sol comparée entre le département de la Charente et le bassin du Ruiné (1997)

9 Méthodologie

Du point de vue des pratiques agricoles, l'objectif initial était de constituer un observatoire qui réponde aux exigences suivantes :

- **exhaustivité** à l'intérieur du bassin,
- assurance d'une certaine **pérennité** (utile pour s'affranchir de la variabilité inter-annuelle, tant climatique que du point de vue de l'assolement),
- construction autour d'une unité de base, **la parcelle culturale.**

Le SIG organise la représentation spatiale du bassin versant autour d'une **unité géographique** de base qui est la **parcelle culturale**, enrichie des données d'enquête et des données recueillies sur le milieu depuis 1991.
Les apports d'engrais (azote, phosphore) et de produits phytosanitaires (pesticides) sont figurés dans le temps et dans l'espace (localisation, pente, distance au ruisseau). Cette base de données spatialisée s'est enrichie chaque année des données de l'enquête culturale réalisée chez les exploitants, avec une quasi-exhaustivité qui s'est maintenue tout au long de l'étude.

Les enquêtes réalisées annuellement chez les exploitants ont permis de recueillir les évolutions du parcellaire cadastral et cultural. Les parcelles cadastrales et culturales, le contour du bassin versant, les courbes de niveau ont été numérisées au début du projet, puis la base SIG a été mise à jour après chaque enquête.

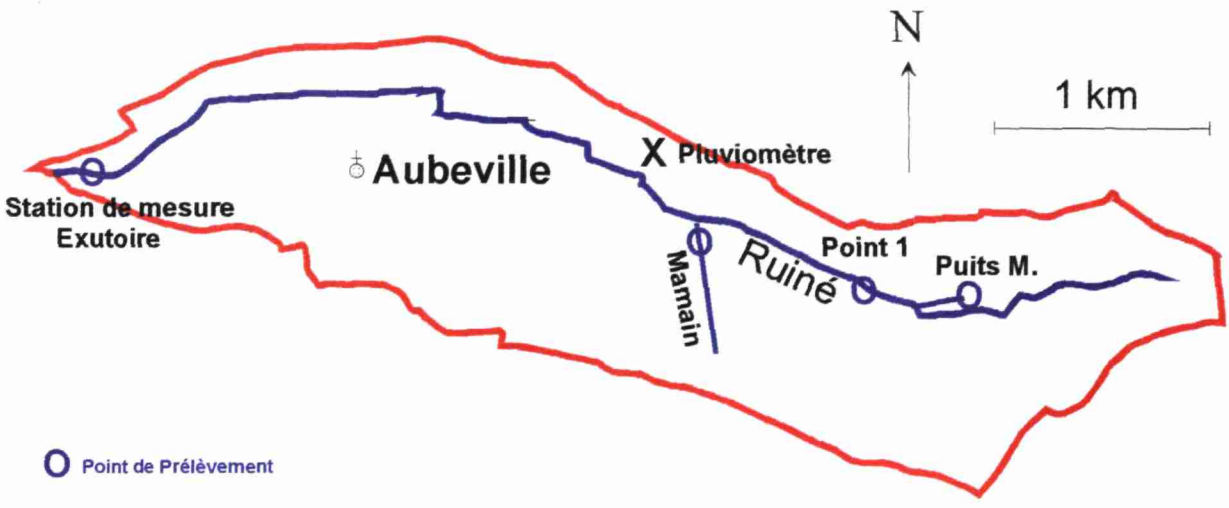
Les données ainsi recueillies sont gérées via une base de données relationnelle et traitée avec un système d'information géographique (Arcinfo) qui permet une analyse spatiale des données recueillies. Le bassin versant y est décrit au plan physique (géologie, pédologie, hydrologie...), au plan de l'occupation du sol (au niveau de la parcelle culturale) et des pratiques. Un modèle numérique de terrain a été réalisé sur la zone pour permettre l'intégration du facteur pente.

En dehors des analyses de données classiques sur les paramètres recueillis au cours des enquêtes, l'objectif était de déterminer au sein de ce bassin versant des zones homogènes de sensibilité par rapport aux risque de transferts d'herbicides vers les eaux superficielles. Les critères à prendre en compte sont divers, au regard de ce que l'on sait des transferts de substances herbicides vers les eaux superficielles ; ils peuvent varier d'une molécule à l'autre, selon le mode d'entraînement vers les eaux (lessivage ou érosion). On peut citer les critères suivants :

- sollicitation de la parcelle (quantités épandues)
- distance au ruisseau
- classe de pente
- rotation culturale à risque (nombre de jours avec sol nu)
- le type de sol

Une station permanente de suivi de la qualité de l'eau du Ruiné est installée, depuis 1991, à l'exutoire du bassin. Elle est équipée d'un système de mesure en continu des débits via une sonde à ultrasons immergés reliée à une centrale d'acquisition de données. Celle-ci gère le fonctionnement de deux préleveurs automatiques permettant l'échantillonnage en période de crues à raison d'un prélèvement toutes les 10 minutes, chaque flacon est rempli en 1 heure. Hors ces périodes, il est effectué un échantillon instantané à pas de temps hebdomadaire.
Depuis Juin 1997, trois points de prélèvements ont été rajoutés (Carte 3) : deux sources permanentes (le puits M. à sa résurgence, et Mamain à l'exutoire de son fossé d'écoulement), et une station sur le Ruiné

au tiers supérieur du ruisseau (point 1) correspondant à une superficie de 160 hectares où la vigne représente 55% des cultures. Ces trois points sont échantillonnés ponctuellement toutes les semaines.
En complément de ce dispositif, un réseau de pluviomètres est réparti sur le bassin, un en tête de bassin, un deuxième en rive gauche au tiers supérieur sur la crête, la pluviométrie est alors mesurée à l'échelle de la journée ; un troisième dispositif est installé en rive droite, à mi-bassin, et enregistre la pluviométrie en continu, les données sont stockées par une centrale d'acquisition.



Carte 3 Localisation du dispositif expérimental (06/97)

II RESULTATS 1991-1997

1 Climatologie

Les précipitations mensuelles comparées de 91à 97, respectivement en millimètres et en pourcentages cumulés mettent en évidence de fortes disparités inter-annuelles (Figure 5).
Les pourcentages cumulés permettent globalement de distinguer deux groupes, que la moyenne inter-annuelle sépare :

D'une part, les années 1994, 1995 et 1996, qui sont au dessus de la moyenne et dont les précipitations des premiers mois sont fortes : 50% de la lame précipitée est atteinte au courant du mois de mai.
D'autre part, les années 1991, 1992, 1993 et 1997 dont les précipitations des premiers mois sont bien en deçà de la moyenne inter-annuelle : moins de 30 % de la pluie annuelle sur les cinq premiers mois. Pour 1992 et 1993, plus de 50% de la lame précipitée est concentrée dans les quatre derniers mois. L'année 1997 se détache un peu de cette classe en raison d'un été remarquablement pluvieux.

Du point de vue de la pluviométrie mensuelle, les particularités de chaque année sont les suivantes :

L'année 1992 est caractérisée par une faible pluviométrie (inférieure à 30 mm) en janvier, février et mai, alors que les mois de juin et août sont marqués par des orages importants (En août, par exemple, les précipitations sont de 120 mm dont un orage de 58 mm le 9).

Les mois de janvier, février et mars 1993 sont particulièrement secs (<20 mm), comme le montre le cumul des pluies précédemment évoqué. En revanche, les mois d'avril, mai et juin d'une part et septembre, octobre nettement au dessus de la moyenne inter-annuelle.

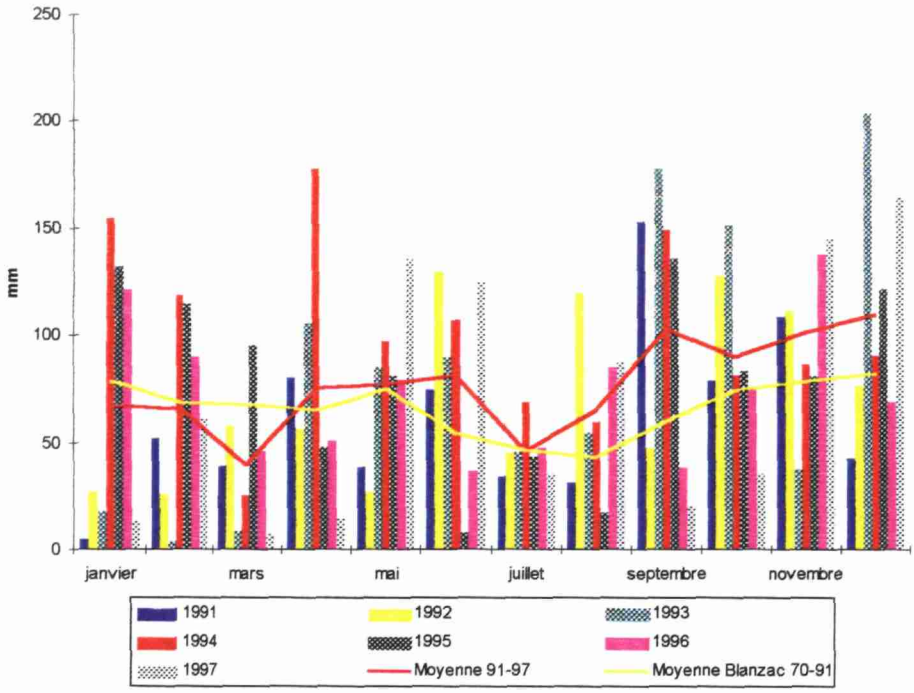
En 1994, la pluviométrie mensuelle est toujours supérieure à 60 mm, à l'exception du mois de mai, où elle est inférieure à 30 mm. Les mois de janvier, février et avril sont particulièrement humides plus de 120 mm et même 180 mm en avril.

L'année 1995 se distingue par un mois de juin très sec (moins de 10 mm) et de fortes précipitations en janvier et septembre (plus de 120 mm).

En 1996, la pluviométrie est assez régulière : le minimum mensuel est de 36 mm. Les mois les plus pluvieux sont décembre 95, janvier et novembre.

Enfin, l'année 1997 se caractérise par un début d'année plutôt sec (moins de 15 mm en mars et avril), suivi d'un mois de mai et juin supérieurs à 120 mm.

Il est à remarquer que sur la période d'étude la pluviométrie du mois de Juillet est remarquablement constante de 35 à 45mm à l'exception de 1994 (69 mm).
Les coefficients pluviométriques (pluviométrie du mois i x12/pluviométrie de l'année) représentés sur la Figure 6 font bien ressortir les variations de la répartition des pluies durant la période de l'étude.



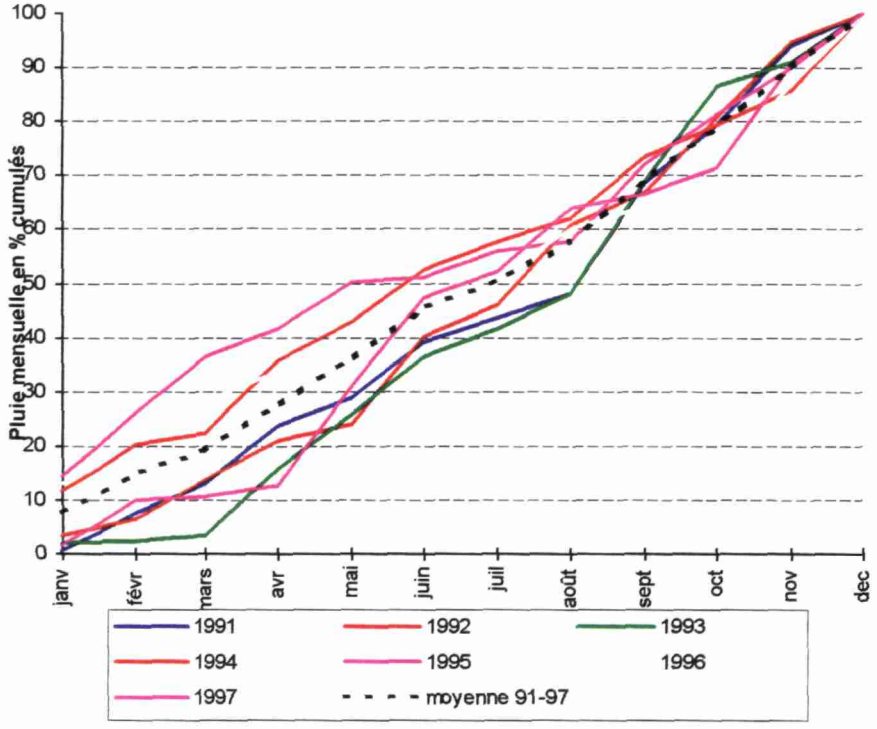


Figure 5 Répartition mensuelle des pluies (1991-1997)

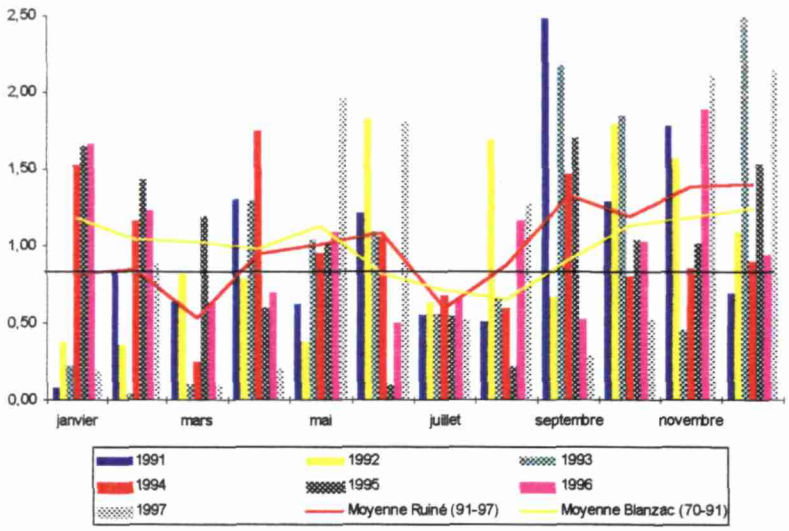


Figure 6 Coefficients pluviométriques mensuels (91-97) du bassin du Ruiné.

2 Hydrologie

Dans le contexte du Ruiné, l'année s'entend de la 8ème semaine de l'année n à la 7ème de l'année n+1. En effet la 8ème semaine marque en général le début des traitements herbicides (exception faite de l'isoproturon) sur le bassin. Ainsi l'hiver de l'année n ira de la semaine 8 à la semaine 12 et de la semaine 52 (année n) à la semaine 7 (année n+1), pour les autres saisons le découpage est celui des années civiles. Ce découpage nous a paru le mieux convenir pour estimer les flux de fertilisants et de produits de traitement et les rapporter aux intrants.

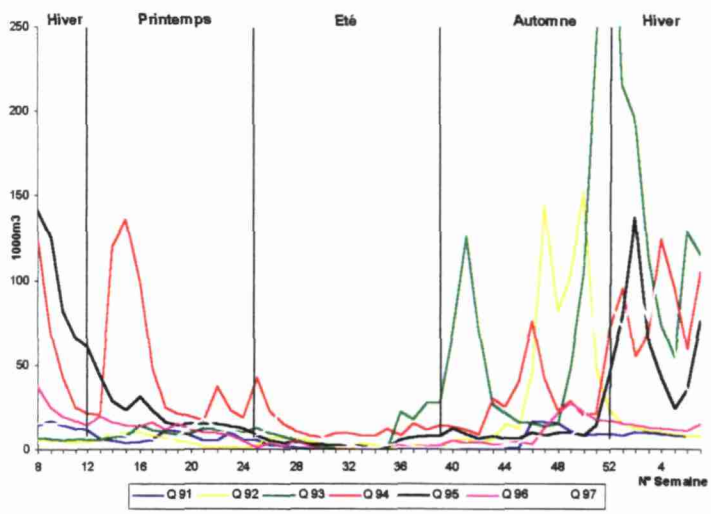


Figure 7 Volumes hebdomadaires du Ruiné (91-97)

Le graphique de la Figure 7 reprend les volumes hebdomadaires passés. Il fait ressortir la forte variabilité inter-annuelle des débits durant la période d'étude, variabilité qui est à mettre en relation avec les conditions climatiques rencontrées.
Le volume maximum varie ainsi de 17300 m^3 en 1991 (semaine 9) à plus de 370000 m^3 en 1993 (semaine 52). Il y a eu deux à-secs l'un assez long en 91 (semaine 30 à 43) l'autre de courte durée en 1993 (semaine 32 à 34).

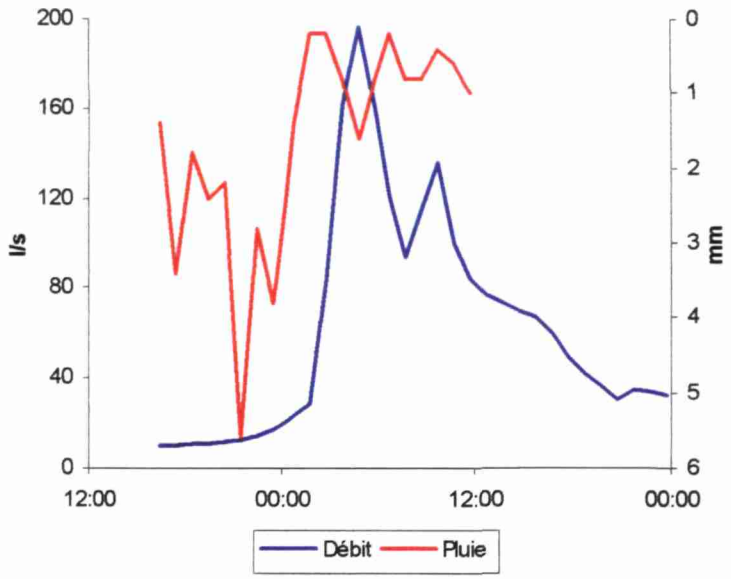


Figure 8 Hydrogramme de crue de printemps 23-24/04/93

Au printemps, on observe en général un décalage de 6 heures entre les débuts de la pluie et de la crue (Figure 8). Le retour au débit initial s'effectue dans les quarante-huit heures qui suivent la fin de la pluie.

En période estivale, les orages ou les séquences pluvieuses sont pratiquement sans répercussion sur le débit les sols étant très secs et les parcelles irriguées peu nombreuses.

A l'automne et en début d'hiver, alors que les réserves en eau se reconstituent, l'influence d'un épisode pluvieux est plus sensible (Figure 9) et le débit en fin de crue est toujours supérieur à celui de début.

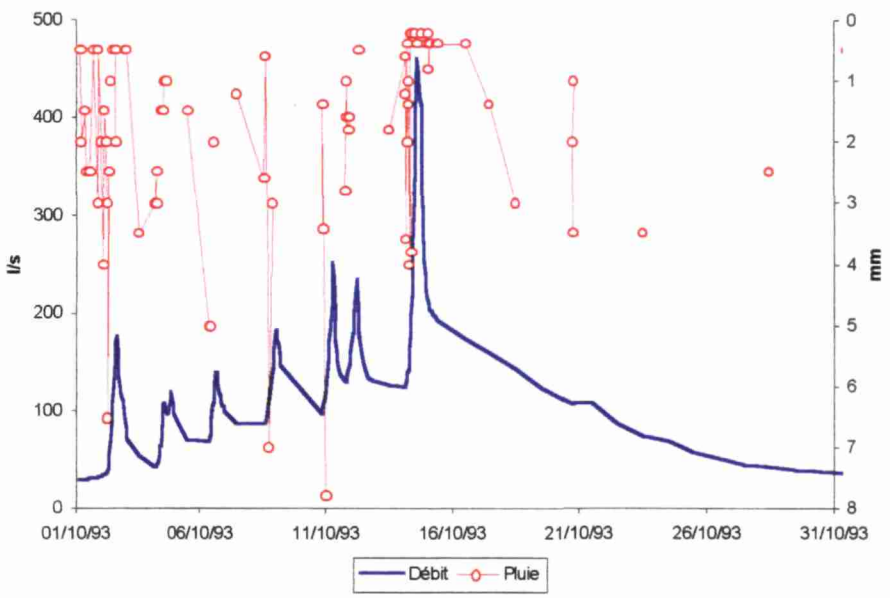


Figure 9 Hydrogramme de crue d'automne

Le Tableau 4 récapitule les pourcentages de lame d'eau écoulée en fonction de la pluie par saisons sur la période de l'étude, sachant que la pluviométrie d'une saison peut influer sur la suivante.

		91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98
Hiver	Lame d'eau écoulée (mm)	12,8	4,7	6	51,4	86,7	20,5	13,6
Semaine	Pluie (mm)	36,5	18,5	10,4	52,4	121	18,5	28,2
8 à 12	% lame/pluie	**35,2**	**25,7**	**57,3**	**98,1**	**71,6**	**111**	**48,1**
Printemps	Lame d'eau écoulée (mm)	16,5	13	24,7	114,9	47,8	28,3	23,9
Semaine	Pluie (mm)	197	199	266,2	405	145,3	206,8	196,6
13 à 25	% lame/pluie	**8,4**	**6,5**	**9,3**	**28,4**	**32,9**	**13,7**	**12,2**
Eté	Lame d'eau écoulée (mm)	1,2	8,9	22,8	30,1	10,7	4,8	18,3
Semaine	Pluie (mm)	218	256,9	338,2	278,4	195,8	168,4	225
26 à 39	% lame/pluie	**0,5**	**3,5**	**6,8**	**10,8**	**5,5**	**2,9**	**8,1**
Automne	Lame d'eau écoulée (mm)	16,1	118,2	205,7	75,1	28,3	26,6	44,8
Semaine	Pluie (mm)	230,5	302,3	370,7	259,2	282,4	286,6	320,4
40 à 52	% lame/pluie	**7**	**39,1**	**55,5**	**29**	**10**	**9,3**	**14**
Hiver	Lame d'eau écoulée (mm)	11,4	13,7	163,4	109,6	83,3	16,8	85,5
Semaine	Pluie (mm)	53	18,5	212	202,8	202,4	50	152,8
1 à 7	% lame/pluie	**21,5**	**74,1**	**77,1**	**54,1**	**41,2**	**33,6**	**56,2**
Bilan Année	Lame d'eau écoulée (mm)	58	158,5	421,8	381,1	256,8	97	186.1
Semaine	Pluie (mm)	735	795.2	1197,5	1197,8	946,9	730,3	923
8 à 7	% lame/pluie	**7,8**	**19,9**	**35,2**	**31,8**	**27,1**	**13,3**	**20,2**

Tableau 4 Pourcentage de la lame d'eau écoulée par rapport à la pluie.

Les valeurs du rapport lame d'eau / pluie que l'on peut définir comme un coefficient d'écoulement, montre assez bien les déficits hydriques que le sol du bassin peut connaître, ainsi que les variations inter annuelles ou inter saisonnières que l'on avait déjà soulignées plus haut. De plus ces chiffres traduisent le fait que le sol du bassin ne donne que peu de ruissellement direct (sauf dans des cas bien particuliers, forte intensité de pluie par exemple), la pluie ne provoque une crue que lorsque la réserve en eau du sol est suffisante.

Au "printemps" l'écoulement est généralement inférieur à 15%, les valeurs de 94 et de 95 s'expliquent par la pluviométrie relativement exceptionnelle des mois d'avril (94) et de mars (95). Les valeurs "d'été varient 0,5 à 10 % valeurs qui sont liées d'une part à la pluviométrie de la fin de printemps et à celle de l'été. Les coefficients d'automne sont très hétérogènes : 7 % en 91 conséquence d'un à-sec important de fin d'été, 55 % en 93 dus à de fortes pluies en septembre et octobre concentrées sur quelques jours. Durant les périodes hivernales les réserves étant "reconstituées", les pluies ont un impact très marqué sur l'écoulement.

On retrouve ces observations dans la Figure 10 qui montre les relations pouvant exister entre lame d'eau écoulée et la pluviométrie selon la saison sur la période d'étude. En hiver le lien apparaît fort (0,8-0,9) entre les deux paramètres. Au printemps ce lien est moins apparent (0.6) en raison de la forte pluviométrie de l'hiver 95 (semaine 8 à 12) car si l'on enlève la valeur du printemps 95 il devient assez fort (0,9). Durant la période estivale la liaison est fortement soumise aux conditions climatiques des saisons précédentes (moins de 0,5).

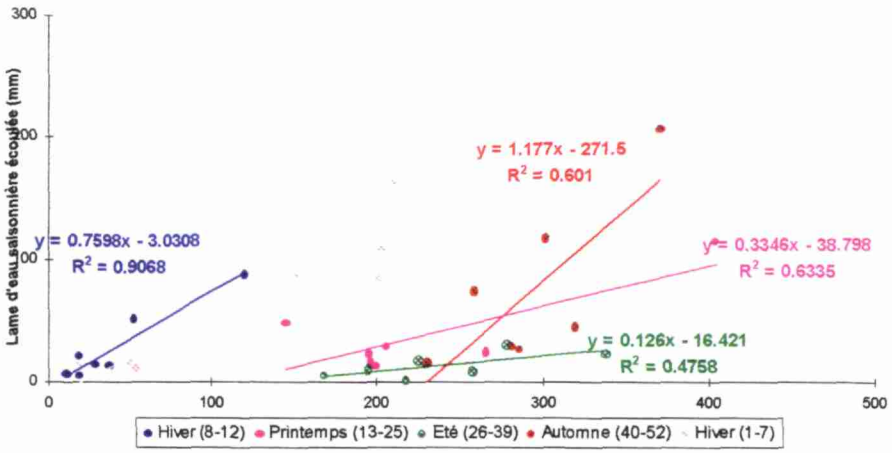


Figure 10 Relation lame d'eau écoulée /pluviométrie (saison)

A l'échelle de l'année, Figure 11, les influences des saisons les unes sur les autres ne se font plus ressentir et il existe une bonne relation lame d'eau écoulée/pluviométrie avec un coefficient de corrélation de 0,96.

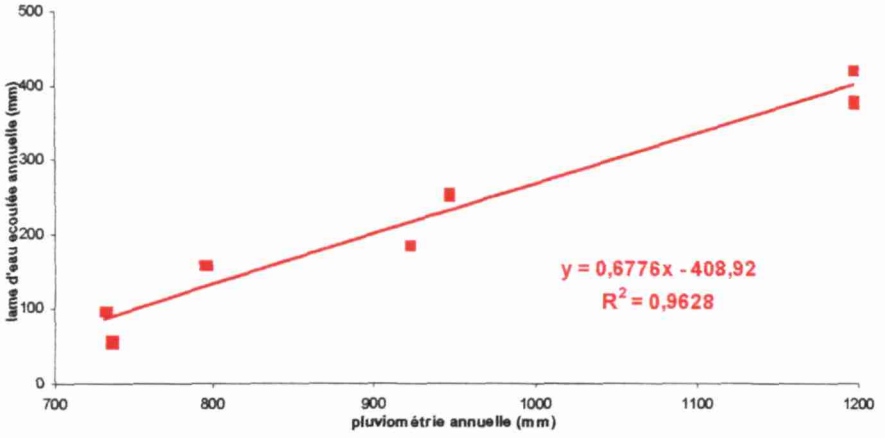


Figure 11 Relation lame d'eau écoulée annuelle/pluviométrie annuelle

3 Les Pratiques Agricoles

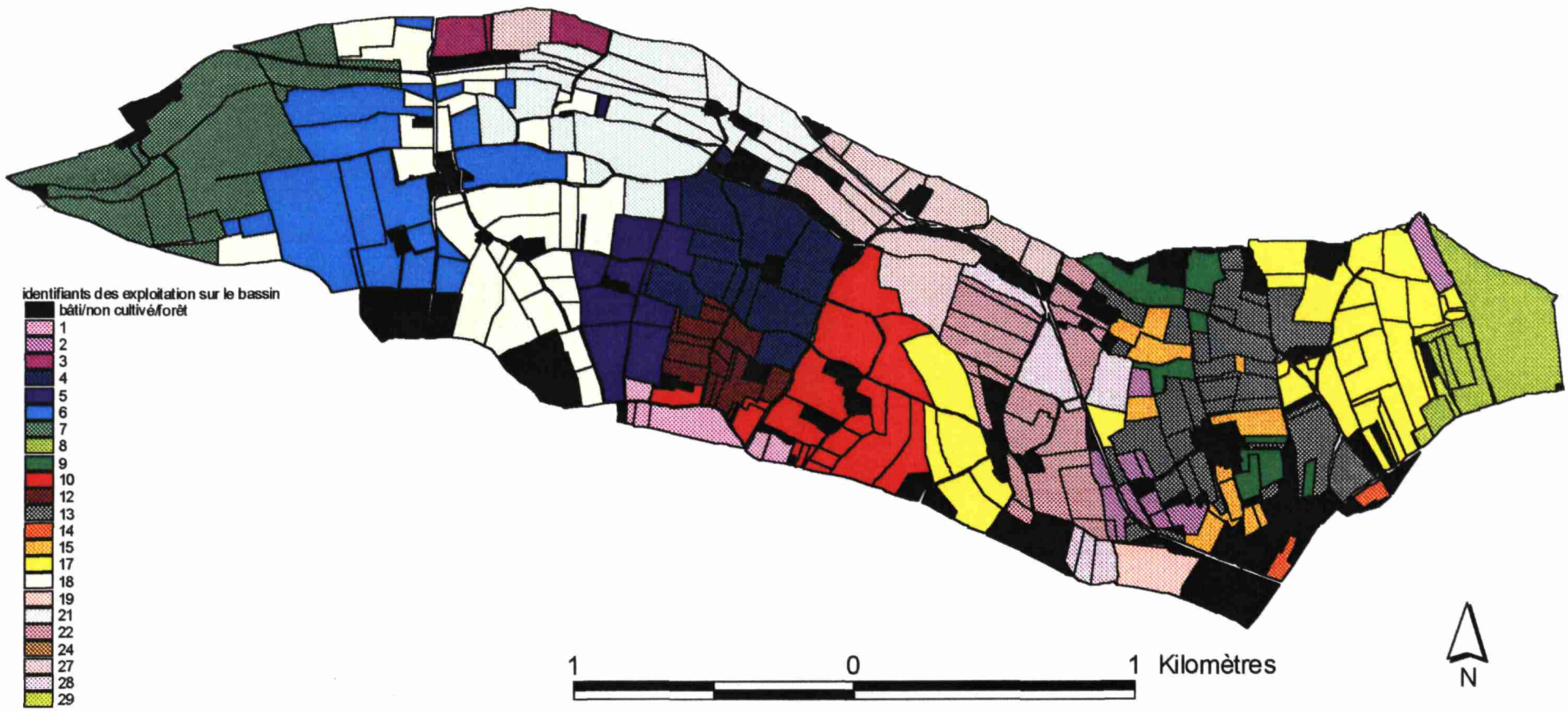
3.1 les exploitations

Les exploitants du bassin versant du Ruiné se sont impliqués dans cette étude depuis le début des enquêtes en 1991 ; par leurs réponses aux enquêtes, leurs participations aux réunions de restitution, par les nombreux services rendus pour le travail sur le terrain (accès aux parcelles, visites, accès aux installations de mesures), ils ont permis le bon déroulement de l'étude et le maintien de la quasi-exhaustivité des données sur le bassin (un seul agriculteur a cessé de participer dès la deuxième année). Ils sont 23 exploitants concernés en 97.

On peut distinguer deux grands groupes d'exploitations sur le bassin, celles qui pratiquent la polyculture et les exploitations essentiellement viticoles ; les exploitations viticoles sont situées plutôt en amont du bassin sur les coteaux produisent du pineau et du cognac, les exploitations de polyculture occupent plutôt les parties basses du bassin ; un seul exploitant pratique la culture de maïs intensive et irriguée. L'élevage est pratiquement absent (bovins, caprins).

Le nombre d'exploitants sur le bassin versant est resté stable, les départs en retraite étant compensés par des rachats ou reprises d'exploitations dont certaines récentes en 96 ; il en est de même pour les SAU des exploitations concernées, la tendance étant toutefois au regroupement et à l'agrandissement lorsque cela est économiquement possible (cf. Figure 13)

Les exploitations présentes sur le bassin ont une SAU de taille très variable (de 5 à 75 ha). Une dizaine d'entre elles ont une SAU totale de moins de 20 ha. Certains exploitants ont presque toutes leurs terres sur le bassin versant du Ruiné, d'autres quelques parcelles seulement, éloignées du siège de l'exploitation.



Carte 4 Répartition des exploitations sur le bassin versant du Ruiné en 1997

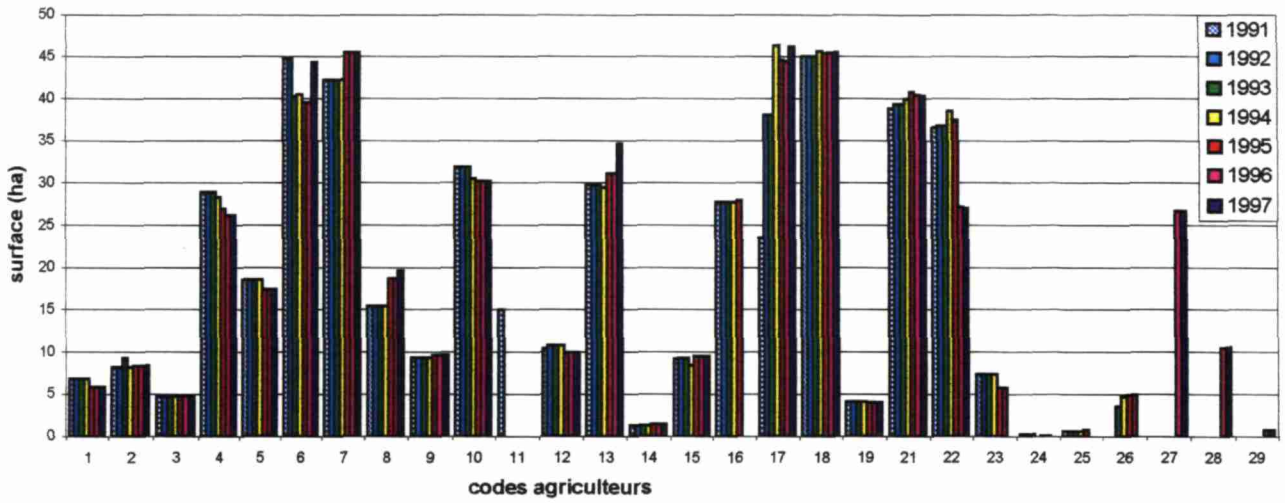


Figure 12 Evolution des SAU sur le bassin par exploitant de 91 à 97

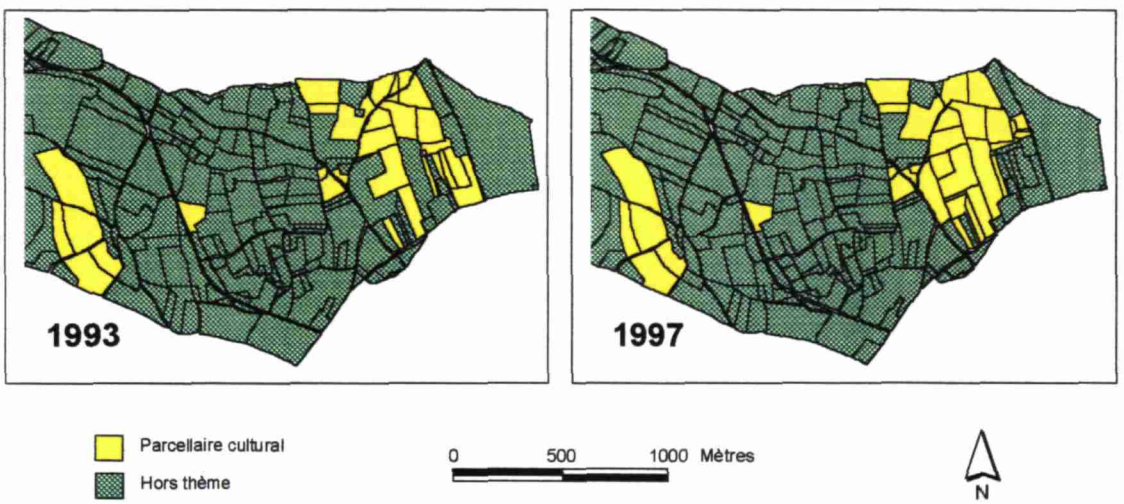


Figure 13 Regroupements parcellaires dans le bassin versant du Ruiné (entre 93 et 97)
Exemple de l'évolution d'une exploitation sur le bassin entre 1993 et 1997

3.2 parcellaire, assolements et rotations culturales

Le cadastre est très découpé dans le bassin versant du Ruiné (cf. annexe). A partir de ces nombreux lots cadastraux divisés au fil des générations, s'articulent les parcelles culturales (cf. Carte 2 page 11) . Une parcelle culturale est en général formée de plusieurs parcelles cadastrales. Ce découpage en parcelles cadastrales n'est cependant pas immuable. En effet, au cours de l'étude, on a pu constater que les échanges, les locations verbales ou non, les rachats peuvent conduire à un redécoupage de ce parcellaire. Ces modifications seront répercutées pour certaines sur le cadastre « officiel », mais d'autres non (en cas d'échanges ou de locations).
La couche cadastrale reste cependant la couche d'information de référence lors du redécoupage annuel des parcelles culturales (environ 10% des parcelles chaque année) : les parcelles sont redécoupées selon les limites cadastrales. Les parcelles culturales font en majorité moins de 2 ha (presque la moitié des parcelles font moins de 1 ha).Les quelques parcelles de taille plus conséquente concernant des parcelles de maïs ou de rotations à base de maïs.

La SAU totale du bassin versant est restée relativement stable depuis le début de l'étude, ainsi que les proportions des cultures les plus importantes compte-tenu des rotations pratiquées . malgré la petite taille du bassin (600 ha), l'agriculture est diversifiée et peut être caractérisée comme une polyculture dominée par les céréales (maïs 27%, blé 16%), le tournesol 16% et la vigne 24%

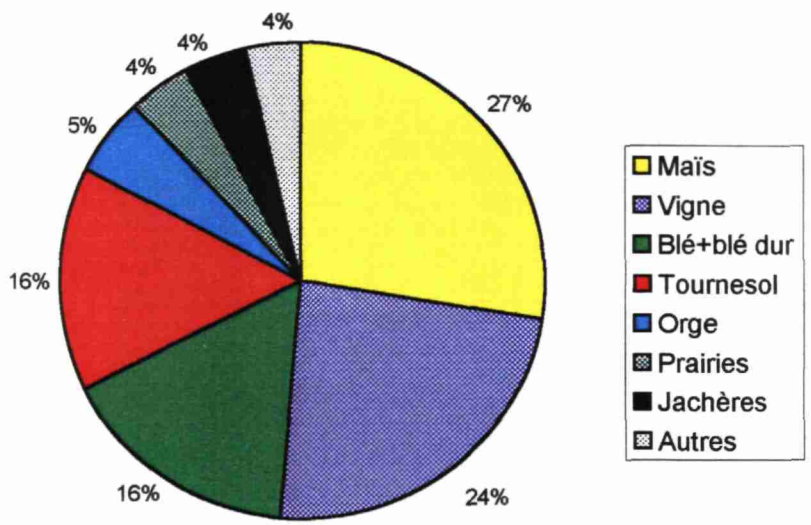


Figure 14 Assolement moyen sur le bassin versant du Ruiné (91-97)

Les surfaces en vigne sont restées globalement stables quoiqu'en légère augmentation (quelques vignes ont été replantées). L'évolution de la composition des assolements montre une tendance à la baisse des cultures fourragères, des surfaces en herbe et des céréales de printemps, au profit des céréales d'hiver, du maïs et des oléoprotéagineux (cf. Figure 15).

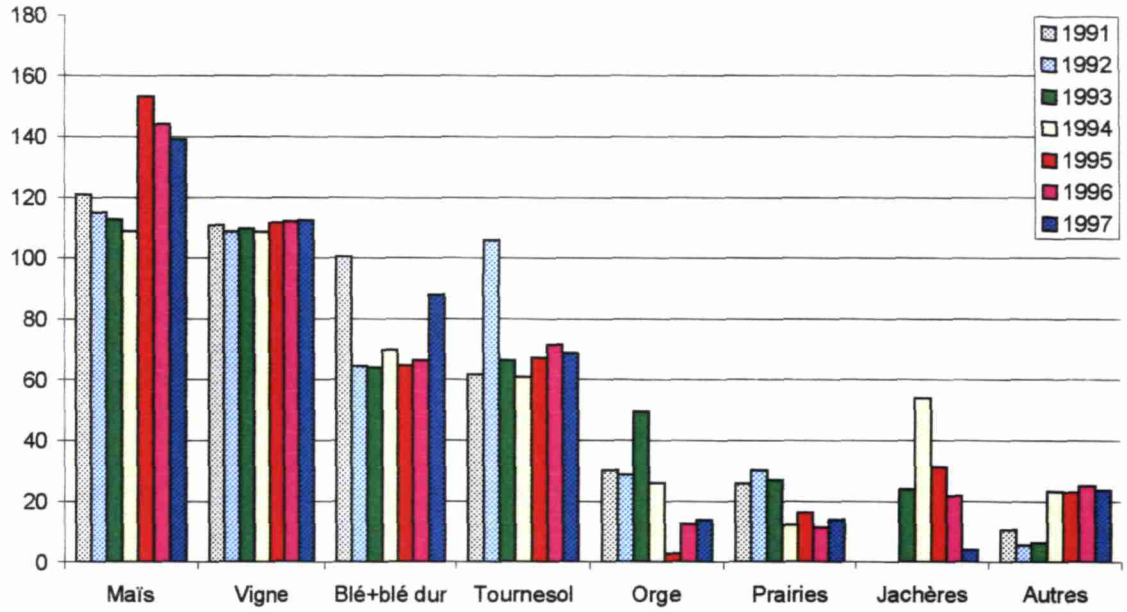


Figure 15 Evolution de la SAU par cultures (en ha) de 1991 à 1997

Cultures	surfaces 1991	surfaces 1992	surfaces 1993	surfaces 1994	surfaces 1995	surfaces 1996	surfaces 1997
Maïs	120,8	115,1	112,7	108,82	153,25	144,14	139,10
Vigne	110,9	108,7	109,7	108,66	111,57	111,95	112,44
Blé+blé dur	100,4	64,5	64,2	69,93	64,6	66,46	88,10
Tournesol	61,8	106,1	66,4	61,06	67,28	71,45	68,87
Orge	30,3	28,9	49,6	26,16	2,69	12,61	13,76
Prairies	25,8	30,3	27,2	12,31	16,27	11,49	14,13
Jachères	0	0	23,9	54,10	31,36	21,92	4,01
Autres	10,6	5,5	6,5	23,38	23,16	25,27	23,62
Total	460,6	459,1	460,2	464,42	470,18	465,29	464,02

Tableau 5 Evolution des surfaces par culture de 91 à 97 (ha)

Les jachères sont en diminution depuis 1994, année où elles ont atteint une surface de plus de 50 ha, soit 10% de la SAU totale du bassin ; les jachères ont varié en fonction du taux de gel imposé par la PAC et des choix des exploitants ; les terres les plus éloignées du siège de l'exploitation ont été choisies prioritairement, ainsi que les terres à rendement plus faible. Elles se sont réparties tout le long du bassin et non dans un secteur particulier. Elles atteignent leur taux le plus bas en 97 (pour les deux premières années, les jachères n'ont pas été individualisées des friches ou zones non cultivées).

L'assolement fait l'objet d'une couche d'information annuelle qui permet de visualiser la répartition des cultures sur le bassin versant.
Le suivi annuel réalisé par enquête a permis d'établir une carte des principales rotations spatialisées à l'aide du SIG. La zone viticole est mise en évidence à l'amont du bassin et sur les coteaux, tandis que la zone céréalière apparaît en aval et dans les zones proches du ruisseau (cf. Carte 5) ; Elle est centrée sur la culture du maïs, en rotation avec une autre céréale.

Les durées moyennes d'interculture selon le type de succession culturale pratiquée varient de 50 à 300 jours, les plus fréquentes étant celles qui peuvent poser le plus de problème pour les risques de lessivage d'un sol laissé à nu .

Les rotations culturales impliquant le plus de parcelles sur le bassin et qui laissent le sol à nu le plus longtemps (moyennes 95-97) (cf.. Carte 6) sont les successions suivantes :

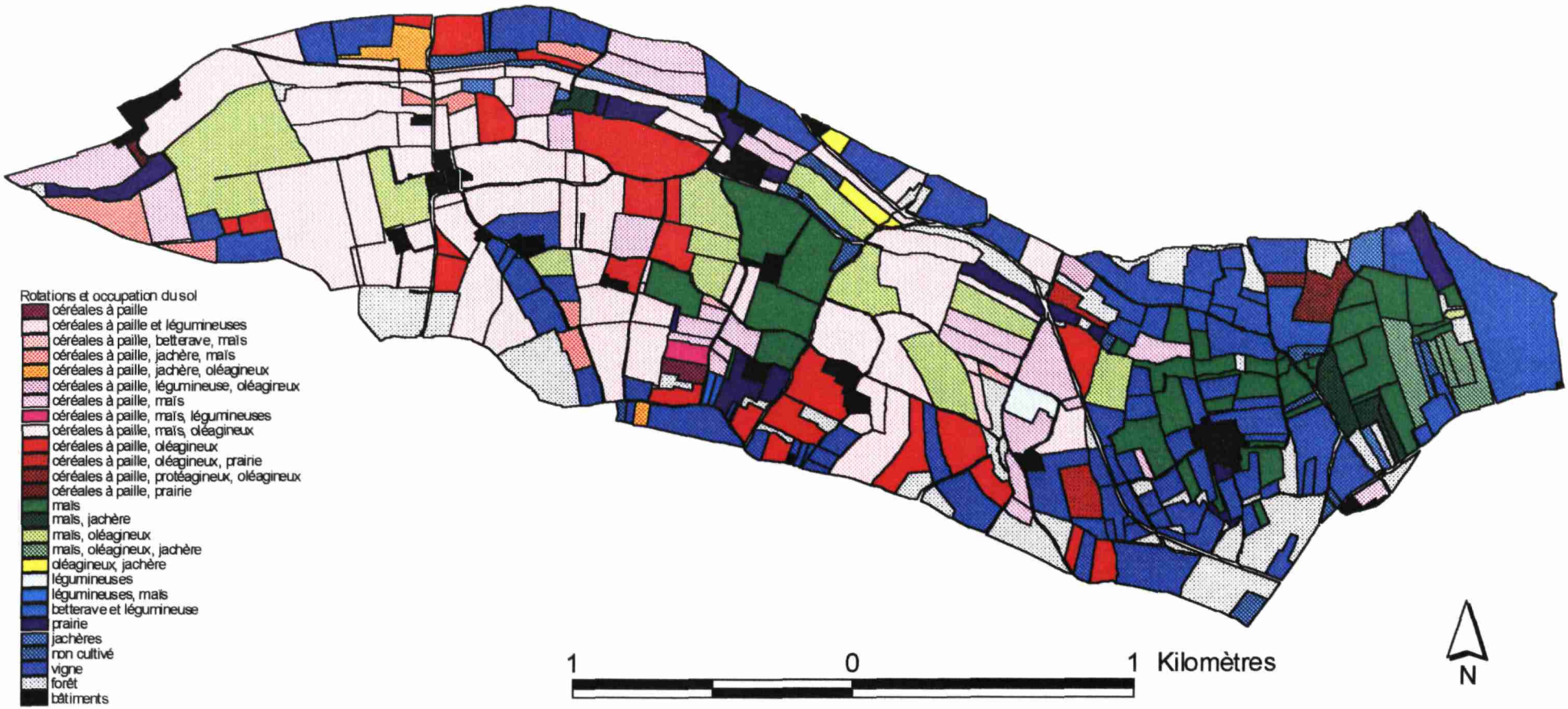
Succession	nb moyen de jours sol nu	nb de parcelles concernées
Blé - Maïs - Maïs	229 j	9
Tournesol - Blé - Tournesol	230 j	3
Blé - Maïs - Tournesol	187-226 j	19
Maïs - Tournesol - Maïs	160-195 j	12
Maïs - Maïs - Maïs	176 j	32

Tableau 6 Rotations culturales laissant le sol nu le plus longtemps sur le bassin

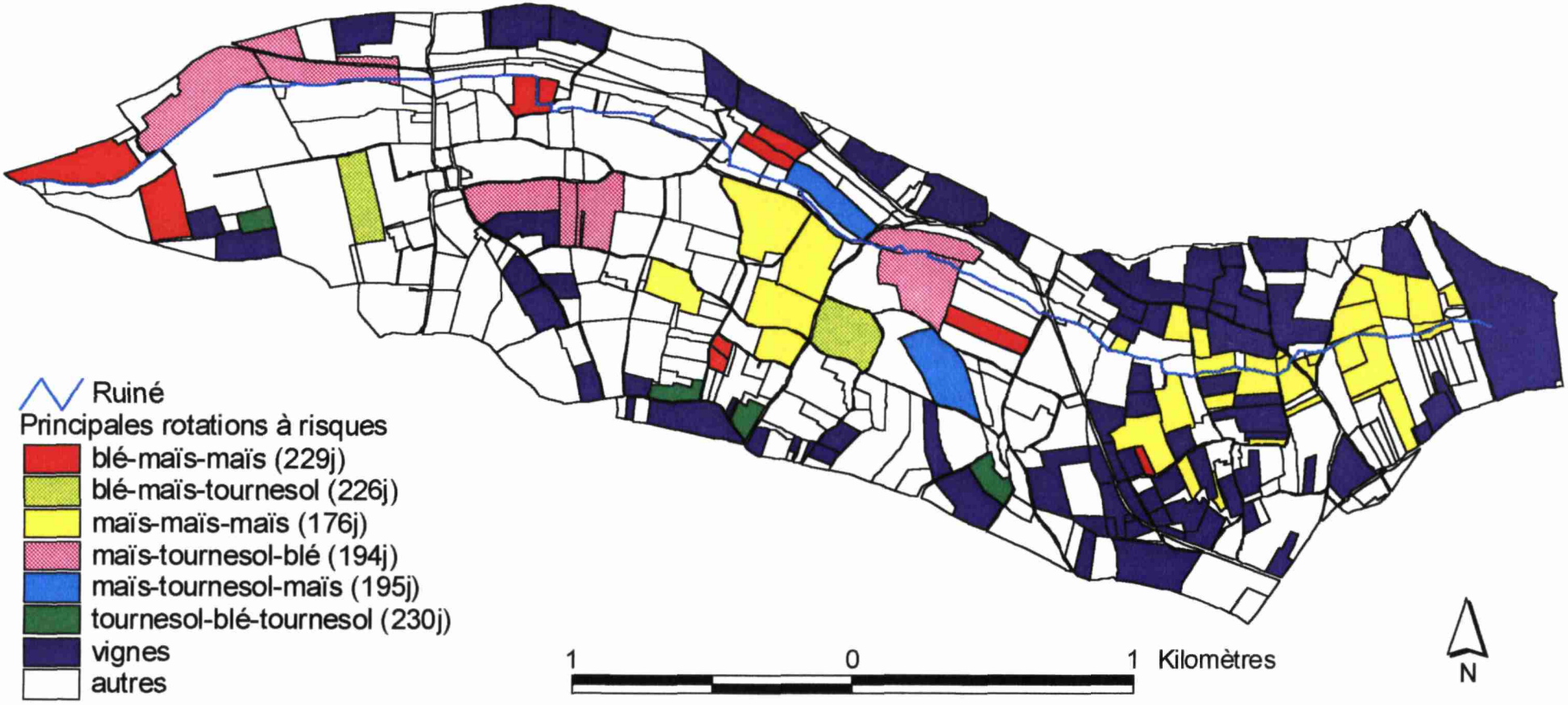
Elles représentent 35% des parcelles sur lesquelles se pratique une rotation culturale mais en surface cela représente 63% de la surface agricole utile (216 ha) si l'on n'y inclut pas les vignes et les prairies permanentes. Les rotations impliquant le colza sont peu nombreuses (une dizaine de parcelles concernées seulement), ainsi que celles impliquant les pois et les betteraves (du même ordre). Les rotations impliquant le blé, le tournesol et le colza laissent le sol à nu une durée comprise entre 57 et 142 jours suivant l'ordre de succession de ces cultures.

Les parcelles plantées en vigne ne font pas l'objet de rotations (76 parcelles concernées) mais en fonction de leur enherbement et de leur implantation elles peuvent donner lieu également à des transferts de nutriments vers les eaux notamment par érosion dans les parties les plus pentues.

Avec la visualisation via le SIG des emplacements des rotations avec les durées de sol nu les plus importantes, on peut voir que certaines se trouvent en zone céréalière et assez proches du ruisseau Ruiné. (cf. Carte 6). Une mise en œuvre de pratiques plus favorables pour l'environnement sur le bassin pourrait donc préconiser les rotations culturales les plus favorables par rapport aux risques de lessivage sur les parcelles proches du ruisseau.



Carte 5 Occupation du sol et rotations culturales sur le bassin versant du Ruiné



Carte 6 Situation des principales rotations culturales à haut risque de lessivage hivernal (d'après la durée moyenne de sol nu annuelle)

3.3 itinéraires techniques des principales cultures

Les pages suivantes décrivent les conduites moyennes observées sur le bassin versant du Ruiné pour le tournesol, le blé, la vigne et le maïs en ce qui concerne les dates de semis et de récolte, les apports en fertilisants et en produits phytosanitaires. La vigne est bien évidemment à l'origine des traitements phytosanitaires les plus nombreux. On voit néanmoins, que si l'on considère les principales cultures sur le bassin de manière globale, les traitements divers s'étalent sur toute l'année (mais ils ne concernent pas tous les mêmes molécules).

De nombreuses opérations sur les différentes cultures sont effectuées pendant les mois d'Avril et de Mai, à une période qui correspond également à des épisodes pluvieux, et donc à un risque de lessivage des produits. Les périodes hivernales où le sol est laissé à nu correspondront cependant au risque maximal. Il y a peu d'apports en fertilisants à l'automne.

Enfin, comme nous le verrons lors de l'étude des apports en fertilisants, au cours des enquêtes successives on a pu observer une tendance au fractionnement des apports en fertilisants, bénéfique au plan environnemental.

Tableau 7 CALENDRIER CULTURAL DU TOURNESOL SUR LE BASSIN DU RUINE

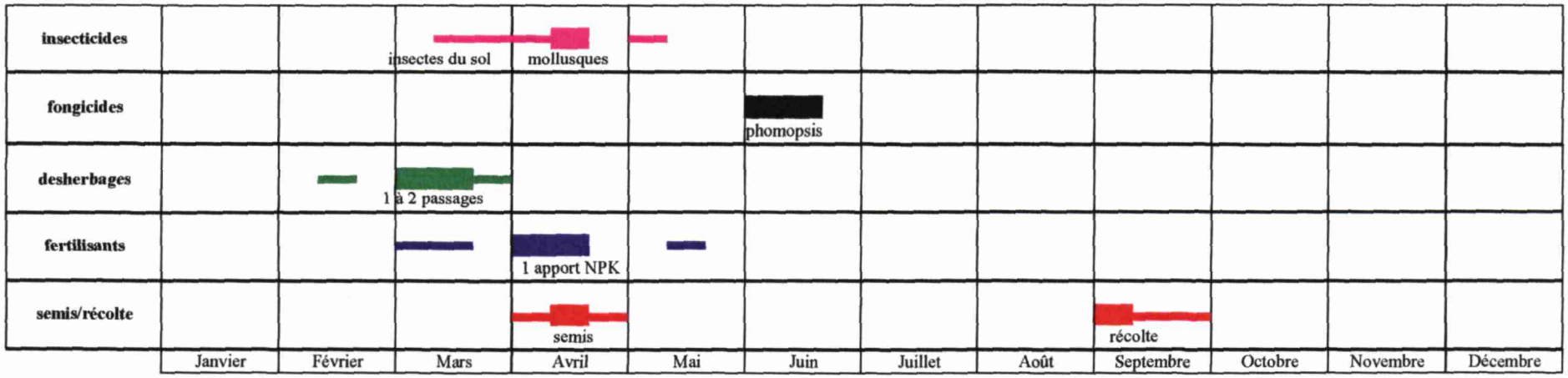
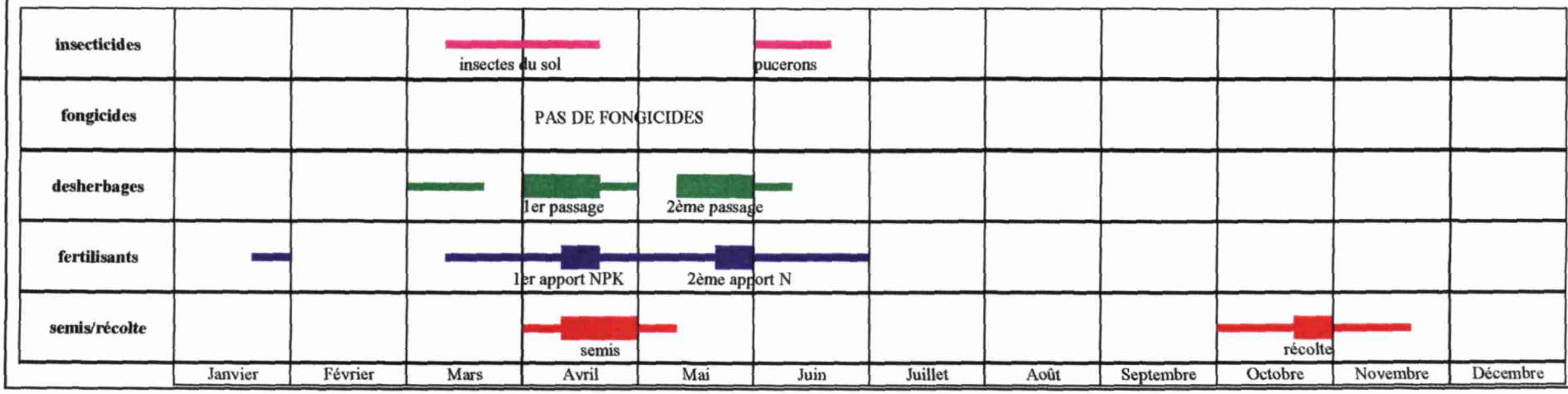


Tableau 8 CALENDRIER CULTURAL DU MAIS SUR LE BASSIN DU RUINE



légende : période majoritaire des opérations — étendue de la période des opérations

Tableau 9 CALENDRIER CULTURAL DU BLE SUR LE BASSIN DU RUINE

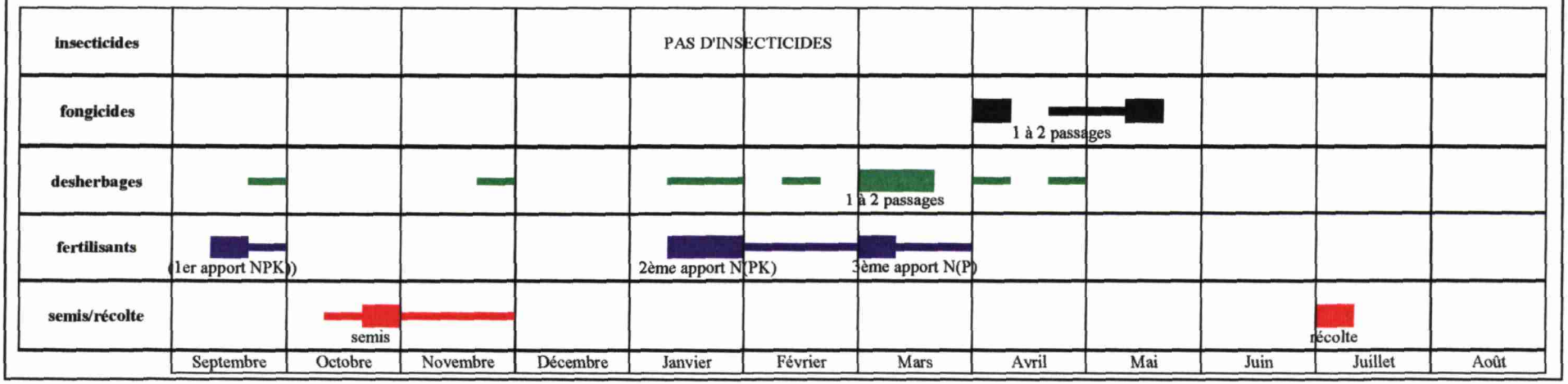
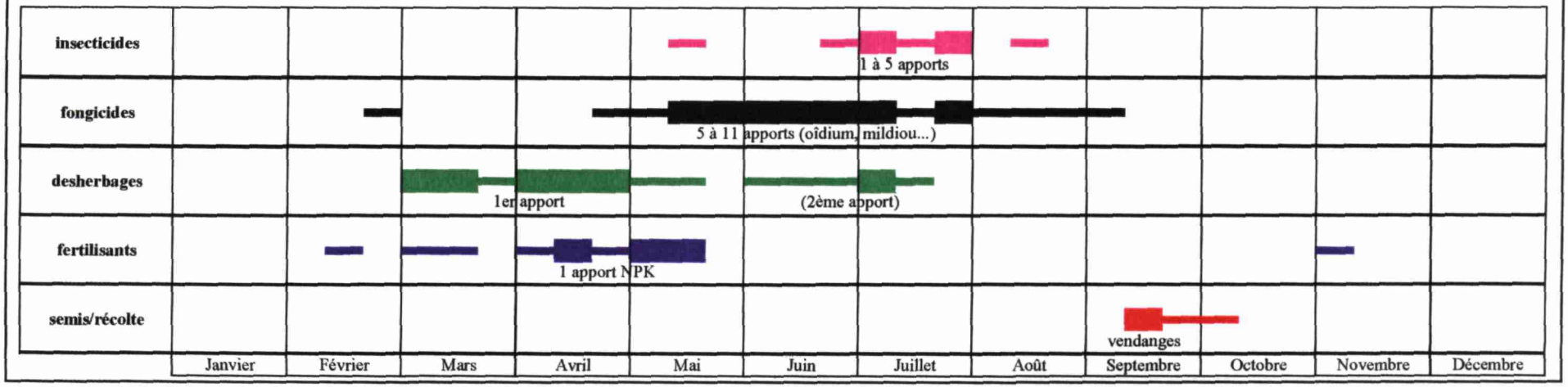


Tableau 10 CALENDRIER CULTURAL DE LA VIGNE SUR LE BASSIN DU RUINE



légende : période majoritaire des opérations — étendue de la période des opérations

3.4 Les phytosanitaires

3.4.1 Apports en produits phytosanitaires

Les enquêtes réalisées dans le bassin versant du Ruiné avaient pour but de collecter à la parcelle les traitements appliqués en herbicides, insecticides et fongicides incluant les produits utilisés, les doses appliquées et la date de traitement (la semaine étant retenue comme unité de temps, la date est notée lorsqu'elle est connue précisément). Une fiche d'enquête particulière avait été prévue pour la vigne en raison des traitements plus nombreux pratiqués.

D'une manière générale, une quantité importante de produits et de matières actives est utilisée chaque année sur le bassin versant du Ruiné. Les approvisionnements des agriculteurs se font à plusieurs coopératives, qui orientent les choix dans une large mesure. L'importance des distributeurs en la matière ne doit donc pas être sous-estimée.

Pour les trois grandes catégories de produits, herbicides, insecticides et fongicides, nous examinerons l'évolution des traitements pratiqués sur le bassin versant.

a. Apports en herbicides

Les apports en herbicides sur ce petit bassin versant concernent des produits variés, soit en moyenne 40 matières actives différentes, pour un apport total de 1300 kg environ par campagne. Sur l'ensemble de l'étude, 68 matières actives réparties en 27 familles chimiques ont été utilisées sur le bassin.
Les matières actives les plus fréquemment utilisées sont l'atrazine, le glyphosate, et l'aminotriazole, avec une augmentation sensible de l'utilisation du glyphosate. L'utilisation de la simazine est en régression constante depuis 1991.

Le Tableau 12 de la page suivante suivant présente les 25 matières actives les plus utilisées sur le bassin. Celles-ci regroupent plus de 90% des apports annuels. Les désherbants de la vigne et du maïs figurent en tête de liste, compte tenu de l'importance de leur surface sur le bassin.
Cependant, les quantités épandues ne dépendent pas uniquement des surfaces traitées, comme le montre la répartition des traitements par culture pour l'année 1997 (Tableau 11). En effet, on constate que la vigne est la culture qui nécessite les traitements herbicides les plus importants : près de 40% des quantités épandues (toutes matières actives confondues) pour 25% des surfaces traitées, ce qui représente une dose moyenne de 3,7 kg/ha/an toutes matières actives confondues.

	Part des surfaces traitées (%)	Nombre de matières actives utilisées	Part des apports (%)	Dose moyenne (kg/ha/an)
maïs	31,7	13	31,9	2,5
vigne	25,6	14	37,1	3,7
blé et blé dur	20,1	16	9,1	1,1
tournesol	15,7	4	14,5	2,3
colza	3,9	7	6,4	4,2
orge	3,1	7	1,0	0,8
Total	100	47	100	

Tableau 11 Récapitulatif des traitements herbicides par culture en 1997, toutes matières actives confondues

Matières actives	Famille chimique	Cultures traitées	Quantités épandues (kg)
atrazine	Triazines	Maïs	858
glyphosate	Aminophosphonates	Vigne, Blé, Tournesol	795
aminotriazole	Triazoles	Vigne	776
diuron	Urées substituées	Vigne	626
trifluraline	Toluidines	Tournesol, Colza	587
simazine	Triazines	Vigne, Maïs	508
aclonifen	Diphényléthers	Tournesol	445
terbuthylazine	Triazines	Vigne	421
métolachlor	Acétanilides	Maïs	396
norflurazon	Diazines	Vigne	284
alachlore	Chloroacétamides	Maïs	232
bentazone	Diazines	Maïs	204
pyridate	Diazines	Maïs	189
2,4-D	Dérivés aryloxy-acétiques	Blé, Maïs, Orge, Vigne	180
thiocyanate d'ammonium	-	Vigne	164
mécoprop	Dérivés aryloxy-propioniques	Blé, Orge	142
isoproturon	Urées substituées	Blé, Orge	130
cyanazine	Triazines	Maïs	105
tébutame	Chloroacétamides	Colza	103
dichlorprop-p	Dérivés aryloxy-propioniques	Blé	101
mécoprop-p	Dérivés aryloxy-propioniques	Blé, Orge	92
flurochloridone	Pyrrolidones	Tournesol	85
2,4-MCPA	Dérivés aryloxy-acétiques	Blé	68
linuron	Urées substituées	Tournesol	64
pendiméthaline	Toluidines	Blé, Orge	61

Tableau 12 Apports cumulés des 25 matières actives herbicides les plus utilisées de 91 à 97

Le nombre de matières actives utilisées chaque année s'est accru depuis 1994 (Figure 16). Cette diversification des pratiques s'accompagne néanmoins d'une réduction des doses appliquées, comme l'atteste la diminution des apports annuels (la reprise observée en 1995 doit être attribuée à l'augmentation de la surface cultivée en maïs). Cette tendance s'explique d'une part par les coût élevés des produits et une réglementation de plus en plus stricte en termes de conditions d'application, mais aussi par une sensibilisation croissante des agriculteurs aux problèmes environnementaux.

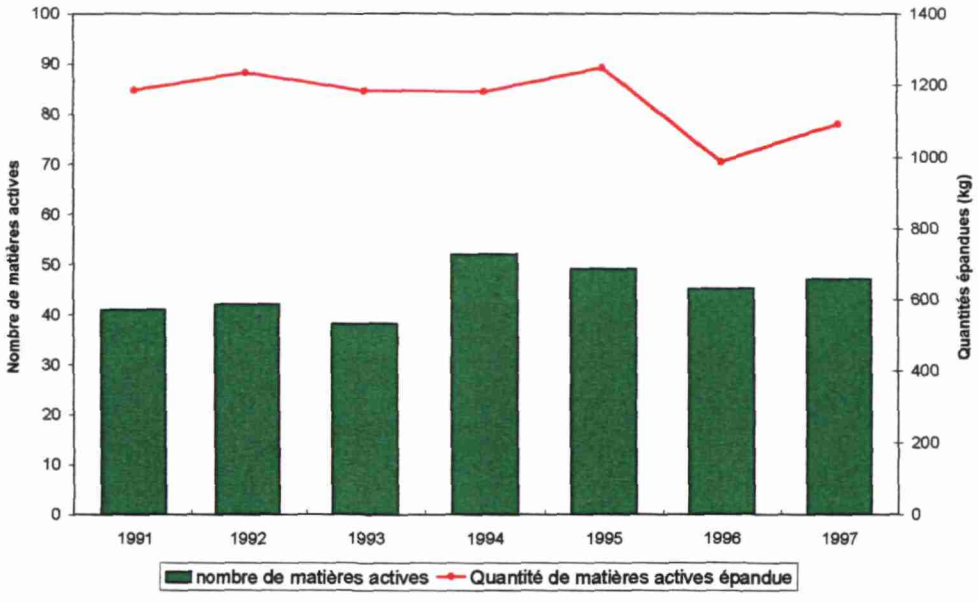


Figure 16 Evolution globale des pratiques herbicides de 1991 à 1997

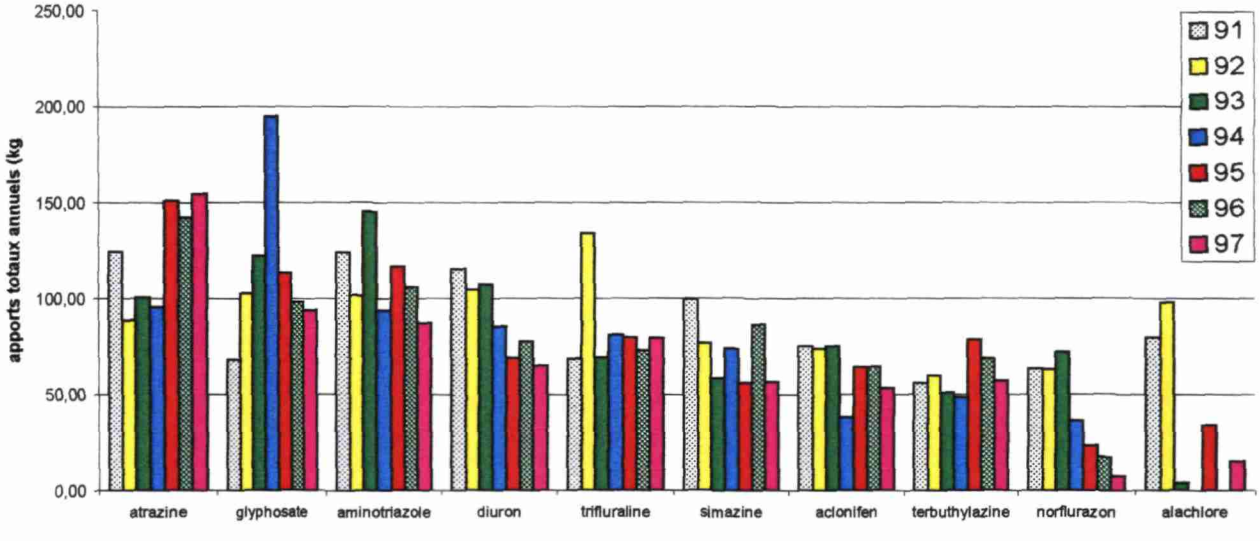


Figure 17 Apports en matières actives sensibles pour le passage dans les eaux (1991 - 1997)

La Figure 17 ci-dessus présente l'évolution des apports annuels des 10 principales substances herbicides sensibles pour le passage dans les eaux superficielles (liste ESU) de 91 à97.
L'atrazine, la simazine et certaines urées substituées restent présentent sur le bassin. Les fluctuations observées sont liées à la variation des surfaces des principales cultures traitées mais aussi à la substitution de certaines formulations par d'autres.
Les quantités d'atrazine, qui suivent les fluctuations de la surface cultivée en maïs, subissent une forte augmentation en 1995. On observe également une régression de l'utilisation du diuron et du norflurazon sur vigne, au profit de la formulation terbuthylazine + aminotriazole et, surtout en 1994, du glyphosate.

La Figure 18 illustre l'évolution des apports annuels en diuron, isoproturon et linuron pendant la période d'étude; en parallèle sont reportées les surfaces des cultures concernées.

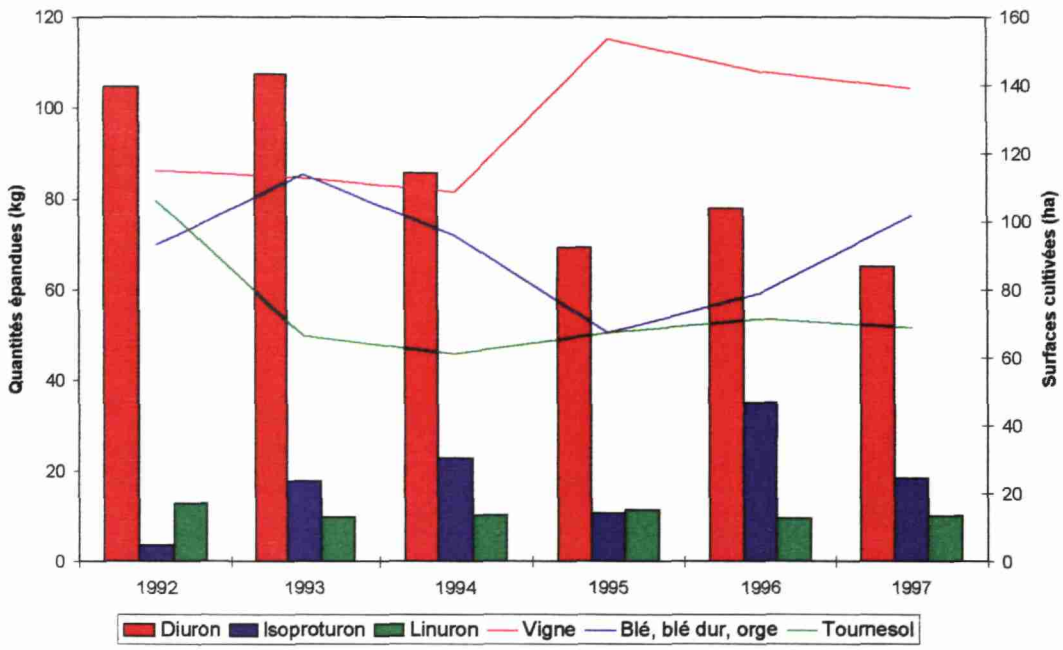


Figure 18 Evolution des apports annuels en urées substituées de 1992 à 1997

Le diuron

Le diuron est l'urée substituée la plus répandue sur le bassin versant du Ruiné (89 kg par an en moyenne depuis 91). Néanmoins, malgré l'accroissement de la surface en vigne, on observe une diminution des apports annuels. Celle-ci est liée à l'utilisation croissante de l'association terbuthylazine-aminotriazole et du glyphosate, herbicide non spécifique de la vigne et dont l'utilisation est récemment devenue économiquement très avantageuse suite à son passage dans le domaine public.

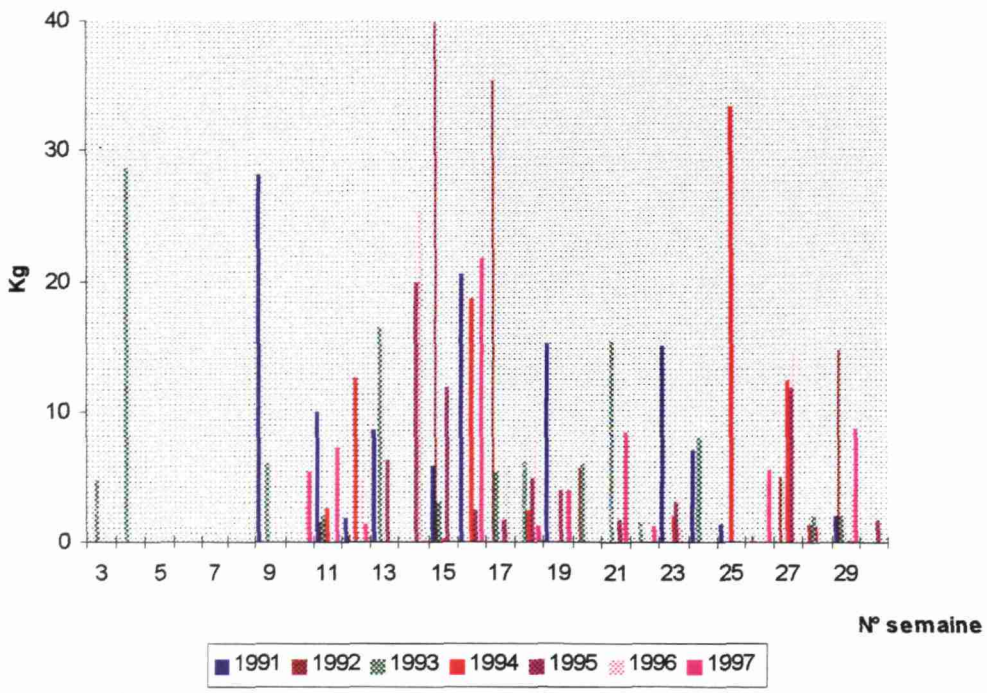


Figure 19 Apports hebdomadaires en diuron (1991-1997)

La période d'application peut s'étendre du mois de janvier (comme c'est le cas en 1993) au mois de juillet, mais les traitements commencent plus couramment au mois de mars. Chaque année, un certain nombre de parcelles subissent deux traitements par campagne, l'un en mars ou avril, l'autre en juin ou juillet.

L'isoproturon

Les quantités épandues sont très variables mais n'excèdent jamais 35 kg par an (1996). Elles coïncident assez bien avec les variations des surfaces cultivées en blé et en orge, sauf en 1997.

L'isoproturon peut être utilisé sur les cultures hivernales ou printanières. On distingue de ce fait deux périodes d'application, qui ne se retrouvent pas chaque année. Les applications sur céréales d'hiver se font au courant des mois de décembre ou janvier, alors que le traitement des céréales de printemps s'effectue généralement en mars, plus rarement en février.

Le linuron

Cette matière active, exclusivement utilisée sur le bassin pour le traitement des cultures de tournesol, est épandue très régulièrement à raison de 10 kg par an environ. Si l'on excepte l'année 1992, la constance des quantités annuelles épandues correspond à une stabilité des surfaces cultivées en tournesol.

Les traitements s'effectuent chaque année au mois d'avril, et la durée qui sépare les premières applications des dernières n'excède jamais deux semaines.

La simazine

Les apports en simazine (Figure 20) se répartissent entre les semaines 8 et 19, principalement sur la vigne en début de période puis en association avec l'atrazine en fin de période sur maïs.

73 kg en moyenne son répandue chaque année, mais son utilisation tend à diminuer sur le bassin.

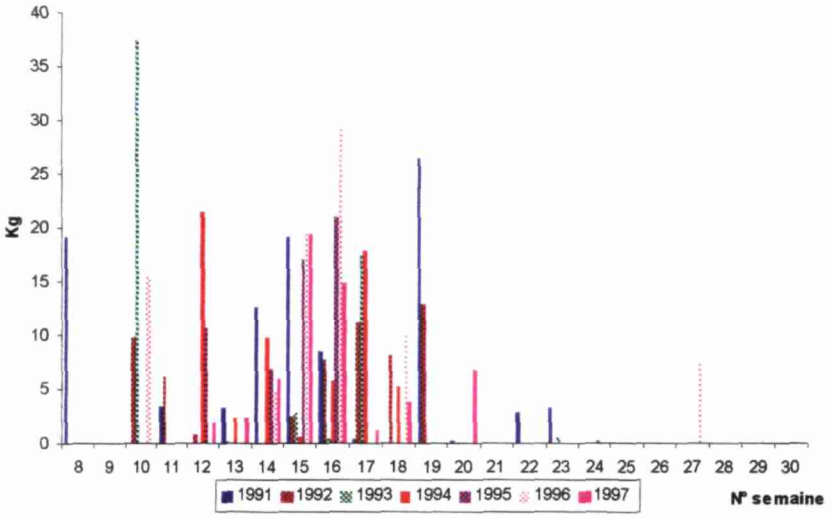


Figure 20 Apports hebdomadaire de simazine sur le bassin du Ruiné.

L'atrazine

Les apports en atrazine (Figure 21) sont plus tardifs et ont lieu dans la période allant de la 15ème à la 24ème semaine. Les quantités épandues par semaine peuvent être assez importantes, de l'ordre de 30 kilos (123 kg par an en moyenne depuis 1991).

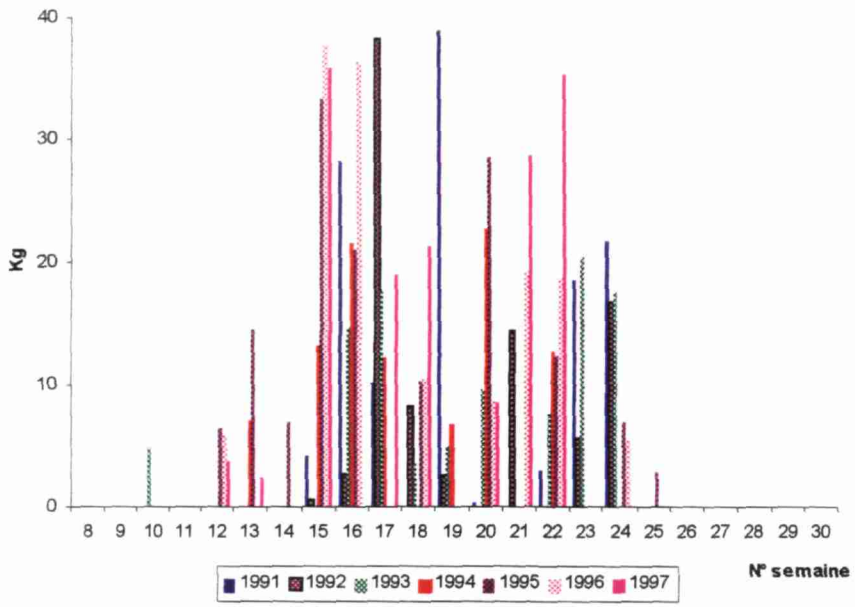


Figure 21 Apports hebdomadaires d'atrazine sur le bassin du Ruiné

Le SIG permet de localiser sur le bassin les parcelles traitées (nombre de traitements, quantité) et de les situer par rapport au ruisseau Ruiné. On trouvera en annexe une carte illustrant la répartition des apports en herbicides sensibles pour le passage vers les eaux superficielles (liste ESU) pour l'année 97 ainsi que deux séries de cartes illustrant l'évolution de la répartition des apports en atrazine et simazine entre 91 et 97 (cf. annexes)

La quantité apportée, le type de sol, la pente, la période et la simultanéité des traitements, l'éloignement au ruisseau (bien que nous soyons sur un bassin versant où le ruissellement de surface ne semble pas être la cause principale du transfert, on peut suspecter que les écoulements de sub-surface jouent un rôle non négligeable), sont les facteurs d'analyse pris en compte pour la compréhension du devenir de ces molécules détectées dans l'eau du Ruiné à l'exutoire du bassin (molécules d'origine ou produits de dégradation).

L'analyse spatiale des apports, par rapport aux critères évoqués ci-dessus peut permettre de déterminer des zones particulièrement sensibles sur le bassin, qui seront à suivre de manière plus détaillée (cf. p.43).

b. Insecticides

Depuis le début de l'étude 41 spécialités insecticides réunissant 27 matières actives ont été utilisé sur le bassin. En moyenne 120 kg sont épandus chaque année.

C'est sur la vigne que la majorité des insecticides sont appliqués (57% des apports totaux) suivi par la maïs (20%) et le colza (15%). En revanche c'est sur le maïs que les quantités appliquées à l'hectare sont les plus importantes (1521 g/ha/an toute matières actives confondues en 96) .

Le lindane, puissant nématicide utilisé sur le tournesol et le maïs, était jusqu'à maintenant largement majoritaire sur le bassin. Considéré comme trop dangereux (DL50=88mg/kg) sont usage est interdit depuis le 1er juillet 1998. C'est cependant un produit rémanent dont on est susceptible de retrouver des traces dans les eaux longtemps après la fin des traitements.
Les produits utilisés pour les traitements de la vigne sont plus nombreux mais le dosage employé est beaucoup plus faible (182 g/ha en moyenne par passage) .

Matières actives	Famille chimique	Cultures traitées	Quantités épandues (kg)
lindane	Organo-hallogénés	maïs, colza, tournesol	353,61
propargite	Sulfones et Sulfonates	vigne	43,51
clofentézine	acaricides divers	vigne	34,04
chlorpyriphos-éthyl	Organo-phosphorés	maïs, colza	33,81
quinalphos	Organo-phosphorés	vigne	18,85
fénitrothion	Organo-phosphorés	vigne	16,61
tau-fluvalinate	Pyréthrinoïdes de synthèse	vigne, colza	13,17
métaldéhyde	molluscicides	colza, tournesol	12,75
endosulfan	Organo-hallogénés	tournesol	8,55
fenvarélate	Pyréthrinoïdes de synthèse	vigne	8,39
fenpropathrine	Pyréthrinoïdes de synthèse	vigne	8,32
fenbutatin oxyde	acaricides divers	vigne	8,05
bromopropylate	Carbinols	vigne	5,48
parathion éthyl	Organo-phosphorés	vigne, tournesol	4,18
dicofol	Carbinols	vigne	2,89
cyperméthrine	Pyréthrinoïdes de synthèse	vigne	2,06
tétradifon	Sulfones et Sulfonates	vigne	1,69
lambda-cyhalothrine	Pyréthrinoïdes de synthèse	vigne, maïs, colza	1,41
méthidation	Organo-phosphorés	vigne	1,40
flufénoxuron	Acylurées	vigne	1,38
pyrimicarbe	Carbamates	tournesol	0,71
thiométon	Organo-phosphorés	colza	0,54
esfenvarélate	Pyréthrinoïdes de synthèse	maïs, orge, colza	0,41
alphaméthrine	Pyréthrinoïdes de synthèse	vigne, blé, colza	0,22
pyridabène	Pyridazinones	vigne	0,19
cyflutrine	Pyréthrinoïdes de synthèse	orge	0,09
bétacyflurine	Pyréthrinoïdes de synthèse	vigne	0,06

Tableau 13 Apports cumulés des 27 matières actives insecticides utilisées de 94 à 96

	Part des surfaces traitées (%)	Nombre de matières actives utilisées	Part des apports (%)	Dose moyenne (g/ha/an)
colza	4,47	7	14,86	1254
maïs	40,48	4	19,90	1521
orge	3,54	1	1,07	6
tournesol	20,07	2	7,49	321
vigne	31,44	16	56,67	582
Total	100,00	21	100,00	

Tableau 14 Récapitulatif des traitements insecticides par culture en 1996, toutes matières actives confondues

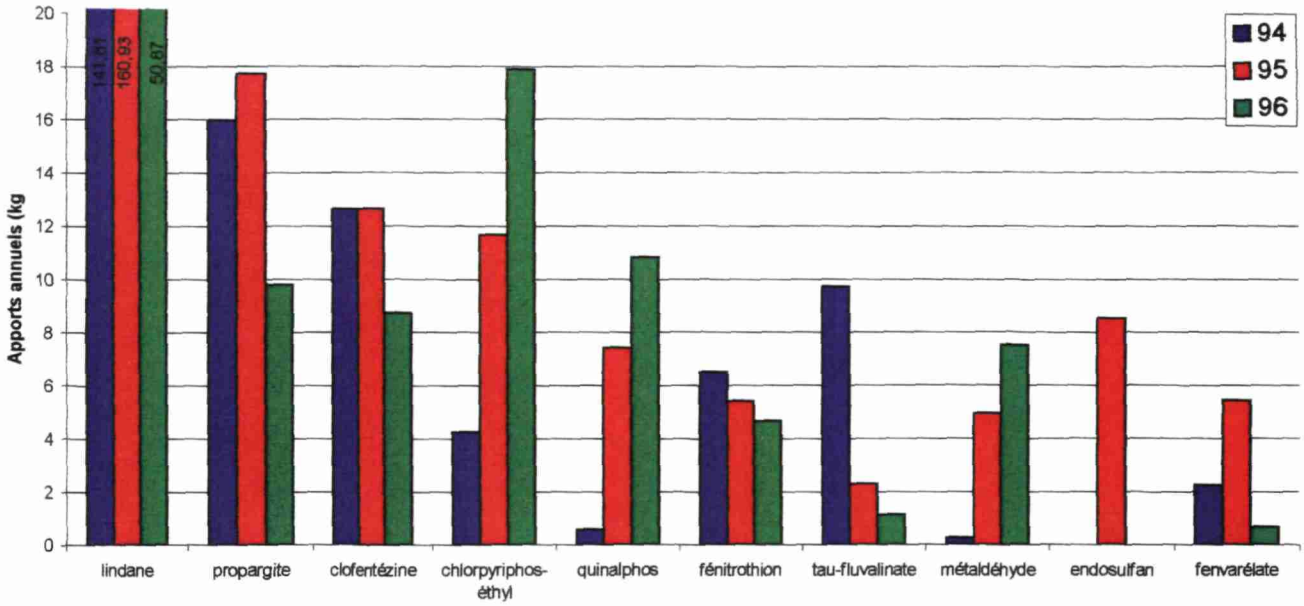


Figure 22 Evolution des apports des 10 matières actives insecticides les plus utilisées (94 – 96)

La carte en annexe illustre la répartition des apports d'insecticides d'après le nombre de matières actives utilisées. Les parcelles recevant le plus de matières actives, correspondent aux parcelles de vignes principalement.

c. Fongicides

80 spécialités fongicides pour 25 matières actives ont été recensé depuis le début de l'étude.
Environ trois tonnes de matières actives fongicides (3100 kg en 96, 3379 kg en 91) sont apportées chaque année sur le bassin, ce qui constitue la majorité des pesticides utilisés en volume. Comme on peut le constater, cette quantité a peu diminué sur la durée du suivi.
La vigne est la principale bénéficiaire de ces apports (97% en 91, 98% en 96). En moyenne une parcelle de vigne reçoit sur l'année 31 kg de fongicides par hectare en 5 à 10 apports : principalement du soufre, du mancozèbe et du fosétyl-Al
Le mancozèbe est le plus susceptible d'occasionner des risques de pollution diffuse, de par ses quantités utilisées, sa résistance et sa toxicité.

Matières actives	Famille chimique	Cultures traitées	Quantités épandues (kg)
soufre	Métalloïdes	vigne	5505
mancozèbe	Dithiocarbamates	vigne, tournesol	1902
fosétyl-Al	Monoéthyl phosphites metalliques	vigne	1684
folpel	Phtalimides	vigne	681
cuivre	Métaux	vigne	481
zinèbe	Dérivés acide dithiocabamique	vigne	75
sulfate de cuivre	Métaux et Métalloides	vigne	63
pyriméthanil	Anilino-pyrimidines	vigne	61
cymoxanil	Acétamides	vigne	55
fenpropimorphe	Morpholines	blé, orge, tournesol	45
vinchlozoline	Dérivés de l'oxazolidine	vigne	44
arsénic de l'arsénite de sodium	divers	vigne	38
carbendazime	Carbamates	blé, colza, orge, tournesol	36
manèbe	Dithiocarbamates	vigne	32
procymidone	Dicarboximides	vigne	27
flusilazole	Triazoles	vigne, blé, orge	24
chlorothalonil	Dérivés phtaliques	blé	14
bénalaxyl	Acylalanines	vigne	13
époxiconazole	Triazoles	blé	11
cyproconazole	Triazoles	blé, orge	9
tétraconazole	Triazoles	blé	9
dinocap	Dérivés du phénol	vigne	8
tébuconazole	Triazoles	blé	5
prochloraze	Imidazoles	blé, orge	5
hexaconazole	Triazoles	vigne	5

Tableau 15 Apports cumulés des 25 matières actives fongicides les plus utilisées de 94 à 96

	Part des surfaces traitées (%)	Nombre de matières actives utilisées	Part des apports (%)	Dose moyenne (g/ha/an)
blé	23,4	7	0,82	558
colza	5,8	1	0,13	500
orge	4,6	6	0,14	539
tournesol	25,8	3	0,90	1040
vigne	40,5	20	98,02	31147
Total	100,0	28	100,00	

Tableau 16 Récapitulatif des traitements fongicides par culture en 1996, toutes matières actives confondues

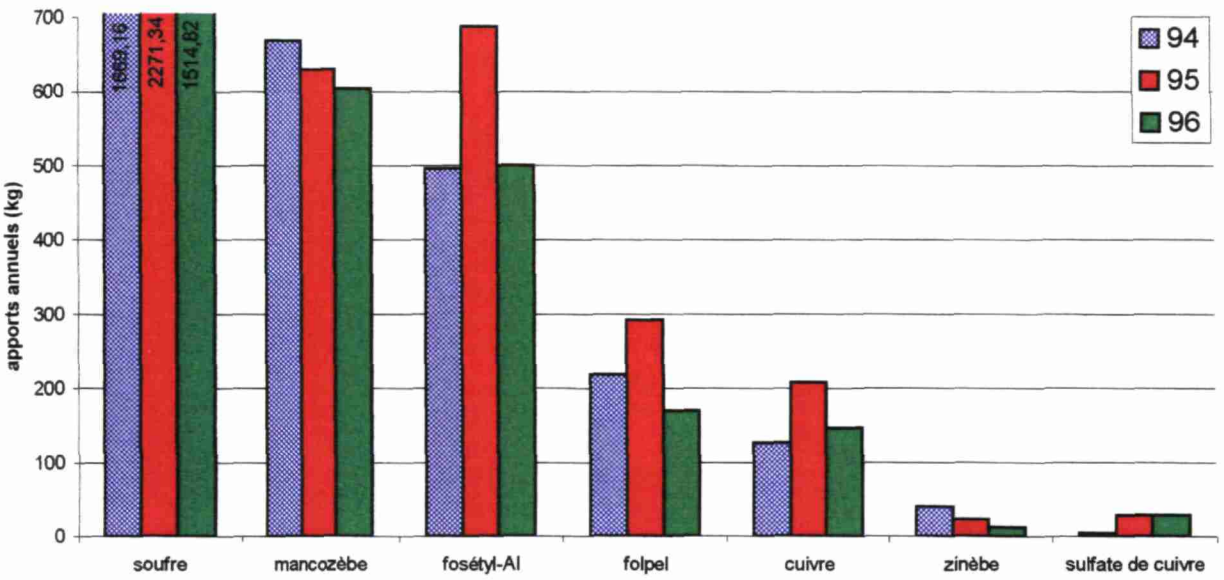


Figure 23 Evolution des apports des 7 matières actives fongicides les plus utilisées (94–96)

La carte en annexe illustre la répartition des apports en matières actives fongicides en 1996 selon le nombre de matières actives utilisées. Toutes les parcelles recevant plus de 6 matières actives différentes correspondent à des parcelles de vigne.

3.4.2 Définition de zones homogènes vis à vis du risque de transfert d'herbicides dans le bassin versant du Ruiné : premiers résultats et discussion

a. Objectifs

L'objectif est de définir des zones homogènes de sensibilité du milieu et de risque potentiel de transferts d'herbicides vers les eaux superficielles à partir des données existantes sur le bassin versant du Ruiné, et de valider si possible les zones homogènes obtenues à partir des résultats de la surveillance hydrologique.
L'objectif à terme est de voir comment on peut transférer la méthode à un bassin versant de plus grande taille où l'on disposerait de données à une échelle différente, notamment des données beaucoup plus partielles sur les rotations et les pratiques. Les zones définies à partir de ces données simplifiées pourraient être testées et validées sur le bassin versant du Ruiné.
Cette analyse est encore en cours, seuls les premiers résultats sont présentés ici. Des analyses de données multi-critères sur les parcelles (AFC) sont en cours.

b. Méthode

On établie au préalable une **carte des zones homogènes de sensibilité structurelle du bassin** en y intégrant les facteurs liés au milieu et sur lesquels les pratiques agricoles n'ont pas d'influence (sauf aménagements particuliers pour le facteur distance au ruisseau). Les critères utilisés ont été les suivants :

- ✓ <u>Classe de pente</u> :
  Un maillage fin du bassin versant est réalisé mais non moyenné à la parcelle culturale. En effet, certaines parcelles ont des parties fortement pentues et d'autres parties plus plates, et dans ce cas la moyennisation ne rendrait pas bien compte de la réalité du risque.

- ✓ <u>Distance au ruisseau</u> du Ruiné.
  Dans un premier temps, il n'est pas tenu compte des problèmes de connexions directes éventuelles par fossés ou encore de la présence de haies susceptibles d'accélérer ou de freiner les transferts d'herbicides ; il est prévu de vérifier sur une petite zone l'incidence de la prise en compte de ces facteurs sur le classement des parcelles.

- ✓ <u>Classe de sol</u> :
  Le bassin versant est assez homogène de ce point de vue, et ce critère ne sera pas déterminant pour le classement des parcelles ; en effet, il est constitué en grande majorité de terres de champagne, avec des alluvions le long du cours du Ruiné et quelques parties sablo-argileuses sur les coteaux.

A partir des trois critères pente - distance au ruisseau - pédologie, des classes ont été établies avec attribution d'une note pour chaque critère. L'agrégation des critères a été réalisée par addition puis recodage en donnant le même poids aux facteurs pente, distance et classe de sol. En effet, aucun élément objectif ne nous permettait d'attribuer un poids prépondérant à l'un ou l'autre de ces critères.

La carte de sensibilité structurelle ainsi obtenue (Carte 7) peut alors être croisée avec une carte des pratiques agricoles afin de situer les zones les plus vulnérables vis à vis des activités humaines.

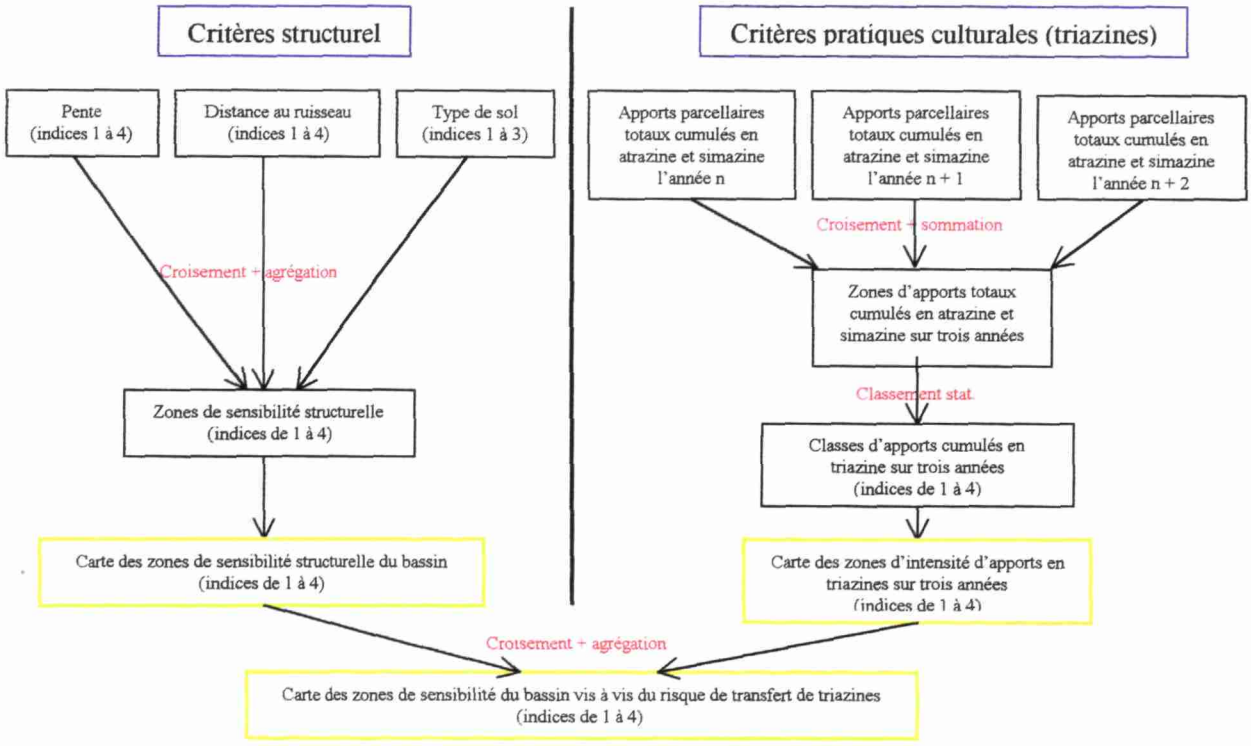


Figure : Schéma de la méthode utilisée

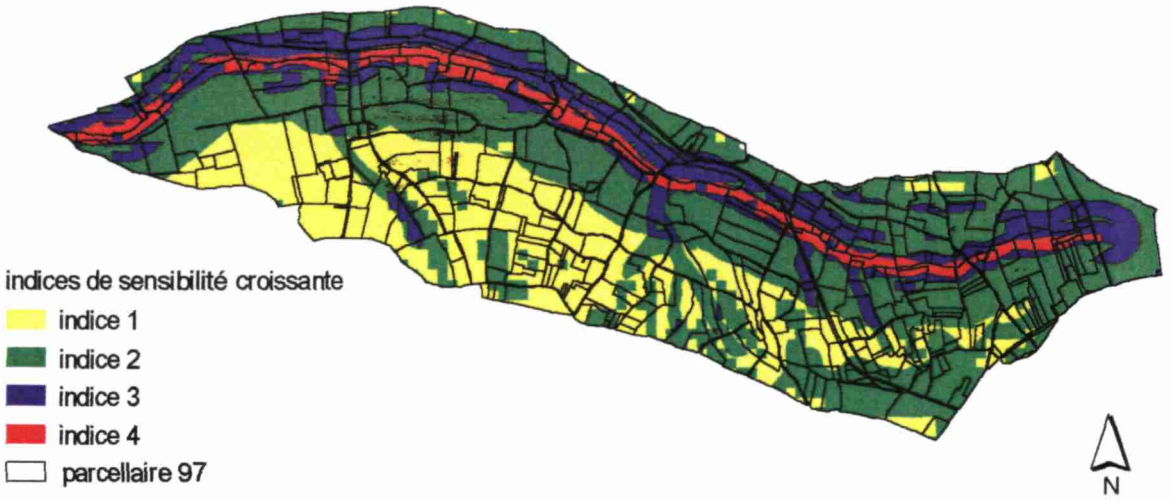
L'exemple présenté ci-dessous concerne les triazines (atrazine et simazine) que l'on retrouvent de manière régulière dans le ruisseau. Une **cartes des pratiques d'apports en triazines** est donc construite. Nous avons pour ce faire considéré les apports cumulés d'atrazine et simazine sur trois années ce qui nous permet de prendre en compte les rotations et pas uniquement l'assolement d'une seule année. Cinq indices d'apports sont établis par analyse statistique, en considérant la moyenne des apports sur les parcelles traitées.
Afin d'observer des tendances d'évolution du risque potentiel et de rechercher les facteurs de ces évolutions, deux cartes ont été établies selon la même méthode. La première prend en compte les apports d'herbicides sur les parcelles culturales durant la période 1992-1994 et la seconde durant la période 1995-1997 (Carte 8 et Carte 9). Ces périodes ont été choisies en fonction de l'évolution des assolements au cours de l'étude.

Le croisement de la carte de sensibilité structurelle du bassin et celle des apports en triazines sur 3 années est alors effectué. Les critères sont alors agrégés et recodés. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées. Nous avons effectué ici une simple sommation, mais une analyse de ces données (AFC) peut être envisagée pour redéfinir des groupes (analyse en cours). Le résultat est l'élaboration d'une **carte de sensibilité du bassin vis à vis du risque de transferts de triazines** à 4 indices de 1 pour une sensibilité faible, à 4 pour une sensibilité importante .

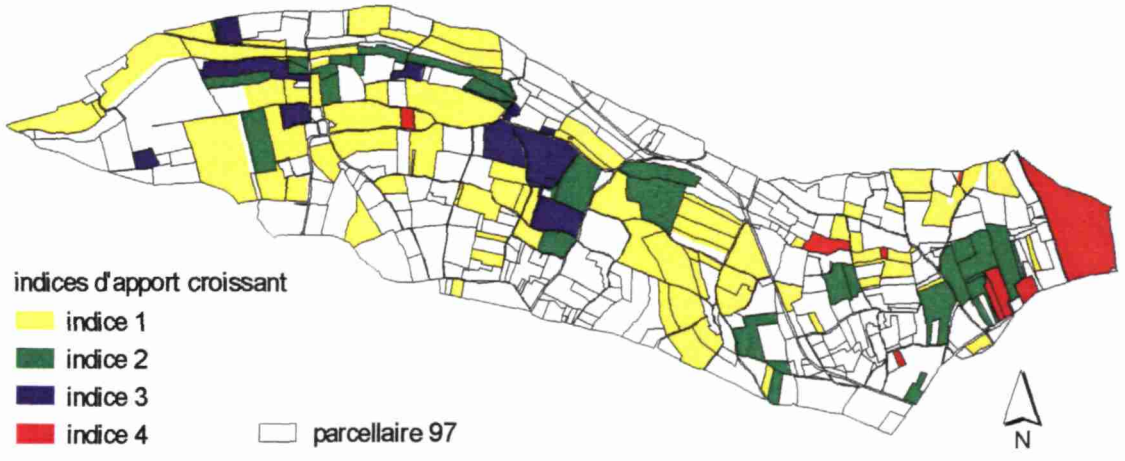
Deux cartes sont ainsi construites pour les années 1992-94 et 1995-97(Carte 10 et Carte 11). Elles devraient identifier les zones à surveiller préférentiellement dans une perspective de prévention vis à vis du transfert au ruisseau des substances atrazine et simazine. La comparaison de ces deux états permet de dégager des zones où la sensibilité a évolué (Carte 12) et de rechercher les facteurs de ces évolutions.

c. Résultats et discussion

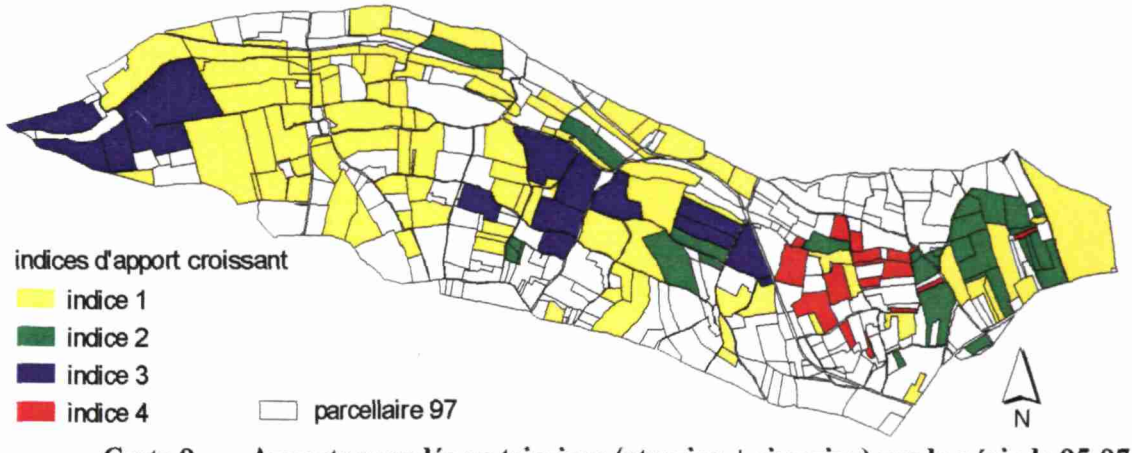
Le résultat obtenu est représenté spatialement sur les cartes page suivantes. Les zones homogènes de sensibilité vis à vis des apports en triazines distinguées peuvent être des parcelles ou des parties de parcelles. L'attribution d'un indice de sensibilité à chaque parcelle pourrait être envisagé en combinant les indices obtenus pour chaque partie de parcelle ayant des indices de sensibilité structurelle différents.



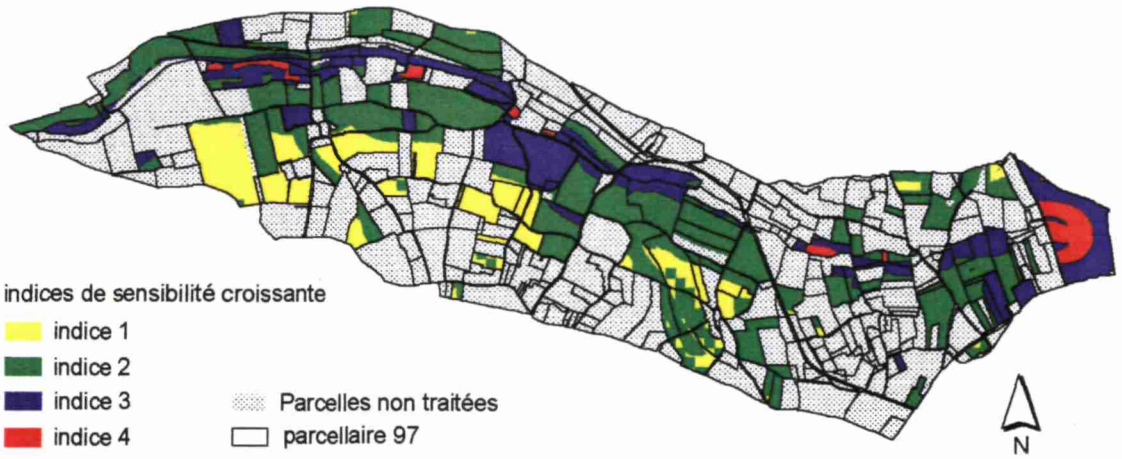
Carte 7 **Sensibilité structurelle du bassin (facteurs pente, distance au ruisseau, sol)**



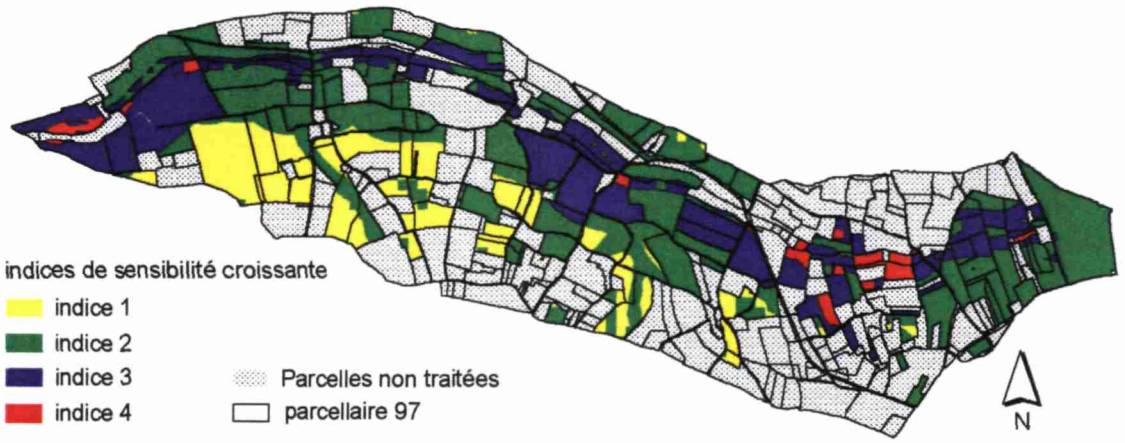
Carte 8 **Apports cumulés en triazines (atrazine + simazine) sur la période 92-94**



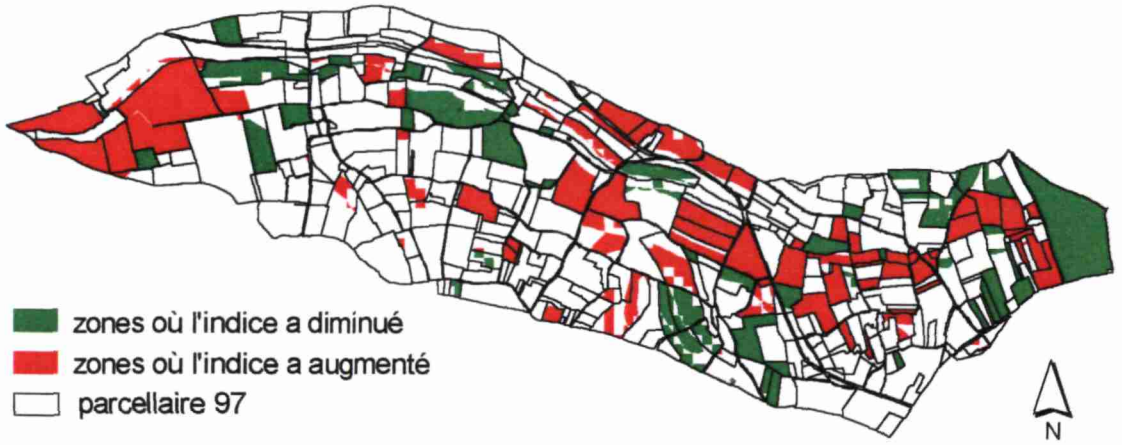
Carte 9 **Apports cumulés en triazines (atrazine + simazine) sur la période 95-97**



Carte 10 Sensibilité du bassin vis à vis du risque de transferts de triazines (92-94)



Carte 11 Sensibilité du bassin vis à vis du risque de transferts de triazines (95-97)



Carte 12 Zones où la sensibilité vis à vis du risque de transferts de triazines a évolué entre les périodes 92-94 et 95-97

Les bilans des indices de sensibilité vis à vis du risque de transferts d'atrazine calculés sur le bassin et détaillés dans les tableaux de l'annexe, montrent que la majorité des surfaces en cultures relève d'un indice correspondant à un niveau de risque faible ou moyen. L'indice correspondant au niveau de risque le plus élevé (indice 4) ne concerne en fait que moins de 10 ha de surface agricole, soit moins de 2% de la SAU.
Si on considère les zones d'indices 3 et 4 où apports importants peut se conjuguer avec zones naturellement sensibles, ou bien apport, même faible en triazines, se conjugue avec zone systématiquement considérée comme sensible, on peut considérer qu'en 1997, 95 ha du bassin sont à surveiller soit 20 % de la SAU.

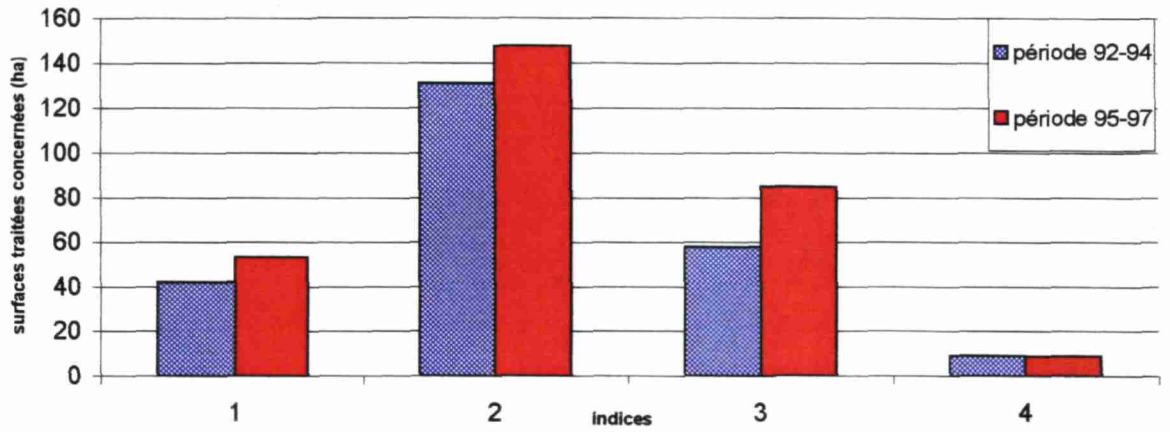


Figure 24 Evolution de la répartition des surfaces en fonction de l'indices de sensibilités vis à vis du risque de transfert de triazines sur le bassin du Ruiné

Entre les périodes 92-94 et 95-97, on constate une augmentation des surfaces pour chaque classe de sensibilité (Figure 24). Ceci s'explique par l'augmentation globale des surfaces traitées par atrazine-simazine entre ces deux périodes (de 240 à 295 hectares) à corréler avec l'augmentation des surfaces en maïs à partir de 1995 (+45 ha entre 94 et 95) et l'augmentation globale de la SAU (+ 5ha).

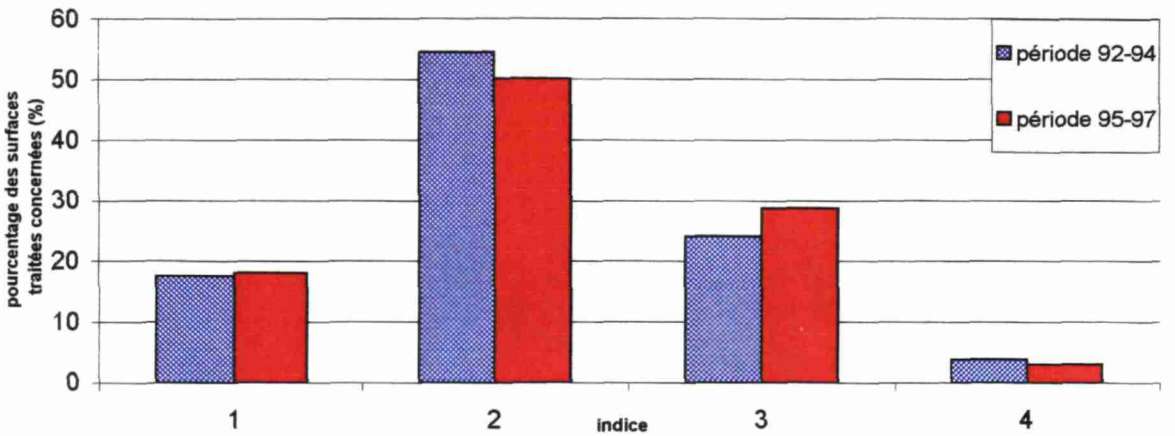


Figure 25 Evolution du ratio d'indices de sensibilités vis à vis du risque de transfert de triazines sur le bassin du Ruiné par rapport aux surfaces traitées

On constate également qu'entre les deux périodes de calcul, certaines parcelles ont changé de classe de sensibilité (Carte 12). L'indice de sensibilité structurelle n'ayant pas changé, le seul facteur responsable de ces changements est la dose cumulées de triazines.
Hormis les parcelles qui ne recevaient pas de triazines, ont reçu des traitements à base d'atrazine-simazine à partir de 1995 et réciproquement (les nouvelles parcelles en maïs par exemple), certaines parcelles ont reçu des doses différentes. La moyenne des apports cumulés sur trois ans en atrazine-simazine est passée de 2066 g/ha à 2190 g/ha sur les parcelles traitées. Cette augmentation globale des doses se répercute essentiellement sur la classe d'indice 2 dont la surface concernée diminue proportionnellement aux surfaces traitées (- 4,5%) au profit de la classe 3 (+ 4,7%) (Figure 25).

L'étude des rotations culturales supportées par les parcelles dont l'indice de sensibilité a changé entre les deux périodes, nous a permis de dégager certains éléments qui peuvent influencer la sensibilité de telle ou telle parcelle vis à vis des transferts de triazines :

- les rotations à base de maïs consommatrices d'atrazine induisent un risque plus important par une plus grande sollicitation de la parcelle et donc une augmentation des risques de transfert en situation déjà sensible;
- la culture de la vigne ne fait plus apparaître de risque supplémentaire pour les triazines, en raison de la diminution des apports en atrazine et simazine remplacés progressivement par d'autres herbicides moins rémanents;
- une parcelle changeant de propriétaire peut être soumise à d'autres pratiques et donc devenir plus ou moins sensible suivant les habitudes de ce dernier (produits utilisés, doses, fréquence des apports);
- Des changements de pratiques (augmentation ou diminution globale des doses d'herbicides) interviennent également sur des rotations culturales de même type. Ils sont probablement guidés par les aléas climatiques et des pressions des adventices induisant des réactions appropriées.

Il sera intéressant de vérifier à partir des éléments recueillis depuis le début de l'étude (haies, fossés, sens de travail du sol...) combien de parcelles pourraient être reconsidérées en terme de niveau de sensibilité structurelles en raison d'éléments d'aménagements (exemple : un fossé conduit directement au Ruiné même si la parcelle est dans une classe de distance éloignée). Enfin, des éléments plus précis sur la nature des sols de chaque parcelle (sachant que certaines sont assez hétérogènes) pourraient introduire une discrimination supplémentaire. Ceci pourra donner une idée de l'erreur commise à partir d'un classement sur des critères standards.

Par ailleurs, nous avons raisonné ici par rapport aux triazines dont la présence est évaluée en permanence dans les eaux superficielles, ceci afin de pouvoir « valider » dans la mesure du possible les zones homogènes ainsi définies.
En effet, le suivi hydrologique plus fin réalisé depuis 97 au niveau du bassin versant (mesures régulières réalisées en d'autres points du bassin) doit permettre d'affiner la répartition des concentrations selon les tronçons du ruisseau et va être confronté aux zones de sensibilités homogènes définies selon la méthode exposée.

Le raisonnement par rapport à d'autres substances phytosanitaires pourra être différents en raison des différences importantes entre molécules pour les problèmes de rémanence dans le sol, toxicité, modes de transfert et mesure possible des concentrations dans les eaux superficielles.

Il sera intéressant de vérifier si la sollicitation des parcelles enregistrée pour les triazines (herbicides) est corrélée à une sollicitation importante et globale de la parcelle pour l'ensemble des produits phytosanitaires, et à un niveau de pratiques.

3.4.3 Les produits phytosanitaires dans les eaux

Le suivi des concentrations en produits phytosanitaires dans les eaux est réalisé selon deux protocoles :
- des prélèvements instantanés hebdomadaires;
- des prélèvements automatiques à pas de temps horaire au moyen d'échantillonneurs en période de crues.

Le déclenchement des préleveurs est commandé par la centrale d'acquisition des débits.Les prélèvements sont réalisés dans du flaconnage en verre. Les produits recherchés sont les triazines (atrazine, simazine, terbutylazine) et certains de leurs métabolites (déséthyl-atrazine et désisopropyl-atrazine) les phényl-urées (diuron, isoproturon, linuron).
L'analyse est effectuée par HPLC selon le protocole décrit en annexe. Les concentrations mesurées sont celles de la fraction dissoute de la molécule. Les dosages sur les fractions particulaires n'ont pas donné de résultats suffisamment fiables pour être présentés et ce, en raison de la faible quantité de matière en suspension recueillie. Le dosage sur l'eau brute ne donne quant à lui des résultats que peu reproductibles, les matières en suspension colmatant le garnissage de la cartouche d'extraction.

a. Les phényl-urées

Les phényl-urées recherchées, diuron, isoproturon, linuron ne sont détectées que de façon ponctuelles. Leur bruit de fond est nul en temps normal. C'est à la suite d'événements pluvieux particulier ou d'année particulière que l'on peut les retrouver dans l'eau.

- ***Le diuron***

Le comportement du diuron est illustré par l'exemple du mois d'Avril 1994 durant lequel les concentrations peuvent atteindre quelques microgrammes/litre pendant quelques heures (Figure 26) à la suite d'événements pluvieux.

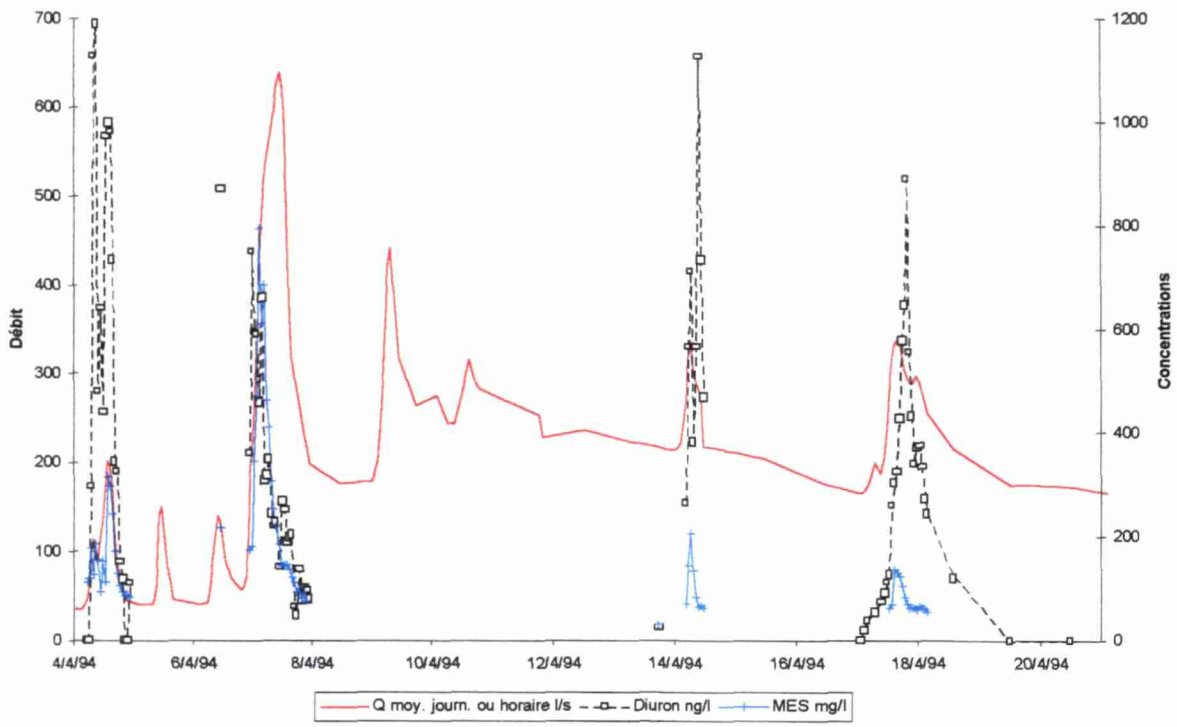


Figure 26 Concentrations en diuron durant les crues d'Avril 1994

Les traitements effectués entre le 20 et le 26 mars 1994 affectent la partie aval du bassin. Ils sont répartis dans trois types de zones :

- Les sommets des coteaux du versant Nord.
- Les sommets du versant Sud.
- Un secteur très éloigné du cours d'eau, situé dans la partie vallonnée du versant Sud.

A cette époque, les doses épandues sont importantes (souvent supérieures à 1 kg/ha).
Sur les 15 kg de diuron pulvérisés sur les sept premières parcelles traitées, on observe lors de ces premières crues des pertes dans le cours d'eau atteignant ***0,26%*** des quantités épandues.
L'évolution des quantités de diuron exportées lors des premières crues enchaînées du mois d'avril 1994 montre deux phénomènes bien distincts:

- L'apparition du produit dans la première phase de la crue et l'augmentation des quantités exportées avec le débit et les pluies journaliers.
- Une seconde arrivée de matière active dans les derniers jours de la crue, qui se traduit par des flux plus importants (14/04/94) pour un débit et des précipitations plus faibles. Ce flux traduit l'importance de l'enchaînement des événements pluvieux sur une longue période (deux semaines).

Ces observations sont confirmées par l'étude à pas de temps horaire des différentes phases de la crue (Figure 26). Les phases 1, 2, 3 et 4 correspondent ici à des phases « de détection » afin de faciliter la description de l'évolution des concentrations.

Durant les phases 1 et 2, on observe une proportionnalité entre l'accroissement de débit (qui résulte de l'interaction entre intensité de la pluie et durée de l'épisode) et les flux mobilisés. Aussi, la concentration décroît dans la seconde phase mais le flux, au contraire augmente. La remobilisation du diuron fixé dans le sol semble donc asservie aux paramètres d'intensité et de durée des épisodes pluvieux, tant que les stocks disponibles sont suffisants. La phase 3 est marquée par une forte concentration par rapport au volume d'eau mobilisé. Les flux observés sont plus élevés que lors de la première phase (concentrations comparables mais débit plus important), malgré des précipitations moins abondantes. Compte tenu de la dispersion géographique des parcelles traitées, on peut comprendre cette nouvelle arrivée comme un transfert de matière active en provenance de zones probablement plus éloignées ou dont la trajectoire du ruissellement est plus indirecte.
Pour établir un parallèle avec les observations faites sur le comportement de l'isoproturon lors de ces mêmes crues, notons que les dernières phases s'accompagnaient de concentrations et de flux bien plus faibles que les premières, signe de l'épuisement progressif des stocks et de la grande sensibilité de cette matière active à l'intensité des pluies.
La concentration maximale observée lors de ces crues (1,2 µg/l) est très inférieure à celle mesurée en avril 1993, alors que le temps écoulé après les traitements est plus long. Ceci démontre que lorsque les conditions climatiques sont favorables au transit des produits épandus jusqu'au cours d'eau et que les doses par hectares sont comparables, les paramètres suivants influent considérablement sur les concentrations mesurées :

La connexion au ruisseau des parcelles traitées (paramètres de distance, de pente et dispositifs de concentration des eaux de ruissellement).
Le regroupement (1993) ou au contraire la dispersion spatiale (1994) des parcelles traitées.
Leur localisation sur le bassin
La durée ou l'enchaînement d'épisodes pluvieux

Compte tenu de la période d'application de cet herbicide, les bilans annuels commencent au premier mois de la campagne d'épandage et sont donc dressés de janvier à décembre (Tableau 17). A titre indicatif, les précipitations annuelles (de janvier à décembre) sont reportées dans le tableau.
Les quantités exportées sont généralement de l'ordre de 0,01%, sauf en 1994, dont le pourcentage de perte est exceptionnellement fort, tout comme la pluviométrie. Cependant, bien que leur influence soit

loin d'être négligeable, les précipitations annuelles ne suffisent pas à expliquer les pertes, comme le montrent par exemple les valeurs de 1993 et 1995.

Année	Apports (kg)	Exports (mg)	Pertes (%)	Pluie annuelle (mm)
1992	105	2 392	0,0023	839
1993	107	52 204	0,0486	963
1994	86	125 012	0,1458	1 240
1995	69	80	0,0001	948
1996	78	40 701	0,0522	883
1997	65	898	0,0014	807

Tableau 17 Bilans annuels des pertes en diuron

- *L'isoproturon*

L'isoproturon, utilisé sur blé entre les 8ème et 11ème semaines, n'est détecté qu'en 1994 sur quelques crues de printemps (avril) sa concentration dépasse le microgramme/litre (Figure 27), lors des épisodes suivants (au nombre de quatre), elle n'atteindra pas 0,5µg/l.
La période qui suit les traitements est caractérisée par une faible pluviométrie (26 mm au mois de mars 1994). Pourtant, deux jours de pluie (le 23 et le 24 février) engendrent une première crue, quelques jours après le traitement. On ne détecte aucun flux lors de ce bref épisode.
En revanche, dès le début du mois d'avril commence une longue période de pluies abondantes (177 mm en avril 1994). Cet épisode se traduit par une forte crue qui débute le 4 avril, cinq jours après la première pluie. Il intervient après une semaine sans précipitations et l'on peut observer une phase de recharge des réserves avant les premiers écoulements. Le niveau de base ne sera restitué qu'aux alentours du 15 mai.
Cette crue se décompose en huit phases d'écoulements dont quatre sont suivies du point de vue des concentrations. Ces phases correspondent à des épisodes pluvieux (Figure 27). On remarquera la présence du produit dès les premiers écoulements. La teneur mesurée atteint plus de 4 µg/l et elle se situe généralement au delà du seuil de 0,1 µg/l. La concentration maximale est observée dans la première phase de la crue (le 4 avril) mais se traduit par des flux et des quantités exportées moins importants que ceux de la deuxième phase (le 6 avril) en raison du plus faible débit du cours d'eau.

Sur l'ensemble de la crue, on n'observe pas de proportionnalité entre les concentrations et le débit ou l'ampleur du pic de débit. Les flux instantanés diminuent globalement au fur et à mesure des phases de la crue, mais sont également asservis à l'intensité des pluies et à leur durée (la comparaison des phases de détection 1 et 2 le montre bien). Le bilan des pertes de matière active dans le ruisseau lors de cette crue s'élève à **0,29% des quantités épandues** (dont 0,07% pendant la première phase) et cette valeur ne constitue qu'une sous-estimation de ces pertes, compte tenu de la fréquence des mesures.
Lorsque l'on étudie les quatre phases de détection de la crue, on constate que l'arrivée du produit semble directement liée aux impulsions pluviométriques, plus encore qu'aux fluctuations du débit. De fait, les pics de concentration et de flux sont parfois en retard sur le débit (phases 1 et 4), mais le précèdent à d'autres reprises (phases 2 et 3). Notamment, lors de la première phase observée, on distingue quatre « ondes » pluviométriques, dont la dernière, isolée et peut-être plus locale, est sans effet sur le débit.

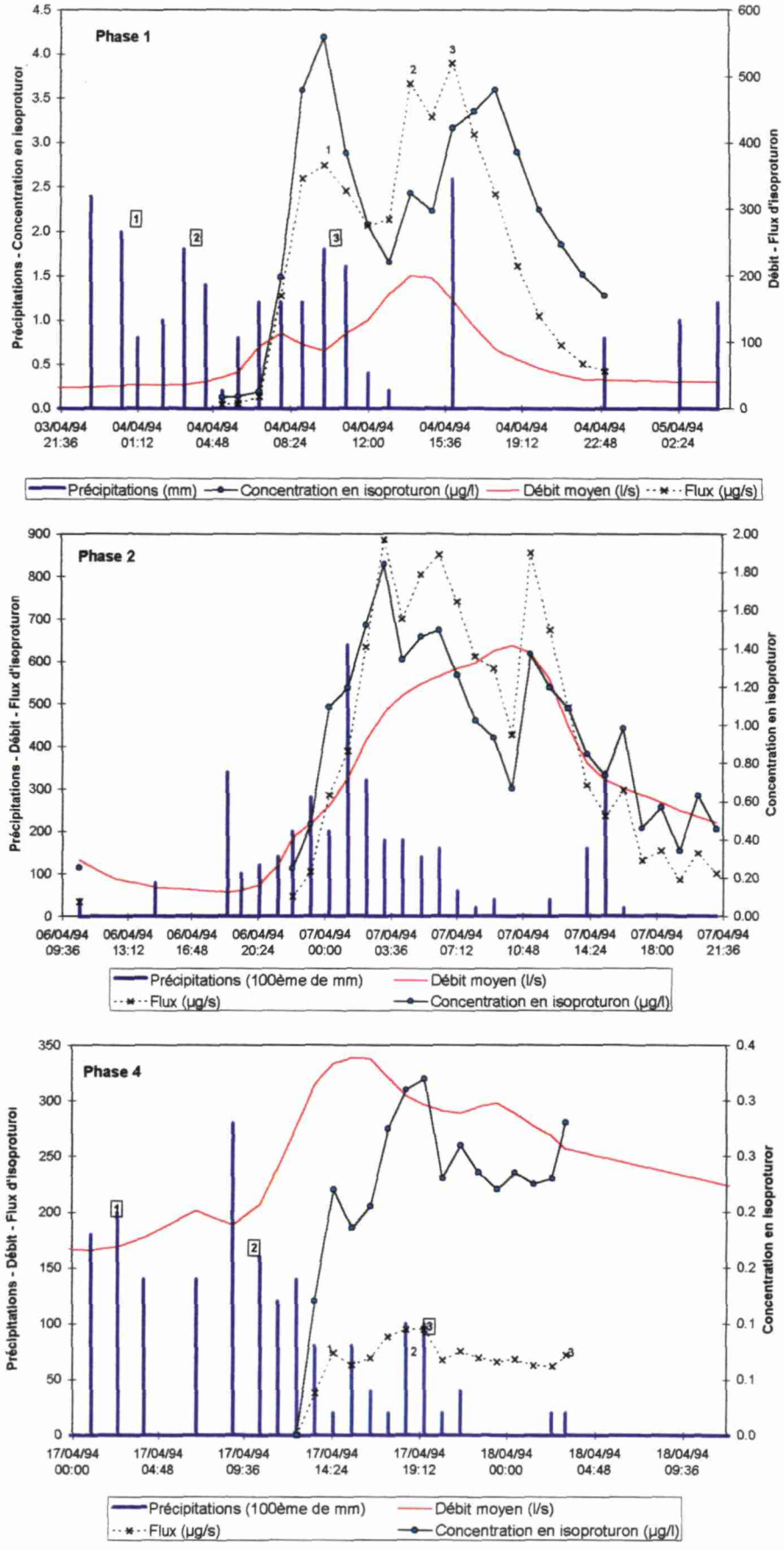


Figure 27 Concentrations en isoproturon durant les crues d'Avril 1994 (phases 1,2 et 4)

Trois pics de flux suivent les premières impulsions, avec un retard compris entre 6h et 10h sur les événements pluvieux les plus intenses :

Pluie (1), le 4 avril :
Intensité maximale entre minuit et 1h (2,4 mm/h)
Pic de flux (1) entre 9h30 et 10h30 (4,2 µg/l)

Pluie (2), le 4 avril :
Intensité maximale entre 3h et 4h (1,8 mm/h)
Pic de flux (2) entre 13h30 et 14h30 (2,4 µg/l)

Pluie (3), le 4 avril :
Intensité maximale entre 9h30 et 10h30 (1,8 mm/h)
Pic de flux (3) entre 15h30 et 16h30 (3,6 µg/l)

La diminution du laps de temps écoulé entre le stimulus pluviométrique et l'arrivée du produit à la fin de la phase 1 peut s'expliquer par un entraînement de matière active qui a déjà migré de son lieu d'origine lors des premiers écoulements.

- ***Le linuron***

Les épandages, effectués les 22 et 23 avril 1993, concernent quatre parcelles en rive Sud, dont trois en bordure de ruisseau. Sur ces dernières, les cultures s'étendent jusqu'au bord du cours d'eau.
Le 23 avril, soit le jour même du dernier traitement, des pluies abondantes (23 mm dont 5,6 mm en 1h) interviennent en fin d'après-midi, provoquant dans les 6 heures une forte crue qui s'étend sur 24h (Figure 28). En quelques heures, le débit décuple et l'on observe deux pics décalés de 5h. Les concentrations en linuron sont également marquées par deux pics, avec un retard d'une heure sur le débit pour le premier, de trois heures pour le second. On notera la présence du produit dès le début de l'écoulement ; en revanche, on ne connaît pas le temps qui s'écoule jusqu'à sa disparition. Si l'on excepte deux prélèvements, la teneur observée est toujours très supérieure au seuil de 0,1 µg/l, avec une pointe à 1 µg/l. Elle semble proportionnelle au débit.

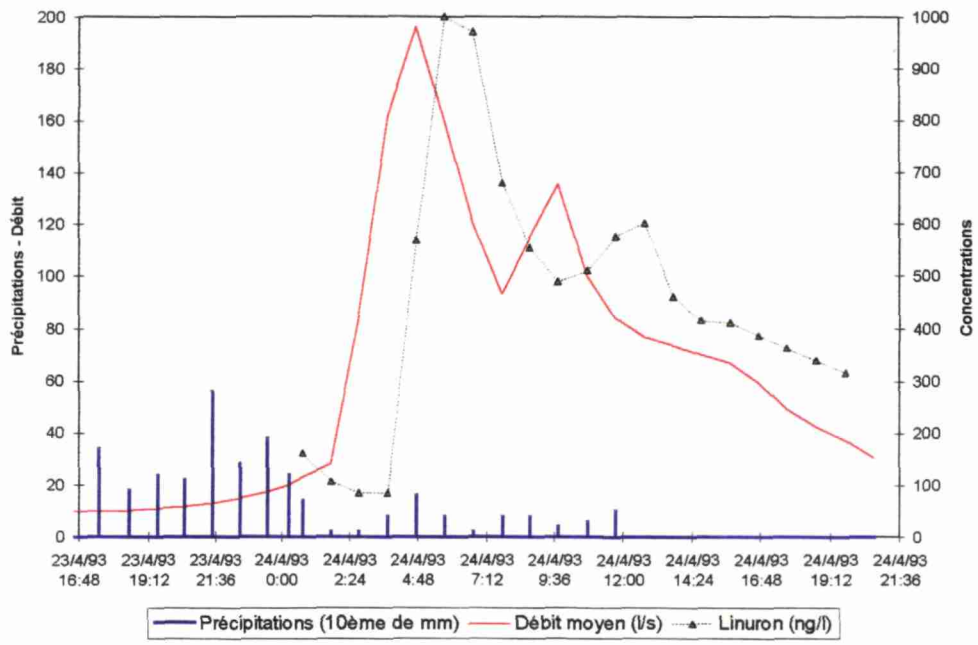


Figure 28 Concentrations en linuron crue du 24/04/1993

Ce cas présente une conjoncture particulièrement défavorable. En effet, la pluie qui intervient dans les deux jours suivant les traitements entraîne par ruissellement la matière active fraîchement épandue et peu fixée. De ce fait, les pertes sont importantes (0,035% sur cette seule crue) et les stocks constitués dans le sol par fixation sont probablement faibles.
L'augmentation du retard des pics de concentration sur le débit (1h pour le premier pic, 3h pour le second) permet de supposer que le premier flux traduit essentiellement l'arrivée du produit provenant des terrains les plus proches, et que le second exprime davantage les quantités transférées à partir de zones un peu plus lointaines.
Compte tenu de la période d'application de cet herbicide, ces bilans commencent au premier mois de la campagne d'épandage et sont donc dressés du mois d'avril au mois de mars. De cette façon, il est possible de rapporter les exports à la campagne d'application dont ils découlent. Il apparaît que sur les six années d'observation, cette molécule n'a pu être détectée que lors des campagnes 1992, 1993, 1994 (Tableau 18).

Année	Apports (kg)	Exports (mg)	Pertes (%)	Pluie annuelle (mm)
1992	13	322	**0,003**	757
1993	10	3 459	**0,036**	1 232
1994	10	172	**0,002**	1 277
1995	11	0	**0**	876
1996	10	0	**0**	701
1997	10	0	**0**	971

Tableau 18 Bilans annuels des pertes en linuron

b. Les triazines

Nous nous intéresserons au cas de l'atrazine de la simazine et de leurs deux métabolites la déséthyl et la désisopropyl-atrazine sachant que cette dernière est également produite par la simazine.
Il existe un bruit de fond continu en simazine et en atrazine qui se situe entre 0,02 et 0,05 microgrammes par litre. Ces concentrations, à la suite d'épisodes pluvieux et selon la période durant laquelle ils interviennent par rapport aux traitements, peuvent atteindre plusieurs dizaines de microgrammes/litre sur quelques heures.
En ce qui concerne les formes métabolisées étudiées, elles sont généralement présentes dans les eaux à des teneurs équivalentes à celles des molécules mères en période "normale" (hors crue). Les concentrations mesurées sont maximales lors des pluies d'automne et d'hiver et sont alors supérieures à celles des molécules mères.

- ***Simazine et atrazine***

Crue du 02/06/91 :

Cet épisode présente un caractère très particulier, en effet il survient après une longue période de sécheresse et il est provoqué par deux orages consécutifs l'un dans la nuit du 31mai au 1er juin (6mm en 30mn) et l'autre le 2 juin très violent et exceptionnel (15 à 40 mm en 30 minutes selon les endroits du bassin). Le débit du ruisseau passe ainsi en 4 heures de 20 à 200 litres/seconde pour revenir à 15 l/s le 3juin à 14 heures.
L'échantillonnage de cette crue, la première enregistrée depuis le début de l'expérimentation, a constitué en la prise d'un échantillon d'eau toutes les 20 minutes soit une couverture de la crue sur 8 heures. La Figure 29 montre l'évolution du débit et des teneurs en simazine et atrazine.

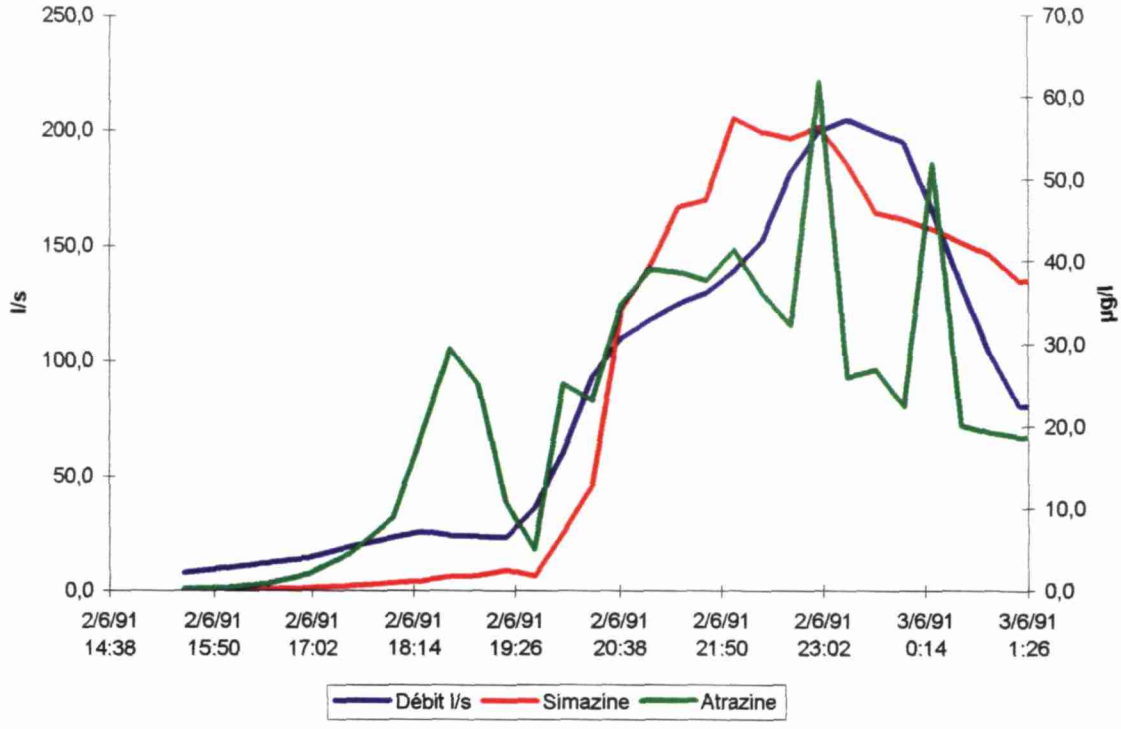


Figure 29 Simazine et atrazine crue du 02/06/91

La caractéristique de cette crue est les niveaux de concentration atteints : 60 microgrammes/litre en 4 heures. Le retour au bruit de fond de la période (0,25 µg/l) n'aura lieu qu'aux alentours du 20 juin. Il faut également noter que la quasi totalité des traitements herbicides avait été effectués antérieurement à cet épisode, mais à des périodes différentes selon les deux produits. Cette remarque peut expliquer la différence de forme entre les courbes de simazine et d'atrazine. En effet, les traitements à l'atrazine plus "récents" que ceux à la simazine se traduisent par plusieurs pics de concentrations liés à des gradients de débits différents alors que le pic de concentration de simazine est lui plus régulier et en retard par rapport à l'atrazine en début de crue et décalé vers l'avant en sommet de crue.

Crue du 24/04/93 :

Cet événement survient à la suite d'une pluie de 35 mm entre le 23/04 16 heures et le 24/04 12 heures, inégalement répartie dans le temps, dont l'intensité varie de 0,4 mm/h à 6 mm/h. Cette répartition de la pluie se traduit par deux pics de débit. 95% des traitements à la simazine ont été effectués alors que ceux concernant l'atrazine ne font que débuter. Les résultats obtenus sont indiqués Figure 30.
Les pics de concentration en simazine sont en retard par rapport au débit. Les teneurs maximales sont comprises entre 20 et 25 microgrammes /litre. L'augmentation des concentrations est ici aussi brutale, le retour au bruit de fond (0,2µg/l) ne sera obtenu qu'au 5 mai.
En ce qui concerne l'atrazine, les concentrations sont moins élevées (5µg/l maximum) et l'augmentation est plus progressive le retour à la normale se fera comme pour la simazine.

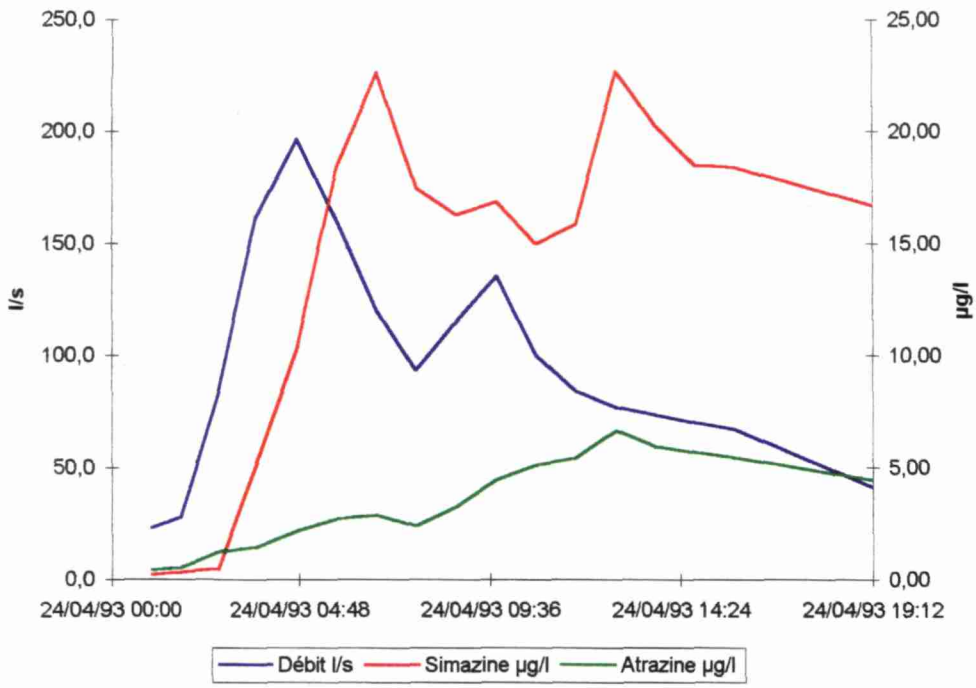


Figure 30 simazine et atrazine crue du 24/04/93

Simazine en avril 94 :

Le mois d'avril 94 est un cas particulier dans la période de l'étude. La pluviométrie est exceptionnelle (177 mm), il fait suite à un hiver très humide, (décembre 204 mm, janvier 155 mm, février 118 mm) la teneur en eau des sols est importante. De telles pluies ont un effet direct sur les débits de crues qui atteignent 600 l/s. Les traitements à la simazine ont débuté fin mars. Les premières pluies entraînent la matière active récemment épandue et non fixée sur le sol que l'on retrouve à 60 µg/l pour 200 l/s le 4 avril. La pluie du 7 avril provoque un pic de concentration de 20 µg/l pour un débit de la crue de 600 l/s. Il est donc probable que dans ce cas on ait eu un fort effet de dilution dans le cours d'eau. Les pluies de la deuxième décade du mois provoqueront encore de nouveaux départs de produit avec des débits de pointe de l'ordre de 300 l/s (Figure 31).

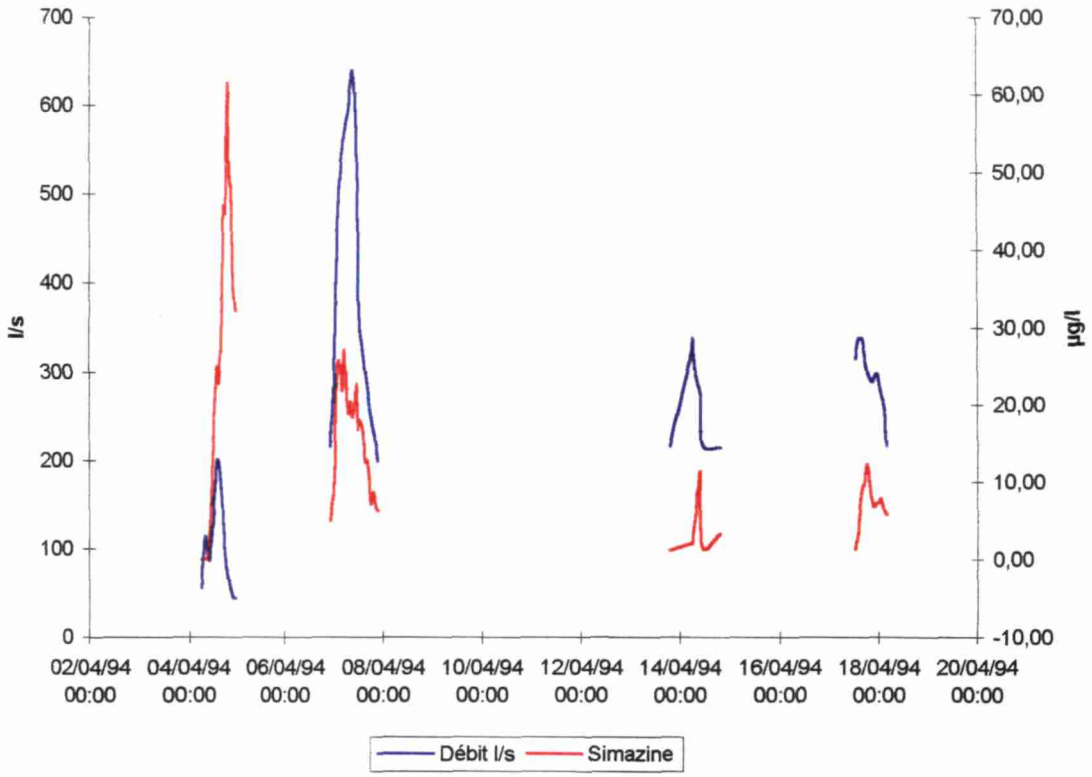


Figure 31 Concentrations en simazine avril 94

Crues d'automne ou d'hiver :

Les concentrations que l'on a pu mesurer en période automnale ou hivernale sont inférieures au microgramme par litre. Les concentrations en atrazine sont toujours supérieures à celles de simazine.

- ***Desisopropyl (DIA) et deséthyl-atrazine (DEA)***

Ces deux produits de dégradations sont générés par l'atrazine mais la desisopropyl- atrazine est également produite par la simazine (Figure 32). Compte tenu des quantités de molécules mères utilisées, il nous a paru intéressant de suivre l'évolution de leurs produits de dégradation.

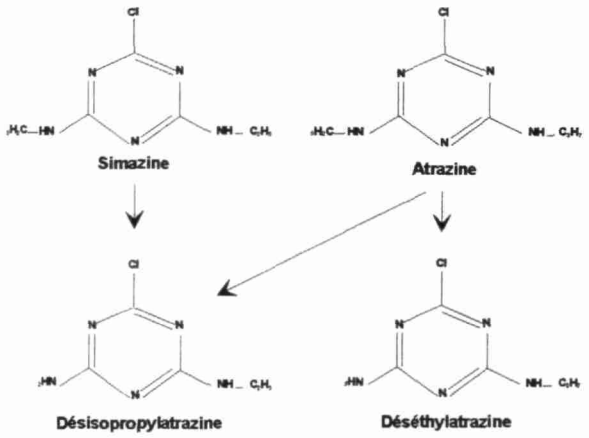


Figure 32 Dégradation de la simazine et l'atrazine en DIA et DEA

La DIA et la DEA sont généralement présentes dans les eaux à de faibles concentrations au printemps (0,05µg/l) et à des teneurs plus élevées à l'automne, souvent supérieures à 0,15µg/l.

Crues de juin 1994 :

Lors des crues de fin de printemps ou de début d'été (Figure 33), les concentrations dépassent le microgramme/litre. Lors de la crue du 2 juin, les concentrations en DIA sont le double de celles en DEA, en ce qui concerne celle du 25 juin les concentrations sont sensiblement du même ordre. Les pics de concentrations sont en phase avec les pics de débit.
On peut considérer que la dégradation de la simazine fournit la majeure partie de la DIA le 2 juin, la dégradation de l'atrazine, plus tardivement épandue voire en cours d'épandage, n'y contribuant que pour une faible partie. Lors de la crue du 25 juin, la "réserve" de DIA provenant de la simazine est plus faible et explique que les concentrations en DIA et DEA sont du même ordre de grandeur. Des essais sur micro-parcelles de 1 mètre carré, en conditions climatiques réelles, ont été réalisés (Dubernet 1996) pour essayer de quantifier la part de DIA provenant de l'atrazine d'une part et de la simazine d'autre part.

Crues de septembre 1993 :

Le niveau de base des concentrations se situe à 0,3 µg/l avant le début des pluies. Lors des crues montrées à titre d'exemple (Figure 34), les teneurs en DIA et DEA atteignent jusqu'à 1,4 µg/l et sont du même ordre de grandeur, les pics de concentrations sont légèrement en avance par rapport aux pics de débits. Durant la même période les concentrations en atrazine et simazine ne dépasseront pas 0,5 µg/l.

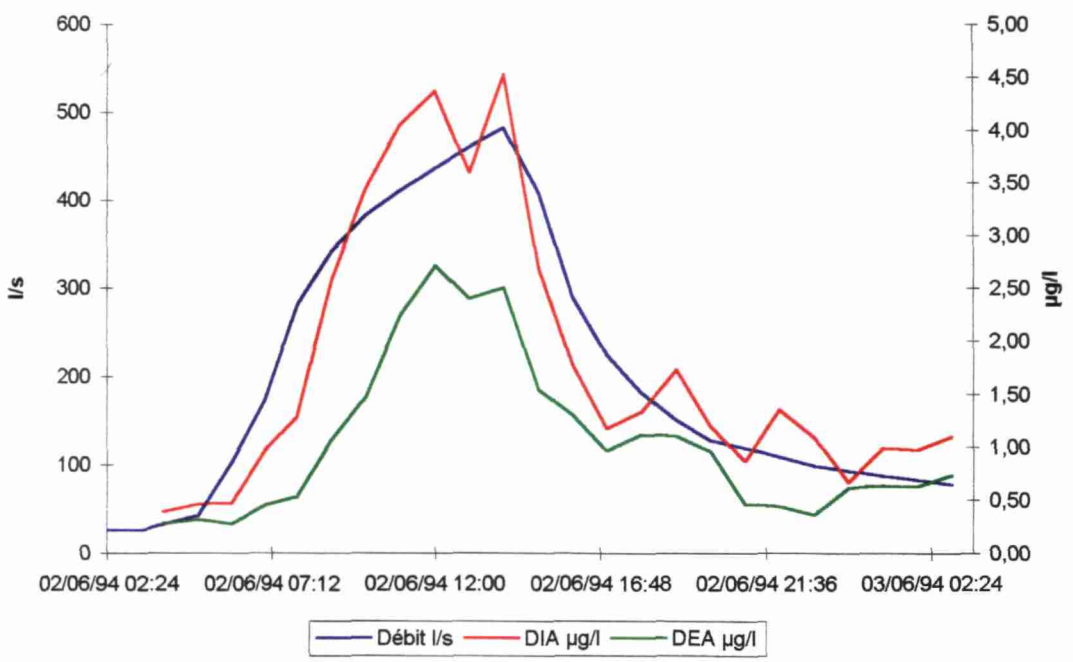


Figure 33 DIA et DEA crues de juin 1994

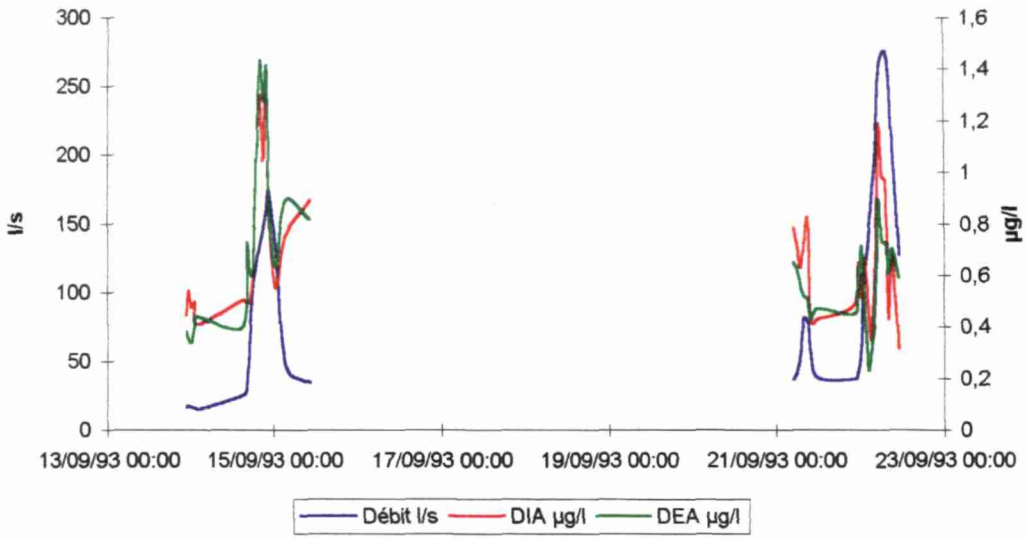


Figure 34 DIA et DEA crues de septembre 93

- ***Les flux de triazines***

Le Tableau 19 de la page 62 présente un bilan global d'exportation année par année par rapport aux intrants. Le découpage annuel est purement artificiel et ne correspond pas à une réalité. Il est bien évident que les flux de début d'année concernent pour une partie des résidus de l'année précédente.
L'analyse des chiffres du tableau montre que les flux de simazine et d'atrazine sont généralement faibles comparés à ceux d'autres bassins versants : moins de 1%. L'année 94 apparaît comme exceptionnelle avec 4% de perte en simazine qui sont essentiellement dus à la très forte pluviométrie du mois d'avril comme cela a déjà été mentionné plus haut. Dans cette période on a pu quantifier des flux atteignant 1500 grammes pour une seule semaine. Il faut également noter que les pertes en atrazine sont également plus élevées que les autres années. 1994 est l'année pendant laquelle la lame d'eau écoulée est également la plus forte.

Les figures 35 à 40 montrent les flux hebdomadaires mesurés à l'exutoire du bassin pour ce qui concerne la simazine et l'atrazine année par année sur la période de l'étude. Il convient de signaler que les échelles sont différentes d'une année à l'autre et d'un produit à l'autre, ceci pour une meilleure clarté des graphiques présentés.
Ces graphiques font ressortir deux choses :

- les flux de matières actives dans la période qui suit les traitements c'est-à-dire en fin de printemps début d'été, alors que les débits nominaux ne sont pas très élevés, représentent au minimum la moitié du flux exporté pendant l'année,

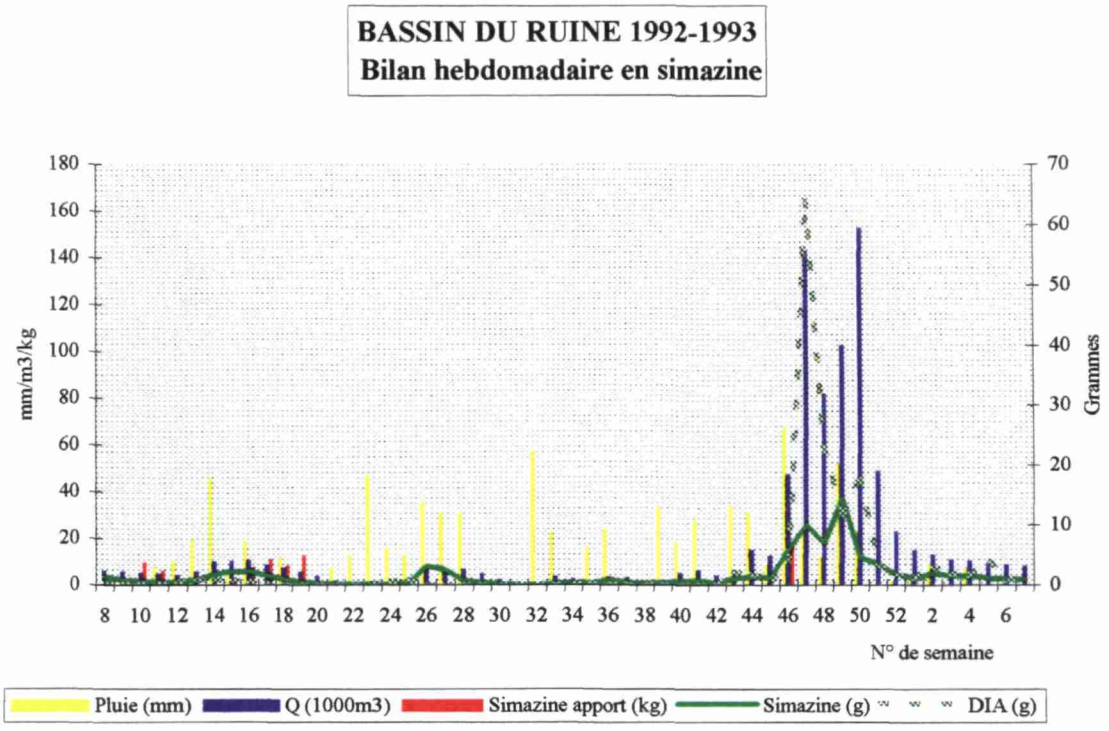
- les flux de produits métabolisés peuvent être plus de deux fois supérieurs à ceux des molécules mères. Ils sont principalement concentrés en automne et en hiver, périodes de fort débit, où ils représentent 60 à 80% du flux annuel.

La pluviométrie joue un rôle prépondérant dans la répartition des flux. A ce titre la comparaison 93/94 est intéressante à faire. Selon le découpage effectué, la pluviométrie est identique : 1198 mm or les bilans d'exportation sont quant à eux très différents, pour la simazine 0,5 et 4%, 0,3 et 0,54% pour l'atrazine. Les rapports DIA/simazine et DEA/atrazine sont de 1 à 3 en 93 dans les deux cas et respectivement de 1 à 0,4 et 1 à 2 en 94. L'explication d'un tel phénomène tient dans le fait que la

majeure partie de la pluie de 1993 est concentrée en automne et au début de l'hiver et celle de 94 en fin d'hiver et au printemps. Dans le premier cas les matières actives ont été dégradées et ce sont les métabolites qui sont entraînés, dans le deuxième cas, les matières actives fraîchement épandues n'ont pas été ou peu assimilées et sont entraînées directement vers le ruisseau, les quantités pouvant être métabolisées sont ainsi plus faibles.

		Pluie (mm)	Apport Simazine (g)	Export Simazine (g)	Desisopropyl Atrazine (g)	Apport Atrazine (g)	Export Atrazine (g)	Desethyl Atrazine (g)	Apport Terbutylazine (g)	Export Terbutylazine (g)
91	TOTAL	735	99935	287		124663	184		56101	
	Nb de Moles		495	1.4		578	0.9		244	
	% export/apport			0.28			0.16			
92	TOTAL	795	76907	87	152	88923	86	165	59928	
	Nb de Moles		381	0.4	0.9	412	0.4	0.9	261	
	% export/apport			0.10	0.24		0.10	0.22		
93	TOTAL	1198	58492	274	612	100760	287	50300	51109	
	Nb de Moles		290	1.4	3.5	467	1.3	4.3	223	
	% export/apport			0.48	1.21		0.28	0.92		
94	TOTAL	1198	73700	2537	944	95867	515	781	48605	
	Nb de Moles		365	12.6	5.4	444	2.4	4.2	212	
	% export/apport			3.45	1.48		0.54	0.95		
95	TOTAL	947	56137	149	661	142947	131	537	78884	83
	Nb de Moles		278	0.7	3.8	663	0.6	2.9	343	0.4
	% export/apport			0.27	1.37		0.09	0.43		0.10
96	TOTAL	730	86646	149	352	142307	66	249	53252	112
	Nb de Moles		430	0.7	1.3	660	0.3	1.3	232	0.5
	% export/apport			0.16	0.30		0.05	0.20		0.21
97	TOTAL	922	56505	229	684	154662	135	547	57214	39
	Nb de Moles		280	1.1	3.9	717	0.6	2.4	249	0.2
	% export/apport			0.40	1.41		0.09	0.33		0.07

Tableau 19 Bilan des triazines sur l'année culturale dans le bassin du Ruiné



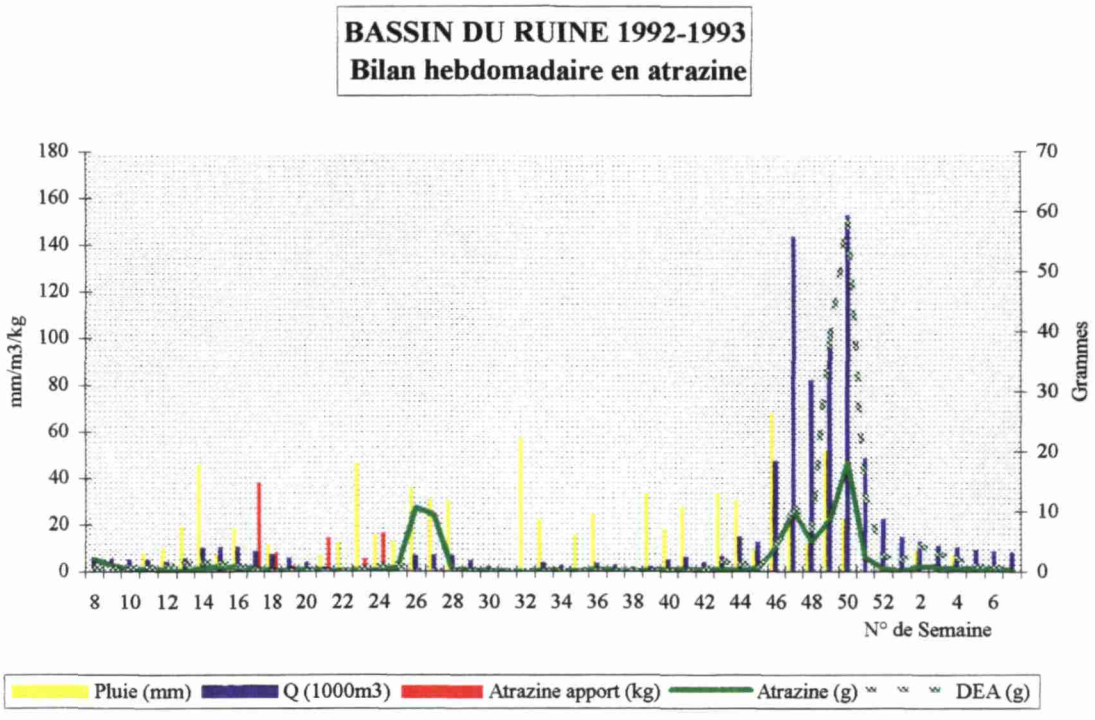


Figure 35 Bilans hebdomadaires en simazine et atrazine (1992-1993)

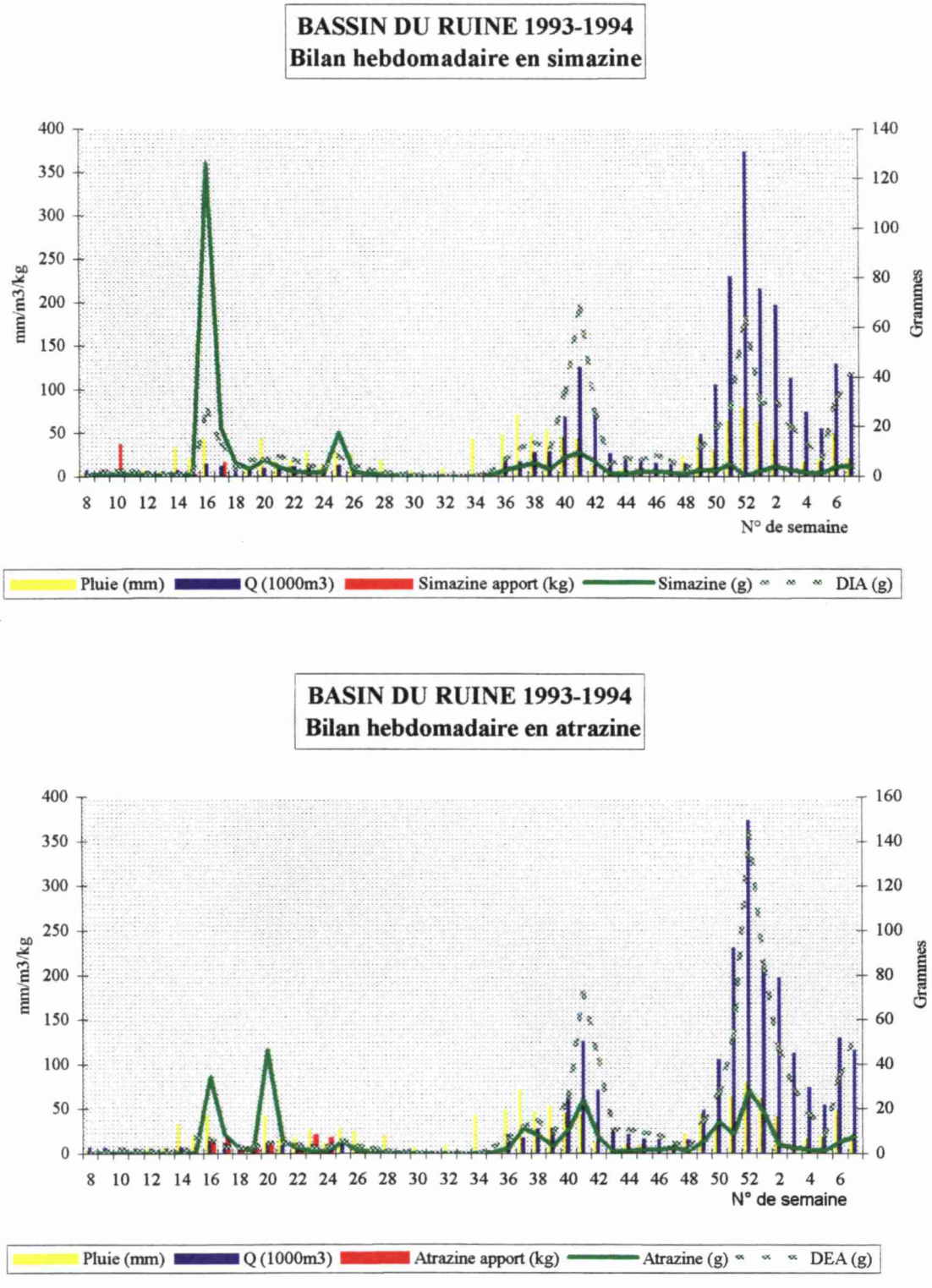
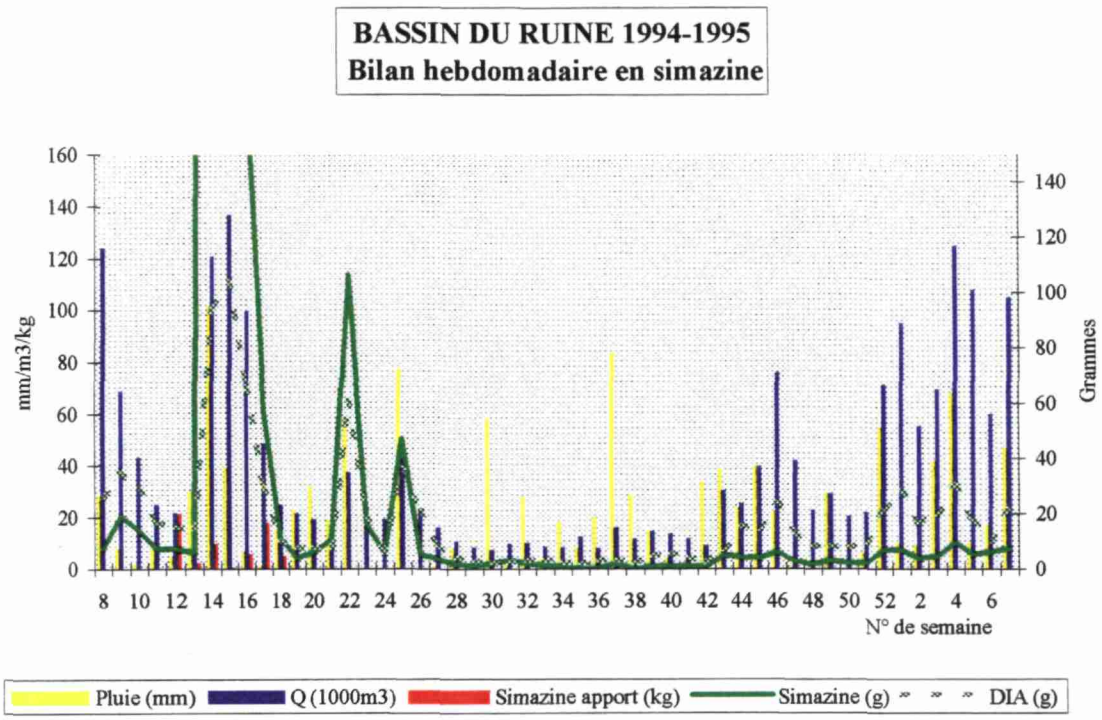


Figure 36 Bilans hebdomadaires en simazine et atrazine (1993-1994)



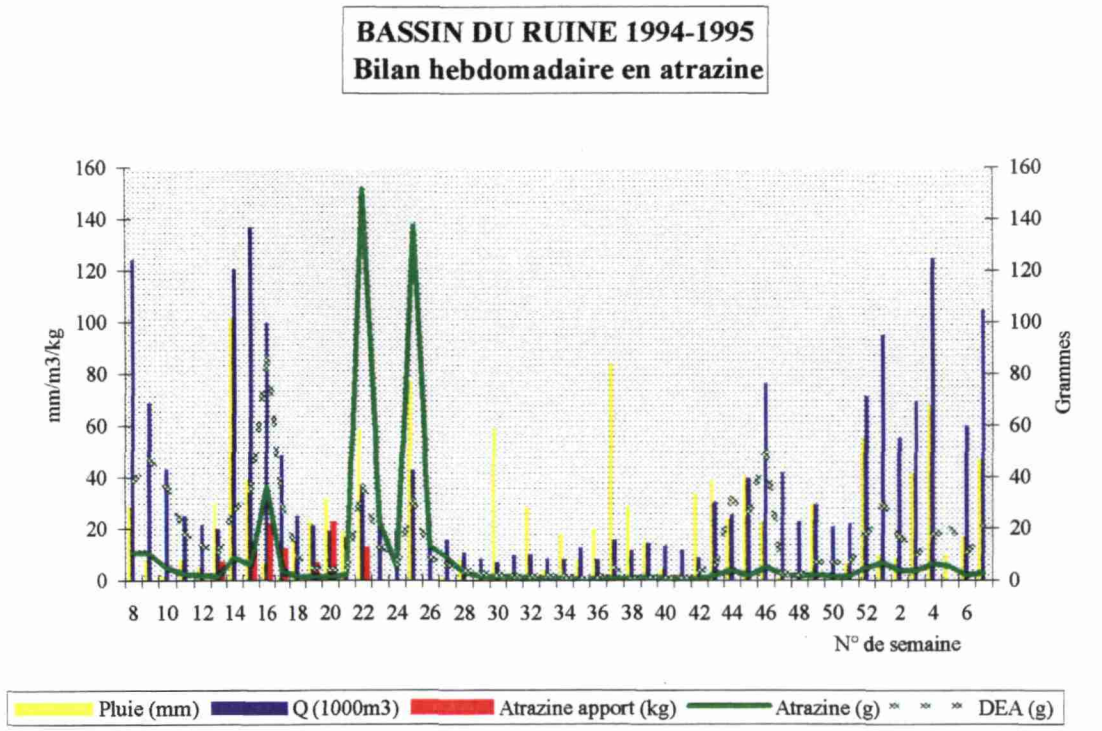
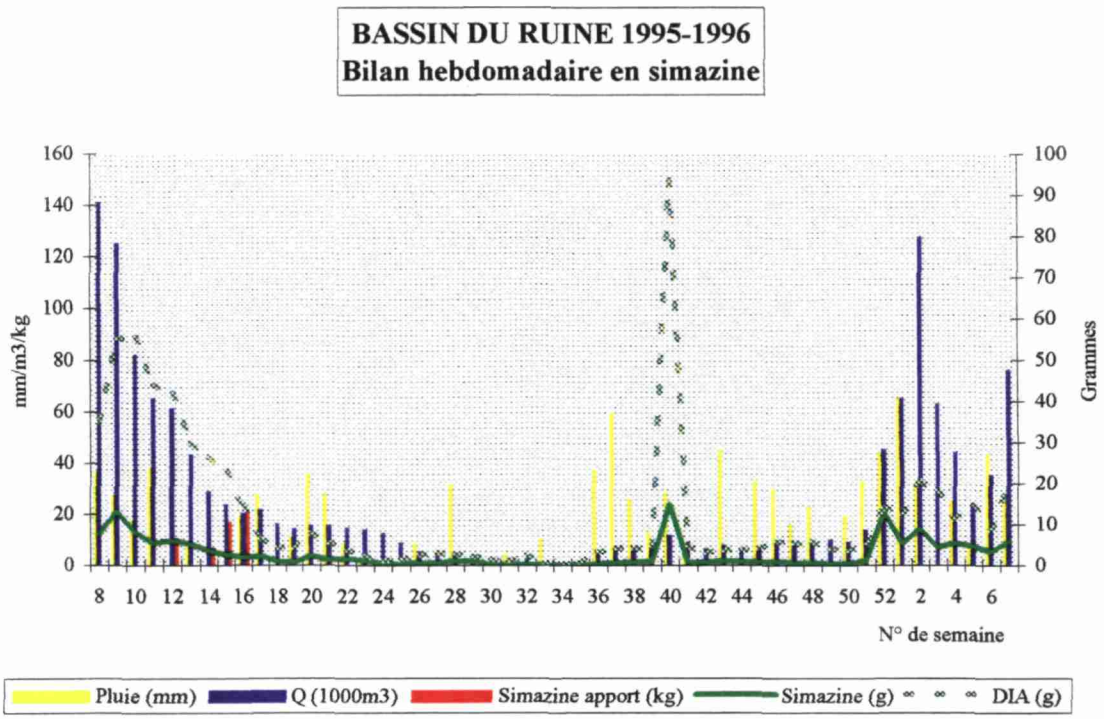


Figure 37 Bilans hebdomadaires en simazine et atrazine (1994-1995)



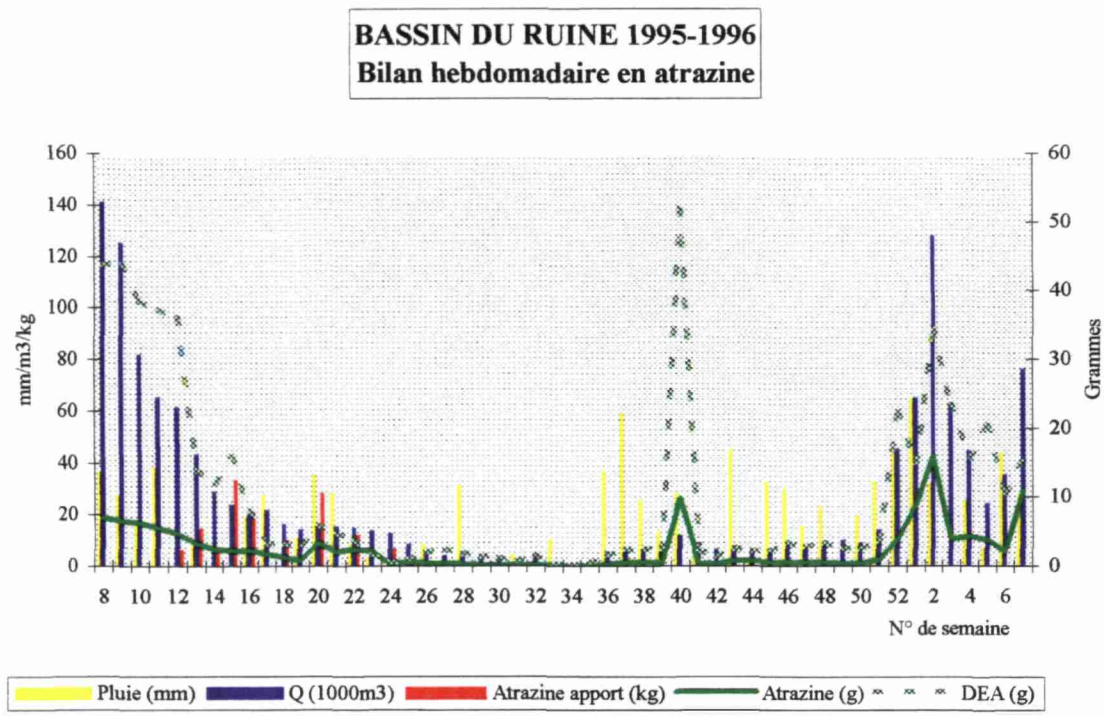
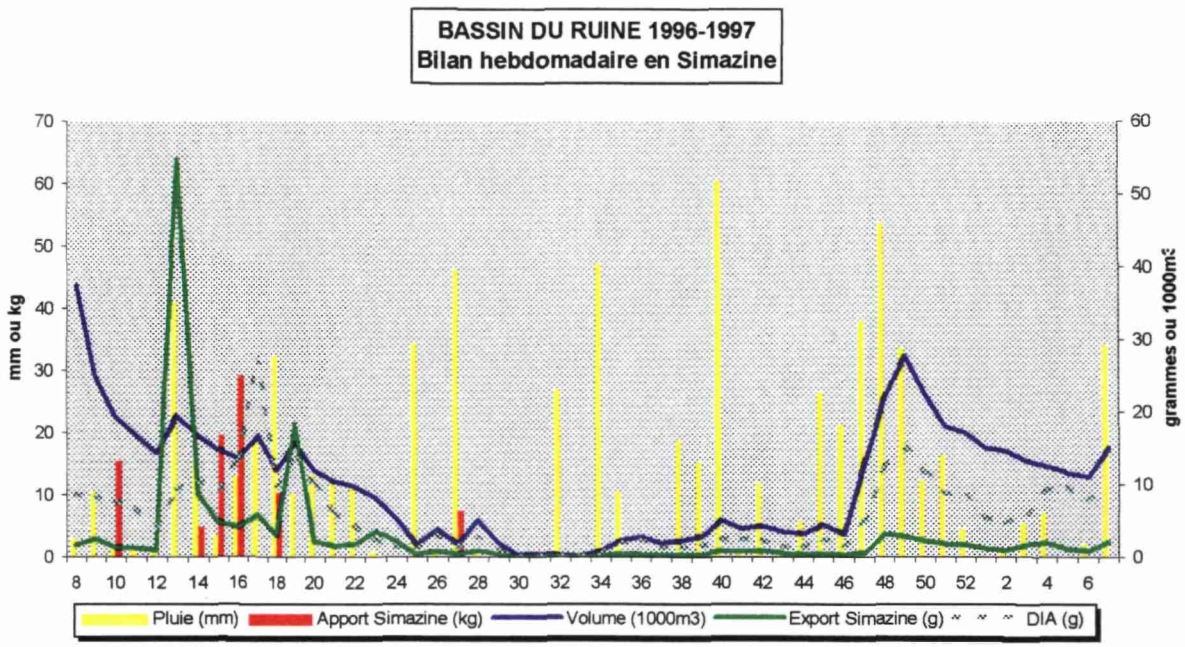


Figure 38 bilans hebdomadaires en simazine et atrazine (1995-1996)



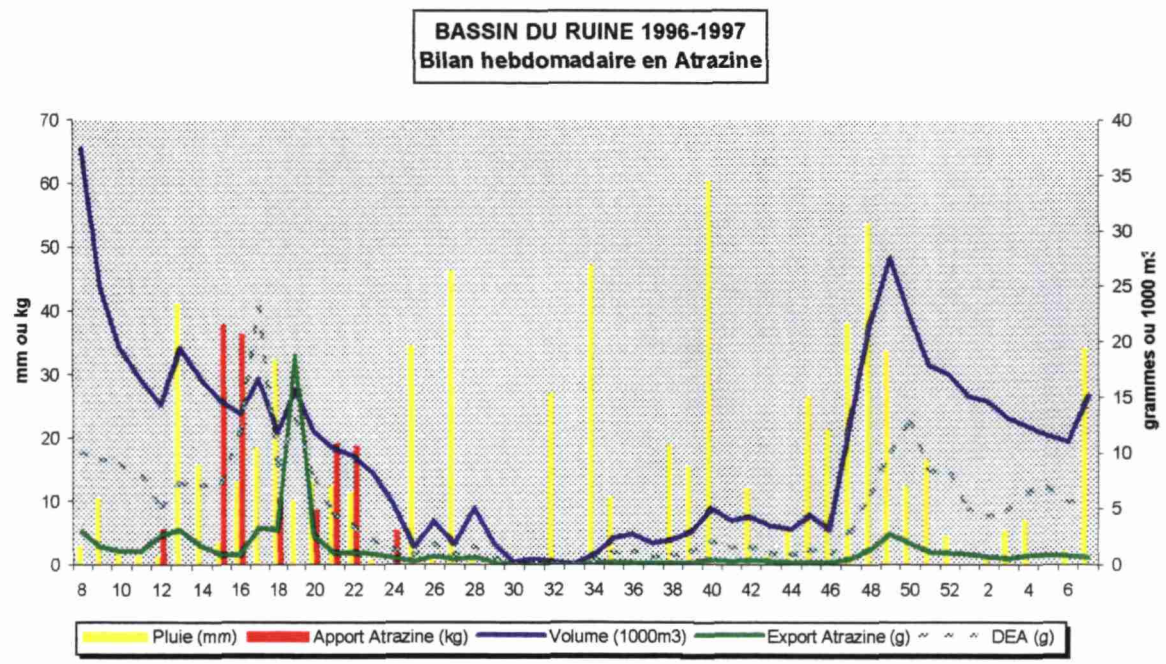
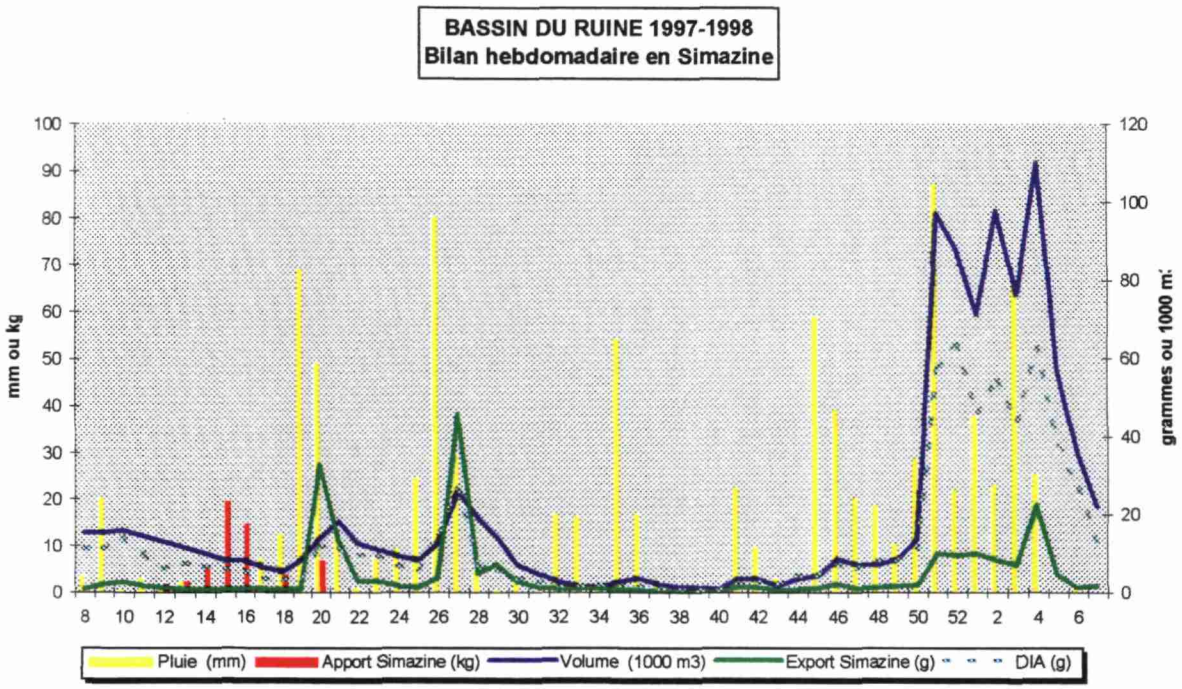


Figure 39 bilans hebdomadaires en simazine et atrazine (1996-1997)



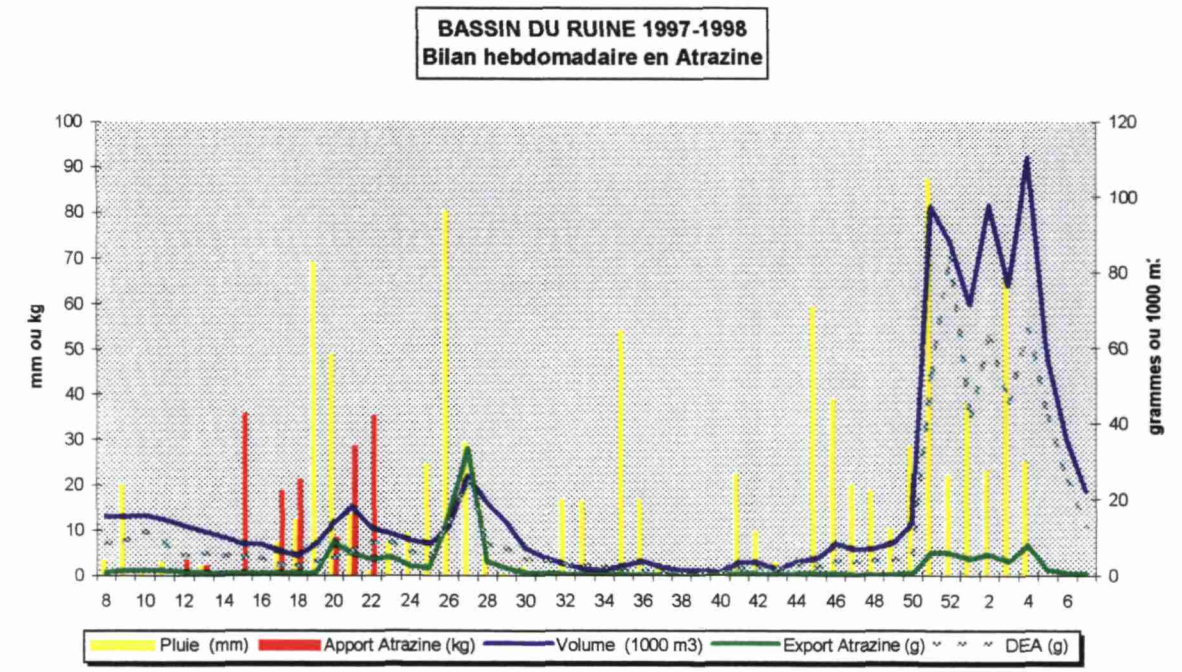


Figure 40 Bilans hebdomadaires en simazine et atrazine (1997-1998)

3.4.4 Conclusions

Le transfert des produits phytosanitaires est fortement lié aux conditions climatiques. Les pluies survenant après des périodes d'épandage provoqueront des départs de molécules plus facilement mobilisables ou non assimilées en fonction de l'état hydrique du sol.
Le sol du Ruiné ne donne lieu qu'à de faibles ou rares ruissellements directs. Pour qu'ils aient lieu, il faut que le sol soit tassé et dans un état proche de la saturation en eau. Ce phénomène a été mis en évidence lors d'expériences de simulation de pluie sur le terrain.

Les phényl-urées utilisées sur le bassin, diuron, isoproturon, linuron, ne sont en général pas mises en évidence dans l'eau du ruisseau. On ne les retrouve que lors d'épisodes pluvieux intenses survenant immédiatement après un traitement. Les concentrations mesurées peuvent alors atteindre plusieurs microgrammes par litre sur quelques heures. En terme de flux, en 1994, les quantités exportées sont faibles :

- 0,1% en ce qui concerne le diuron pour une centaine de kilos épandus,

- 0,26% en isoproturon avec des concentrations pouvant dépasser le microgramme par litre pour 25 kilos épandus.

Les triazines suivies dans le cadre de l'étude, à savoir, atrazine, simazine, et leurs deux principaux métabolites la deséthyl et la desisopropyl-atrazine sont présentes tout au long de l'année. Les quantités épandues d'atrazine sont stables alors que, l'on constate une décroissance dans l'utilisation de la simazine.

Durant les crues les concentrations dépendent fortement de la saison et de l'intensité des épisodes pluvieux. Si le bruit de fond en atrazine et simazine est généralement inférieur à 0.15 µg/l, on peut atteindre plusieurs dizaines de microgrammes par litre à la suite d'orages. L'élévation de concentration est très brusque, 2 à 3 heures, le retour à la "normale" peut atteindre 3 à 4 jours. Les formes métabolisées suivent la même tendance.

La répartition des pluies, très variable sur la période de l'étude, influe nettement sur les flux hebdomadaires de triazine. Ils varient de quelques grammes à plusieurs dizaines (atrazine) et même plusieurs centaines de grammes (simazine).
Les bilans d'exportation font ressortir des pertes annuelles variant de 0,1% en 1992 (simazine et atrazine), à 4% en 1994 (simazine) selon l'année et la molécule. 50 à 80% des flux annuels sont concentrés dans la période allant d'avril à juin.

Les métabolites : deséthyl et desisopropyl-atrazine sont très présents dans les eaux. En période de crues, en automne et en hiver, les concentrations mesurées sont supérieures à celles des molécules mères et dépassent le microgramme par litre. Les flux annuels mesurés sont au moins aussi importants que ceux des molécules originelles.

3.5 fertilisants

3.5.1 L'AZOTE

a. Apports en azote

Sur ces terres de champagne soumises à polyculture de céréales (maïs, blé), tournesol et vigne, les apports en azote posent des problèmes de pollution diffuse par infiltration et transfert vers les eaux superficielles et les nappes, aggravés le cas échéant par des rotations culturales qui laissent le sol à nu une bonne partie de l'année.

Entre 1972 et 1988, d'après les travaux de Guy Chauvet (Cemagref), la consommation moyenne d'azote dans le bassin versant de la Charente avait progressé de 141%, ce qui paraît énorme mais correspond aussi au fort développement de la culture du maïs dans le bassin. Le chiffre moyen s'élevait à 116 u/ha de SAU.

Dans le bassin versant du Ruiné, le niveau de la fumure azotée se situait en 1991 dans une fourchette allant de 45 unités/ha (maïs fourrage) à 238 u/ha sur le maïs irrigué. Le tableau de bilan/culture apports/rendement calculé à l'époque montrait que le maïs était à l'origine des 2/3 des excès d'azote apporté aux cultures. Le bilan au niveau du bassin versant était difficile à établir en raison du manque de données sur les modalités de stockage de l'azote dans le sol et sur les reliquats. Le maïs recevait en 91 en moyenne 171 unités/ha, ce chiffre paraissant inférieur à l'époque à la moyenne régionale qui était de l'ordre de 198 unités/ha en 1988. Le maïs couvrait alors 11% de la surface du bassin de la Charente, mais 16% du bassin du Né et près de 26% de la surface agricole utile du bassin du Ruiné. Enfin, sur le maïs, culture la plus consommatrice d'azote, le fractionnement des apports n'était pas pratiqué à l'époque par la majorité des agriculteurs, ce qui pouvait augmenter le risque de pertes par lessivage.

Quelques années plus tard, on peut constater une certaine évolution des pratiques de fertilisation azotée, même si les techniques comme la méthode des bilans, les analyses des sols et des reliquats azotés ne sont toujours pas couramment pratiquées.

L'évolution des apports moyens en azote par culture entre 94 et 97 est présenté en Figure 41. Le blé, le maïs et le colza donnent lieu aux apports les plus importants. De plus, les courbes de tendance du blé dur et du colza traduisent une augmentation des apports sur ces cultures. Les apports sur maïs (173 kg/ha) n'ont pas diminué par rapport aux pratiques enregistrées en 91-92 ; en revanche on constate une tendance au fractionnement des apports (Tableau 21) qui n'existait pas à l'époque. Ce fractionnement joue notamment pour les apports sur le maïs et sur le blé.

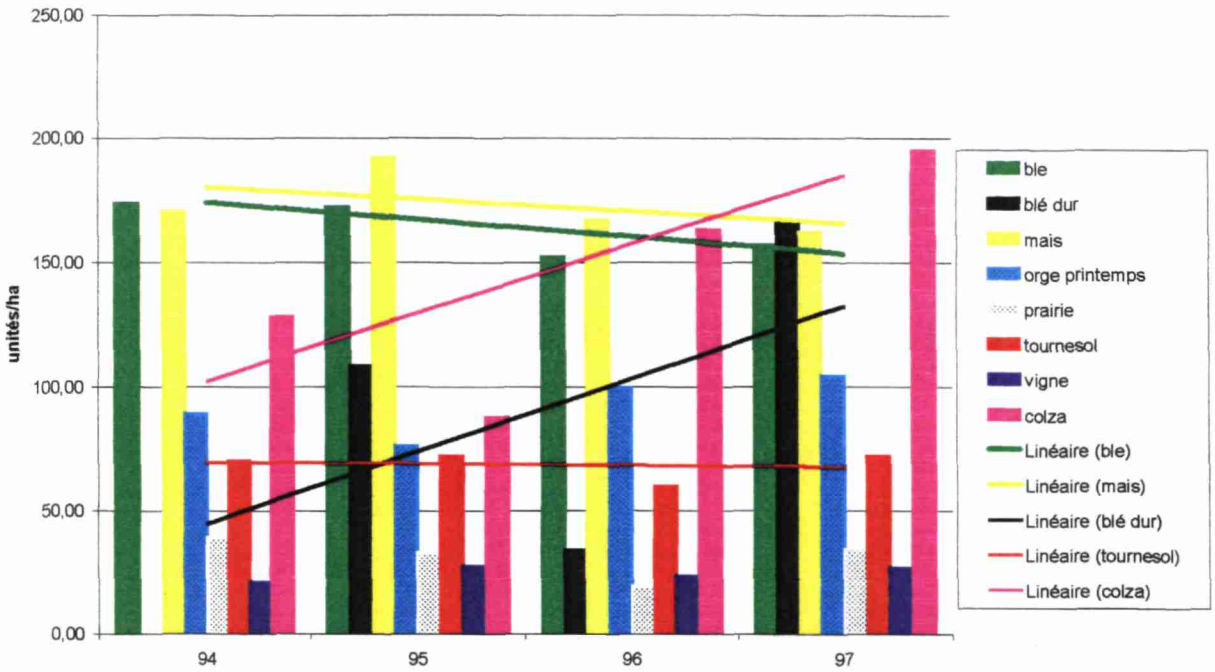


Figure 41 Evolution des apports en azote par type de culture entre 94 et 97

Le calcul de bilans simplifiés (en effet on ne dispose pas d'analyses de terre et de références précises permettant d'apprécier les fournitures du sol) confirme la tendance déjà exprimée en 92, à savoir que le maïs serait à la source de la majorité des excédents sur le bassin. Le bilan global sur le bassin à l'hectare serait légèrement excédentaire en azote (de l'ordre de 40kgN/ha) d'après un calcul effectué sur les chiffres 94. Ce résultat doit être considéré avec précaution en raison de l'incertitude pesant sur certains chiffres.

	Moyenne des apports de 94 à 97 (kg de N/ha/an)
triticale	176
maïs	173
blé	164
colza	163
ray grass	143
escourgeon/orge d'hiver	111
blé dur	103
orge printemps	92
avoine	75
betterave	74
tournesol	69
pépinière vigne	39
maïs fourrage	37
prairie	32
vigne	25

Tableau 20 Fertilisation azotée : apports moyens par culture de 94 à 97

nombre d'apports	1991		1995	
	Surfaces (ha)	Unités d'azote	Surfaces (ha)	Unités d'azote
1 apport	59,17	10650	19,42	2347
2 apports	57,53	9837	107,14	19315
3 apports	4,1	938	26,9	7155
totaux	120,8	21425	153,46	28817

Tableau 21 fractionnement des apports d'azote sur le maïs

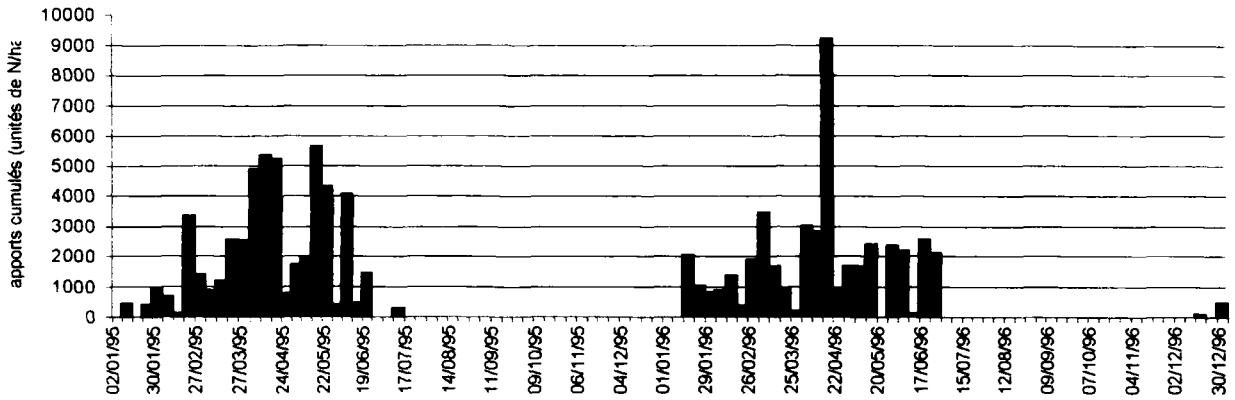


Figure 42 Répartition des apports totaux en azote par semaine en 95 et 96

En ce qui concerne la répartition des apports dans l'année (50 tonnes au total en 97), le graphique ci-dessus réalisé sur deux années montre qu'ils se produisent de décembre à fin juin avec néanmoins des périodes plus charnières (semaines 9-11 (début mars), 16-17 (avril), 23-26 (juin)) durant lesquelles peuvent se produire des épisodes pluvieux : les conditions d'épandage des produits fertilisants peuvent alors intervenir sur le risque de transfert vers les eaux.

b. Les nitrates dans les eaux

Comme pour les pesticides, des prélèvements hebdomadaires et horaires en période de crues ont été réalisés à l'exutoire du bassin à des fins de dosage des formes de l'azote et du phosphore. Nous ne présenterons ici que quelques résultats concernant l'azote nitrique.

Chaque année depuis 1991, la concentration passe en dessous de 20 mg/l, mais ceci ne se produit qu'en période crue et pour des crues localisées, dans la majorité des cas, entre les mois de septembre et d'avril. Les concentrations les plus basses enregistrées de façon ponctuelle sont voisines de 4 mg/l (minimum de 3,6 mg/l). Elles correspondent à des valeurs de creux d'une crue d'avril 94. Des valeurs inférieures à 10 mg/l n'ont été enregistrées que pendant le mois d'avril 1994. Ces concentrations relativement faibles ne durent que peu de temps. Dès que la crue est finie, la concentration remonte au dessus de 20 mg/l en moins de 24 heures.

En ce qui concerne les concentrations supérieures à 50 mg/l, elles restent tout de même rares sur le Ruiné. La concentration la plus forte jamais enregistrée s'élève à 62 mg/l. Deux périodes sont favorables aux fortes concentrations. La première est la saison hivernale. Pendant tout l'automne, les pluies lessivent les terres agricoles laissées nues. Les nitrates non utilisés par les plantes sont emportés vers le ruisseau facilement et leur concentration augmente de manière chronique. Par ailleurs, l'automne est également une période à fort coefficient de minéralisation de l'azote. L'azote ammoniacal qui se forme est le départ de la nitrification qui conduit aux nitrates. Ceux-ci n'étant pas sollicités par les plantes absentes, ils vont renforcer l'augmentation de la concentration en nitrate du ruisseau. La concentration peut alors rester supérieure à 50 mg/l pendant plusieurs jours, voir plusieurs semaines, c'est notamment le cas en Mars 1994.
La concentration en nitrate du Ruiné peut également dépasser 50 mg/l lors de phénomènes beaucoup plus ponctuels, c'est ce qui se produit en queue de crue lorsque l'effet de dilution s'amenuise, et que l'on se situe après une période d'épandage d'engrais. Dans les données recueillies, on constate ce phénomène à la suite des orages de juin, en 1991 et 1994 par exemple.

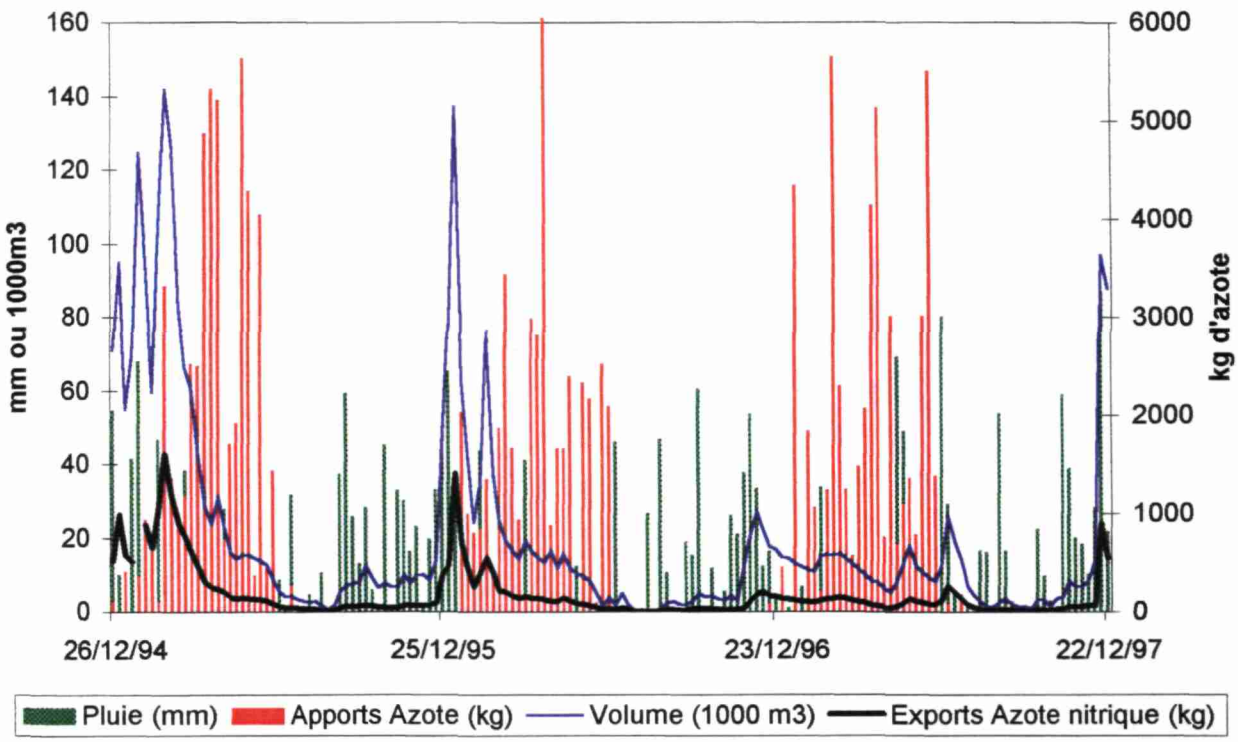


Figure 43 Bilan hebdomadaire d'azote (95-97)

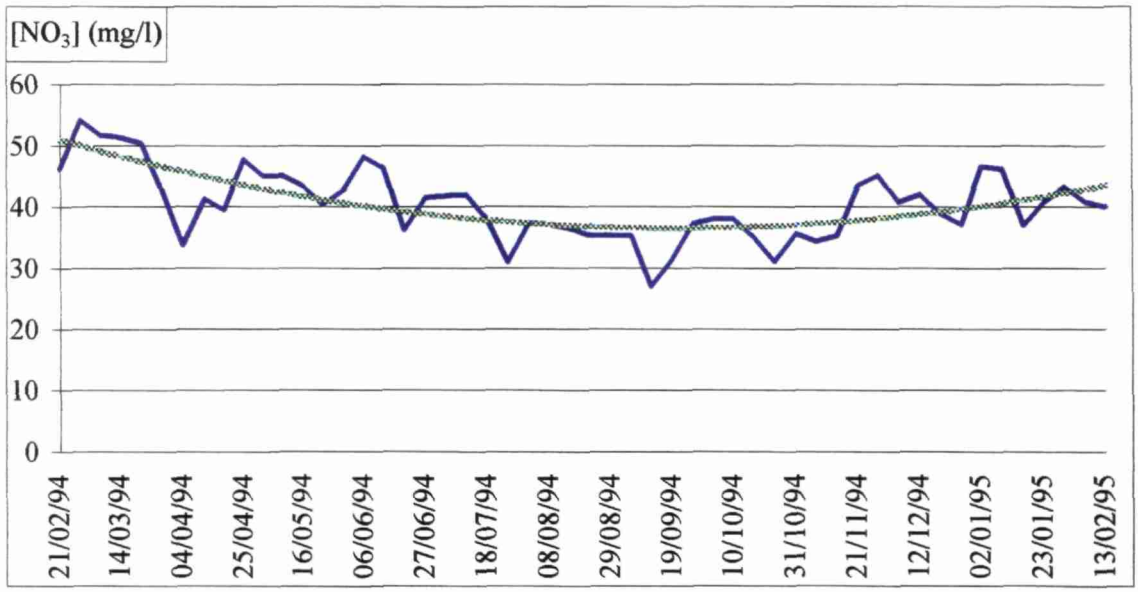


Figure 44 évolution de la concentration hebdomadaire moyenne en nitrate des eaux du Ruiné du 21-02-94 au 19-02-95

La Figure 44 ci-dessus montre l'évolution des concentrations hebdomadaires moyennes de Février 94 à Février 95. La concentration hebdomadaire en nitrate du Ruiné varie de manière cyclique au cours de l'année avec des valeurs minimales en fin d'été voisines de 25 mg/l et des valeurs maximales hivernales de l'ordre de 45-50 mg/l.

Les variations de concentration en nitrate pendant les crues suivent en général l'évolution donnée à titre d'exemple sur les figures 45 et 46.

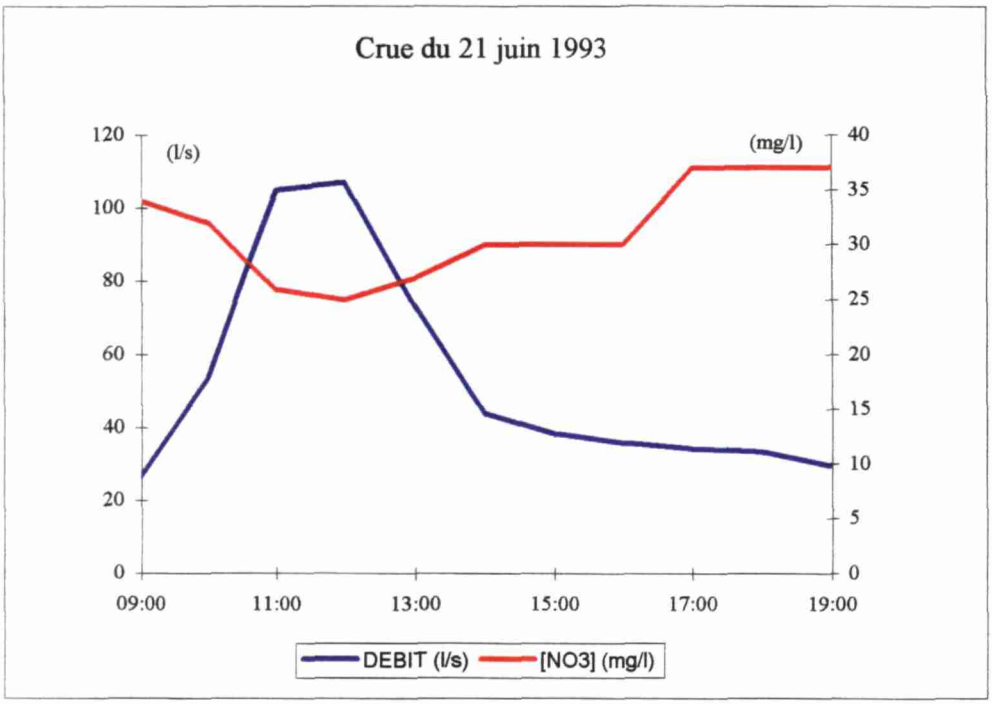


Figure 45 Concentrations en nitrates (crue du 21juin 1993)

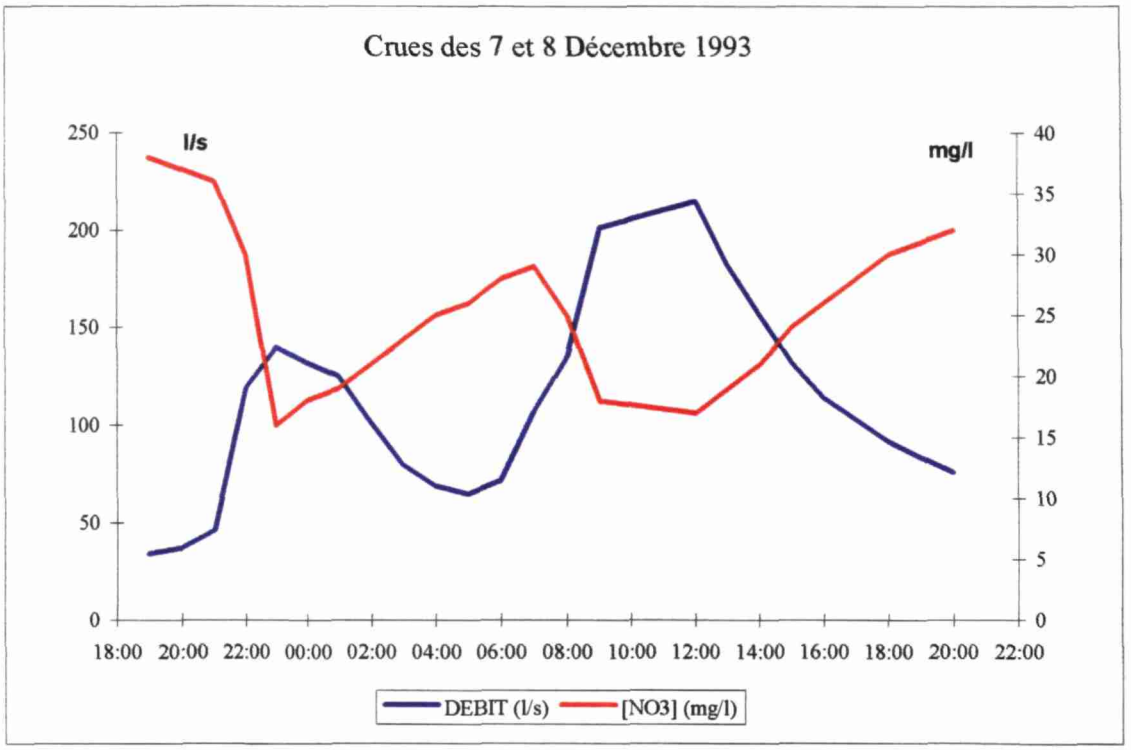


Figure 46 Concentrations en nitrates (crues des 7 et 8 Décembre 1993)

On assiste à un phénomène de dilution des eaux du ruisseau par l'eau d'origine pluviale qui vient le gonfler. Cette baisse de concentration peut aller de 15 à 75 % de la valeur initiale. Elle varie en fonction de l'état initial du milieu (sol - eau) et donc en particulier des pratiques agricoles (présence d'engrais, d'irrigation...). Elle varie également en fonction de l'augmentation du débit. Ainsi, on peut comparer la dilution sur les deux graphiques, représentant, l'un, une crue d'hiver, avec de gros volumes d'eau, et l'autre, une crue de juin, avec un débit moins important.

On remarque que la concentration en NO_3 chute plus rapidement qu'elle ne remonte à son état initial.

Cependant, lorsque l'on s'intéresse aux flux de matières, on constate que ceux-ci sont plus importants en période de crue qu'en régime normal. En effet, à l'exutoire du cours d'eau, la baisse de concentration en nitrates des eaux est contrebalancée par un apport plus grand de matière suite à l'augmentation du volume d'eau qui circule.

En effet, les flux hebdomadaires ont été calculés pour les six années d'étude. Ces résultats sont reportés sur le graphique suivant (Figure 47). On peut remarquer l'existence de périodes sensibles, durant lesquelles, les flux d'azote sont très importants. Elles vont de la fin de l'automne à la fin de l'hiver. Elles correspondent non seulement à des périodes de fortes précipitations, mais également à une époque de l'année où les terres agricoles sont la plupart du temps nues (la culture du maïs représente 24% de l'assolement du bassin versant). Le ruissellement est donc d'autant plus favorable. En été, le débit du ruisseau se réduit considérablement et peut même subir un à-sec, d'où les flux très faibles que l'on observe.

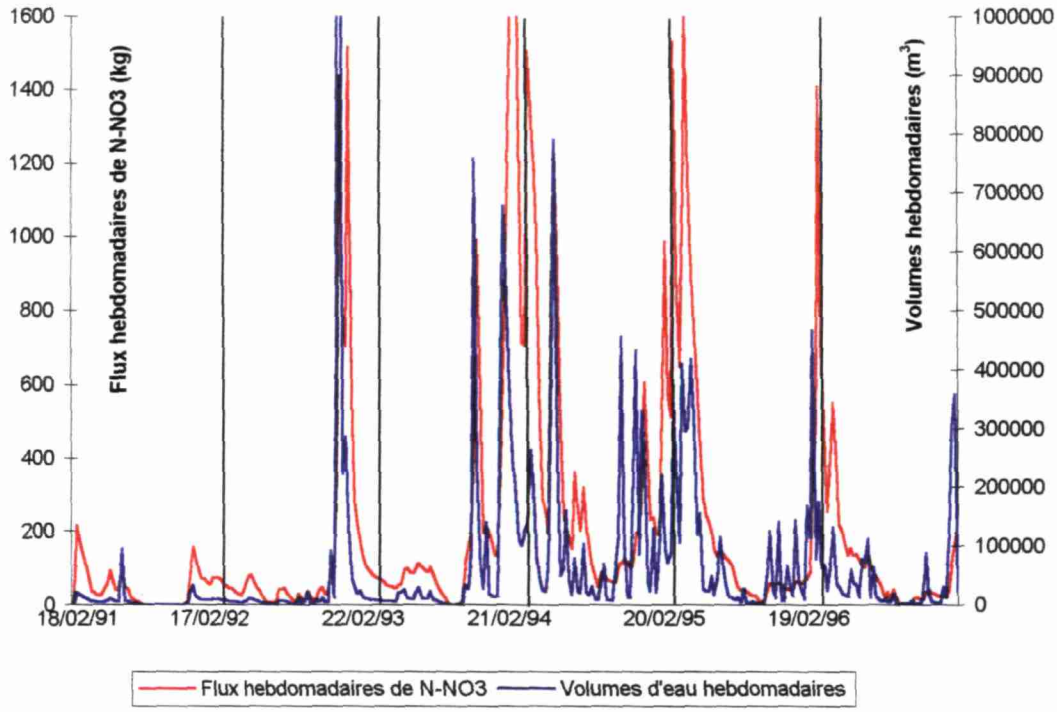


Figure 47 Flux hebdomadaires d'azote nitrique à l'exutoire du bassin du Ruiné (91-96)

La figure ci-dessus intègre les résultats inter-annuels du suivi des débits hebdomadaires du Ruiné. On peut noter que l'année 1996, parmi les années ayant fait l'objet d'un suivi, est l'année ayant généré la plus faible production hydrique annuelle globale de ce bassin versant sur la période étudiée, en liaison avec la faible pluviométrie générale et plus particulièrement du printemps et de l'été. Les années 1992 et 1993, globalement plus arrosées pour cause d'une pluviométrie automnale et hivernale plus importante, ont cependant été plus sèches que 1996 du début de l'année à la fin septembre, entraînant sur cette période des productions très basses.

La Figure 48 met en relation les débits hebdomadaires observés sur le bassin versant du Ruiné et les flux hebdomadaires d'azote nitrique, pour la période 91-97.

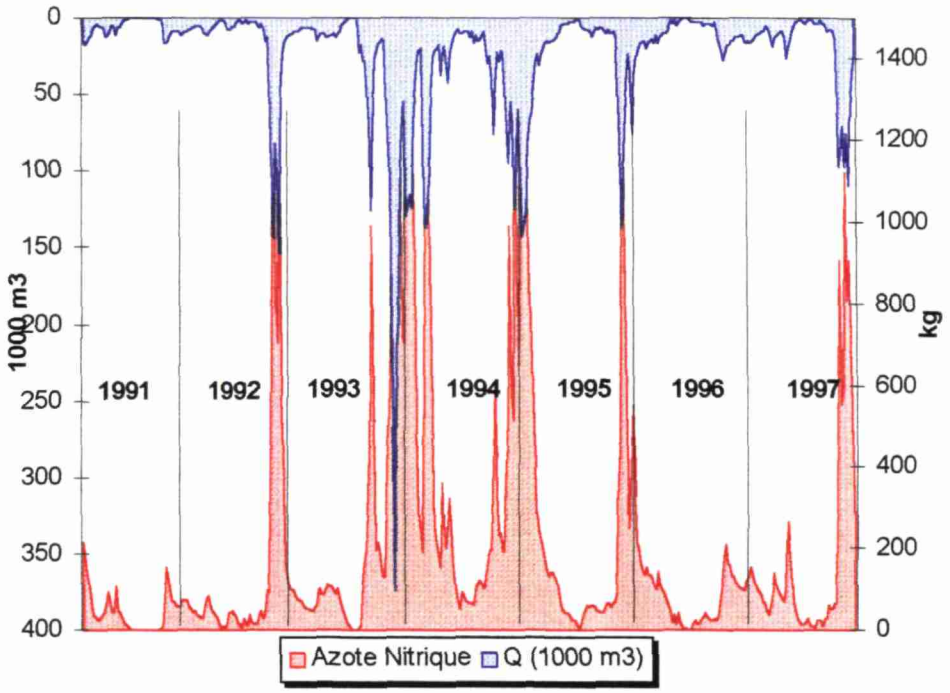


Figure 48 Bilans hebdomadaires en azote nitrique (91-97)

Outre le fait non surprenant que les pics de flux de nitrates sont fortement corrélés aux épisodes pluvieux, donc aux pics de débit, on peut noter :

- que les grosses exportations de nitrates, sur ce bassin versant, ont classiquement lieu en automne et en hiver et qu'un pic plus modéré est parfois rencontré en période printanière, lorsque la pluviométrie a été suffisante pour entraîner un flux d'azote vers le cours d'eau,
- que, en corrélation forte avec la faible pluviométrie et la plus faible production hydrique annuelle rencontrée sur ce bassin versant depuis qu'il fait l'objet d'un suivi régulier, 1991 et 1996 sont des années comparables à très faible flux et bilan cumulé de nitrates.1992 et 1997, comparables entre elles, révèlent des flux et des cumuls que l'on peut considérés comme moyen sur la période de l'étude.

Afin de mieux comprendre les facteurs explicatifs des bilans d'exportation du bassin versant, une attention toute particulière est portée au suivi des événements de crues. En effet, certaines crues violentes peuvent générer à elles seules sur un épisode très court, comme cela a été le cas en automne 1997 (Figure 49), la majeure partie des débits et des exportations en nutriments d'une année complète.

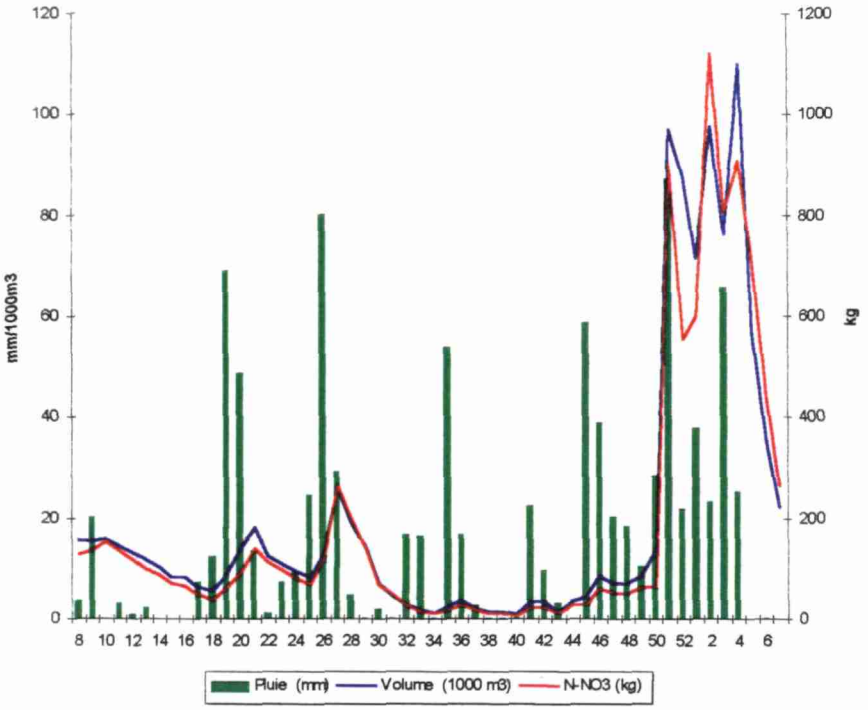
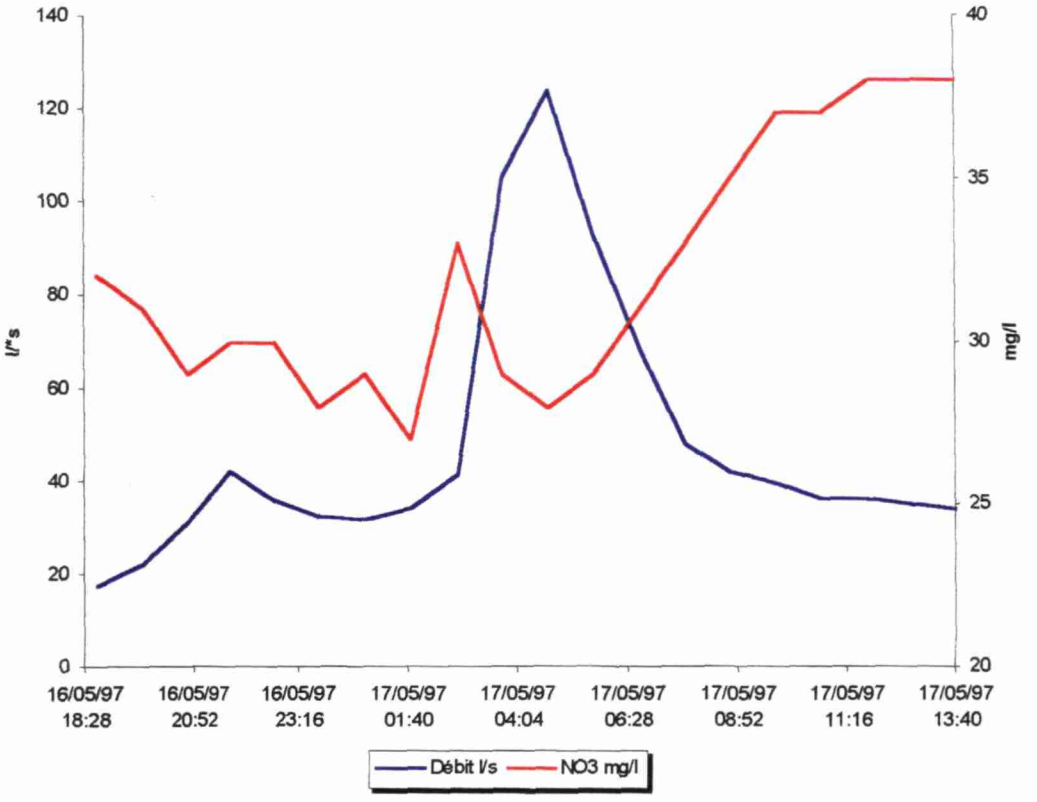


Figure 49 Bilan hebdomadaire en azote nitrique (1997)

La Figure 50 retrace l'influence sur les débits et sur la concentration en nitrates de deux épisodes de crues ayant eu lieu en 1997.

Tout d'abord, il convient de bien prendre en compte l'échelle des débits, qui est variable selon l'épisode considéré. Par contre, l'échelle des concentrations en nitrates est constante.

Dans ce sens, l'épisode pluvieux des 16-17 mai 1997 est à classer dans les faibles crues.



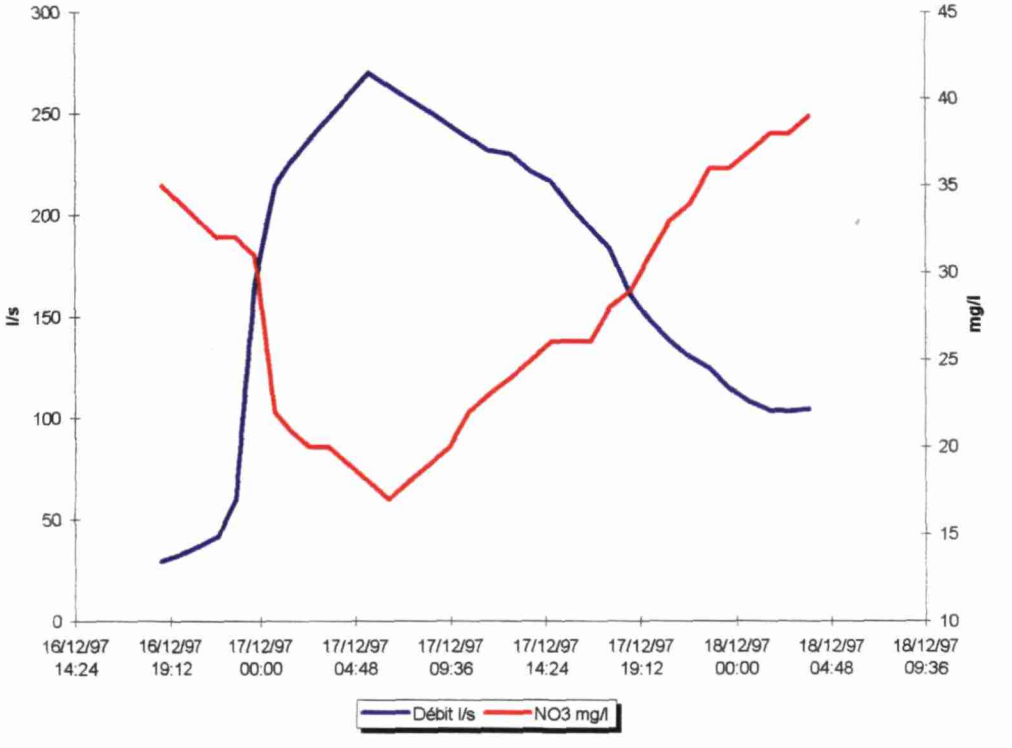


Figure 50 Variations de la concentration en nitrates lors de crues (1997)

On ne note pas, lors d'épisodes pluvieux modérés, de dilution des concentrations en nitrates lors du pic de débits, ce qui montre que la contribution aux débits provient uniquement de la solution du sol, légèrement mise en charge par l'événement pluvieux.

Par contre, certains épisodes pluvieux plus marqués, bien que très modérés par rapport à d'autres épisodes ayant été suivis au cours d'années antérieures, entraînent une réaction classique de dilution de la teneur en nitrates pendant le pic de débit, avec un retour à une concentration normale de 12 à 24 heures après le pic de crue. C'est le cas pour les événements des 16-17 mai et 16-17 décembre 1997. Dans ce cas, une percolation importante entraînant une dilution de la solution du sol a été provoquée par les pluies. La dilution pourrait être encore plus forte lors de forts événements pluvieux entraînant un écoulement latéral de sub-surface (dans les conditions topographiques et géo-pédologiques de ce bassin versant, le ruissellement sur les parcelles cultivées est un phénomène tout-à-fait exceptionnel).

Cependant, cette dilution relative en concentration ne doit pas masquer le fait que les événements de crues entraînent des quantités de nitrates nettement augmentées par rapport au temps sec, en relation avec l'augmentation des débits constatée (se référer à la bonne corrélation pics de débits/flux de nitrates observée sur la Figure 50).

3.5.2 LE PHOSPHORE

a. Apports en phosphore

Les analyses de sol pratiquées en 92 montraient des teneurs élevées en phosphore (0,22 à 0,51 g de P2O5 pour mille [Joret-Hebert]).

Le bassin ne supportant que très peu d'élevage, la fertilisation P est apportée sous forme minérale, et les apports concernent essentiellement (par ordre de quantité épandue) le maïs, la vigne, le tournesol et le blé (cf. Figure 51)

La répartition des apports totaux en phosphore (toutes cultures confondues) par semaine (cf. Figure 52) montre l'importance des apports réalisés au printemps (mars/avril) pour plusieurs cultures dominantes sur le bassin ; les apports enregistrés en février concernent le blé ; en semaine 20-21 (mai) ils concernent la vigne et le maïs.

L'évolution des apports par hectare (cf Figure 53) indiquent que ceux-ci tendent plutôt à diminuer sur les cultures les plus concernées quantitativement (maïs, vigne, blé) à l'exception du tournesol et de l'orge pour lesquelles ils tendent à augmenter.

La méthode de raisonnement de la fertilisation PK ,préconisée par le COMIFER, à appliquer, doit tenir compte des préoccupations sur le court terme (diminuer la charge d'engrais sans diminuer la fertilité de la parcelle) et du long terme (ramener la parcelle vers un état suffisant à la production maximale des cultures).
Garder un niveau d'intrants trop élevé pourrait conduire à un enrichissement progressif des sols en phosphore, qui peut ainsi être mis plus facilement en solution dans l'eau qui ruisselle, et être plus facilement entraîné avec les particules de terre soumises à l'érosion.

Même si le niveau d'exportation de phosphore par le bassin versant du Ruiné (de l'ordre de 0,07 kg P/ha) semble faible par rapport aux chiffres enregistrés dans la littérature pour une occupation du sol voisine (plutôt de 1 à 3 kg/ha/an pour une occupation du sol type polyculture), ce facteur ne doit cependant par être négligé, l'enrichissement des sols pouvant à terme augmenter sensiblement les pertes en phosphore vers les eaux. L'enherbement réalisé dans une partie des vignes située dans la partie amont du bassin a pu contribuer à limiter les pertes par entraînement de particules en limitant l'érosion.

Dans la perspective d'une mise en place de pratiques durables, l'aspect fertilisation mais aussi l'aspect aménagement (parcelles en pente, travail du sol selon les courbes de niveau, enherbement,...) devront être pris en compte.

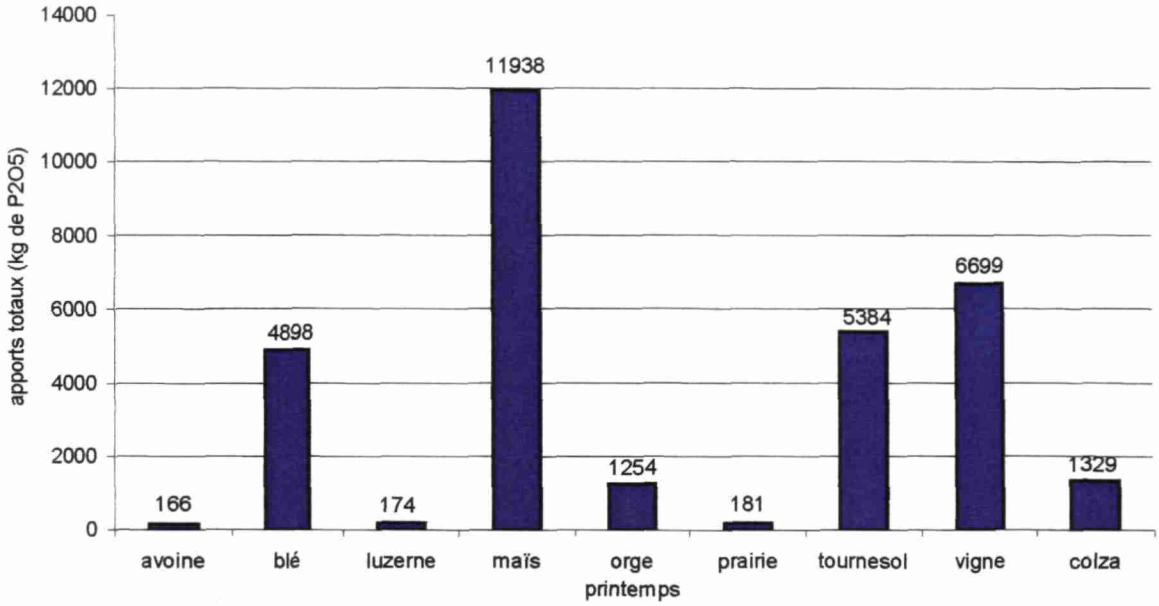


Figure 51 Apports totaux en phosphore par culture (kg P2O5) en 97

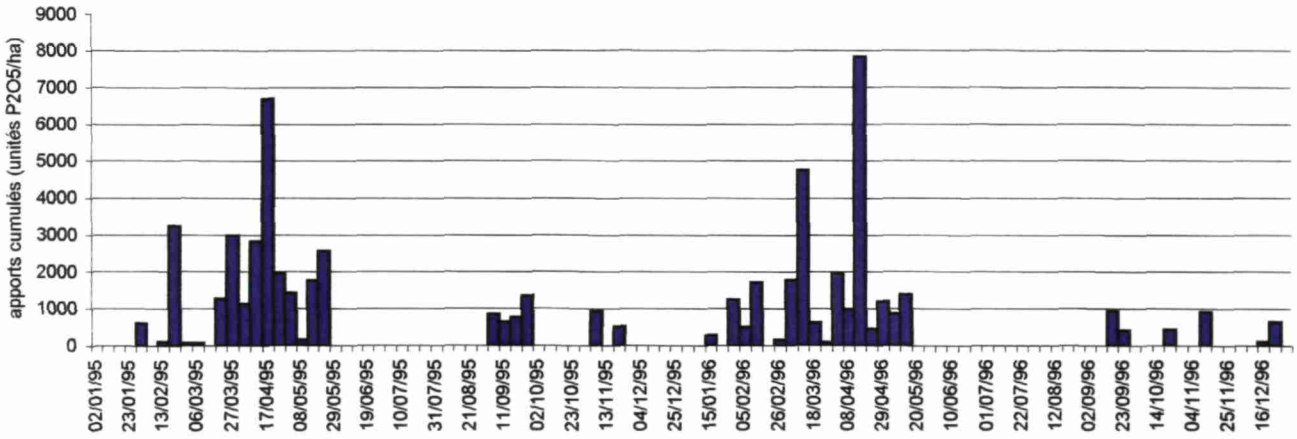


Figure 52 Répartition des apports totaux en Phosphore par semaine en 95 et 96

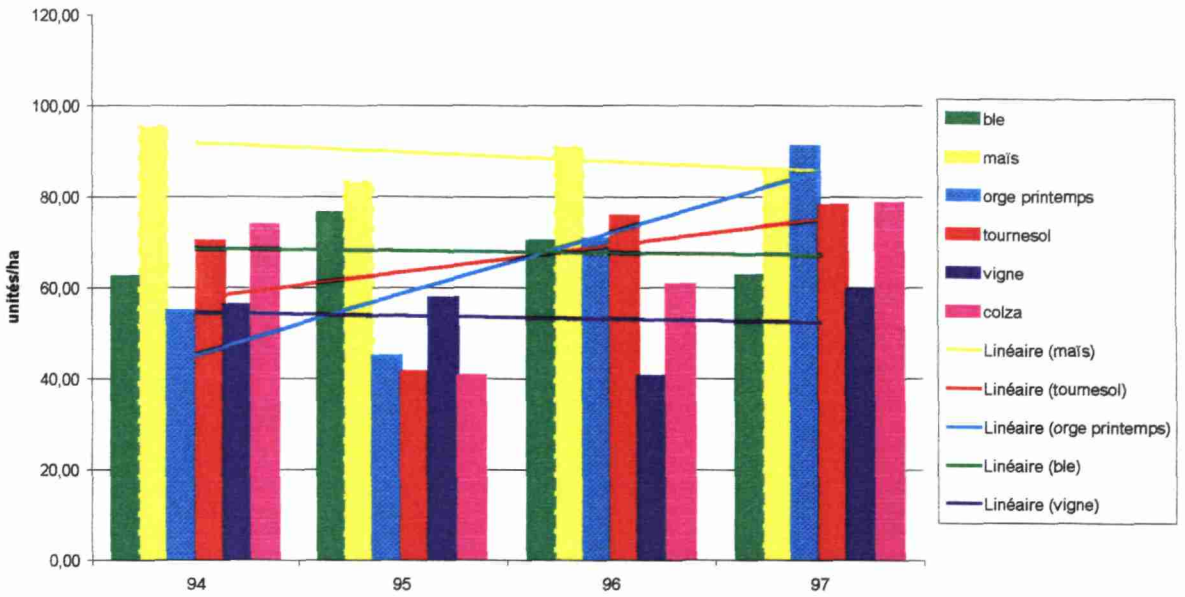


Figure 53 Evolution des apports en phosphore par type de culture de 94 à 97

b. Phosphore dans les eaux

Concernant la relation entre événements de crues et flux de phosphore total (Figure 54), on constate que, lors des très faibles crues la concentration en phosphore reste constante. Cependant, lorsque l'événement pluvieux est plus important et provoque une sensible augmentation de débit, le pic de débit s'accompagne d'un pic de phosphore total lié pour une bonne part à l'entraînement de matières en suspension riches en phosphore (arrachement de particules de terre sur les parcelles ou les berges du ruisseau, remise en suspension de sédiments fins).

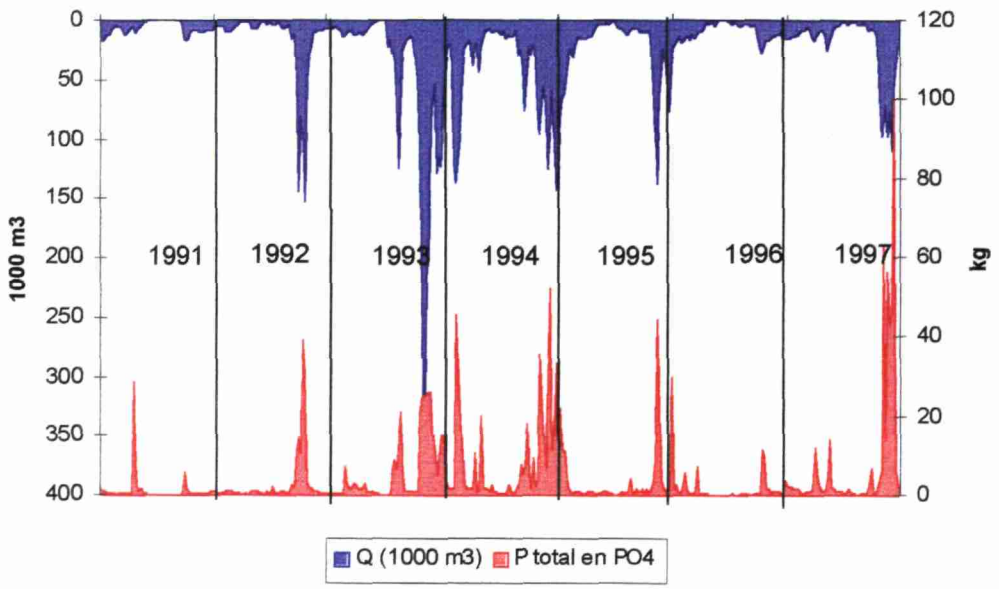


Figure 54 Bilans hebdomadaires en phosphore total (1991-1997)

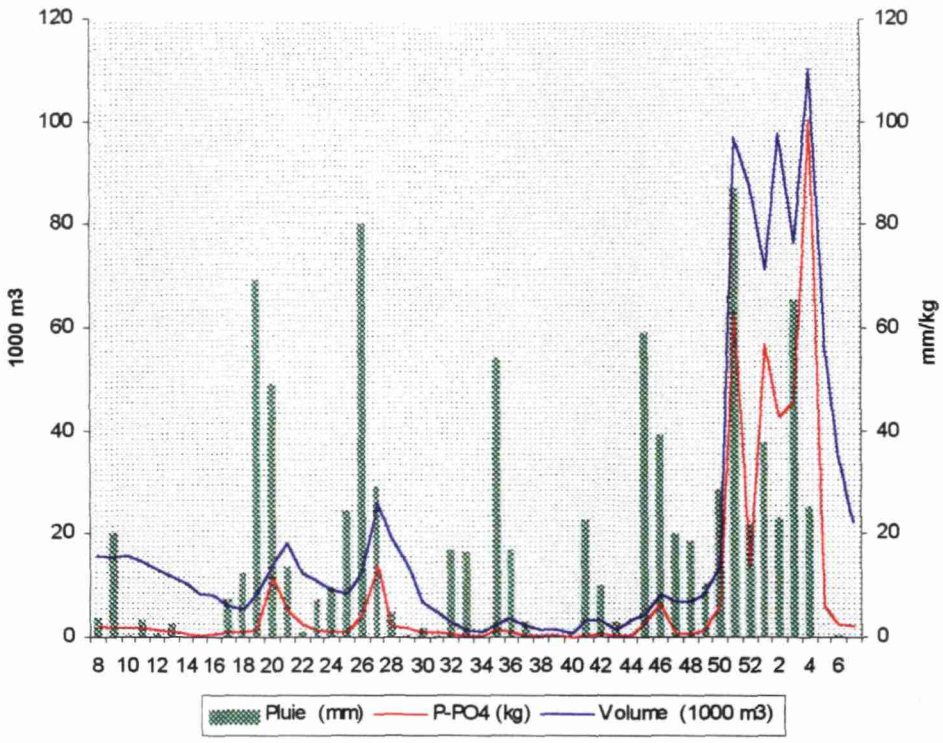


Figure 55 bilan hebdomadaire de phosphore total en 1997

Les événements pluvieux de 1997 ont tous été modérés n'entraînant que des flux très limités de phosphore à l'exception de la fin d'automne et du début de l'hiver qui concentrent la majeure partie des entraînements de matières en suspension et de phosphore.

III CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

L'étude poursuivie depuis plusieurs années sur le bassin versant du Ruiné a permis de faire un état du milieu et des pratiques dans un contexte d'observatoire où aucune influence sur les pratiques agricoles n'était exercée sur les agriculteurs.

Les limites des enquêtes sur les pratiques agricoles tiennent d'une part à l'imprécision des données recueillies et à l'absence de suivi agronomique fin au niveau des parcelles permettant d'établir de véritables bilans en ce qui concerne la fertilisation. Cependant, le recueil de données presque exhaustives sur une longue période reste exceptionnel et constitue une base de données précieuse pour la suite du programme (si le projet de modifications de pratiques sur le bassin se met en place).
Dans cette perspective d'évaluation et d'amélioration des pratiques, il faudrait recueillir des éléments supplémentaires sur les exploitations (économie, prise de décision) et sur les pratiques agricoles (utilisation et réglage des matériels, pertinence des itinéraires techniques par rapport aux moyennes régionales) non traités dans cette étude.

Les résultats des confrontations réalisées entre pratiques d'épandage et exportations vers les eaux superficielles, détaillées dans les chapitre concernant la qualité de l'eau, montrent l'importance des facteurs climatiques dans les taux d'exportation des herbicides constatés. C'est donc dans la confirmation et la définition plus précise des zones les plus exposées que nous nous efforçons de progresser. Par la suite, l'adoption sur ces zones de pratiques limitant les risques (en prenant en compte les aspects économiques de ces modifications pour les agriculteurs) et la continuation du suivi hydrologique réalisé pourrait permettre de mettre en évidence un effet bénéfique sur le milieu eau.

IV REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSEL J.C. et HUET F., (1992) - Analyse des pratiques agricoles du bassin versant d'un petit affluent de la Charente du point de vue de leur influence sur la qualité de l'eau en aval. - Etude n°64 Cemagref Bordeaux, Division PEA. 33p. + annexes.

BRGM, (1980) - Carte géologique de France. Barbezieux, n° 1633. Editions BRGM : carte géologique + livret explicatif 37 p. + guide de lecture 21 p.

BRGM, (1981) - Carte géologique de France. Montmoreau-St-Cybard n°1733. Editions BRGM : carte géologique + livret explicatif 43 p. + guide de lecture 21 p.

CHOUAKRI S. (1997) - Etude de la contamination des eaux de surface par les herbicides. Mémoire de DEA d'océanologie, météorologie et environnement. Laboratoire de Physique et Chimie Marines, Université Pierre et Marie Curie Paris VI 49 pages + annexes

DEMARET L. (&çç') Etude en vue de l'adaptation à un bassin charentais de modèles hydrologiques de transport du phosphore en bassin versant agricole. Rapport de stage de 2ème année de génie mathématique et modélisation, université Blaise Pascal Clermont Ferrand, Cemagref Bordeaux Division Qualité des Eaux, 94 pages

DUBERNET J.F. (1996) - Dynamique de la simazine, de l'atrazine et de leurs métabolites dans le BVRE du Ruiné (Charente) *Actes du XXVIème Congrès du Groupe Français des Pesticides : Processus de transfert des produits phytosanitaires et modélisation dans les bassins versants.* CEMAGREF Editions 1997 pp. 191-198.

DUBERNET J.F. (1996) Pesticides et environnement, suivi de la pollution diffuse. Du sol au produit : la filière vitivinicole charentaise et l'environnement, Université des eaux de vie, Segonzac 6-8 novembre 1996 pp. 4-13

DUBERNET J.F., HUET F. (1994) Dynamique des herbicides dans le BVRE du Ruiné et le bassin de la Charente : le cas des triazines et de leurs métabolites. Symposium Relations Continent-Zones Côtières, La Rochelle, 13-15 septembre 1994

DUPAS, S., SCRIBE, P., DUBERNET, J.F. (1996) - On-line and off-line solid-liquid extraction and liquid chromatography analysis at trace levels, for monitoring of herbicides and their degradation products in river and fluvio-estuarine freshwater-seawater interfaces. Journal of Chromatography A 737 (1996) pp 117-126.

GOUY V., GRILJ.J., LAILLET B., GARON-BOUCHER C., DUBERNET J.F., CANN C. (1997) Etude du transfert des produits phytosanitaires sur les bassins versants et modélisation. Séminaire national Hydrosystèmes, Groupe Français des Pesticides : produits phytosanitaires processus de transfert et modélisation dans les bassins versants, Nancy 22-23 mai 1996. Cemagref Editions, Antony, p. 89-103

GOUY V., GRILJ.J., LAILLET B., GARON-BOUCHER C., DUBERNET J.F., CANN C. (1998) Suivi du transfert des produits phytosanitaires sur les bassins versants et exemple de modélisation globale, Ingénieries EAT, 13, Mars 1998, pp. 3-14

GUTZLER L. (1998) Contribution à l'étude du transfert des phénylurées à l'échelle d'un petit bassin versant agricles. Le cas du Bassin du Ruiné (Charente). Mémoire de DESS Eau Mesures et Méthodes, Bordeaux , Cemagref Bordeaux, 96 pages + annexes

HAMMOUDA C., (1996) - Contribution à l'étude des relations pluie/débit sur un bassin versant agricole : le Ruiné. *Rapport de stage BTSA gestion et maîtrise de l'eau* Cemagref Bordeaux, Division Qualité des Eaux, 46p.

ISMAP (CGEaux, LHF, Ciba Geigy, Grande Paroisse, Rhône Poulenc, ITCF, Cemagref) (1997) Synthèse générale. Rapport final du Groupe de travail Sites Tests. Ed. M.A. Tisseau, Anjou Recherche, 1 place de Turenne, Immeuble le Dufy, 94417 Saint Maurice.

LAPLANA R. (1997) - Contribution des systèmes à référence spatiale pour la gestion intégrée des territoires. Forum « Sol et SIG » ENITA Bordeaux, 15 janvier 1997

LAPLANA R. (1994) - Les SIG, outils pour l'étude des pollutions: Journée d'information sur les SIG et la télédétection - Bordeaux - 1994, 3p

LONJARET E. (1995) Pollution des eaux de surface par les produits phytosanitaires, évaluation comparée des performances d'un modèle global et d'un modèle distribué à l'échelle d'un petit bassin versant agricole. Mémoire de DEA d'hydrologie, filière Gestion et Valorisation de l'Eau, Cemagref Lyon ENGREF, 101 pages + annexes

PINHEIRO A., CAUSSADE B., AYPHASSORHO H., PROFFIT D. (1994) Simulation de la pollution d'origine diffuse : application aux bassins du Ruiné et de la Save. 19ème journées GFHN 94, 22-23 novembre 1994, 7 pages

PINHEIRO A., KORETA R., CAUSSAGE B., DUBERNET J.F. (1997) Mise au point d'un outil d'aide à la gestion de la pollution par les produits phytosanitaires : exemple du modèle POLA. Séminaire national Hydrosystèmes, Groupe Français des Pesticides: produits phytosanitaires processus de transfert et modélisation dans les bassins versants, Nancy 22-23 mai 1996. Cemagref Editions, Antony, p. 186-195

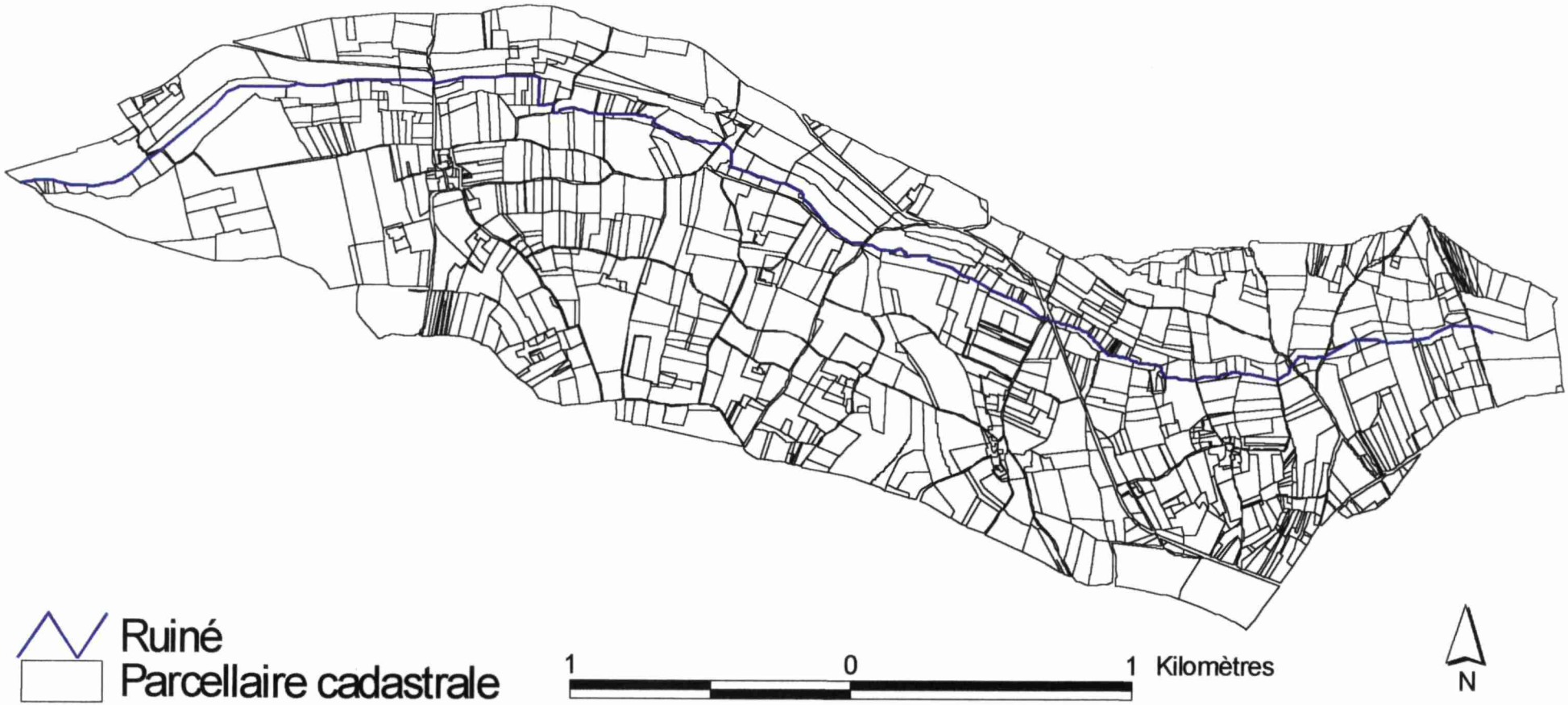
RAVEL C. (1993) Modèle hydrologique de transport du phosphore en bassin versant agricole. Rapport de stage de 2ème année de génie mathématique et modélisation, Université Blaise Pascal Clermont Ferrand, Cemagref Bordeaux Division Qualité des Eaux, 47 pages

SAJUS P. (1992) Etude de la dynamique du phosphore au sein d'un bassin versant : synthèse bibliographique et application au bassin du Ruiné. Mémoire de DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, Paris XII, Val de Marne, Cemagref Bordeaux, Division Qualité des Eaux

VERNIER F., DUBERNET J.F. (1996) Les triazines et leurs métabolites dans le bassin versant du Ruiné : bilan de quatre années d'expérimentation. 1er Colloque Interceltique d'Hydrologie et de Gestion des Eaux Bretagne 96, Rennes, 8-11 juillet 1996. INSA, Rennes in : Hydrologie dans les pays celtiques p. 57-58

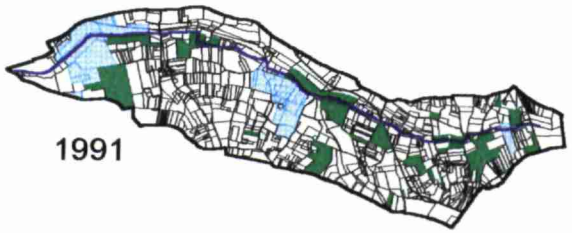
VERNIER F., DUBERNET J.F. (1997) Le bassin versant du Ruiné : bilan de quatre année d'expérimentation. 26ème Congrès Groupe Français des Pesticides Hydrosystèmes : processus de transfert des produits phytosanitaires et modélisation dans les bassins versants, Nancy 22-23 mai 1996, Cemagref Editions, Antony p. 272-276

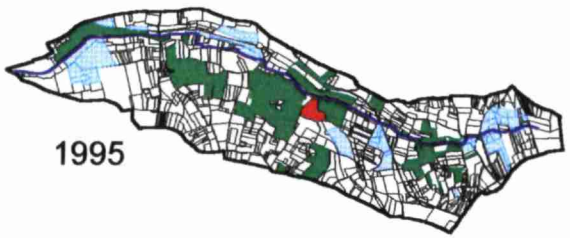
V ANNEXES

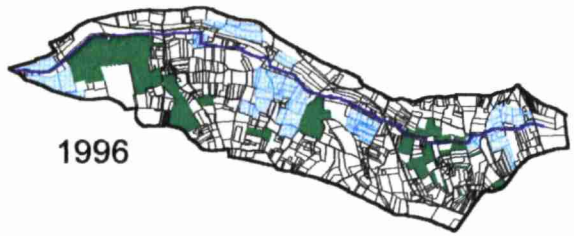


Carte : Parcellaire cadastral du bassin

Evolution des apports parcellaires d' atrazine







Ruisseau
Limite du bassin
traitements
0
1 apport
2 apports
3 apports

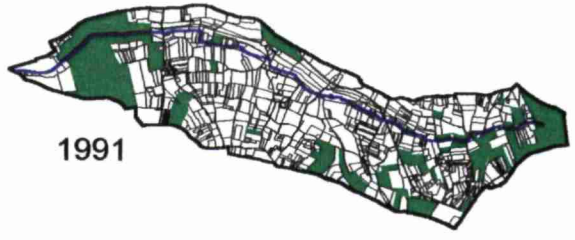
1000 0 1000 Mètres

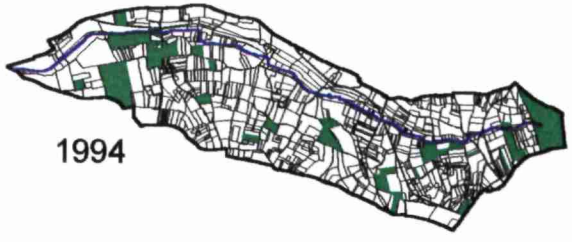
1:75000

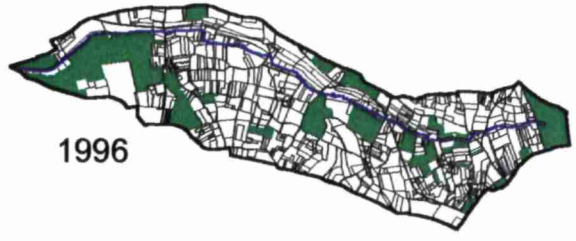
N

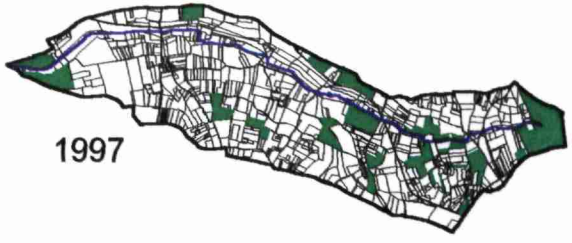
Cemagref - ADER - 1998
sources : enquêtes 91 à 97

Evolution des apports parcellaires de simazine







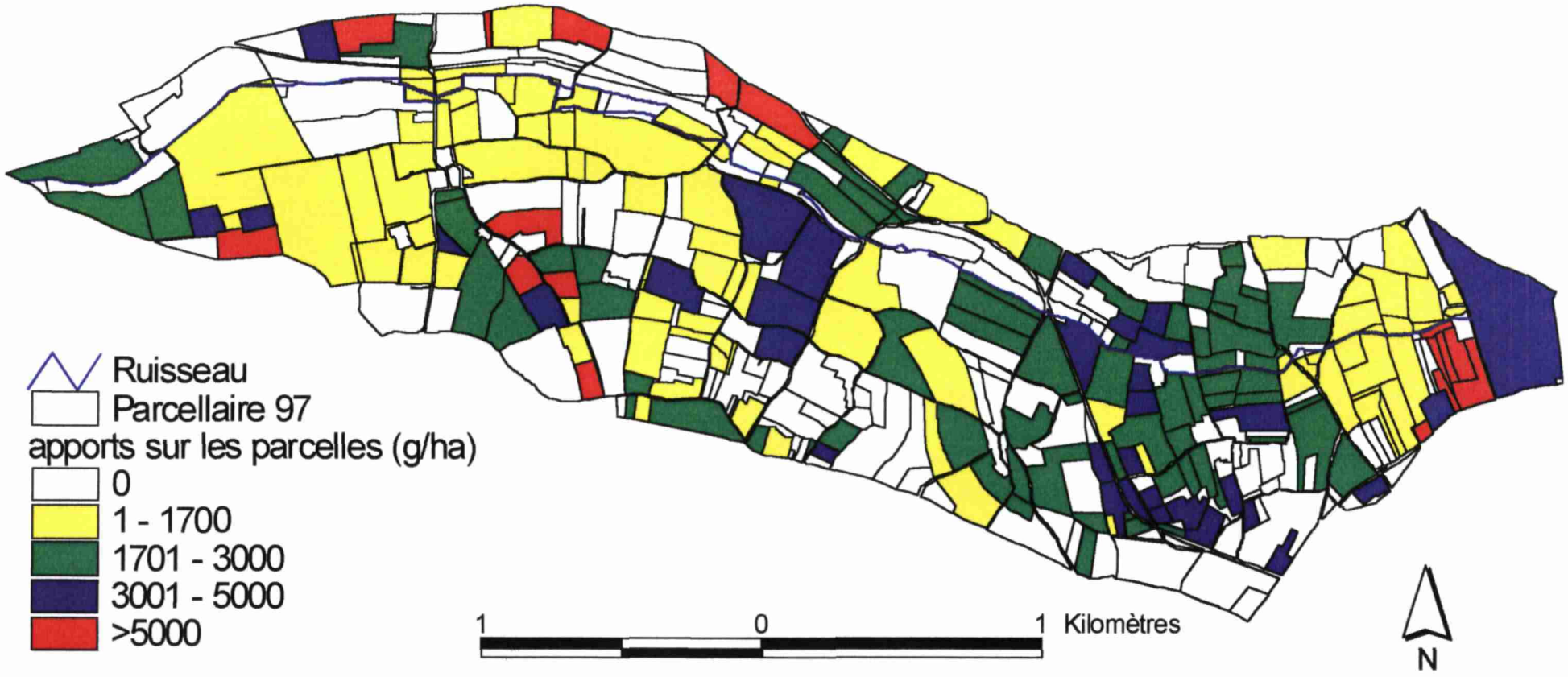


Ruisseau
Limite du bassin
traitements
0
1 apport
2 apports

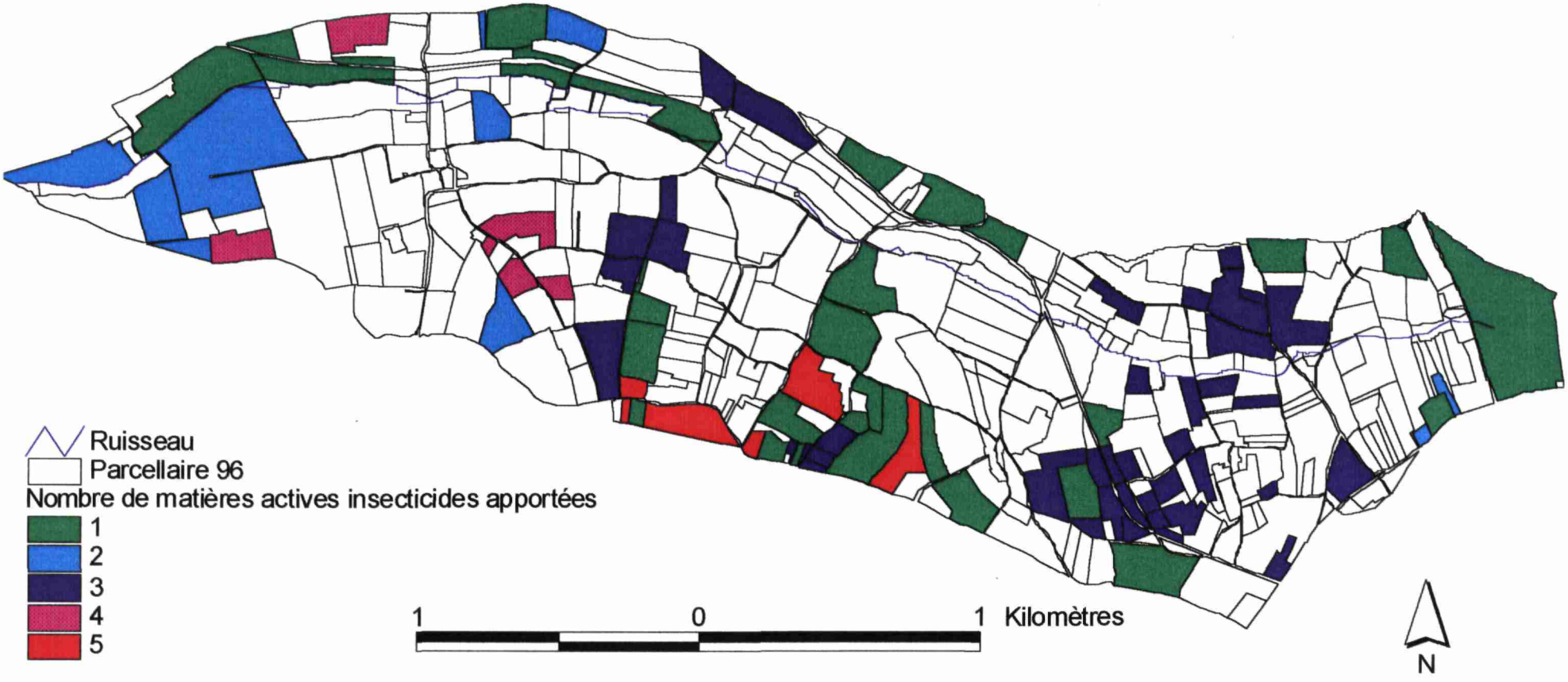
1000 0 1000 Mètres
1:75000

N

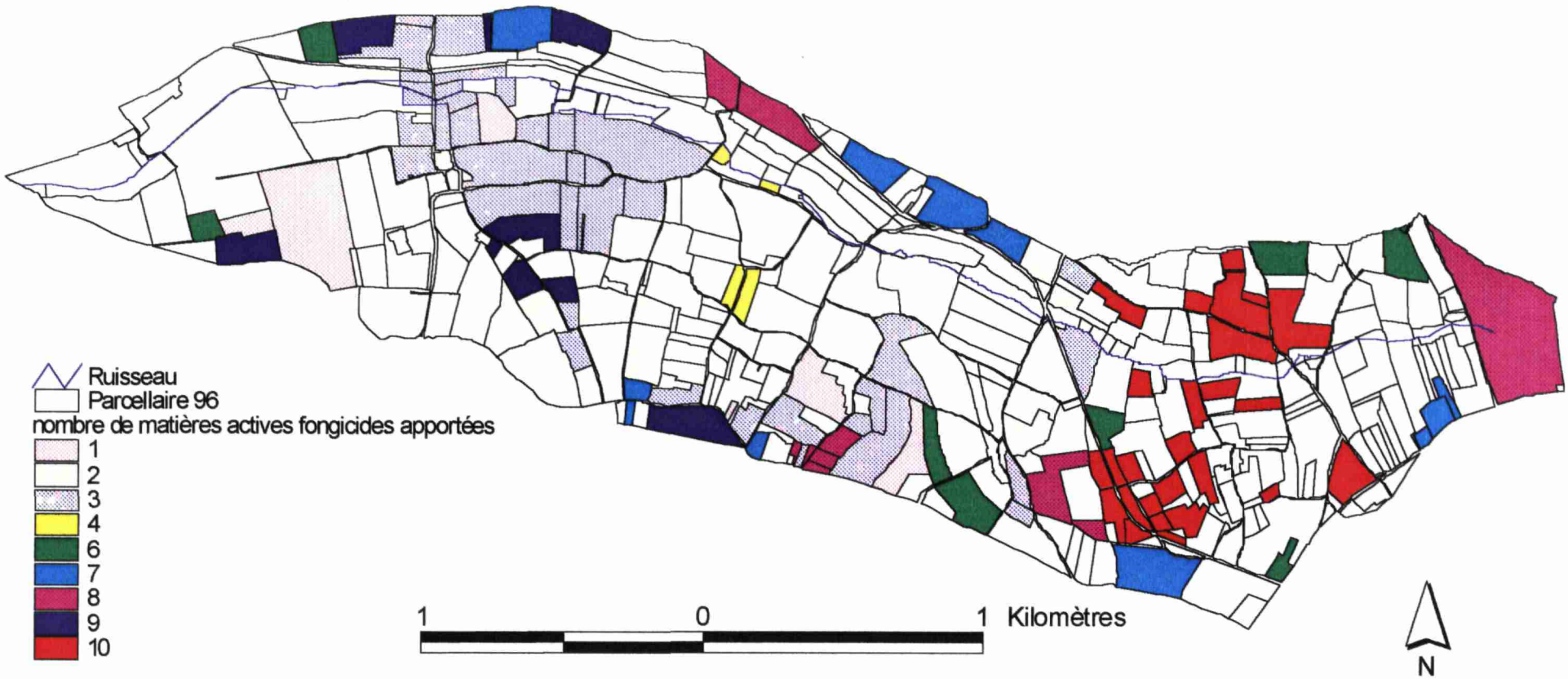
Cemagref - ADER - 1998
sources : enquêtes 91 à 97



Localisation des apports en herbicides de la liste ESU en 1997



Localisation des apports en insecticides en 1996



Localisation des apports en fongicides en 1996

ANNEXE :

bilan des calculs de sensibilité vis à vis des risques de transfert de triazines sur le bassin du Ruiné

Tableau 1 :

		période 92-94			période 95-97		
		surfaces (ha)	% des surfaces traitées	% de la SAU	surfaces (ha)	% des surfaces traitées	% de la SAU
indice de sensibilité vis à vis des transferts de triazines	indice 1	42,21	17,55	9,11	53,51	18,13	11,42
	indice 2	131,22	54,55	28,31	147,79	50,06	31,53
	indice 3	57,92	24,08	12,50	84,88	28,75	18,11
	indice 4	9,18	3,82	1,98	9,06	3,07	1,93
total surfaces traitées		240,53	100,00	51,90	295,24	100,00	62,99
SAU moyenne		463,48		100,00	468,75		100,00

Tableau 2 :

		Evolution des surfaces concernées entre 94 et 97 (ha)	Evolution en pourcentage des surfaces traitées
indice de sensibilité vis à vis des transferts de triazines	indice 1	+ 11,31	+ 0,58 %
	indice 2	+ 16,57	- 4,49 %
	indice 3	+ 26,95	+ 4,67 %
	indice 4	- 0,12	- 0,75 %
total surfaces traitées en triazines		+ 54,71	
SAU moyenne		+ 5,26	

NB : La sensibilité augmente avec l'indice (1 : sensibilité faible; 5 : sensibilité forte)

METHODE D'ANALYSE DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES SUR LE RUINE.

♦ **Principe :**

Les herbicides sont extraits sur cartouches C18 puis élués avec de l'acétonitrile. L'extrait est analysé par HPLC avec gradient d'élution et détection UV.

♦ **Réactifs et matériels :**

- Eau ultra pure (Eau pyrodistillée BIOCHROM réf. 1400LC)
- Acétonitrile pour HPLC à très faible absorbance à 200 nm (supragradient grade Scharlau réf. Ac 331)
- Méthanol pour HPLC (Carlo Erba réf. 412001)
- Azote U
- Filtre WHATMAN GF/F (réf. 1825 047)
- Cartouche Supelclean LC18 1000mg (Supelco réf. 57055)
- Module d'extraction en phase solide Visiprep (Supelco réf. 5-7030) et module de séchage Visidry (Supelco réf. 5-7100)
- Pompe HPLC ternaire SP8800, détecteur UV programmable avec acquisition de spectres Spectra Focus, injecteur-préparateur d'échantillons AS3000, reconnaissance et quantification des pics par logiciel PC1000 (ensemble Spectra-Physics)
- Colonne Spherisorb C18 ODS II, 3 µ, diamètre 4mm longueur 25cm, précolonne C18 5µ, 2cm.

♦**Traitement de l'échantillon :**

L'échantillon est filtré sur membranes GF/F. Le pH du filtrat est amené à 7.

♦ **Extraction :**

L'extraction est réalisée sur cartouche de silice C18 contenant 1000 mg d'adsorbant. La cartouche est conditionnée par passage de 10 ml de méthanol suivi de 10 ml d'eau ultrapure. 200 ml d'échantillon sont extraits puis la cartouche est rincée avec 10 ml d'eau ultarpure et séchée sous courant d'azote pendant 30 à 40 minutes.

♦ **Elution :**

L'élution est réalisée par passage de 3 ml d'acétonitrile en une seule fois et par gravité dans la cartouche. Le séchage de la cartouche est obtenu en faisant traverser la cartouche par un courant d'azote. L'éluat d'acétonitrile est évaporé à sec sous azote, le résidu est repris par 1 ml de mélange eau/acétonitrile 80/20.

♦ **Analyse chromatographique :**

- Température 30°C
- Gradient d'élution : Eau/Acétonitrile 80/20 - 45/55 en 70 mn linéairement
- Débit 0.4 ml/mn.
- Injection : automatique de 50µl dans une boucle de 100µl avec le système "pushloop"
- Détection UV à 220 nm pour les triazines et 240 nm pour les phénylurées.

♦**Rendement d'extraction :**

Calculés à partir d'analyses d'eau de ville dopée à 500ng/l avec une prise d'essai de 200 ml (moyenne de trois essais) :

Desisopropylatrazine (DIA) : 40% ± 2%
Deséthylatrazine (DEA) : 50% ± 2.5%
Simazine : 80.5% ±3.1%
Cyanazine : 89.4%±4.5%
Atrazine : 84.3% ± 3.6%
Terbutylazine : 86% ± 3.2%
Chlortoluron : 89% ±2.1%
Métoxuron 72.5% ±2.3%
Isoproturon : 80.8% ±1.8%
Diuron 83.4% ± 2.6%
Linuron 80.6% ± 4.2%

♦ **Limite de détection :**

Les limites de détection calculées avec un rapport signal / bruit égal à 4 pour une prise d'essai de 200 ml pondérées du rendement d'extraction sont détaillées dans le tableau ci-après. Elles varient entre 15 et 25 ng/l pour les molécules étudiées à l'exception de la DEA 30ng/l et la DIA 50 ng/l.

	DIA	DEA	Simazine	Cyanazine	Atrazine	Terbutyl-azine	Diuron	Iso-proturon	Linuron
Limite de détection (ng/l	50	30	15	20	15	20	20	20	25
Quantité injectée (ng)	0.20	0.15	0.12	0.18	0.13	0.17	0.17	0.16	0.20

Date	Q moyen Horaire en l/s	Atrazine Desisopropyl ng/l	Atrazine Desethyl ng/l	Simazine ng/l	Atrazine ng/l	Terbutylazine ng/l
03/03/95 02:25 - 03:15	269,3	610	450	100	25	120
03/03/95 03:25 - 04:15	327,1	650	350	40	35	130
03/03/95 04:25 - 05:15	352,7	650	280	150	120	0
03/03/95 05:25 - 06:15	352,4	420	380	95	40	120
03/03/95 06:25 - 07:15	354,1	280	200	180	25	225
03/03/95 07:25 - 08:15	417,7	600	380	80	20	0
03/03/95 08:25 - 09:15	475,1	380	340	120	0	0
03/03/95 09:25 - 10:15	432,5	485	410	90	0	0
03/03/95 10:25 - 11:15	365,8	550	480	130	0	0
03/03/95 11:25 - 12:15	333,6	500	425	130	0	0
03/03/95 12:25 - 13:15	327,5	400	480	75	80	0
03/03/95 13:25 - 14:15	320,9	680	650	85	25	0
03/03/95 14:25 - 15:15	288,2	420	450	140	0	0
03/03/95 15:25 - 16:15	274,3	380	360	85	0	140
03/03/95 16:25 - 17:15	261,0	850	650	135	0	125
03/03/95 17:25 - 18:15	279,0	310	300	215	90	155
03/03/95 18:25 - 19:15	283,5	790	500	125	95	0
03/03/95 19:25 - 20:15	263,0	900	650	195	25	145
03/03/95 20:25 - 20:55	243,6	700	340	250	85	155
04/10/95 03:50 - 04:40		425	285	75	50	0
04/10/95 04:50 - 05:40		1100	810	550	260	175
04/1095 05:50 - 06:40		2340	1750	950	360	0
04/10/95 06:50 - 07:40		2970	975	1225	500	185
04/10/95 07:50 - 08:40		2975	1200	1235	560	140
04/10/95 08:50 - 09:40		750	295	345	160	70
12/11/95 11:00 - 12:00	22,2	580	385	155	95	0
12/11/95 12:00 - 13:00	23,4	1000	400	140	90	0
12/11/95 13:00 - 14:00	23,5	975	315	70	160	0
12/11/95 14:00 - 15:00	30,4	780	490	130	80	0
12/11/95 15:00 - 16:00	35,8	780	630	140	170	0
12/11/95 16:00 - 17:00	34,8	590	470	130	120	0
12/11/95 17:00 - 18:00	30,2	700	355	170	95	0
12/11/95 18:00 - 19:00	26,1	630	570	170	90	0
12/11/95 19:00 - 20:00	23,8	675	615	165	95	0
12/11/95 20:00 - 21:00	22,4	810	565	175	155	0
03/12/95 03:00 - 03:50	25,0	490	345	70	60	0
03/12/95 03:50 - 04:50	27,7	620	430	75	60	0
03/12/95 04:50 - 05:50	30,1	610	420	70	55	0
03/12/95 05:50 - 06:50	31,6	420	275	50	45	0
03/12/95 06:50 - 07:50	32,5	545	360	50	40	0
03/12/95 07:50 - 08:50	30,2	420	340	45	55	0
03/12/95 08:50 - 09:50	30,2	400	220	30	35	0
03/12/95 09:50 - 10:50	30,5	495	320	40	30	0
03/12/95 10:50 - 11:50	31,6	370	375	65	60	0
03/12/95 11:50 - 12:50	33,1	450	385	65	40	0
03/12/95 12:50 - 13:50	35,1	445	245	80	85	0
03/12/95 13:50 - 14:50	35,8	415	240	70	60	0
03/12/95 14:50 - 15:50	36,9	380	210	40	50	0
03/12/95 15:50 - 16:50	35,6	500	395	50	25	0

03/12/95 16:50 - 17:50	34,2	410	345	30	0	0
03/12/95 17:50 - 18:50	32,5	495	380	30	25	0
03/12/95 18:50 - 19:50	30,8	520	240	95	30	0
16/12/95 15:00 - 16:00	27,0	325	240	45	35	0
16/12/95 16:00 - 17:00	39,0	300	255	50	30	0
16/12/95 17:00 - 18:00	42,0	215	125	35	25	0
16/12/95 18:00 - 19:00	37,5	140	90	0	35	0
16/12/95 19:00 - 20:00	33,8	275	120	45	25	0
16/12/95 20:00 - 21:00	30,6	290	120	55	25	0
16/12/95 21:00 - 22:00	27,5	280	120	50	25	0
16/12/95 22:00 - 23:00	26,9	275	145	50	25	0
16/12/95 23:00 - 24:00	26,6	230	120	55	0	0
17/12/95 00:00 - 01:00	27,7	250	120	40	0	0
17/12/95 01:00 - 02:00	27,1	260	145	45	25	0
17/12/95 02:00 - 03:00	26,2	300	145	45	30	0
23/12/95 04:40 - 05:40	32,0	575	310	70	45	30
23/12/95 05:40 - 06:40	34,0	520	265	80	55	40
23/12/95 06:40 - 07:40	33,0	830	400	120	60	45
23/12/95 07:40 - 08:40	32,8	480	255	100	55	55
23/12/95 08:40 - 09:40	33,6	700	315	95	45	30
23/12/95 09:40 - 10:40	35,1	590	270	90	45	40
23/12/95 10:40 - 11:40	37,7	655	285	85	40	0
23/12/95 11:40 - 12:40	62,2	320	180	60	30	0
23/12/95 12:40 - 13:40	74,9	525	220	110	50	0
23/12/95 13:40 - 14:40	70,6	575	200	120	60	0
23/12/95 14:40 - 15:40	69,2	440	245	165	60	0
23/12/95 15:40 - 16:40	68,1	350	190	145	75	0
23/12/95 16:40 - 17:40	56,9	220	100	90	140	0
23/12/95 17:40 - 18:40	43,2					
23/12/95 18:40 - 19:40	41,0					
23/12/95 19:40 - 20:40	39,3	485	285	140	50	0
23/12/95 20:40 - 21:40	37,8					
23/12/95 21:40 - 22:40	36,7					
23/12/95 22:40 - 23:40	35,1					
23/12/95 23:40 - 00:40	34,7	350	350	115	65	0
24/12/95 00:40 - 01:40	34,8					
24/12/95 01:40 - 02:40	34,8					
24/12/95 02:40 - 03:40	34,9					
24/12/95 03:40 - 04:40	34,2	315	360	100	150	0
30/12/95 23:20 - 24:00	81,9	465	570	65	45	0
31/12/95 00:00 - 01:00	98,8	275	390	80	55	0
31/12/95 01:00 - 02:00	108,5	320	400	70	75	50
31/12/95 02:00 - 03:00	112,6	520	480	95	65	0
31/12/95 03:00 - 04:00	122,0	340	315	110	65	70
31/12/95 04:00 - 05:00	121,2	250	270	95	70	60
31/12/95 05:00 - 06:00	110,7	320	375	90	130	45
31/12/95 06:00 - 07:00	108,3	240	255	80	65	60
31/12/95 07:00 - 08:00	114,4	380	435	110	85	65
31/12/95 08:00 - 09:00	121,2	270	265	75	110	80
31/12/95 09:00 - 10:00	121,8	285	345	95	140	70
31/12/95 10:00 - 11:00	119,7	380	550	120	175	90
31/12/95 11:00 - 12:00	107,6					
31/12/95 12:00 - 13:00	101,9					

31/12/95 13:00 - 14:00	97,8	255	300	95	135	75
31/12/95 14:00 - 15:00	93,7					
31/12/95 15:00 - 16:00	92,1					
31/12/95 16:00 - 17:00	90,0					
31/12/95 17:00 - 18:00	88,8					
31/12/95 18:00 - 19:00	89,4	350	615	120	150	70
31/12/95 19:00 - 20:00	89,2					
31/12/95 20:00 - 21:00	88,8					
31/12/95 21:00 - 22:00	88,0					
31/12/95 22:00 - 23:00	82,3	260	430	90	135	70

Date	Q moyen horaire en l/s	Atrazine Desisopropyl ng/l	Atrazine Desethyl ng/l	Simazine ng/l	Atrazine ng/l	Terbutylazine ng/l
27/03/96 08:00 - 08:50	40,0	350	300	90	90	0
27/03/96 09:00 - 09:50	62,0	110	110	175	200	0
27/03/96 10:00 - 10:50	137,0	330	280	750	160	630
27/03/96 11:00 - 11:50	159,0	780	200	11285	125	12695
27/03/96 12:00 - 12:50	144,0	750	150	19125	140	17190
27/03/96 13:00 - 13:50	100,0	650	260	20200	150	16220
27/03/96 14:00 - 14:50	66,0	1200	250	8780	65	9140
27/03/96 15:00 - 15:50	69,0	850	210	14620	190	14075
27/03/96 16:00 - 16:50	81,0	670	200	5310	100	6170
27/03/96 17:00 - 17:50	69,0	800	260	14085	875	9690
27/03/96 18:00 - 18:50	56,0	580	180	9220	115	6135
27/03/96 19:00 - 19:50	47,0	680	270	4980	105	5690
27/03/96 20:00 - 20:50	43,0	680	300	8160	170	5400
27/03/96 21:00 - 21:50	41,0	320	190	6025	170	4635
27/03/96 22:00 - 22:50	39,0	750	300	5740	110	3660
27/03/96 23:00 - 23:50	38,0	260	220	4290	105	4440
28/03/96 00:00 - 00:50	37,0	250	150	3360	115	3495
28/03/96 01:00 - 01:50	36,0	220	140	2440	60	2615
28/03/96 02:00 - 02:50	36,0	320	210	3380	150	2755
28/03/96 03:00 - 03:50	35,0	260	220	2625	80	2195
28/03/96 04:00 - 04:50	35,0	380	280	2165	80	1710
28/03/96 05:00 - 05:50	34,0	240	210	1770	150	1870
28/03/96 06:00 - 06:50	34,0	600	350	2220	180	1780
03/05/96 03:40 - 04:30	29,0	550	300	350	260	75
03/05/96 04:40 - 05:30	29,0	425	275	380	320	100
03/05/96 05:40 - 06:30	29,0	600	350	265	290	105
03/05/96 06:40 - 07:30	31,0	450	345	175	280	75
03/05/96 07:40 - 08:30	30,0	260	380	160	310	85
08/05/96 14:30 - 15:20	76,0	1500	1200	745	625	60
08/05/96 15:30 - 16:20	46,0	650	580	2390	2365	0
08/05/96 16:30 - 17:20	32,0	750	700	2415	2395	210
08/05/96 17:30 - 18:20	81,0	550	600	3020	3000	300
07/07/96 07:00 - 07:35	9,0	660	270	105	140	0
07/07/96 07:45 - 08:35	9,8	550	340	390	120	0
07/07/96 08:45 - 09:35	9,8	790	420	115	205	0
07/07/96 09:45 - 10:35	9,6	580	445	275	855	0
07/07/96 10:45 - 11:35	9,3	520	380	215	890	0
07/07/96 11:45 - 12:35	9,6	610	385	210	780	0
07/07/96 12:45 - 13:35	9,1	630	405	310	260	45
07/07/96 13:45 - 14:20	9,2	830	415	300	595	0
07/07/96 14:30 - 15:20	9,2	650	410	230	215	0
07/07/96 15:30 - 16:20	9,4	400	265	335	400	0
07/07/96 16:30 - 17:20	9,4	450	275	285	145	0
07/07/96 17:30 - 18:20	9,5	380	225	340	370	0
07/07/96 18:30 - 19:20	9,7	400	235	325	185	0
07/07/96 19:30 - 20:20	9,3	525	315	365	170	0
07/07/96 20:30 - 21:20	9,1	555	305	315	185	0
07/07/96 21:30 - 22:20	9,4	600	345	110	140	0
07/07/96 22:30 - 23:20	9,4	470	250	85	110	0
07/07/96 23:30 - 00:20	9,4	490	270	105	105	0
08/07/96 00:30 - 01:20	9,2	455	295	205	115	0
08/07/96 01:30 - 02:20	9,7	490	295	140	130	0
08/07/96 02:30 - 03:20	10,0	520	315	170	310	120
08/07/96 03:30 - 04:20	9,5	380	240	140	350	170
08/07/96 04:30 - 05:20	9,5	490	305	190	105	0
08/07/96 05:30 - 06:20	9,8	655	330	175	115	165

01/10/96 01:45 - 02:35	7,8	620	355	60	65	120
01/10/96 02:45 - 03:35	9,4	620	375	70	180	75
01/10/96 03:45 - 04:35	11,4	560	330	35	60	30
01/10/96 04:45 - 05:35	11,7	500	470	40	90	0
01/10/96 05:45 - 06:35	13,0	545	460	45	120	0
01/10/96 06:45 - 07:35	14,1	410	320	0	80	0
01/10/96 07:45 - 08:35	14,3	590	440	25	100	0
01/10/96 08:45 - 09:35	16,0	715	430	95	50	0
01/10/96 09:45 - 10:35	14,5	1350	1190	180	155	0
01/10/96 10:45 - 11:35	16,0	1200	780	190	95	0
01/10/96 11:45 - 12:35	14,8	445	420	120	80	0
01/10/96 12:45 - 13:35	14,9	300	270	160	50	0
01/10/96 13:45 - 14:35	13,8	280	230	135	80	0
01/10/96 14:45 - 15:35	13,2	555	365	125	190	0
01/10/96 15:45 - 16:35	12,5	580	380	380	155	270
01/10/96 16:45 - 17:35	11,9	550	360	400	225	200
01/10/96 17:45 - 18:35	11,4	430	660	240	135	185
01/10/96 18:45 - 19:35	11,0	475	350	100	140	245
01/10/96 19:45 - 20:35	10,6	520	340	180	100	120
01/10/96 20:45 - 21:35	10,3	610	415	205	110	240
01/10/96 21:45 - 22:35	10,2	675	470	280	150	135
01/10/96 22:45 - 23:35	9,8	390	340	270	110	140
01/10/96 23:45 - 00:35	9,8	410	410	220	90	120
04/12/96 14:15 - 14:50	37	585	300	55	65	0
04/12/96 15:00 - 15:50	39	485	275	40	65	0
04/12/96 16:00 - 16:50	40	1320	495	110	220	0
04/12/96 17:00 - 17:50	41	540	305	210	70	0
04/12/96 18:00 - 18:50	43	555	285	75	90	0
04/12/96 19:00 - 19:50	62	475	240	120	80	0
04/12/96 20:00 - 20:50	94	515	220	100	70	0
04/12/96 21:00 - 21:50	116	460	110	110	65	115
04/12/96 22:00 - 22:50	116	870	335	55	85	140
04/12/96 23:00 - 23:50	97	620	210	50	80	120
05/12/96 00:00 - 00:50	84	780	280	250	85	125
05/12/96 01:00 - 01:50	73	760	295	230	95	135
05/12/96 02:00 - 02:50	66	830	295	250	100	140
05/12/96 03:00 - 03:50	57	780	235	130	95	105
05/12/96 04:00 - 04:50	51	750	240	80	90	85
05/12/96 05:00 - 05:50	45	660	285	155	115	115
05/12/96 06:00 - 06:50	43	920	360	180	140	105
05/12/96 07:00 - 07:50	42	510	215	135	110	90
05/12/96 08:00 - 08:50	41	585	270	170	175	80
05/12/96 09:00 - 09:50	40	580	290	130	80	75
05/12/96 10:00 - 10:50	41	700	330	130	105	80
05/12/96 12:10 - 13:00	41	565	270	100	145	0
05/12/96 13:10 - 14:00	41	775	435	90	140	0
05/12/96 14:10 - 15:00	41	955	530	145	150	0
05/12/96 15:10 - 16:00	41	855	445	90	120	0
05/12/96 16:10 - 17:00	41	795	435	85	85	0
05/12/96 17:10 - 18:00	41	810	455	75	115	0
05/12/96 18:10 - 19:00	41	780	420	90	120	0
05/12/96 19:10 - 20:00	78	715	400	80	95	0
05/12/96 20:10 - 21:00	73	780	435	75	140	0
06/12/96 03:10 - 04:00	99	635	270	150	100	90
06/12/96 04:10 - 05:00	84	690	300	165	110	50
06/12/96 05:10 - 06:00	75	770	450	160	135	45
06/12/96 06:10 - 07:00	70	655	345	150	125	0

Date	Q moyen horaire en l/s	Atrazine Desisopropyl ng/l	Atrazine Desethyl ng/l	Simazine ng/l	Atrazine ng/l	Terbutylazine ng/l
15/05/97 07:35 - 08:40	20,1	410	360	150	230	50
15/05/97 08:45 - 09:45	19,7	205	205	80	290	50
15/05/97 09:45 - 10:00	19,7	350	250	90	295	35
15/05/97 10:00 - 10:45	19,7	155	90	45	190	30
16/05/97 18:45 - 19:35	17,5	275	220	120	190	125
16/05/97 19:45 - 20:35	22,2	350	325	130	240	45
16/05/97 20:45 - 21:35	31,4	450	365	110	315	40
16/05/97 21:45 - 22:35	42,3	300	235	225	350	200
16/05/97 22:45 - 23:35	35,9	510	280	360	510	2510
16/05/97 23:45 - 00:35	32,6	150	135	330	635	4175
17/05/97 00:45 - 01:35	31,8	270	225	490	845	4530
17/05/97 01:45 - 02:35	34,5	375	315	465	950	5000
17/05/97 02:45 - 03:35	41,4	310	335	580	4855	5400
17/05/97 03:45 - 04:35	105,2	470	320	900	2370	8210
17/05/97 04:45 - 05:35	123,7	435	285	1160	1880	10250
17/05/97 05:45 - 06:35	92,7	1295	150	5250	1500	8650
17/05/97 06:45 - 07:35	68,4	3035	330	11980	1850	8635
17/05/97 07:45 - 08:35	48,0	2195	220	13520	1500	5210
17/05/97 08:45 - 09:35	42,0	5720	440	19410	1890	5220
17/05/97 09:45 - 10:35	39,4	5315	450	15365	1630	4000
17/05/97 10:45 - 11:35	36,1	5145	410	10000	1170	2650
17/05/97 11:45 - 12:35	36,1	3890	365	8470	1090	2370
17/05/97 12:45 - 13:35	35,0	3920	420	9155	1310	2710
17/05/97 13:45 - 14:35	33,9	1865	295	7345	1145	2365
19/05/97 18:20 - 19:10	29,7	520	240	890	230	620
19/05/97 19:20 - 20:10	29,6	475	285	695	160	450
19/05/97 20:20 - 21:10	29,9	500	315	780	195	520
19/05/97 21:20 - 22:10	30,2	320	200	690	185	530
19/05/97 22:20 - 23:10	30,4	720	375	900	220	530
19/05/97 23:20 - 00:10	31,5	320	205	575	165	425
20/05/97 00:20 - 01:10	32,2	540	330	680	180	455
20/05/97 01:20 - 02:10	32,6	540	365	730	210	455
20/05/97 02:20 - 03:10	33,1	560	350	775	205	450
20/05/97 03:20 - 04:10	33,1	520	305	670	190	450
20/05/97 04:20 - 05:10	33,0	600	325	645	180	425
20/05/97 05:20 - 06:10	33,2	560	235	685	185	430
20/05/97 06:20 - 07:10	33,3	580	250	927	195	650
20/05/97 07:20 - 08:10	33,1	380	265	615	190	430
20/05/97 08:20 - 09:10	32,3	610	360	615	150	380
20/05/97 09:20 - 10:10	32,4	460	360	490	190	235
27/06/97 07:00 - 07:30	21,6	965	695	150	480	105
27/06/97 07:40 - 08:30	21,9	820	690	110	500	70
27/06/97 08:40 - 09:30	23,6	960	800	140	650	50
27/06/97 09:40 - 10:30	25,3	760	775	200	810	0
27/06/97 10:40 - 11:30	25,3	1200	1170	175	1425	75
27/06/97 11:40 - 12:30	24,9	745	1050	290	1840	0
27/06/97 12:40 - 13:30	24,9	1060	1260	255	1860	0
27/06/97 13:40 - 14:30	25,1	1415	1250	310	1465	0
27/06/97 14:40 - 15:30	25,4	1300	975	150	1575	0
27/06/97 15:40 - 16:30	25,6	955	895	300	1030	0
27/06/97 16:40 - 17:30	25,3	1210	1050	150	1190	0
27/06/97 17:40 - 18:30	25,0	1235	1195	270	1370	0
27/06/97 18:40 - 19:30	24,2	785	955	115	1390	50
27/06/97 19:40 - 20:30	23,7	805	1015	125	1560	75
27/06/97 20:40 - 21:30	23,4	1040	1100	130	1465	35
27/06/97 21:40 - 22:30	23,1	655	805	135	1320	45
27/06/97 22:40 - 23:30	22,7	775	845	130	1160	45

27/06/97 23:40 - 00:30	22,3	805	810	110	1020	35
28/06/97 00:40 - 01:30	22,3	815	775	90	900	0
28/06/97 01:40 - 02:30	22,3	700	720	115	985	0
28/06/97 02:40 - 03:30	22,3	650	635	115	895	60
28/06/97 03:40 - 04:30	22,0	830	715	100	795	50
28/06/97 04:40 - 05:30	21,9	750	650	85	740	50
28/06/97 05:40 - 06:30	21,9	815	690	110	730	0
02/07/97 08:50 - 09:40	67,3	330	605	245	960	80
02/07/97 09:50 - 10:40	117,7	440	515	25110	1090	190
02/07/97 10:50 - 11:40	130,6	1070	935	11620	1390	375
02/07/97 11:50 - 12:40	121,2	1200	750	630	1505	385
02/07/97 12:50 - 13:40	122,0	1330	695	7520	1990	430
02/07/97 13:50 - 14:40	137,1	3900	1515	5715	2145	310
02/07/97 14:50 - 15:40	135,7	1510	930	3460	2130	315
02/07/97 15:50 - 16:40	119,1	1275	780	2945	2565	400
02/07/97 16:50 - 17:40	97,6	2190	1240	4260	2595	375
02/07/97 17:50 - 18:40	82,1	1145	920	2440	2240	280
02/07/97 18:50 - 19:40	74,9	1350	870	2585	1900	250
02/07/97 19:50 - 20:40	72,2	1155	935	2315	2055	250
02/07/97 20:50 - 21:40	66,9	1360	975	1500	2020	230
02/07/97 21:50 - 22:40	63,0	1110	975	1260	1925	220
02/07/97 22:50 - 23:40	56,9	1625	1095	1290	1805	180
02/07/97 23:50 - 00:40	51,8	1485	1030	1560	1690	185
03/07/97 00:50 - 01:40	47,1	1830	1365	1815	1725	185
03/07/97 01:50 - 02:40	44,1	1005	790	1510	1495	175
03/07/97 02:50 - 03:40	43,2	1195	895	2605	1510	160
03/07/97 03:50 - 04:40	42,8	815	590	940	1285	155
03/07/97 04:50 - 05:50	42,1	845	715	905	1350	160
03/07/97 05:50 - 06:40	41,8	995	760	1395	1220	145
01/09/97 13:40 - 14:05	9,2	555	365	320	95	0
01/09/97 14:10 - 14:50	9,4	675	410	355	205	35
01/09/97 15:00 - 15:50	9,5	690	345	270	200	45
01/09/97 16:00 - 16:50	10,6	660	390	360	95	65
01/09/97 17:00 - 17:50	11,1	545	395	335	100	30
01/09/97 18:00 - 18:50	10,8	575	435	360	90	35
01/09/97 19:00 - 19:50	11,1	350	470	330	110	35
01/09/97 20:00 - 20:50	11,4	455	365	325	100	35
01/09/97 21:00 - 21:50	13,5	630	430	205	85	30
01/09/97 22:00 - 22:50	12,7	690	420	245	95	50
01/09/97 23:00 - 23:50	11,4	525	305	115	65	25
02/09/97 00:00 - 00:50	10,6	605	340	140	85	30
02/09/97 01:00 - 01:50	9,9	640	425	195	100	55
02/09/97 02:00 - 02:50	9,5	565	400	340	105	45
02/09/97 03:00 - 03:50	9,4	765	415	310	100	45
02/09/97 04:00 - 04:50	9,0	725	565	215	100	40
02/09/97 05:00 - 05:40	9,0	265	150	95	35	20
02/09/97 05:45 - 06:05	8,7	230	145	75	30	0
11/11/97 01:55 - 02:45	23,7	600	305	110	135	0
11/11/97 02:55 - 03:45	25,4	295	200	125	55	0
11/11/97 03:55 - 04:45	41,6	490	365	150	70	0
11/11/97 04:55 - 05:45	69,1	555	350	310	185	0
11/11/97 05:55 - 06:45	60,8	770	195	155	45	50
11/11/97 06:55 - 07:45	43,4	1190	235	810	395	90
11/11/97 07:55 - 08:45	36,6	1196	285	435	75	80
11/11/97 08:55 - 09:45	31,3	1565	320	445	85	65
11/11/97 09:55 - 10:45	27,5	2040	280	575	350	60
11/11/97 10:55 - 11:45	24,6	1355	260	235	55	30
11/11/97 11:55 - 12:45	22,6	1820	370	505	250	50
11/11/97 12:55 - 13:45	22,0	1365	235	220	65	0
11/11/97 13:55 - 14:45	20,9	1545	435	350	90	40
11/11/97 14:55 - 15:45	20,2	755	345	295	80	0

11/11/97 15:55 - 15:05	19,7	1140	425	330	85	35
10/12/97 17:00 - 17:50	19,7	645	355	130	50	0
10/12/97 18:00 - 18:50	23,4	645	320	120	55	0
10/12/97 19:00 - 19:50	26,1	660	325	90	45	0
10/12/97 20:00 - 20:50	24,7	490	285	120	40	20
10/12/97 21:00 - 21:50	23,7	340	210	105	40	0
10/12/97 22:00 - 22:50	22,7	355	230	105	45	0
10/12/97 23:00 - 23:50	22,3	740	295	100	40	0
11/12/97 00:00 - 00:50	25,5	785	290	95	45	0
11/12/97 01:00 - 01:50	26,2	710	245	95	40	0
11/12/97 02:00 - 02:50	26,2	650	245	160	30	0
11/12/97 03:00 - 03:50	27,8	755	245	110	35	0
11/12/97 04:00 - 04:50	28,6	905	295	135	40	10
11/12/97 05:00 - 05:50	27,8	950	310	145	40	15
11/12/97 06:00 - 06:50	27,4	870	290	130	40	0
11/12/97 07:00 - 07:50	27,3	940	305	165	40	0
11/12/97 08:00 - 08:50	27,5	900	275	135	40	15
11/12/97 09:00 - 09:50	26,4	935	255	155	80	0
11/12/97 10:00 - 10:50	25,6	1050	280	170	40	15
11/12/97 11:00 - 11:50	24,5	1070	245	185	135	0
11/12/97 12:00 - 12:50	24,0	1110	260	185	40	15
11/12/97 13:00 - 13:50	22,5	1035	270	230	185	0
11/12/97 14:00 - 14:50	22,1	1255	240	215	45	20
11/12/97 15:00 - 15:50	21,8	895	240	370	100	0
11/12/97 16:00 - 16:50	22,1	845	235	140	30	0
31/12/97 12:15 - 13:00	178,1	780	595	65	50	0
31/12/97 13:05 - 14:20	234,5	895	400	125	40	0
31/12/97 14:30 - 15:15	227,7	565	185	80	75	0
31/12/97 15:25 - 16:15	212,8	640	230	100	45	0
31/12/97 16:25 - 17:15	194,8	810	335	145	65	0
31/12/97 17:25 - 18:15	176,3	720	325	140	190	0
31/12/97 18:25 - 19:15	167,6	675	265	90	35	0
31/12/97 19:25 - 20:15	149,5	665	285	130	95	0
31/12/97 20:25 - 21:15	139,3	595	300	70	60	0
31/12/97 21:25 - 22:15	133,6	680	345	250	130	0
02/01/98 14:00 - 14:50	132,1	595	360	50	60	0
02/01/98 15:00 - 15:50	155,6	710	390	60	50	0
02/01/98 16:00 - 16:50	180,3	475	200	90	35	0
02/01/98 17:00 - 17:50	201,7	505	190	105	40	0
02/01/98 18:00 - 18:50	209,7	170	115	115	45	0
02/01/98 19:00 - 19:50	210,9	545	270	245	40	0
02/01/98 20:00 - 20:50	212,0	590	335	340	45	0
03/01/98 16:30 - 17:20	135,6	585	395	175	50	0
03/01/98 17:30 - 18:20	155,1	500	310	185	45	0
03/01/98 18:30 - 19:20	190,3	670	300	210	35	0
03/01/98 19:30 - 20:20	181,1	670	280	200	60	0
03/01/98 20:30 - 21:20	167,6	735	265	175	30	0
03/01/98 21:30 - 22:20	144,7	600	290	170	45	0
03/01/98 22:30 - 23:20	136,8	330	245	190	50	0