



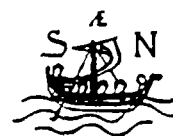
DEPARTEMENT DE LA SEINE-MARITIME



VILLE DE MONTIVILLIERS



AGENCE DE L'EAU



MINISTERE DE L'INDUSTRIE



**BASSIN DE LA SOURCE DE LA
CLINARDERIE**

**PREVISION DE REDUCTION DES TENEURS EN NITRATES
DE LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE SOUS L'EFFET DE
LA MODIFICATION DES PRATIQUES CULTURALES EN
VUE DE SON UTILISATION POUR
L'APPROVISIONNEMENT
EN EAU POTABLE**

Par :

* G. GURLIAT

** Ph. DE LA QUERIERE & L. PARANTHOINE

*** M. MEYNIER

**** J.F. OUVRY & L. VIGNEAU

93 R37752

AOUT 1993

Ce rapport comprend : 112 pages, dont 45 figures et 6 annexes

THEME : EAU - ENVIRONNEMENT

MOTS-CLES : Alimentation en Eau Potable, Nitrates, Sondages, Cultures,
Modèle BICHE, Ruissellement.

* BRGM 4S/EAU, ** BRGM 4S/ROU, *** Conseiller agricole, **** A.R.E.A.S

BRGM - HAUTE-NORMANDIE

Parc de la Vaine - 14, rue Raymond Aron - 76130 Mont-Saint-Aignan, France
Tél. : (33) 35 60.12 00 - Telecopieur : (33) 35 60 80 07

RESUME

Il s'agit d'une étude Service Public EAU du BRGM financée par le Département de la Seine Maritime, l'Agence de l'Eau Seine Normandie, le Ministère de l'Industrie et la ville de Montivilliers.

Elle concerne les teneurs en nitrates de la nappe d'eau souterraine et associe l'AREAS, le BRGM et un expert agricole Michel MEYNIER.

Il s'agit d'une étude pilote qui vise à définir de nouvelles pratiques culturales pour protéger et restaurer la qualité de la nappe d'eau souterraine dans le bassin versant de la Source de la Clinarderie, seule unité hydrogéologique proche capable de fournir une ressource en eau à la ville de Montivilliers.

Une enquête hydraulique a défini les zones d'érosion, les volumes ruisselés, les quantités de terre entraînées et a prescrit les mesures de protection à mettre en place.

Une enquête agricole a mis en évidence les pratiques culturales dans la région et identifié une parcelle représentative où les pratiques culturales sont connues depuis 1975 sachant qu'elle était en prairie depuis 1952.

Un sondage profond de 70 m a permis d'établir un profil nitrate de l'eau du milieu non saturé ; son interprétation "culturale" a montré des vitesses de percolation verticale du flux différentes, et un stockage important en nitrates (50-60 mg/l).

On a ajusté un modèle BICHE sur les chroniques de nitrates relevées à 2 captages d'AEP situés dans un bassin proche, équivalent du point de vue hydrogéologique et cultural. Diverses simulations concernant la fertilisation contrôlée d'après l'enquête agricole ont été réalisées pour déterminer la réaction de la nappe. La réduction à 120-140 kg d'azote, de la fertilisation du blé, à 90 kg celle de la betterave, à 10 kg/ha les pertes lessivables et la transformation en prairie extensive de 50 hectares de terres retournées, permettent dans un délai court (moins de 5 ans) de supprimer la croissance des concentrations et même d'assurer leur décroissance. Celle-ci sera longue de fait du tarissement lent du stockage dans le milieu matriciel de la craie. Par contre, on sera certain que la ressource en eau pourra être utilisée.

Avant de l'utiliser, on passera par un stade de reconnaissance pour concevoir les captages et on entamera dès que possible la mise en place des bonnes pratiques culturales et les mesures de protection contre l'érosion des sols et le ruissellement.

SOMMAIRE

	Pages
<u>CHAPITRE 1 : OBJECTIFS ET METHODES</u>	7
1 - INTRODUCTION - MOTIVATION DE L'ETUDE.....	8
2 - METHODES	9
3 - NOTES COMPLEMENTAIRES.....	13
 <u>CHAPITRE 2 : LE RUISSELLEMENT ET L'EROSION DES SOLS....</u>	17
INTRODUCTION	18
1 - DONNEES PHYSIQUES SUR LE MILIEU.....	18
1.1 Délimitation du bassin versant et topographie	18
1.2 Le climat de la petite région.....	23
2 - ESTIMATION DES RISQUES DE RUISSELLEMENT -INONDATIONS	24
2.1 Estimation du temps	24
2.2 Coefficient de ruissellement	25
2.3 Estimation des débits de pointe.....	29
2.4 Estimation des volumes de ruissellement.....	30
3 - AMENAGEMENT DU BASSIN VERSANT DE LA CLINARDERIE EN VUE DE PROTEGER LA RESSOURCE EN EAU DES MATIERES EN SUSPENSION	32
3.1 Eléments du paysage à conserver.....	32
3.2 Aménagement à créer	32

<u>CHAPITRE 3</u> : ETUDE DES PRATIQUES CULTURALES	
SONDAGE CAROTTE	
RELATION CULTURES/CONCENTRATION EN	
NITRATES DU MILIEU NON SATURE.....	33
IMPLANTATION DU SONDAGE.....	34
<u>CHAPITRE 4</u> : PREVISION DES EFFETS DE NOUVELLES PRATIQUES	
SUR LES CONCENTRATIONS DE LA NAPPE	
PAR MODELE BICHE.....	46
1 - COMPARAISON DES DONNEES NITRATES ENTRE LA SOURCE DE LA	
CLINARDERIE ET LES CAPTAGES D'AEP.....	47
2 - LE MODELE BICHE.....	47
3 - PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DU MODELE BICHE	50
3.1 Le modèle hydrologique	50
3.2 Le modèle chimique.....	52
4 - RESULTATS.....	56
4.1 Les données du calage	56
4.2 Modélisation.....	59
4.3 Commentaires et application à la Clinarderie.....	85
CONCLUSIONS GENERALES.....	92

LISTE DES FIGURES

- | | |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Figure 1 : Situation hydrogéologique | Figure 24 : Piéz. de Manéglise: calage hydrologique |
| Figure 2 : Hauteur normale des pluies | Figure 25 : Calcul pluie efficace à Manéglise |
| Figure 3 : Situation du piézomètre de Manéglise et relevé | Figure 26 : Calcul de la recharge à Manéglise |
| Figure 4 : Interp. du pompage du forage de Montivilliers | Figure 27 : Calage du captage 74-9-85 |
| Figure 5 : Interp. du pompage du forage de Criquetot l'Esneval | Figure 28 : Calage du captage 74-9-85 |
| Figure 6 : Interp. du pompage du forage de Criquetot l'Esneval | Figure 29 : Calage du captage 74-9-86 |
| Figure 7 : Carte des pentes | Figure 30 : Calage du captage 74-3-86 |
| Figure 8 : Valeur agronomique des sols | Figures 31 et 32 : Simulation 1 |
| Figure 9 : Carte du fonctionnement hydrologique | Pratiques culturales actuelles prolongées |
| Figure 10 : Situation de la parcelle témoin | Figures 33 et 34 : Simulation 2 |
| Figure 11 : Profil d'humidité et teneurs en nitrates | Fertilisations identiques aux précédentes |
| Figure 12 : Interprétation des profils nitrates | Figures 35 et 36 : Simulation 3 |
| Figure 13 : Chronique des teneurs en nitrates | Création de 50 ha de prairies |
| Figure 14 : Schéma de fonctionnement hydrologique | Figures 37 et 38 : Simulation 4 |
| Figure 15 : Principe de fonctionnement chimique | Réduction de la fertilisation |
| Figure 16 : Bilan dans la réserve superficielle | Figures 39 et 40 : Simulation 5 |
| Figure 17 : Alimentation du réservoir souterrain G1 | Réduction de la fertilisation du blé |
| Figure 18 : Le réservoir souterrain G1 | Figure 41 : Comparaison simulations 1 et 5 |
| Figure 19 : Pluviométrie enregistrée à Goderville | Figure 42 : Comparaison simulations 1 et 5 |
| Figure 20 : Evapotranspiration calculée à Goderville | Figure 43 : Chronique des teneurs en nitrates |
| Figure 21 : Piézométrie mesurée à Manéglise | Figure 44 : Applic. à la source de la Clinarderie |
| Figure 22 : Forage 74-3-85 Evol. de la concentration en nitrates | Figure 45 : Applic. à la source de la Clinarderie |
| Figure 23 : Forage 74-3-86 Evol. de la teneur en nitrates | |

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Pluviométrie enregistrée à Goderville entre 1960 et 1991

Annexe 2 :

- a - Températures moyennes enregistrées à Goderville entre 1960 et 1991
- b - Insolation mesurée à la Hève entre 1960 et 1991
- c - Evapotranspiration calculée entre 1960 et 1991

Annexe 3 : Piézométrie mesurée à Manéglise

Annexe 4 :

- a - Concentration en nitrates à St Martin du Bec entre 1960 et 1991 (piézo 74-3-85)
- b - Concentration en nitrates à St Martin du Bec entre 1960 et 1991 (piézo 74-3-86)

Annexe 5 : Calcul de la pluie efficace à Manéglise entre 1960 et 1991

Annexe 6 : Calcul de la recharge à Manéglise entre 1960 et 1991

CHAPITRE 1

OBJECTIFS ET METHODES

1 - INTRODUCTION - MOTIVATION DE L'ETUDE

- Diverses études "Service Public EAU" ont été réalisées par l'Agence Régionale HNO du BRGM concernant des prévisions d'évolution des nitrates de la nappe d'eau souterraine en particulier dans le Département de l'Eure. En Seine-Maritime le problème "nitrate" ne touche actuellement que le Bec-de-Caux (faible profondeur et faible épaisseur de la nappe).

- La ville de Montivilliers est alimentée par la source de la Payennière, mais cette région est soumise à une forte poussée d'urbanisation ; aussi a-t-elle demandé la prospection de ressources complémentaires. Celle-ci a fait l'objet de la note 89HNO93 où **seul le bassin de la source de la Clinarderie** semblerait répondre à la question ; mais la mesure des concentrations en nitrates a montré qu'elle oscillait entre 49 et 54 mg/l.

- On a donc voulu prendre ce site comme pilote pour une étude visant à définir de nouvelles pratiques culturales pour réduire les teneurs et voir dans quel délai approximatif la nappe pourrait être utilisée pour l'A.E.P.. D'autre part, on a associé les problèmes de ruissellement qui sont importants en Haute-Normandie, du fait de la battance des terres et du relief.

- Cette étude associe donc :

- Monsieur M. MEYNIER Conseiller Agricole, qui a fait une enquête agricole et qui a défini des nouvelles pratiques ;

- L'AREAS (J.F. OUVRY et Mademoiselle LIGNEAU) qui détermine les zones vulnérables au ruissellement et les mesures de protection à prendre ;

- Le BRGM qui a fait réaliser un sondage profond, les mesures de teneurs en nitrates du milieu non saturé, et qui a déterminé les prévisions de concentration en nitrates de la nappe.

2 - METHODES

- Comme nous n'avons pas d'historique de concentration en nitrates sur la nappe à la source de la Clinarderie, on a travaillé sur le bassin des captages de Saint-Martin-du-Bec (captages des S.I.A.E.P. de Criquetot-l'Esneval et de la région de Montivilliers) situé juste au Nord, qui du point de vue hydrogéologique et cultural est équivalent à celui-ci (voir figure 1).

- Ces 2 unités hydrogéologiques sont des sous-bassins situés en rive droite du cours moyen et supérieur de la lézarde. La cote de la nappe varie entre +50 et +30 NGF ; l'épaisseur de la nappe est réduite, les argiles du Gault sont à faible profondeur et affleurent sous les alluvions plus à l'aval dans le cours de la lézarde. Les conditions climatiques sont identiques (voir figure 2).

- D'autre part, pour identifier l'impact des cultures sur l'évolution des teneurs en nitrates dans le milieu non saturé, on a réalisé le sondage de reconnaissance sur la parcelle de Monsieur J.L. VASSE au hameau du Tôt au Nord-Ouest du bassin, du fait de la connaissance des cultures depuis 1972. Les cultures sont semblables dans l'ensemble du Bec-de-Caux et cette parcelle n'est pas différente du milieu cultural environnant ; les résultats obtenus sur le sondage peuvent être considérés comme homogènes par rapport aux effets induits à long terme sur la nappe.

- On calcule la recharge de la nappe sous l'effet de l'infiltration à l'aide d'un modèle Gardenia, qui consiste à caler l'infiltration sur les fluctuations de la nappe mesurées dans un piézomètre. Ce piézomètre est situé à Maneglise dans un sous-bassin situé en rive gauche de la lézarde et quasiment opposé à celui des captages d'A.E.P. par rapport au cours de la rivière (voir figure 3). On peut constater que le réservoir a emmagasiné puis vidangé toutes les recharges annuelles de la période 1980-1985, contrairement à d'autres situations de l'aquifère crayeux en Pays-de-Caux, où la recharge 1978-1982 ne s'est finalement vidangée qu'à partir de la fin 1988.

- Les opérations ont donc été les suivantes :

- enquête sur le ruissellement, définition des zones fragiles ;

- enquête agricole et réalisation du sondage qui nous renseigne sur la concentration en nitrates de l'eau dans le milieu non saturé et les futures apports ;

- calages du modèle Biche, hydraulique sur le piézomètre de Maneglise, chimique sur les captages à Saint-Martin-du-Bec ;

- Définition de nouvelles pratiques agricoles, réduction de la fertilisation, prévision par le modèle Biche de l'effet de ces mesures.

Bassin de la Source de la Clinarderie

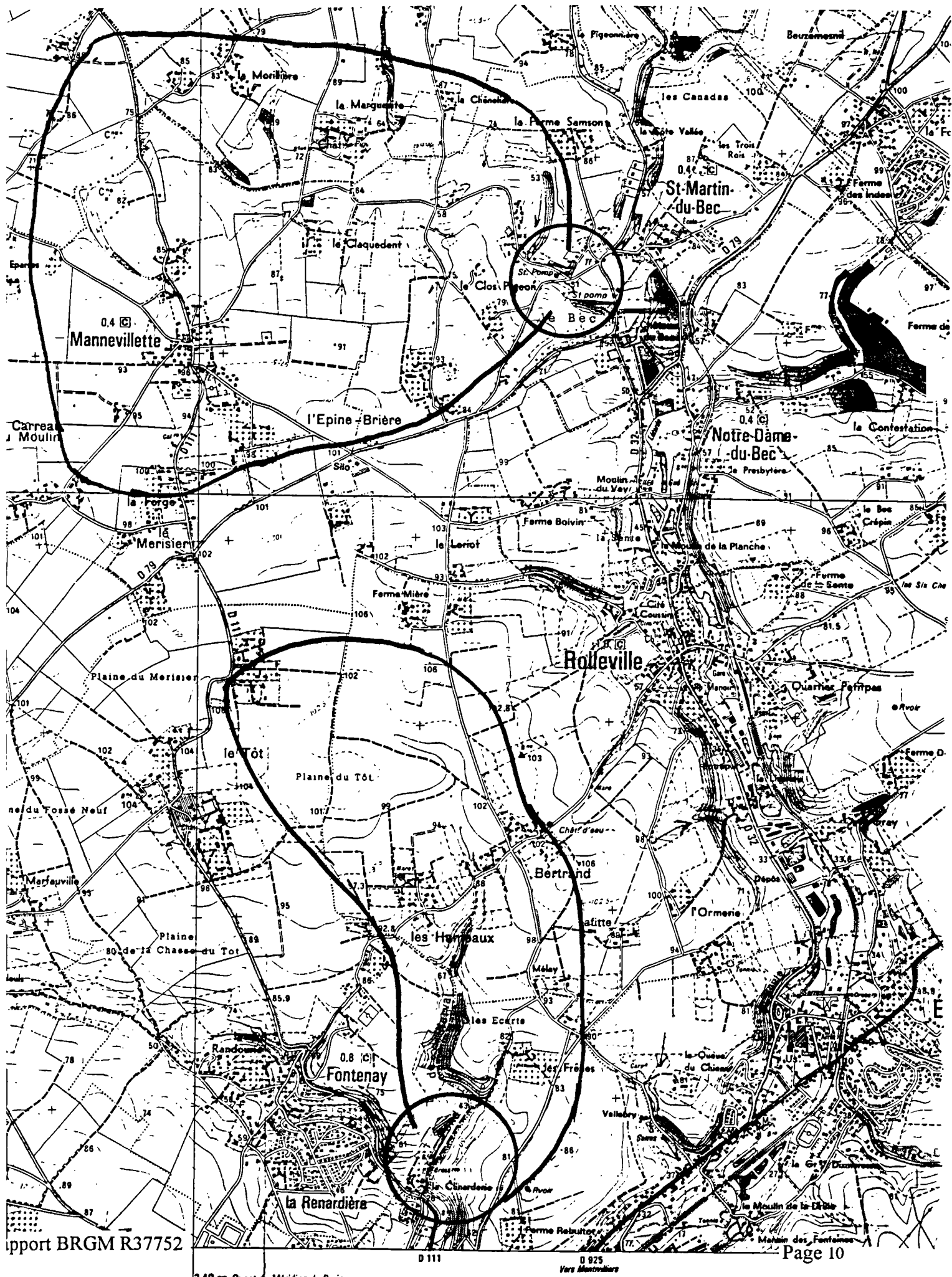


Figure 2

Hauteur normale annuelle des pluies

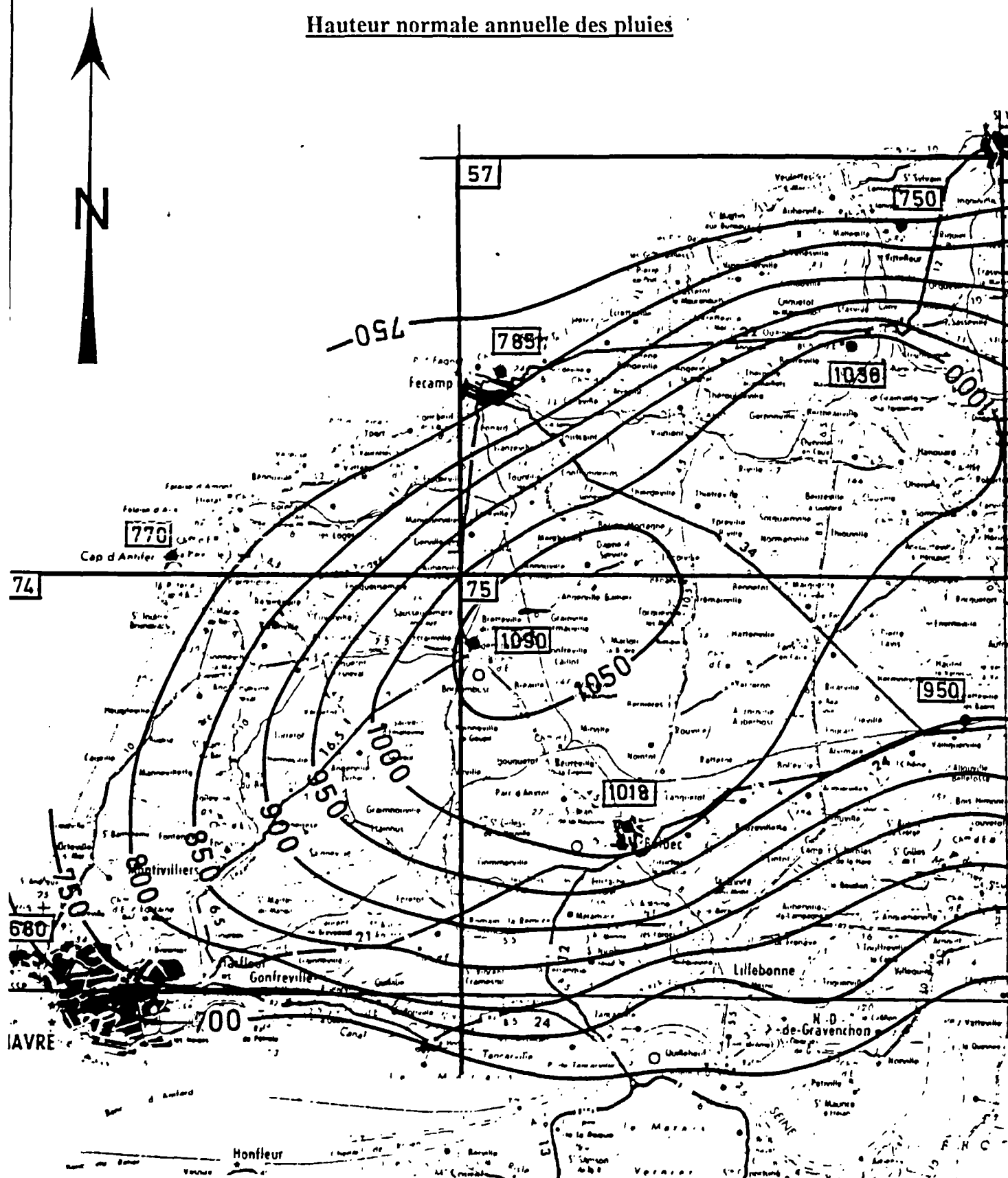
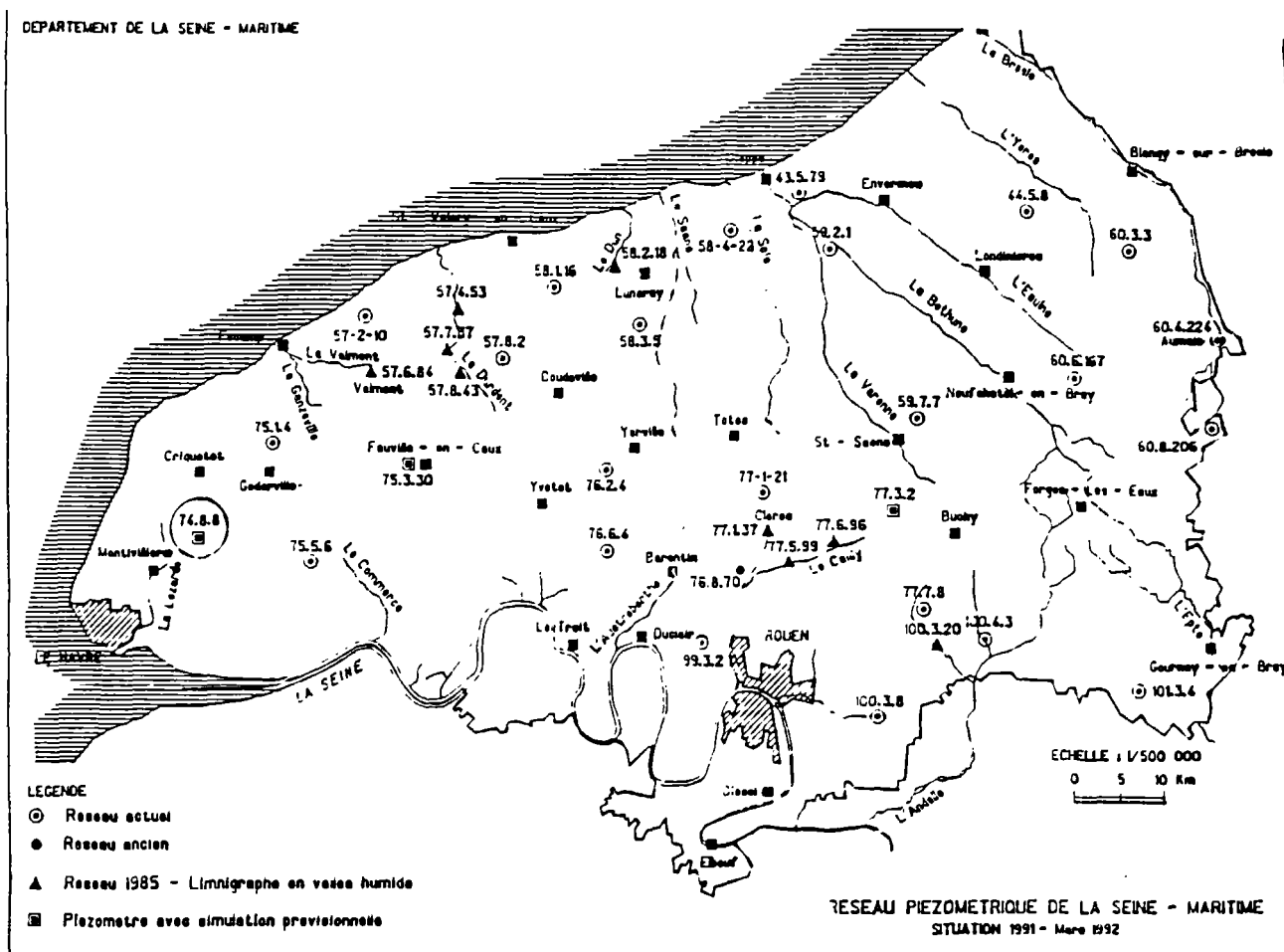


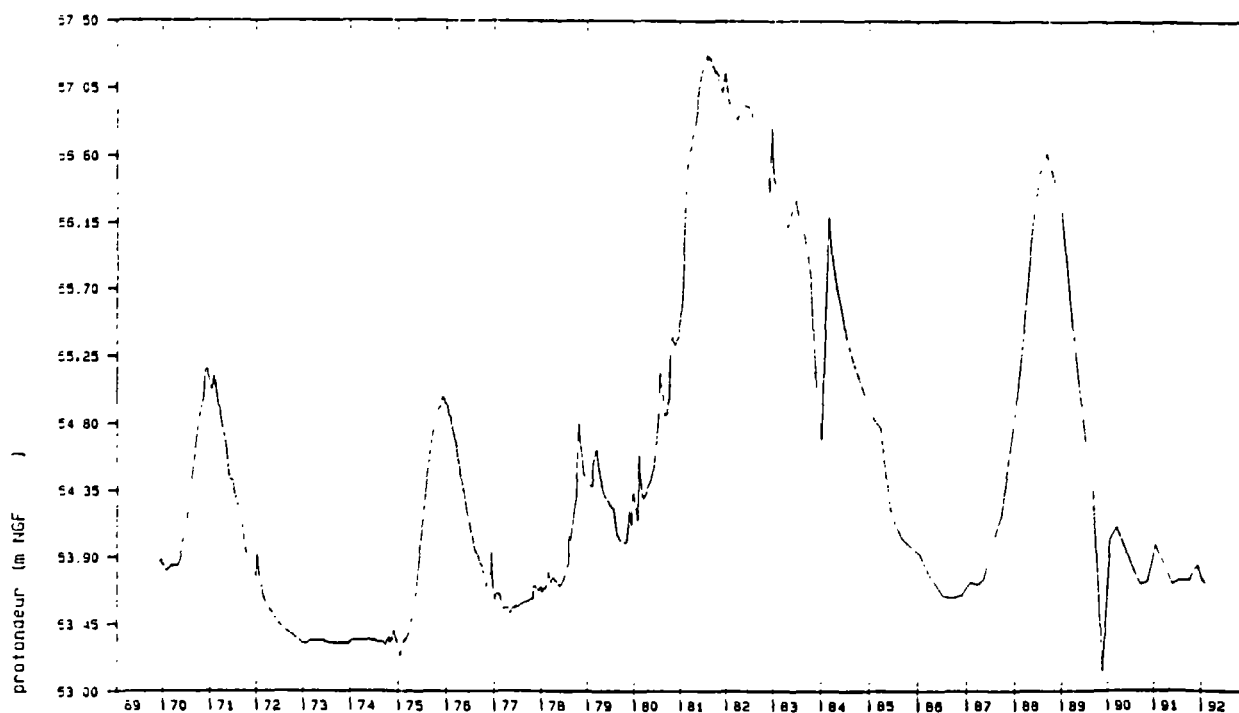
Figure 3

Situation du piézomètre de Manéglise et relevé



Nom de la station : s14 +109.90m
Numéro B.S.S. : 0074-8x-0008

Minimum : 53.13 le 21/11/1989
Maximum : 57.28 le 05/08/1981



3 - NOTES COMPLEMENTAIRES

- Le modèle Biche est un "modèle global" comme d'autres modèles (Gardenia par exemple) simulant une entrée globale (lame d'eau sur un bassin) et une "sortie" unique ; c'est un "outil boîte noire" qui ajuste une fonction de transfert par calage d'une sortie sur une entrée ; aucune contrainte sur la nature du milieu (poreux fissuré, karstique) dans lequel s'écoule le flux de nitrates, n'intervient dans le fonctionnement du modèle.

- La craie en Haute-Normandie présente toutes les caractéristiques de régime d'écoulement, milieu poreux, milieu fissuré, milieu karstique ; elles sont imposées par la taille des vides à travers lesquels s'écoule l'eau souterraine. Les captages sont implantés pour des raisons de productivité dans le milieu fissuré ; le régime d'écoulement est transitoire (y compris lors des pompages) ; de même, l'apport à la nappe par le milieu non saturé de substances issues à la surface du sol n'est pas permanent. Par ailleurs, dans ce milieu on a des vitesses de circulation d'eau différentes, plus rapides par le biais des fissures, plus lentes par le biais des pores de la craie matricielle.

De ce fait, il est donc normal et c'est le cas général de la région, de voir les teneurs en nitrates varier de quelques milligrammes par litre à l'échelle mensuelle. Par ailleurs, il faut noter que la précision des analyses en nitrates de 1975 à 1987 était de l'ordre de quelques milligrammes par litre, alors qu'à l'heure actuelle elle atteint 0,5 à 1 mg/l.

Donc le modèle Biche donne des valeurs moyennes, et ce qu'on en attend surtout, l'évolution moyenne des teneurs dans le temps.

Les deux forages 74-3-85 (S.I.A.E.P. de la région de Montivilliers) et 74-3-86 (S.I.A.E.P. de Criquetot l'Esneval) ont été suivis par le BRGM (rapports 73 SGN 415 PNO et 76 SGN 569 PNO). On a réinterprété les pompages d'essai (cf. figures 4, 5 et 6) à l'aide du logiciel ISAPE (interprétation semi-automatique des pompages d'essai) ; ce logiciel permet de tester plusieurs méthodes d'interprétation.

Les valeurs de transmissivité obtenues sont très élevées et caractérisent un milieu très fissuré.

Les méthodes d'interprétation (Theis et milieu fissuré) donnent des calages satisfaisants pour les valeurs des paramètres hydrodynamiques considérées comme normales pour la zone ; on notera que l'interprétation avec la méthode en milieu fissuré donne une valeur très élevée de la transmissivité.

Figure 4

Interprétation du pompage du forage de Montivilliers

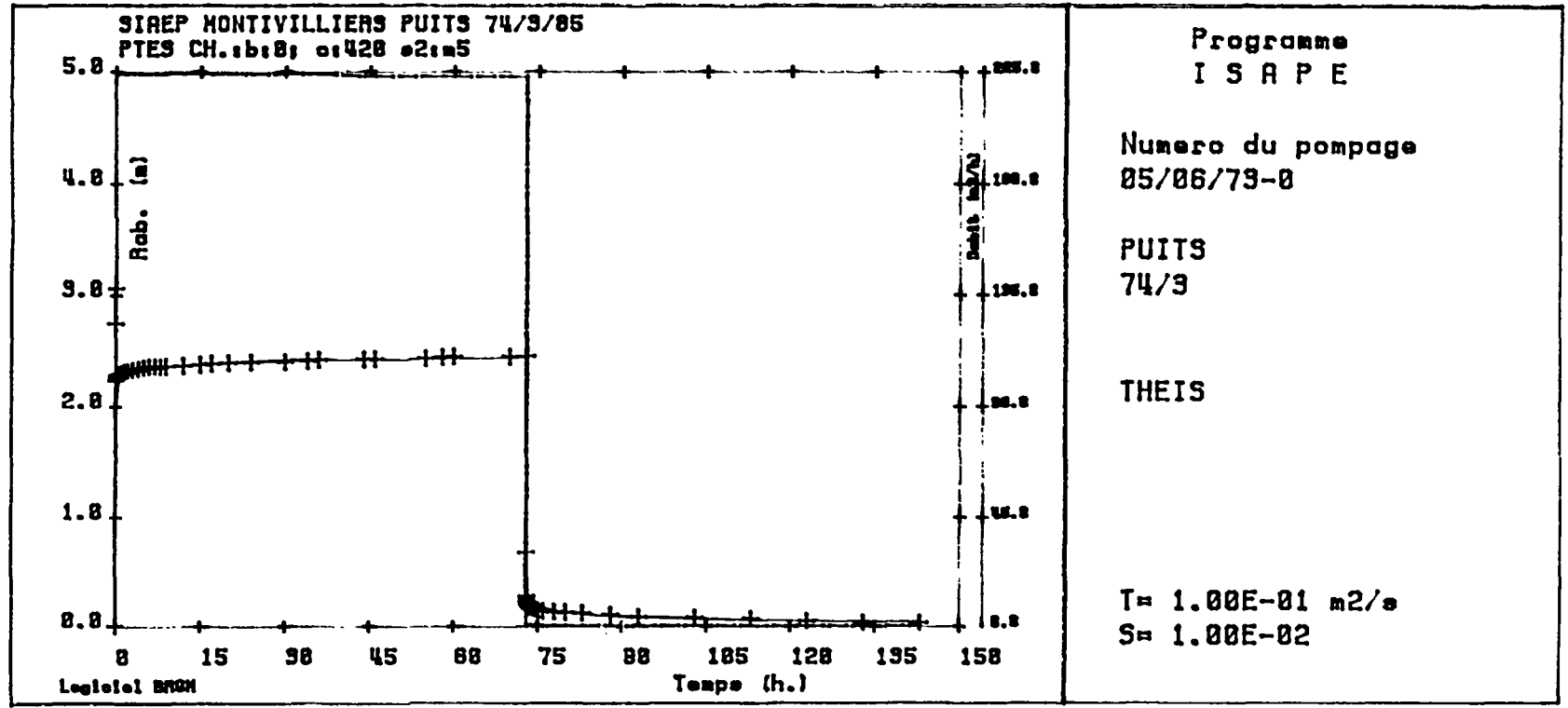


Figure 5

Interprétation du pompage du forage de Criqueotot l'Esneval

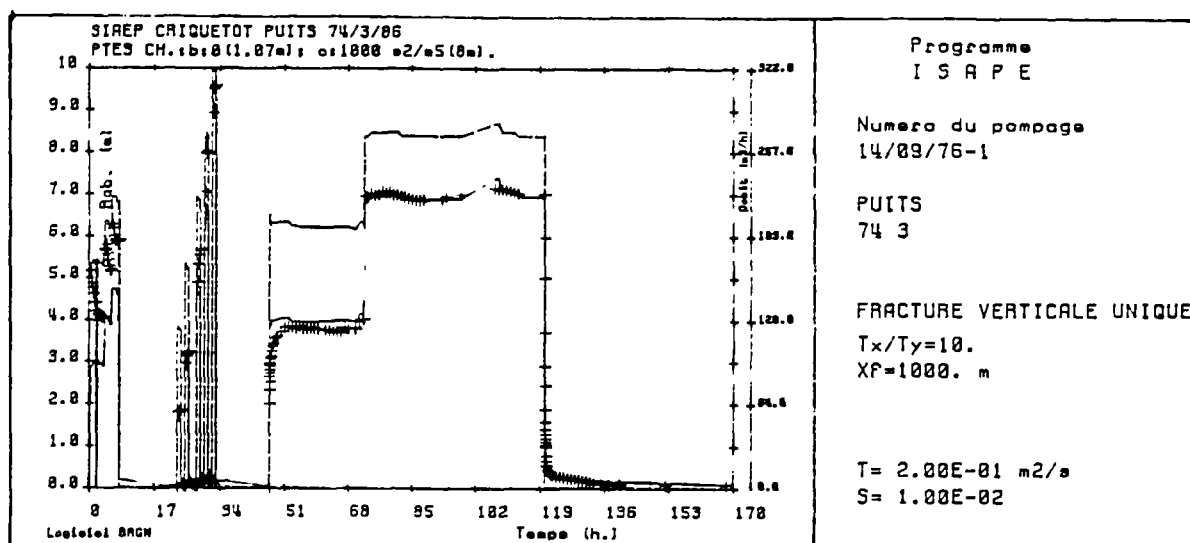
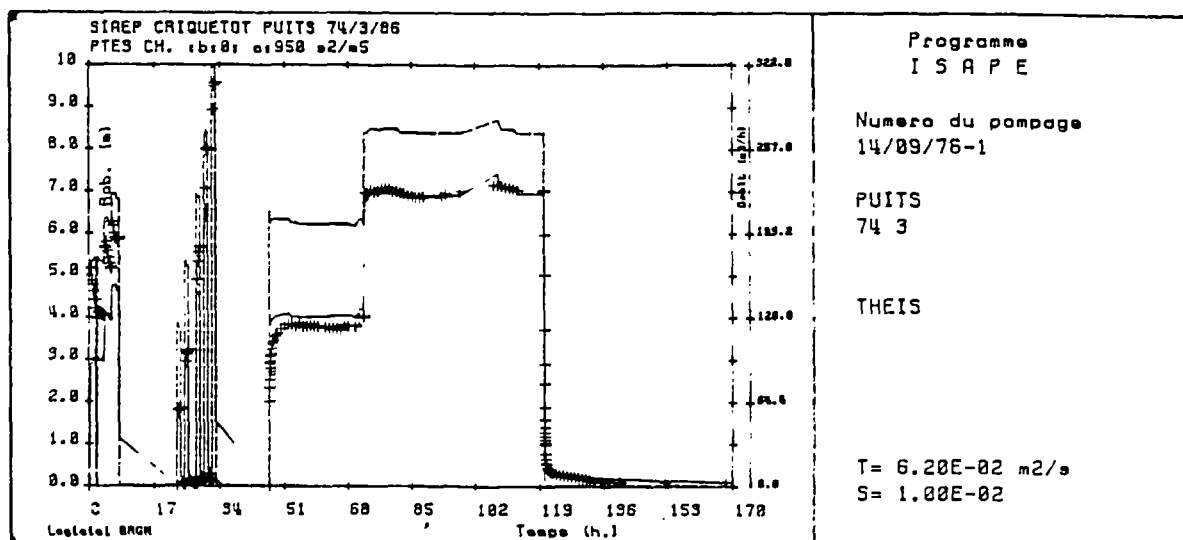
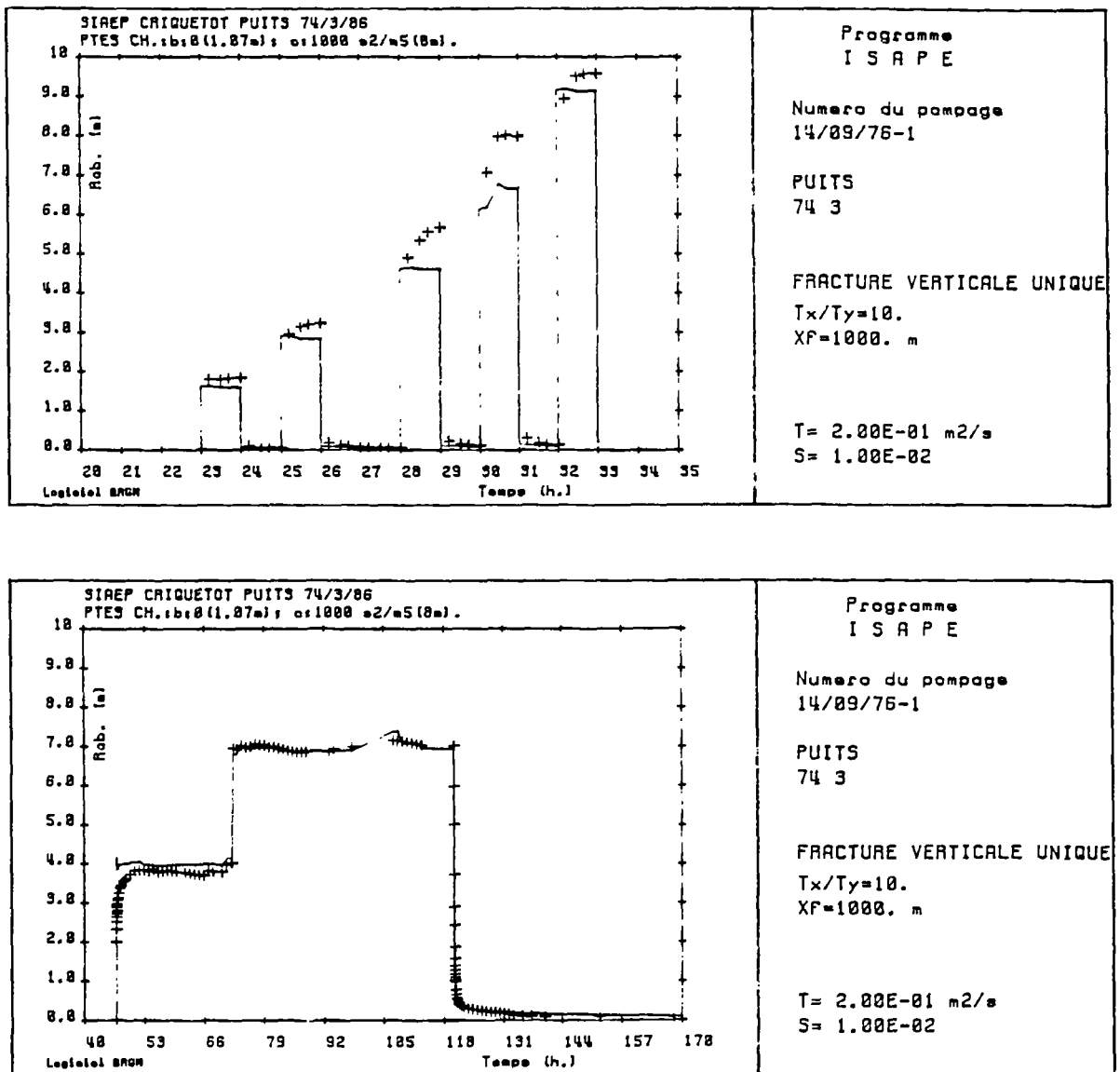


Figure 6

Interprétation du pompage du forage de Criquetot l'Esneval



CHAPITRE 2

LE RUISSELLEMENT ET L'EROSION DES SOLS

INTRODUCTION

L'A.R.E.A.S. est chargée d'une part, d'analyser et de quantifier les risques de ruissellement et d'érosion des terres susceptibles de venir troubler les eaux de la nappe par l'intermédiaire des bétouilles et d'autre part, de proposer des solutions afin d'éviter ces problèmes.

Ce document présente les résultats de cette étude :

- Définition du périmètre d'étude et fonctionnement hydrologique actuel des bassins versants qui risquent d'inonder et d'envaser le futur forage ;
- Estimation des risques, détermination des volumes et débits solides et liquides ;
- Propositions d'aménagements.

1 - DONNEES PHYSIQUES SUR LE MILIEU

Ce chapitre rassemble l'ensemble des données topographiques - pédologiques - climatologiques - d'occupation des sols - du parcellaire et du fonctionnement hydraulique nécessaire pour évaluer les risques.

1.1 Délimitation du bassin versant et topographie

La délimitation du bassin versant a été réalisée à partir de la carte topographique IGN au 1/25.000ème puis modifiée après examen précis sur le terrain.

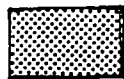
La limite aval du bassin versant est fixée juste en amont de la RD 111 à la Clinarderie. Le bassin versant s'étend sur 311 hectares sur les communes de Rolleville (50,5 %), Fontenay (32 %), Montivilliers (17,5 %). La figure 7 représente la carte des pentes du terrain, la figure 8 la carte des sols.

Nous avons établi la carte précise du fonctionnement hydrologique à partir des observations concrètes sur le terrain.

Les obstacles aux écoulements rencontrés au niveau des talwegs sont de diverses natures :

- Zones de bas fonds où les écoulements sont ralentis et stockés jusqu'à débordement de la zone. Ce sont des zones où l'infiltration, la décantation et l'évaporation sont favorisées. On en retrouve dans les parcelles cultivées. Elles sont reportées sur la carte ;

Légende:



Très bonnes terres agricoles

Limons profonds, peu sensibles à l'érosion, sur des pentes faibles inférieures à 2-3 %. Sols biens drainés de ressuyage rapide; grande souplesse de travail.



Bonnes terres agricoles

Limons profonds, sensibles à l'érosion (pentes de 2 à 6 %). Ces sols sont localement situés sur formation à silex à 80 %; bon drainage.



Terres agricoles moyennes

Ce sont les limons et sols hétérogènes des vallons. Ces sols limoneux à argilo-limoneux, sont localement peu profonds sur formations à silex et caillouteux. Ils sont situés sur des pentes variables (2 à 15 %). Ce sont des zones exposées aux phénomènes d'érosion, sous cultures: ravines importantes, inondations temporaires et atterrissements dans les fonds.



Terres agricoles médiocres

Ce sont des sols de pente sur formation à silex (à 20-50 cm) Localement caillouteux ou hydromorphes, sensibles à l'érosion car situés sur des pentes assez fortes.

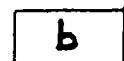


Mauvaises terres agricoles

Sols sur argile à silex sur pentes fortes.



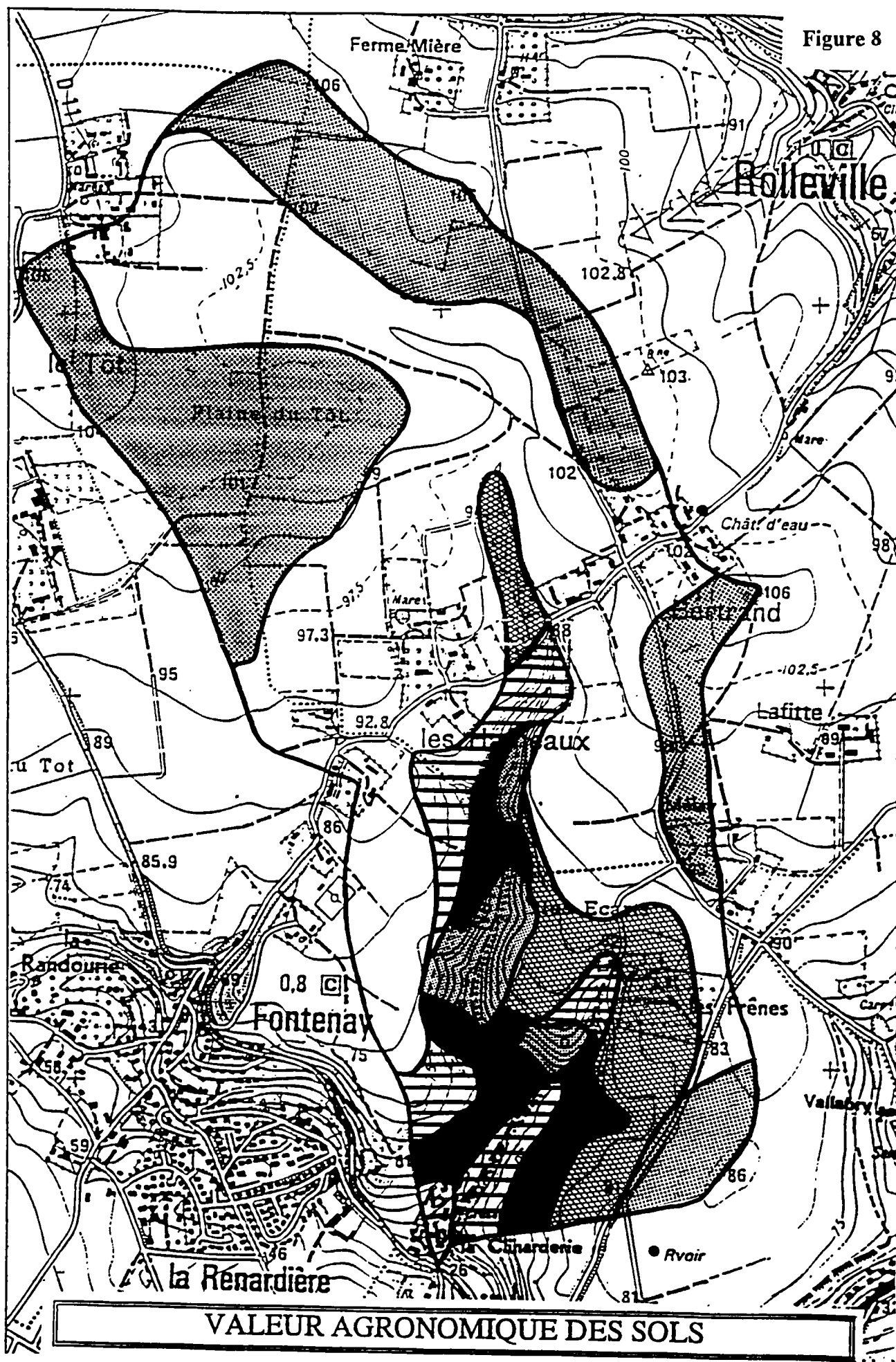
Boisements

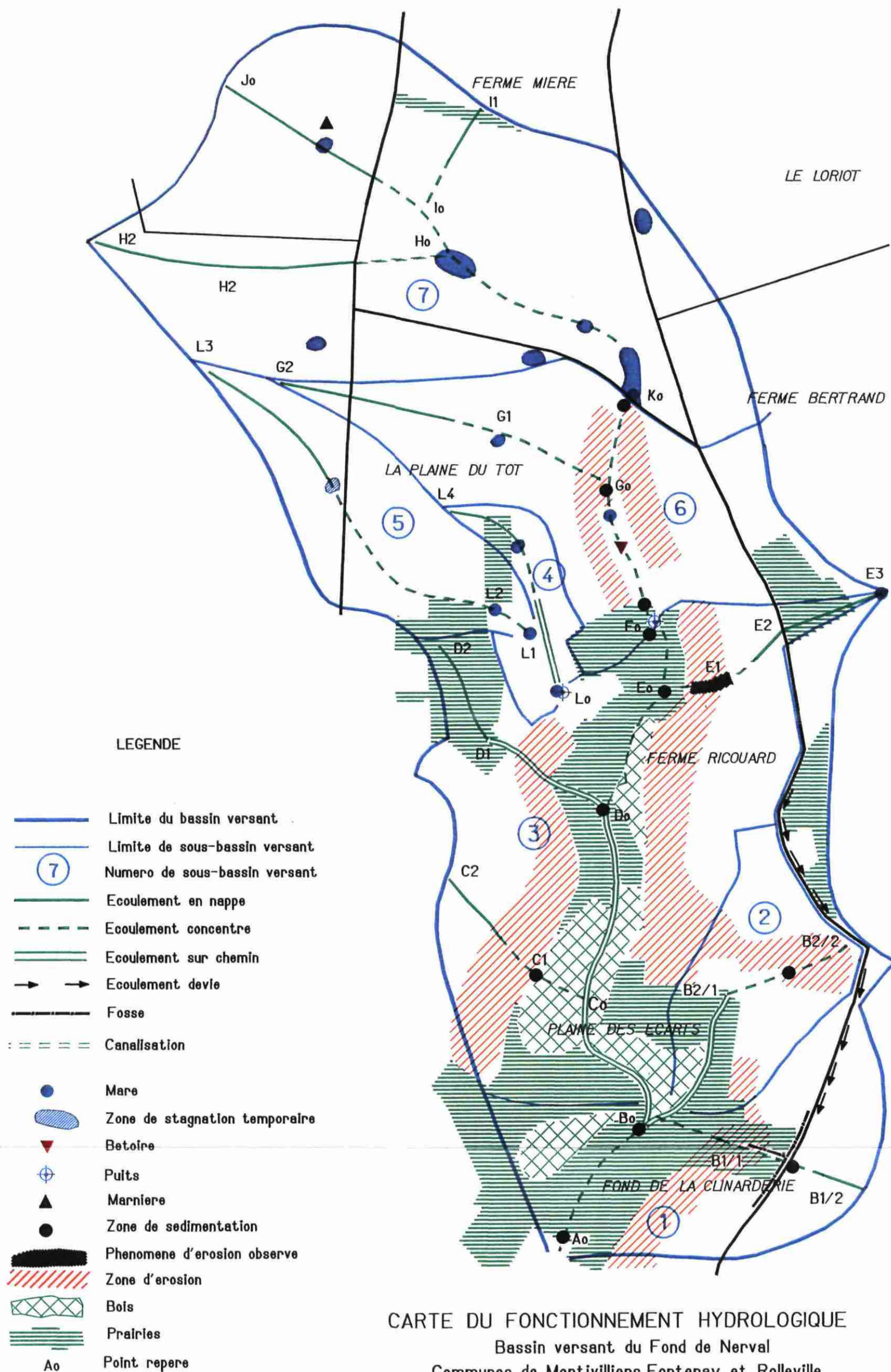


Domaine bâti urbain

500 m

Figure 8





- Une retenue naturelle en amont d'un chemin surélevé de 60 cm qui barre le talweg et isole ainsi la partie amont du bassin versant. La prairie située juste en amont de ce chemin sert de retenue temporaire. En cas d'événements pluvieux de fréquence rare, les eaux peuvent déborder et traverser le chemin, comme cela s'est produit en 1981 ;

- Zones de sédimentation. Ces zones se situent généralement en amont de limites de parcelles anciennes ou récentes. Elles ralentissent et étalent les écoulements et provoquent leur décantation partielle ;

- Bétoires : plusieurs bétoires existent notamment dans le vallon principal, dans les prairies ;

- Puits : plusieurs puits d'infiltration ont été construits et jouent un rôle vis-à-vis des écoulements. L'un d'entre eux, situé sur le talweg au "hameau", s'affaisse ;

- Une chambre de marnière effondrée sur le plateau en amont du bassin versant. L'excavation produite ainsi, a un diamètre de 4,50 m et une profondeur > 1,60 m ;

- Collecteur des écoulements : les routes encavées jouent fréquemment ce rôle.

EROSION DES SOLS

Toute la partie amont du bassin versant est une zone de plateaux aux pentes < 3 %. Les talwegs sont peu marqués. Le type d'érosion se développant ici est une érosion diffuse ou en nappe. Il y a mise en suspension des particules les plus fines du sol par l'impact des gouttes de pluie. Lorsqu'un film d'eau se forme à la surface du sol (sol saturé en eau ou croûte de battance généralisée), les particules peuvent être transportées.

Cette forme d'érosion est d'autant plus marquée que les sols sont nus au printemps comme en hiver. Ainsi les cultures de betteraves - maïs - pois aggravent les risques d'érosion de ce type. De plus, l'existence dans le bassin versant de cultures telles que les pommes de terre, les pois, accentue ce phénomène par leur effet négatif sur la stabilité structurale du sol.

Le volume de terre ainsi transporté est en moyenne de 0,5 à 1,0 T/ha/an. La mise en oeuvre de pratiques culturales visant à maintenir une rugosité maximale de la surface du sol par un couvert végétal peut significativement réduire cette érosion.

En rebord de plateau, les cultures sont implantées sur des pentes plus fortes (3 à 5 %). Les phénomènes d'érosion de type linéaire, rigole ou rill-interill apparaissent. Un réseau dense de collectes se forme notamment dans les traces de roues ou entre les rangs. Cela apparaît lorsque le travail du sol ou le semis sont réalisés parallèlement à la pente, ce qui est le cas le plus fréquent. Les volumes de terre ainsi déplacés sont de l'ordre de 5 à 25 T/ha/an. On peut réduire ce type d'érosion par les pratiques culturales et particulièrement avec les couverts végétaux, par le choix de mode d'occupation du sol, par la mise en place d'un réseau de ceinturage hydraulique.

Sur une frange d'environ 100 m de large, juste en amont des talus qui ceignent les versants du Fond de Nerval, des phénomènes d'érosion concentrée apparaissent dans les fourrières et dans chaque talweg. Les volumes de terre ainsi déplacés sont de l'ordre de 0,15 T/ha/ml.

La lutte contre ce type d'érosion demande la mise en place d'aménagements hydrauliques, tels que les bandes tassées, bandes enherbées ou fossés et doit être accompagnée par des pratiques culturales adaptées.

1.2 Le climat de la petite région

Il est de type océanique doux.

La pluviométrie est régulièrement répartie sur toute l'année. Pour l'aspect érosion-inondation, deux périodes sont à craindre :

- l'hiver lorsque les sols sont nus et battus, les risques de ruissellement sont alors très importants pour toute pluie journalière > 20 mm,

- le printemps-été avec des orages parfois violents.

L'étude sur les pluies de fréquences rares effectuée par la Météorologie Nationale sur les postes de Rouen et d'Abbeville donne les résultats suivants :

Pluies (mm)	Poste	Période de retour des pluies				
		2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
Orageuse de 1 heure	Rouen	15.7	21.0	24.5	27.8	32.2
	Abbeville	12.8	17.6	20.9	23.9	27.9
Hivernale de 24 heures	Rouen	26.4	32.2	36.1	39.8	44.6
	Abbeville	x	x	37.0	41.1	46.5

Par ailleurs, le CEMAGREF donne la formule de Montana suivante pour la pluviométrie décennale annuelle :

* Pluies décennales centrées avec $0,5 < T < 3$ heures

Rouen : $P \text{ (mm)} = 14,5 T^{0,35}$ (T en heure)

Abbeville: $P \text{ (mm)} = 18,4 T^{0,35}$ (T en heure)

Fécamp : $P \text{ (mm)} = 18,5 T^{0,35}$ (T en heure)

* Pour les pluies de 24 heures, maximales et non centrées :

Villes	Pluie décennale	Pluie centennale estimée
Rouen	41 mm	51 mm
Fécamp	48 mm	64 mm

Compte tenu de la taille du bassin versant général égale à 311 ha, il faut prendre en compte la pluie moyenne tombée sur le bassin versant.

2 - ESTIMATION DES RISQUES DE RUISSELLEMENT - INONDATION

2.1 Estimation du temps de concentration critique TC

A partir du découpage sur la carte, on a calculé les temps de concentration. Les résultats sont reportés sur le tableau n° 1.

Pour cerner au mieux le TC, nous avons eu recours à 3 méthodes assez différentes. Pour chaque bassin versant élémentaire, les résultats sont reportés sur le tableau.

2.1.1 Méthode n° 1 : formule de KIRPLICH (utilisée aux USA et au Luxembourg)

$$T_c \text{ (mn)} = 0,02 \ L^{0,77} \ (m) \ J^{-0,385} \ (m/m)$$

L - chemin hydraulique le plus long

Remarque : T_c n'est pas directement lié à l'aire du bassin versant.

Ici
$$T_c \text{ (mn)} = 0,02 \sum L_i^{0,77} \ l_i^{-0,385}$$

 $L_i \text{ (m) et } l_i \text{ (m/m)}$

2.1.2 Méthode n° 2 : formule de VENTURA

$$T_c \text{ (mn)} = 7,62 \ (A/I)^{0,5} \quad A \text{ en km}^2 \text{ et } l \text{ en m/m}$$

l a été pris égal au dénivelé sur la plus grande longueur du chemin hydraulique. Ici T_c n'est pas directement lié à la longueur du talweg.

2.1.3 Méthode n° 3 : formule de PASSINI

$$Tc \text{ (mn)} = 6,0 \quad (A/I)^{0,333}/I^{0,5} \quad A \text{ en km}^2, L \text{ en km} \\ I \text{ en m/m}$$

- 1 est identique à celui de la formule de Ventura

Dans ce cas, Tc tient compte directement des 3 paramètres : la longueur du chemin hydraulique le plus long, l'aire du bassin versant et la pente moyenne.

2.1.6 Globalement

Les différentes méthodes ont tendance à se classer comme suit par rapport aux résultats :
 $Tc \text{ Kirplich} < Tc \text{ Passini}, Tc \text{ Ventura}$

2.1.7 Tc choisi

$$Tc \text{ choisi} = (Tc \text{ maxi} + Tc \text{ mini}) \times 0,5$$

Cette solution est choisie pour ne pas donner plus de poids à des méthodes trop sensibles.

2.2 Coefficient de ruissellement

Sur une terre donnée, le ruissellement dépend de très nombreux facteurs. Pour ne citer que les principaux paramètres : l'occupation du sol (bois - prairie - culture), l'état de dégradation de la surface du sol (battance), la densité du couvert végétal ou des résidus de culture, l'humidité du sol (en liaison avec l'historique climatique), les pratiques culturales et les successions culturales, la pente, le type de sols, la pluie par sa hauteur et son intensité.

Comme par ailleurs, la plupart de ces facteurs évoluent dans le temps, l'évaluation des ruissellements à l'échelle d'un bassin versant est extrêmement délicate.

On est donc contraint de déterminer un coefficient de ruissellement moyen par bassin versant en s'appuyant sur le :

- type de sol
- l'occupation du sol
- la pente des parcelles
- le type de pluie

en plaçant les autres facteurs dans un contexte le plus défavorable (sol peu couvert, avec croûte de battance développée, faible détention superficielle dans les flaques, sol humide avant la pluie).

Le choix des coefficients de ruissellement de base repose sur les références acquises sur la région par le SRAE de Haute-Normandie et l'AREAS sur le bassin versant de Blosserville-sur-Mer.

Tableau 1

Volume et débit de ruissellement par bassin élémentaire

BV de la Clinarderie	BV N°1	BV N°2	BV N°3	BV N°4	BV N°5	BV N°6	BV N°7
chemin hydraulique	865	725	1810	575	975	1210	1491,5
Surface (ha)	47	19	75,7	6	20	51	92
Surface (km²)	0,47	0,19	0,757	0,06	0,2	0,51	0,92
Dénivelé (m)	60	48	63	8	10	16,5	10
Pente (%)	6,94	6,34	3,48	1,39	1,03	1,36	0,67
Pente (m/m)	0,07	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
temps de concentration							
Ventura (h)	0,33	0,22	0,59	0,26	0,56	0,78	1,49
kirpich (min)	10,20	9,22	23,49	13,83	23,35	24,71	38,18
passini (h)	0,28	0,21	0,60	0,28	0,57	0,73	1,36
kirpich (h)	0,17	0,15	0,39	0,23	0,39	0,41	0,64
Tc choisi (h)	0,25	0,19	0,49	0,25	0,48	0,59	1,06
Tc choisi (min)	15,02	11,20	28,81	15,19	28,65	35,65	63,71
C. de ruiss.	29,2	38	29,2	25	21,4	29,2	21,4
% de TL	51	40	60	33	82	67	75
Volume m³	1715	708	3249	121	860	2445	3618
débit de pointe :							
Qp l/s	1175	581	1483	82	393	941	989

C ons pour un orage de F10

Ces références sont placées sur le tableau suivant :

**COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT MOYEN SUR TERRES LABOUREES
EN LIMONS BATTANT SUR PENTE DE 3 A 5 %**

	Occurence	décennale		bisannuelle	
PLUIE	Type/saison	orage de printemps (1 h) 24.5 mm	pluie hivernale (24 h) 36.1 mm	orage de printemps (1 h) 15.7 mm	pluie hivernale (24 h) 26.4 mm
1 - Sous culture					
1.1 Cultures sarclées Betteraves - Maïs - Pommes de terre Betteraves binées		43 (32 à 55)	-	31 (31 à 50)	-
1.2 Cultures à petites graines Blé - Escourgeon - Orge - Colza - Pois - Lin		17 (12 à 23)	13 (5 à 21)	9 (4 à 15)	8 (4 à 20)
2 - En interculture					
2.1 Avec résidus Déchaumages de céréales avec ou sans repousses		-	3 (1 à 5)	-	0
2.2 Sans résidus Chantier de récolte		-	26 (15 à 38)	-	19 (15 à 23)

Les résultats inscrits dans les deux premières parties du tableau donnent les valeurs moyennes des coefficients de ruissellement mesurés. Les chiffres entre parenthèses indiquent les fourchettes de variations mesurées en fonction des pratiques culturales appliquées aux terres.

Ces deux résultats traduisent l'effet de la "détention superficielle de l'excès d'eau non infiltré" ou de "volume des flaques" pour le type de sol et de pente donné.

On peut considérer que le chiffre inférieur s'applique aux parcelles avec une détention superficielle élevée ; c'est à dire aux sols de limon moins battants, aux semis perpendiculaires à la pente en majorité et aux pentes de versant comprises entre 1 et 3 %.

Quant à la valeur supérieure de la fourchette, elle correspond aux sols battants cultivés dans le sens de la pente (3 à 5 %), aux parcelles de pentes supérieures à 5 % avec des sols moins battants.

Effet de la pente, du type de sols et du sens de travail du sol par rapport à la pente

L'effet de ces trois paramètres est pris en compte par les fourchettes du coefficient de ruissellement. Une autre méthode peut être utilisée, elle aboutit dans le cas particulier de Fresquiennes aux mêmes résultats.

Il s'agit de considérer que l'effet de ces trois paramètres se traduit sur la détention superficielle et de quantifier cet effet.

D'après J. BOIFFIN et al., en utilisant le modèle de Onstad, la différence de détention superficielle pour des sols battus est de l'ordre de 2 à 3 mm en fonction de la rugosité du sol. Il faut savoir que ce critère dépend lui-même du travail du sol, du type de sol et du sens du travail du sol par rapport à la pente.

Coefficient de ruissellement et pratiques culturales

Les résultats obtenus sur les sites expérimentaux indiquent une grande variabilité des coefficients de ruissellement en fonction des pratiques culturales. Cet effet est illustré par un exemple dans le tableau suivant :

Type de cultures	Proportion dans la rotation	Pratiques culturales sur les terres labourées		
		médiocres	moyennes	bonnes
- d'hiver	3/7	17,0 %	14,5 %	12,0 %
- de printemps précoces	1/7	43,0 %	30,0 %	Po : 23 % 17,5 % L : 12 % Bs : 5 %
- de printemps tardives	3/7	43,0 %	33,0 %	24,0 % M : 43 %
- sur l'assolement	7/7	31,9 %	24,7 %	17,9 %

Les résultats inscrits dans ce tableau démontrent et prouvent (s'il en est encore besoin) le rôle fondamental joué par les pratiques culturales et le type de culture.

Pour la suite des calculs et des estimations de volume et débit, nous nous sommes fixés des conditions moyennes de pratiques culturales avec l'assolement actuel.

Coefficient de ruissellement et proportion de prairies

En cas d'orage décennal de durée inférieure ou égale à 1 heure, nous savons que les ruissellements sous prairie sont quasi nuls. De ce fait, le coefficient de ruissellement moyen pour le bassin versant est fortement influencé par la proportion de prairie.

Les calculs ont été réalisés en prenant en compte les prairies existantes au printemps 1992. Depuis certaines ont été retournées. Cela va aggraver les risques de ruissellement.

Choix d'un coefficient de ruissellement

Il ressort de ces différentes observations que les coefficients de ruissellement moyens par bassin versant sont très variables : du simple au double.

Pour proposer des aménagements de lutte contre les inondations, nous avons choisi une situation qui correspond à l'occupation actuelle du sol et à des pratiques culturales moyennes.

On retiendra du tableau de l'effet des pratiques culturales qu'il est encore possible de réduire les écoulements et donc d'accroître le niveau de protection obtenu avec les aménagements qui seront proposés.

Par exemple, une retenue dimensionnée pour un événement climatique décennal peut convenir pour un orage de fréquence 20 à 50 ans si les pratiques culturales et l'orientation du parcellaire s'améliorent.

2.3 Estimation des débits de pointe

Le débit de pointe est estimé par la méthode rationnelle au temps T égal à la durée de concentration du ruissellement sur le bassin versant élémentaire.

Nous nous sommes placés dans le cas d'orage de fréquence décennale.

$$Q_p(10) = 2,78 \text{ C.l.A.}$$

Les résultats sont placés dans le tableau n° 1.

De manière identique à l'estimation des coefficients de ruissellement, nous nous appuyons sur des références régionales acquises sur le site de Blosserville-sur-Mer.

Les débits de pointe mesurés sur des petits bassins versants semblables à ceux étudiés ici, sont les suivants :

Terres labourées de pente moyenne 3 à 5 %	
Pluie hivernale de fréquence décennale	3.5 à 10 l/s/ha de T.L.
	1,5 à 4,4 l/s/ha pour un bassin versant = 1 km ²
Pluie orageuse de fréquence décennale	52 à 60 l/s/ha de T.L.
	10 à 17 l/s/ha pour un bassin versant = 1 km ²

2.4 Estimation des volumes de ruissellement

Résultats dans le tableau n° 2

Les volumes ruisselés ont été calculés pour différents événements climatiques, orages ou pluies d'hiver de fréquence bisannuelle ou décennale.

A ces volumes calculés, nous devons retrancher les volumes retenus dans les dépressions naturelles des vallons.

Tableau 2

Volume ruisselé par bassin élémentaire

FREQUENCE			FREQUENCE BIENNALE				FREQUENCE DECENNALE			
Type de pluie			Orage 1H 15,7 mm		Pluie hiver. 24H 26,4 mm		Orage 1H 24,5 mm		Pluie hiver. 24H 36,1 mm	
Occupation du sol			RGA 88	Campag. 92	RGA 88	Campag. 92	RGA 88	Campag. 92	RGA 88	Campag. 92
Sous BV	Surface tot.	en TL								
7	92	68,5	13,8 1 484	16,7 1 795	3,7 670	10 1 790	19,3 3 240	21,4 3 590	4,6 1 140	10,3 2 547
6	51,2	34,5	17 921	19,3 1 045	6,1 556	13,4 1 220	26,4 2 230	29,2 2 470	10,6 1 320	19,4 2 416
5	20	16,4	13,8 355	16,7 430	3,7 160	10 433	19,3 775	21,4 860	4,6 272	10,3 610
4	6	2	N.S.							
3	75,7	45	17 1 200	19,3 1 363	6,1 725	13,4 1 592	26,4 2 910	29,2 3 220	10,6 1 722	19,4 3 151
2	19	7,5	27,7 326	31,5 371	12,5 247	19,4 384	34,6 636	38 698	16,7 452	29 785
1	47	24	17 641	19,3 727	6,1 386	13,4 850	26,4 1 552	29,2 1 717	10,6 918	19,4 1 680

13,8 => Coefficient de ruissellement en %

1 484 => Volume ruisselé en m³

3 - AMENAGEMENT DU BASSIN VERSANT DE LA CLINARDERIE EN VUE DE PROTEGER LA RESSOURCE EN EAU DES MATIERES EN SUSPENSION

3.1 Eléments du paysage à conserver

Les prairies dans le fond du vallon principal permettent l'écoulement des eaux sans apparition de phénomènes d'érosion.

Elles permettent aussi de piéger une partie des sédiments entraînés par ces eaux. Le fond de ce vallon est une zone de sédimentation privilégiée qu'il faut préserver.

L'étroitesse du vallon et la pente forte de ses versants le mettent partiellement à l'abri d'une mise en culture.

La prairie située en amont du chemin de la plaine du Tôt pourrait être retournée. Mais il est souhaitable qu'elle reste pour favoriser l'infiltration et la décantation des quantités importantes d'eau qui y sont retenues.

Le chemin pourrait être rehaussé pour augmenter la capacité de cette retenue naturelle.

3.2 Aménagement à créer

- Bandes enherbées dans les talwegs érodés ;
- Talus en aval des parcelles cultivées dans le sens de la pente et qui arrivent juste en haut des versants du Fond de Nerval ;
- Remise en herbage des zones les plus menacées par l'érosion en rille-interrill ;
- Talus pour dévier les écoulements des bétaires ;
- Gestion des volumes ruisselés par la création d'une ou plusieurs retenues sous forme de prairies d'infiltration.

CHAPITRE 3

- ETUDE DES PRATIQUES CULTURALES**
- SONDAGE CAROTTE**
- RELATION CULTURES/CONCENTRATION
EN NITRATES DU MILIEU NON SATURE**

IMPLANTATION DU SONDAGE

Elle a été réalisée par Monsieur MEYNIER dans la propriété de Monsieur J.L. VASSE au hameau du Tôt à Fontenay, après enquête agricole de Monsieur MEYNIER dans le bassin versant. Cette dernière a mis en évidence cette parcelle de blé mise en culture en 1975, auparavant en prairie naturelle (depuis au moins 1952).

Les cultures, les apports et le labour de la fertilisation sont donnés dans le tableau.

Le sondage carotté situé dans le coin Nord-Ouest du bassin se trouve en pleine zone de culture (cf. figure 10).

Le sondage a été réalisé par l'Entreprise SARG de Poitiers, au diamètre 100 mm ; sa profondeur a atteint 70 m.

La coupe géologique détaillée est donnée dans le tableau.

On peut faire les commentaires suivants :

- A 10 m de profondeur, l'argile à silex sous-jacente représente un horizon "peu perméable" vis-à-vis des limons sableux de surface ;

- La craie apparaît vers 26 m de profondeur ; elle se montre plus nettement à partir de 30 m ;

- Le sondage a recoupé une fissure remplie d'argile entre 32,90 et 33,20 m de profondeur ;

- Dessous, la craie présente des niveaux fissurés avec des traces d'oxydation, traces de circulation d'eau ;

- Vers 55 m les niveaux indurés sont plus nombreux ;

- A 66,50 m le sondage rencontre les sables noirs de la base du Cénomanién.

- Les carottes ont été recueillies et apportées au Laboratoire de Rouen qui a réalisé :

- . les mesures d'humidité
- . la teneur en nitrates

Historique cultural et bilan d'azote sur la parcelle témoin

Tableau 3

ANNEES	CULTURE	n	Cao U (*)	FUMIER-LISTIER Tonne M3	RESTES LEVURES-DANES	BIOMASSE PAR TA	ESTIMATION CLIMAT EC DE H PA TA	BIOMASSE (EXPORTATION) FERTILISANT (EXPORTATION)	FUMIER 202	FUMIER 402	TOTAL (1) E-F-P	Culture inter mediaire	Pluviométrie Oct/Mars Pluie eff.	Pic de niveau m3/l	Profondeur
1993	BLE														
1992	P de T	180				45T x 3,5	157,5	- 22,5							
1991	BLE	180				x 88qx 2,3	202,4	+ 22,4							
1990	BETT.S.	120	1100	35T	x	70 T x 2,2	154	+ 34	-35		-1				
1989	LIN	20				7T5 x 5	37,5	+ 17,5							
1988	BLE	170				x 80qx x 2,3	184	+ 14							
1987	BETT.S.	120	1100	15T	x	65 T x 2,2	143	+ 23	-15		+ 7				
1986	POIS F.	0				x 55qx									
1985	BLE	180				x 95qx x 2,3	218,5	+ 38,5							
1984	BETT. S.	130	1100	35T	x	70 T x 2,2	154	+ 24	-35		-11				
1983	BLE	188				x 85qx x 2,3	195,5	+7,5							
1982	LIN	0				8 T x 5	40	+ 40							
1981	BLE	167				x 87qx x 2,3	200	+33							
1980	BETT. S.	130	chaux	35T	x	70T x 2,2	154	+24	-35		-11				
1979	BLE	165				x 70 qx x 2,2	161	-4							
1978	POIS F.	130				12 T x 13	156	+26							
1977	BLE	80				x 70 qx x 2,3	161	+81							
1976	BLE	80				x 70 qx x 2,3	161	+81							
1975	PRAIRIE														
1974	PRAIRIE														
1973	PRAIRIE														
1972	PRAIRIE PERMANENTE														

* bores de décarbonatation

(1) Export - Apport en Pertes

PARCELLE : HAMEAU DU TOT - 76 LE FONTENAY M. JEAN LOUIS VASSE
HISTORIQUE CULTURAL ET BILAN D'AZOTE

Figure 10

Situation de la parcelle témoin



ANNEXE I

1711 ouest

LOCALISATION 1 → Exploitation de M. Jean Louis VASSE, hameau du Tôt au FONTENAY Tél: 35301316
 2 → Point de sondage dans une pièce de blé.

COUPE GÉOLOGIQUE DU SONDAGE CAROTTÉ RÉALISÉ AU HAMEAU DU TÔT À FONTENAY (76)

MONTIVILLIERS NO₃

LE TÔT

0,00 - 0,50 m	Terre végétale, brun foncé, sablonneuse.
0,50 - 1,00 m	Limon sablonneux, brun clair (très fin), sec.
1,00 - 1,50 m	Limon sablonneux, rougeâtre (très fin), sec.
1,50 - 2,00 m	Limon sablonneux, jaunâtre (très fin), sec.
2,00 - 6,50 m	Limon sablonneux devenant de plus en plus humide - Alternance brun et jaune.
6,50 - 9,50 m	Argile jaunâtre sablonneuse, légèrement bariolée, grise.
9,50 - 10,00 m	Argile plastique rougeâtre.
12,00 - 13,00 m	Argile rougeâtre (trace de fer) très humide presque liquide vers 13,00 m.
13,00 - 13,50 m	Silex blancs lavés (trace de fer) argileux, matrice : néant.
13,50 - 14,50 m	Argile à silex rougeâtre, humide, friable.
14,50 - 19,00 m	Argile rougeâtre avec de très gros éléments de silex, humide.
19,00 - 19,20 m	Argile sableuse ocre rouille avec petits morceaux de silex et de craie.
19,20 - 24,00 m	De nombreux gros silex blancs dans matrice argilo-sableuse ocre rouille.
24,00 - 26,00 m	Idem, mais matrice limoneuse et non argileuse de couleur brune-ocre.
26,00 - 27,00 m	Silex gris avec gangue blanchâtre. Matrice de craie sableuse, blanche et marron (très peu de craie).

26,00 - 32,90 m	Niveaux à silex homogènes et fracturés - couleur grise. Silex en masse fracturés à remplissage de craie blanche géode dans silex avec pellicule de craie.
32,90 - 33,20 m	Argile et glaise brune à noire maléable et plastique contenant des silex.
33,20 - 37,30 m	Craie blanche indurée à grains très fins, non fissurée. Niveaux à silex gris-noir à : -34,55 m -35,20 à 35,25 m ; silex noir à cortex gris épais (3-4 cm)
37,30 - 64,00 m	Craie grise et blanche, franche à indurée.
Détail :	37,30 à 37,50 → craie gris-blanchâtre avec glauconie 37,50 à 37,60 → silex noir à cortex gris en masse 37,60 à 38,25 → craie grise compacte non fissurée, humide avec glauconie 38,25 à 38,57 → silex noir à cortex gris massif 38,57 à 38,73 → craie blanche indurée, pointe de glauconie 38,73 à 38,83 → silex noir à cortex gris
et de	38,83 à 40,70 → craie blanche indurée avec silex de 39,23 à 39,27 m 40,20 à 40,37 m ; silex noir à cortex gris, traces d'oxydation et de fissuration à la jonction craie-silex. 40,37 à 42,70 → craie blanchâtre indurée avec trace d'oxydation (rouille), indicateur de fissure. Craie glauconieuse, pointe de glauconie noire et verdâtre. Silex à 41,10 m à 41,15 m et de 41,48 à 41,57 m Silex noir à cortex blancs de 42,60 à 42,70 m. 42,70 à 46,80 → craie grise très glauconieuse ; teinte noirâtre et verdâtre. A la cassure, nombreux points d'oxydation rouille ; la craie est franche, non fissurée. Niveaux de silex : - de 43,70 à 43,90 m, silex noir. Pas de fissure à ce niveau ; - de 44,49 à 44,80 m; masse de glauconie dans la craie avec fissures à remplissage d'oxydation rouille ; vers 44,80 m, veines de glauconie dans la matrice de craie ; - de 44,80 à 45,90 m : craie grise glauconieuse massive et indurée avec quelques rares silex noirs. Quelques fissures avec oxydation aux alentours des silex (45,50 m).

45,90 - 46,10 m	Masse de silex noirs. Pas de fissures à la périphérie.
46,10 - 46,70 m	Craie grise glauconieuse.
46,70 - 48,00 m ≈	Craie blanche légèrement glauconieuse et silex noirs peu nombreux, épisodiques.
<u>Détail :</u>	Silex de 47,40 - 47,70 m : en masse dans la craie blanche broyée ; zone de fissuration 47,70 à 48,00 → craie blanche 48,00 à 48,60 → craie grise 48,50 à 49,00 → masse de silex dans la craie gris-blanc, broyés, zone de fissuration, débris argileux à 49,00 m sur 3-4 mm.
* 49,00 - 55,00 m	Craie grise indurée.
<u>Détail :</u>	49,00 à 49,65 → craie grise indurée avec points de fissures à 49,10-49,15 m. 49,65 à 49,85 → silex noirs et craie grise (matrice). Traces d'oxydation, zone de fissuration. 49,85 à 50,80 → craie grise peu glauconieuse. 50,80 à 50,90 → zone à fissures, oxydation (rouille) et silex noirs 50,90 à 51,60 → craie grise glauconieuse à rares silex noirs 51,60 à 52,00 → zone broyée avec silex. Traces d'oxydation dans fissures (rouille) 52,00 à 52,80 → craie grise glauconieuse à rares silex noirs 52,80 à 53,00 → zone à silex noirs et craie grise. Traces d'oxydation, fissuration. 53,00 à 55,00 → craie grise glauconieuse (verdâtre sur les 2 mètres) avec rares silex noirs pluricentimétriques ; zone d'oxydation à 54,00 m (fissuration). de 53,85 à 53,95 m, zone de fissuration autour des silex noirs.
* 55,00 - 66,00 m	Craie grise fortement indurée, dolomitisée et glauconieuse avec silex noirs.
<u>Détail :</u>	55,00 à 55,70 → craie grise indurée à rare silex centimétriques, glauconieuse. 55,00 à 55,70 → craie grise indurée à rares silex centimétriques, glauconieuse. 55,70 à 55,80 → silex noir massif. 55,80 à 56,30 → craie grise indurée très glauconieuse. 56,30 à 56,60 → silex noir avec matrice, craie grise avec traces d'oxydation rouille (zone de fissuration). 56,10 à 57,10 → craie grise glauconieuse indurée. 57,10 à 57,30 → silex noir troué à remplissage craie et rouille (fissuration).

- 57,30 à 57,80 → craie grise glauconieuse indurée.
- 57,80 à 57,90 → silex noir massif.
- 57,90 à 58,40 → craie grise glauconieuse indurée.
- 58,40 à 58,65 → silex noir avec fissures à oxydation à la périphérie.
- 58,65 à 60,30 → craie grise indurée avec passées glauconieuses pures tous les 10 cm environ, bien régulières.
- 60,30 à 60,40 → silex noir massif.
- 60,40 à 60,60 → craie grise glauconieuse indurée.
- 60,60 à 61,00 → silex noirs répartis dans la craie grise glauconieuse, fissures avec traces d'oxydation.
- 61,00 à 61,70 → craie grise indurée, traces de fissures (oxydation)
- 61,70 à 61,90 → silex noirs massifs.
- 61,90 à 62,15 → craie grise indurée.
- 62,15 à 62,20 → petit niveau de silex noirs, petites fissures à la périphérie immédiate.
- 62,20 à 62,50 → craie grise indurée.
- 62,50 à 62,55 → silex noir massif, fissuré à la périphérie immédiate.
- 62,55 à 62,70 → craie grise indurée.
- 62,70 à 62,80 → silex noir massif.
- 62,80 à 64,00 → craie grise indurée, parfois dolomitisée localement avec de légères traces d'oxydation dans des micro-fissures.
- 64,00 à 64,20 → niveau à silex gris massifs.
- 64,20 à 64,80 → craie grise indurée.
- 64,80 à 66,55 → craie grise indurée à glauconie, grains de glauconie clairsemés sur la majorité de la surface, totalement de 65,70 à 66,55 m.
- 66,55 à 72,00 → sables noirs à verdâtres (glauconie) compacts, légèrement crayeux (gaize) ; présence de coquillages, squelettes de poissons, etc.

Les données brutes sont fournies dans le tableau et la figure 11.

L'interprétation de ce profil a été faite par Monsieur MEYNIER dont on a reporté les résultats sur la figure 12. Il faut noter que le contact limons sableux/argile à silex représente une discontinuité dans la série avec un pic d'accumulation en nitrates.

Le retournement de la prairie se situe à 23 m de profondeur, et l'enchaînement des cultures correspond assez bien avec la succession des teneurs ; le passé prairial se retrouve entre 25 et 47 m dans la craie :

Profondeur 23 m : Retournement, pic atténué par les 2 blés.

22 m : Trace des 2 blés de 1976 et 1977

20 m : Maïs fourrager de 1978 sans apport organique pour atténuer l'effet du retournement de l'herbage.

19 m : Blé de 79, 70 quintaux, paille exportée.

18 m : Betteraves sucrières en 1980.

14 - 15 m : Blé 81, lin 82, blé 83 dans l'argile à silex.

11 m : Betteraves 84 et apport de fumier.

8 - 9 m : Blé 85

6 - 5 m : Cumul des 2 effets accentuant la hauteur du pic :
Succession de 2 cultures de printemps (betteraves et pois) avec une interculture longue et existence d'un niveau d'argile jaunâtre.

3 m : Lin de 1989.

1 - 2 m : 2 points correspondant aux betteraves de 1990 et aux pommes de terre de 1992, séparés par un creux de blé de 1991.

Le passé prairial se trouve entre 25 et 42 m de profondeur.

Sous 47 m, le profil ne représente absolument pas un historique cultural de prairie naturelle ; il présente par contre des similitudes avec sa partie supérieure comprise entre 10 et 25 m.

Cette interprétation suggère donc des vitesses d'apport différentes, vitesse rapide et vitesse lente ; la lecture de la coupe géologique détaillée, qui montre l'existence d'horizons fissurés avec des traces d'oxydation de fer témoins de circulations préférentielles, rend plausible cette hypothèse. On aurait donc un facteur de l'ordre de 3 à 4 entre ces deux vitesses.

Bassin de la Source de la Clinarderie

Tableau 4

Profondeur (m)	NO3 (mg/l)	Humidité %
0.5	69	14.5
1	36	14.7
1.5	70	14.3
2	41	15.2
2.5	6	17
3	9	15.1
3.5	31	15.6
4	35	13.6
4.5	52	15.7
5	130	16.9
5.5	130	16.2
6	117	17.9
6.5	61	18.1
7	34	16.6
7.5	46	16.8
8	52	15.6
8.5	43	16.9
9	101	15.8
9.5	107	15.9
10	151	18.6
11	173	13.3
12	100	13
13	35	15.5
14	36	14.2
15	41	12.3
16	54	13.6
17	79	25.2
18	69	12.8
19	58	11
20	93	10.8
21	64	10.8
22	65	13.9
23	80	13.8
24	55	10.1
25	39	10
26	53	9.4
28.5	54	4.1
31.5	33	12.2
33	17	27.7
34	48	20.8
35	42	21
36	56	19.5
37	58	19
38	58	16.6
39	51	19.7
40	48	15.7
41	44	22.8
42	55	16.6
43	45	18
44	38	21.5
45	40	14.2
46	27	17.4
47	28	22.4
48	104	12.5
49	85	5.8
50	57	19.4
51	77	18.1
52	45	18
53	35	20.7
54	52	19.2
55	34	21
56	32	21
57	9	17.1
58	6	21.3
59	30	18.5
60	10	16.7
61	21	18.8
62	20	24
63	7	23.3
64	12	13.8
65	5	22.2
66	7	19.2
67	10	14.6
68	0	15.2
69	16	17.4
70	10	13.8
71	0	17.1
72	11	17.8

Teneurs en nitrates et
humidité dans le sondage
de reconnaissance

Figure 11

Profil d'humidité et teneurs en nitrates

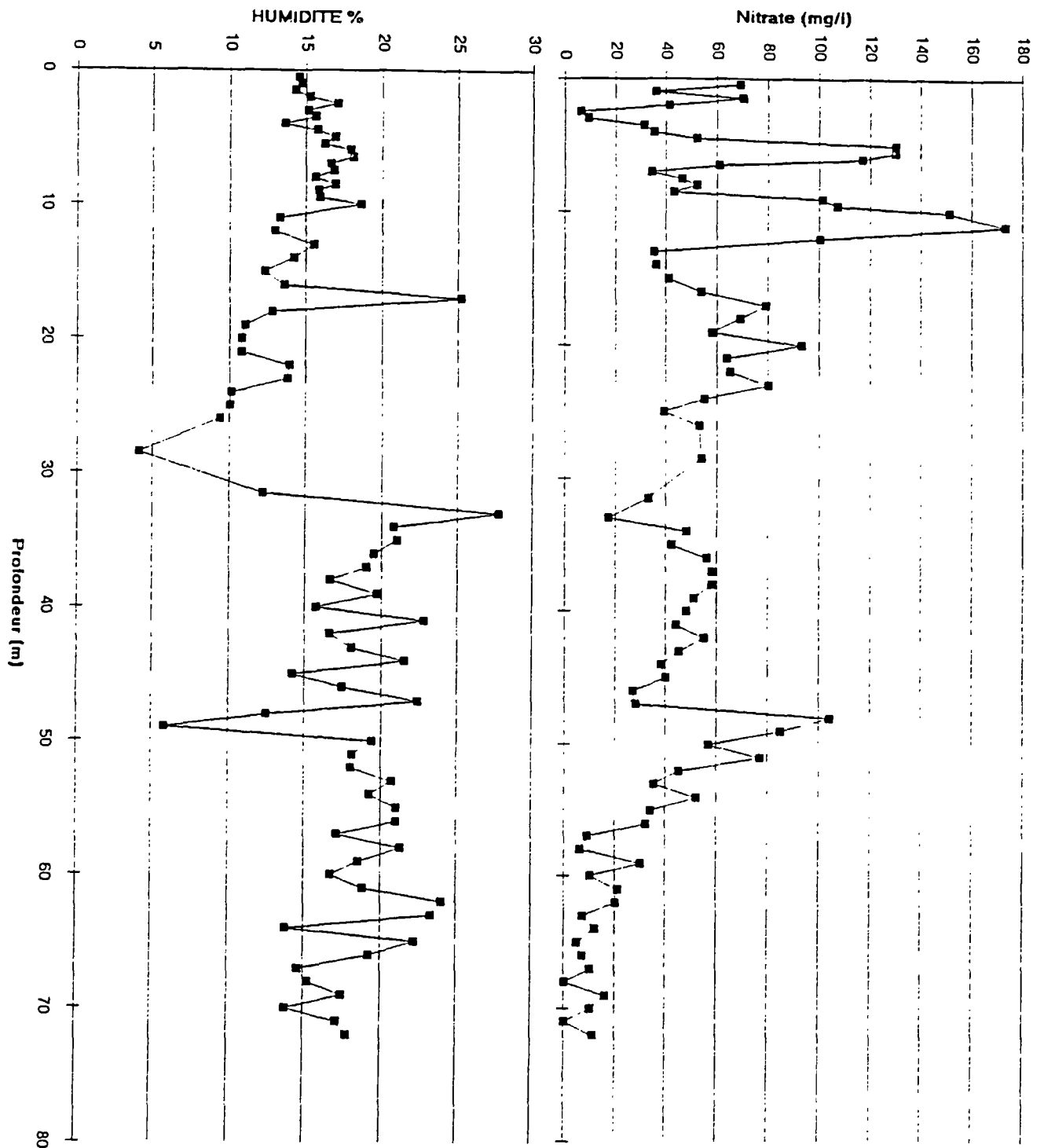
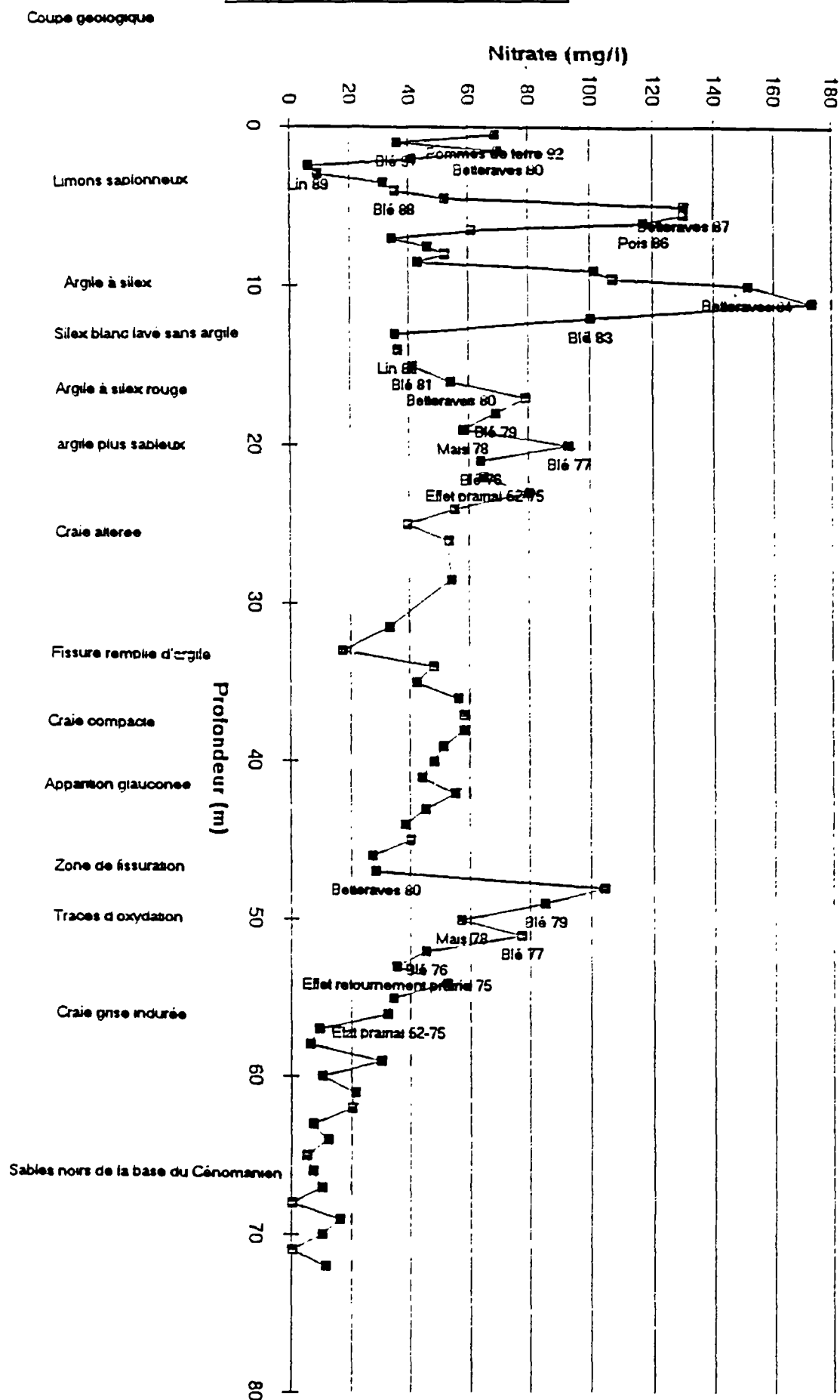


Figure 12

Interprétation des profils nitrates



Hameau de TÔT - Variation des teneurs en nitrates

Un aspect intéressant de cette interprétation qui illustre la complexité du phénomène hydraulique, concerne le profil des teneurs en nitrates dues à la prairie naturelle, entre les profondeurs 25-47 m (50 mg) et 58-70 m (10 mg/l). Il y a 40 mg/l de différence entre les valeurs moyennes ; on attribue ce phénomène aux échanges d'ions nitrates entre les circulations matricielles (pores de la craie) et les circulations fissurales qui se produisent au niveau du profil 25-47 m. Les apports de nitrates, provenant de la surface, sont d'abord bloqués au contact limons sableux/argile à silex, puis amortis plus ou moins par l'eau matricielle. Cet effet d'amortissement semble apparaître dans le décalage moyen de 10 mg/l observé pour les concentrations relatives aux événements culturels 1975-1981 entre les niveaux de profondeur 15-25 m et 49-55 m.

Enfin, ce qui est très important, le profil montre une eau à teneur assez importante (60 mg/l) en nitrate depuis la surface jusqu'à une profondeur de 55 m et qui ne tarira qu'au bout d'un temps assez long. Ce schéma n'est pas nouveau car il a été rencontré dans l'Eure et dans le Pays-de-Caux.

CHAPITRE 4

PREVISIONS DES EFFETS DE NOUVELLES PRATIQUES SUR LES CONCENTRATIONS DE LA NAPPE PAR MODELE BICHE

1 - COMPARAISON DES DONNEES NITRATES ENTRE LA SOURCE DE LA CLINARDERIE ET LES CAPTAGES D'A.E.P.

Le graphique ci-après (figure 13) montre que le décalage des mesures atteint 11 mg/l en moyenne. Les mesures des séries sont relativement constantes. On calera donc l'évolution des courbes étudiées aux captages d'A.E.P sur les valeurs de la Clinarderie.

2 - LE MODELE BICHE

Le modèle Biche est un modèle global de simulation de transfert de nitrates dans un aquifère. Il est global car il ne permet de calculer la concentration qu'en un point unique à partir des données relatives au bassin versant correspondant et un jeu de paramètres globaux.

Les paramètres globaux ne peuvent être mesurés sur le terrain et doivent être calés par approximations successives de façon à reproduire le mieux possible les observations.

Deux types de paramètres interviennent :

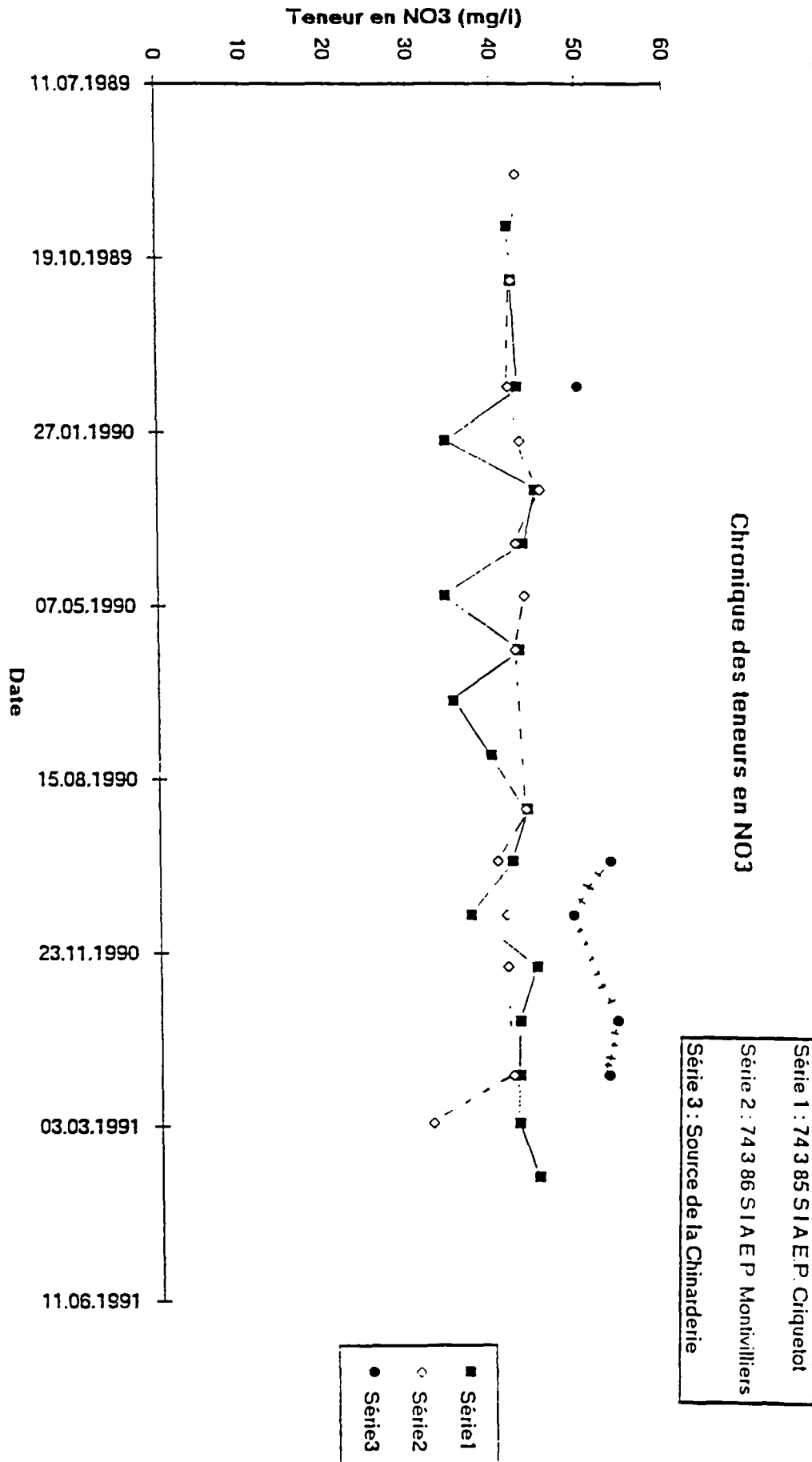
- Les paramètres hydrologiques :
 - . capacité de réserve superficielle
 - . temps de tarissement
 - . temps de 1/2 montée
 - . coefficients de correction des pluies ou de l'ETP
- Les paramètres chimiques :
 - . cinétiques d'échange entre réservoirs
 - . capacité en eau "immobile" de chaque réservoir
 - . coefficients sur les apports et les besoins

Pour mieux identifier chacun de ces paramètres, on préconise de réaliser le calage en deux étapes :

- calage des paramètres hydrologiques sur une série d'observations de débits ou niveaux piézométriques ;
- ces paramètres étant déterminés, calage des paramètres chimiques sur une série d'observations de concentration.

Figure 13

Chronique des teneurs en nitrates sur la source de la Clinarderie et les captages d'AEP



Le calage hydrologique

Les données suivantes sont nécessaires :

- une série de précipitations (pluies) continue
- une série d'évaporation potentielle continue
- une série pas nécessairement continue de débits à l'exutoire ou de niveau dans un piézomètre

Ces trois séries doivent être disponibles sur une même période d'observations, et il est préférable de disposer de précipitations et d'évapotranspiration potentielle pendant au moins un an avant les mesures de niveau pour faciliter l'initialisation du modèle.

Le calage chimique

Il faut pouvoir disposer des données suivantes :

- une série de précipitations continue
- une série d'ETP
- une série pas nécessairement continue de concentration à l'exutoire ou dans un piézomètre
- une série d'épandages de nitrates (continue)
- une série de besoins en nitrates des plantes (continue)
- une série de minéralisation du sol (continue)
- une série de libération de nitrates par les résidus cultureux (continue)

Ces séries doivent être disponibles sur une même période d'observations.

3 - PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DU MODELE BICHE

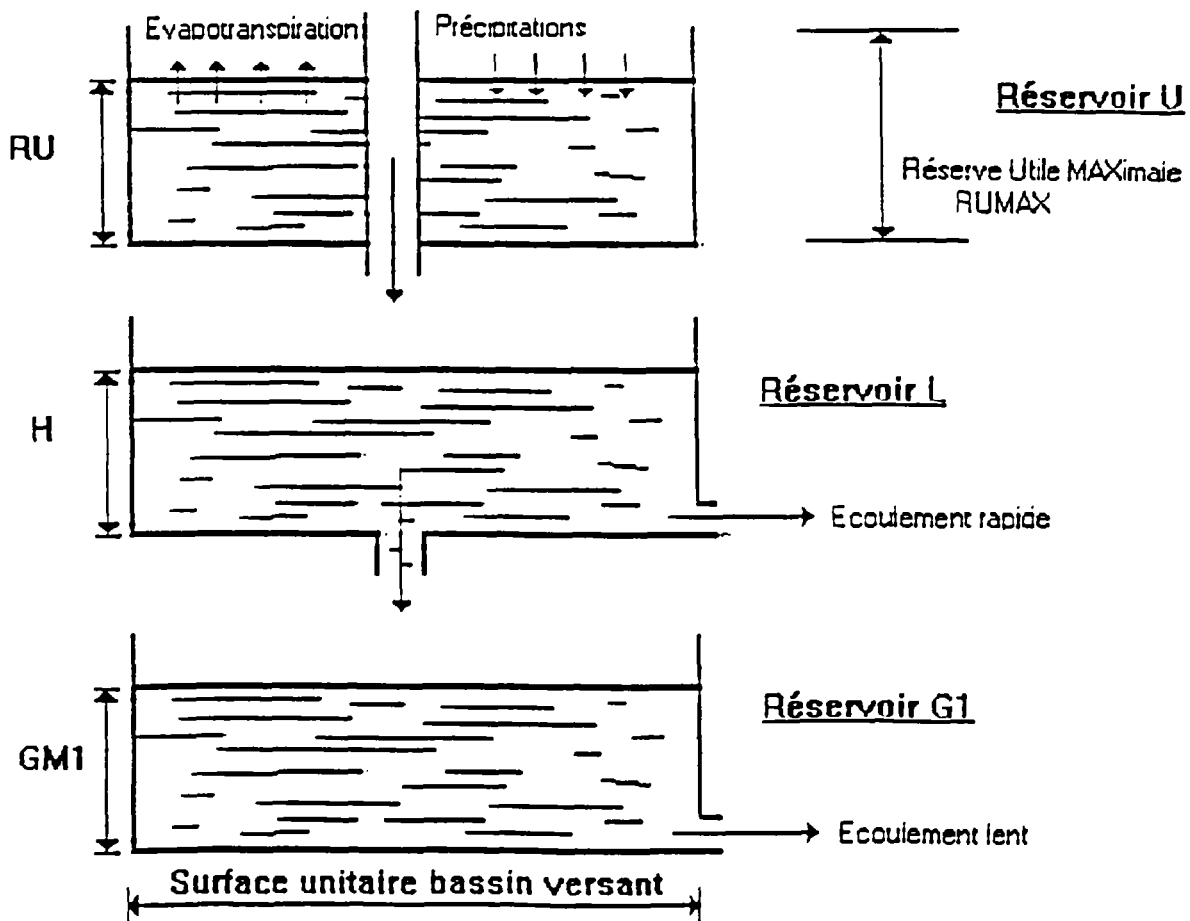
3.1 Le modèle hydrologique

Pour le calage hydrologique, le modèle utilise ici un système à 3 réservoirs.

Le premier assure la fonction production. Les autres déterminent la fonction transfert en répartissant les quantités d'eau en excès qui aboutiront, plus ou moins rapidement, vers les rivières ou la nappe.

La figure 1 présente un schéma simplifié de ce modèle.

Figure 14 MODELE BICHE - Schéma de fonctionnement hydrologique



- Le réservoir superficiel "U", assure dans la mesure de ses capacités RUMAX, le complément nécessaire pour l'évapotranspiration potentielle, le surplus transitant vers le réservoir "L" suivant ;

- Le réservoir superficiel "L" répartit le surplus entre un écoulement superficiel et une percolation en profondeur vers un réservoir G1 ;

- Le réservoir "G1" profond, assure l'écoulement lent du système.

Le modèle opère pour chaque pas de temps, un bilan entre les apports et les sorties du système hydrologique.

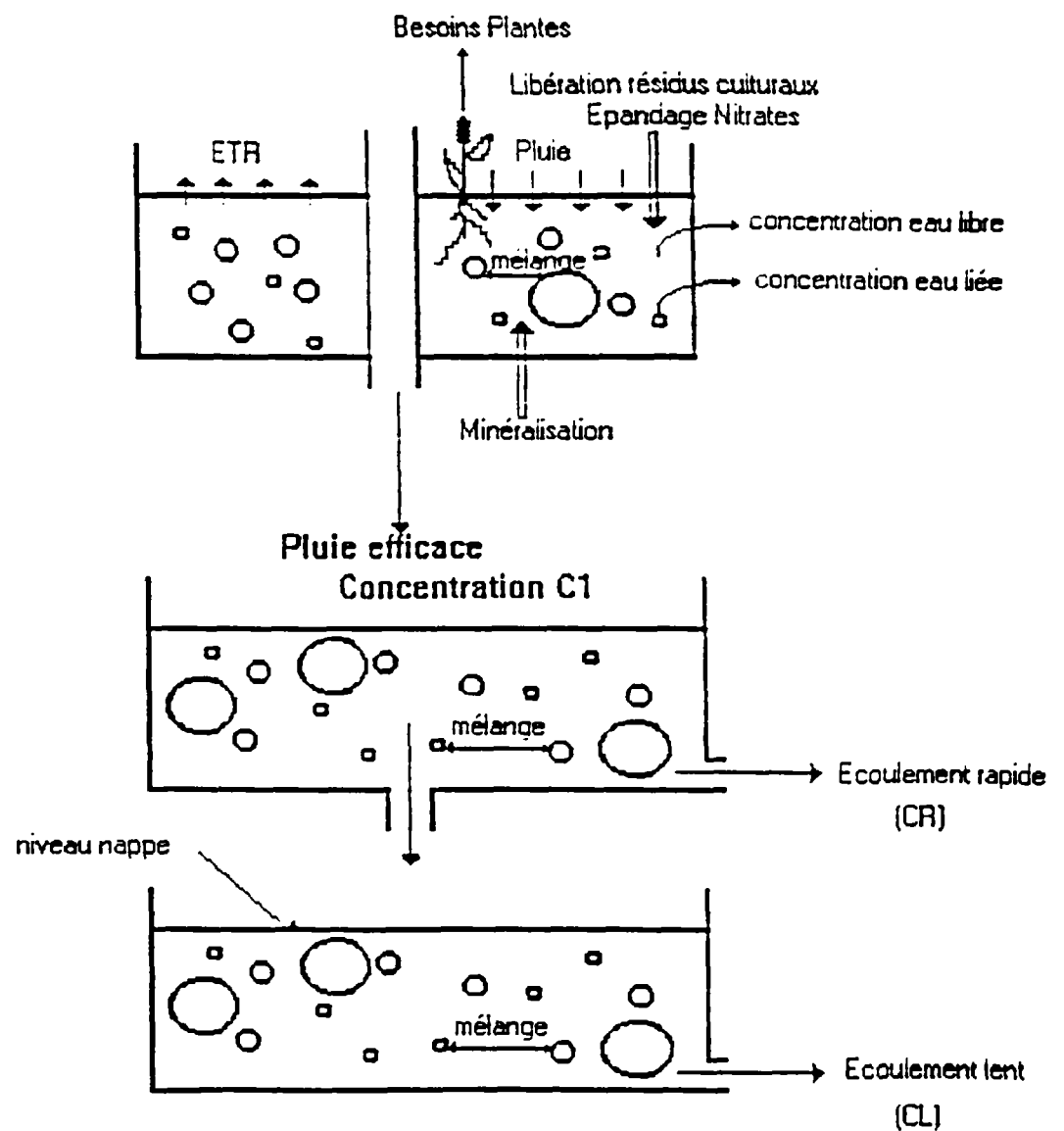
Les paramètres hydrologiques caractéristiques des réservoirs sont au nombre de quatre :

- RUMAX (mm) : réserve superficielle maximale du réservoir "U",
- THG (mois) : temps de ½ montée du réservoir "G1",
- RUIPER (mm) : hauteur dans le réservoir "L" pour laquelle il y a répartition entre écoulement rapide et percolation,
- TG1 (mois) : temps de ½ vidange du réservoir "G1".

3.2 Le modèle chimique

Le modèle hydrologique assure la fonction transfert de l'eau. Le modèle chimique ajoute à ces flux, les flux massiques en nitrates suivant le principe schématisé ci-dessous :

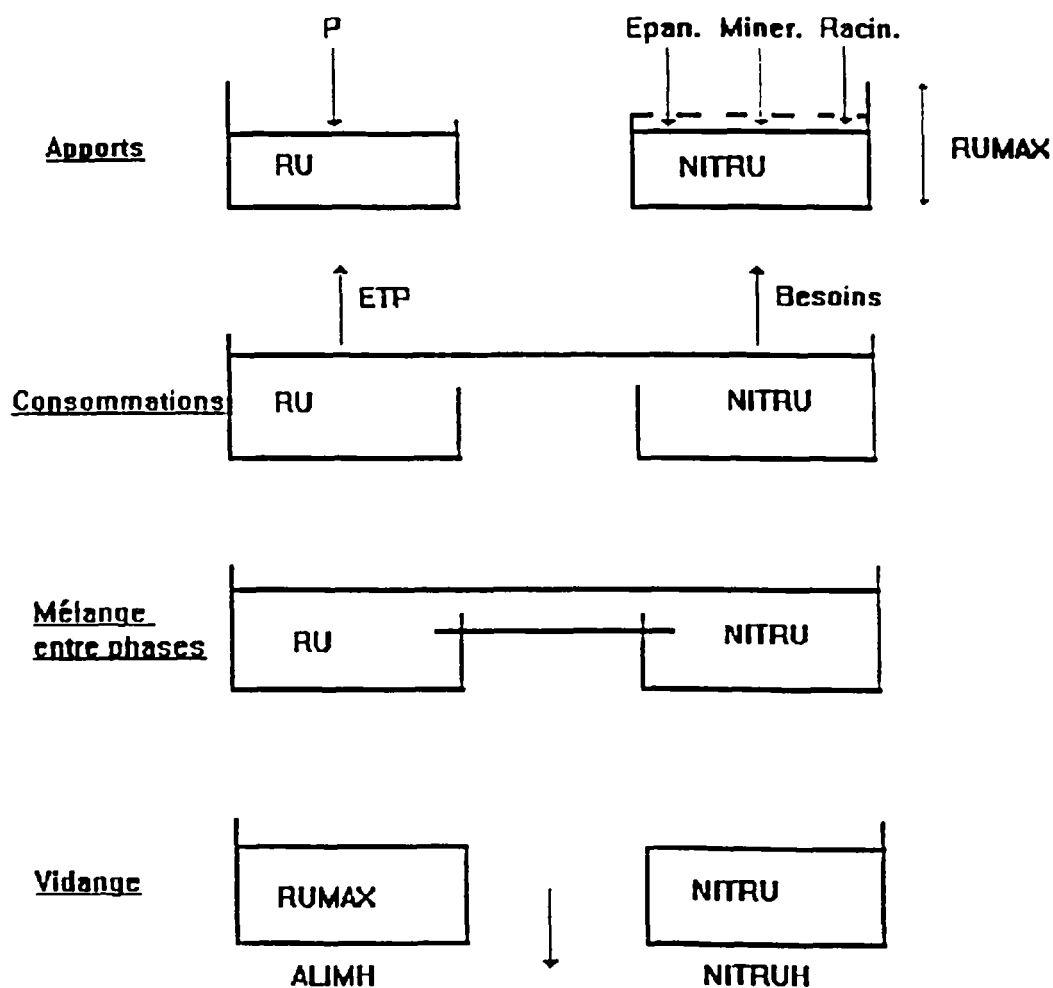
Figure 15 MODELE BICHE - Principe du fonctionnement chimique



3.2.1 Le bilan des nitrates au niveau de la réserve superficielle

Le réservoir superficiel assure l'ensemble de la fonction production, le bilan des échanges s'effectue selon le schéma représenté sur la figure 16 :

Bilan dans la réserve superficielle



On admet par l'hypothèse que l'engrais est répandu en une seule fois au mois de Mai. Cette quantité NITMAX épanchée est en partie dissoute. Le soluté obtenu présente une concentration maximale CONMAX fonction de la pluie efficace Pe :

$$NITMAX = Pe * CONMAX$$

Par ailleurs, les résidus de culture libèrent une certaine quantité de nitrates. Si le stock potentiel s'appelle STORAC, la quantité libérée à chaque pas de temps dt est :

$$RACLIB = STORAC.dt/TRACIN$$

avec TRACIN la constante de temps.

Dans cette réserve, la reprise de nitrates s'effectue par les plantes en fonction du rendement de la culture et suivant une courbe de répartition propre à la consommation de chaque plante (pour l'essentiel d'Avril à Août).

Il reste ainsi dans le réservoir superficiel une masse NITRU de nitrates dans un volume libre RU d'eau, à côté d'une masse NITFIX de nitrates dans la quantité d'eau liée RUFIX.

Le mélange de ces deux phases (eaux libre et liée) se fait en fonction des masses d'eau et des concentrations en NO_3 présentes (suivant une cinétique linéaire d'ordre 1).

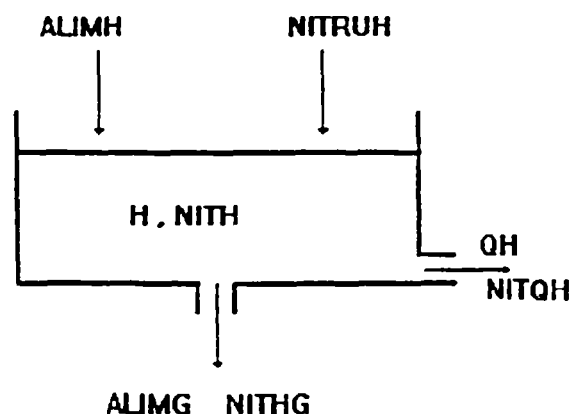
En l'absence de transfert, l'équilibre est réalisé lorsque les concentrations dans les 2 phases sont égales.

3.2.2 Bilan des nitrates au niveau des réservoirs intermédiaires et profonds

Le réservoir intermédiaire présente également deux phases (cf figure 17) :

- l'une formée d'un volume "U" variable d'eau libre avec une masse NITH de nitrates,
- l'autre d'un volume HFIX constant d'eau liée présentant une masse NITFIX de nitrates.

Alimentation du réservoir souterrain G1

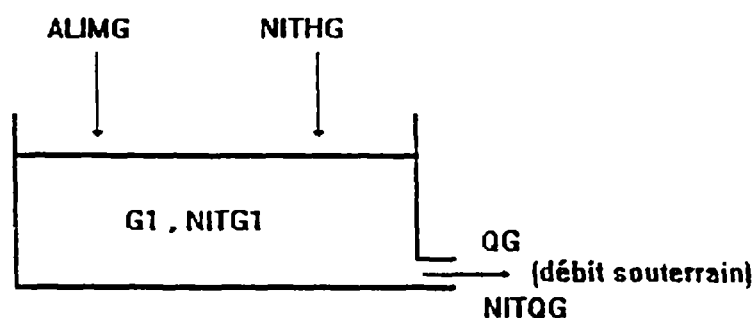


Les échanges s'opèrent comme suit :

- apport d'eau ALIMH d'un réservoir superficiel avec une masse NITRUH de nitrates ;
- mélange entre les phases suivant une cinétique linéaire entraînant une concentration d'eau liée de $CONH = NITH/H$;
- vidange de ce réservoir en débit retardé QH et en débit percolé ALIMG à la concentration CONH.

Dans le cadre de cette étude, le débit retardé QH sera négligeable ou peu important.

Figure 18 : Le réservoir souterrain G1



Le réservoir profond est le siège d'une cinétique d'échange entre la phase d'eau libre du volume G1 variable et de masse de nitrates NITG1 et la phase d'eau liée du volume fixe CFIX et masse NITFIX de nitrates :

$$QG = G1.dt/TG$$

4 - RESULTATS

4.1 Les données du calage

4.1.1 Climatologie - hydrologie

La figure n° 6 présente l'implantation du site de la Clinarderie et des stations qui ont été utilisées pour les données climatologiques. On y a figuré également l'emplacement des sites utilisés pour les calages piézométriques et chimiques :

Goderville : pluviométrie, température

La Hève : durée d'insolation

Les pluies sont disponibles au pas de temps mensuel entre 1960 et 1991 (31 ans).

La figure n° 19 présente l'évolution des précipitations pendant cette période, les données brutes étant fournies dans l'annexe n°1.

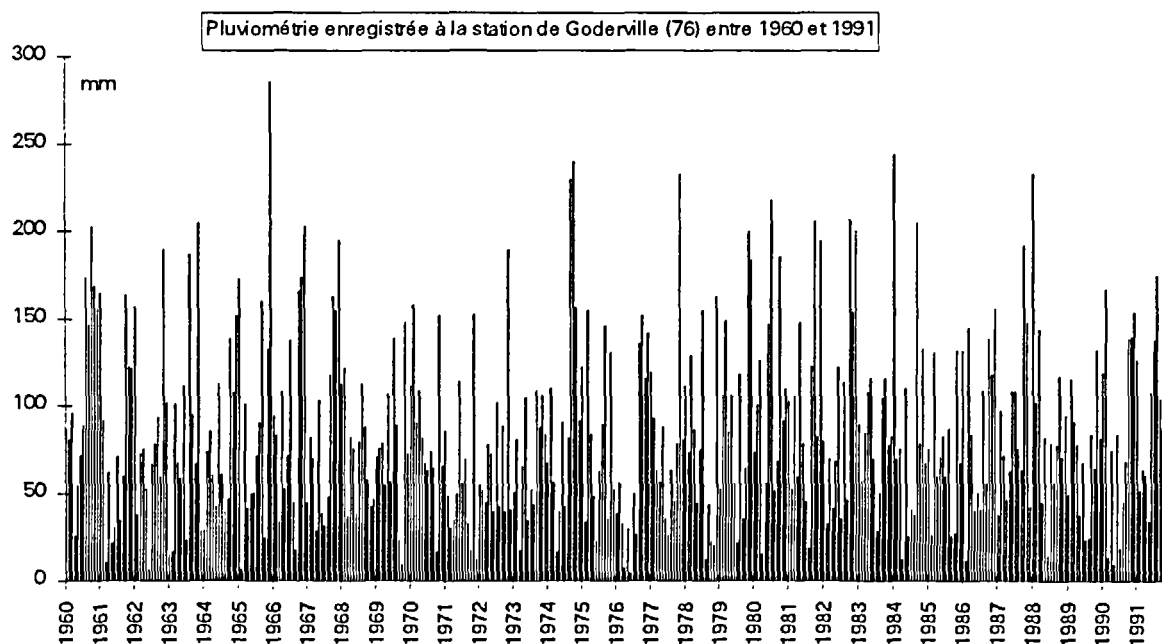


Figure n° 19

L'ETP a été calculée pendant la même période avec le programme ETPTURC du BRGM en utilisant les températures relevées à la station de Goderville et les durées d'insolation enregistrées à la station de la Hève près du Havre.

La figure n° 20 récapitule l'ensemble des ETP calculées mensuellement. Les données brutes et résultats de calcul sont consignés dans les annexes 2a, 2b et 2c.

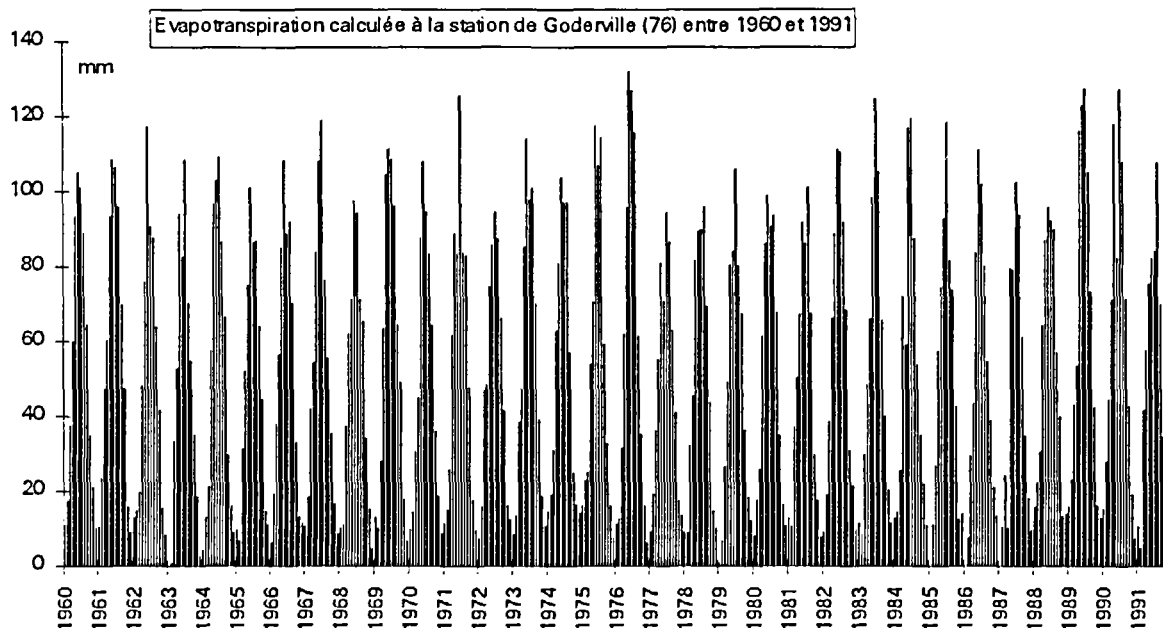
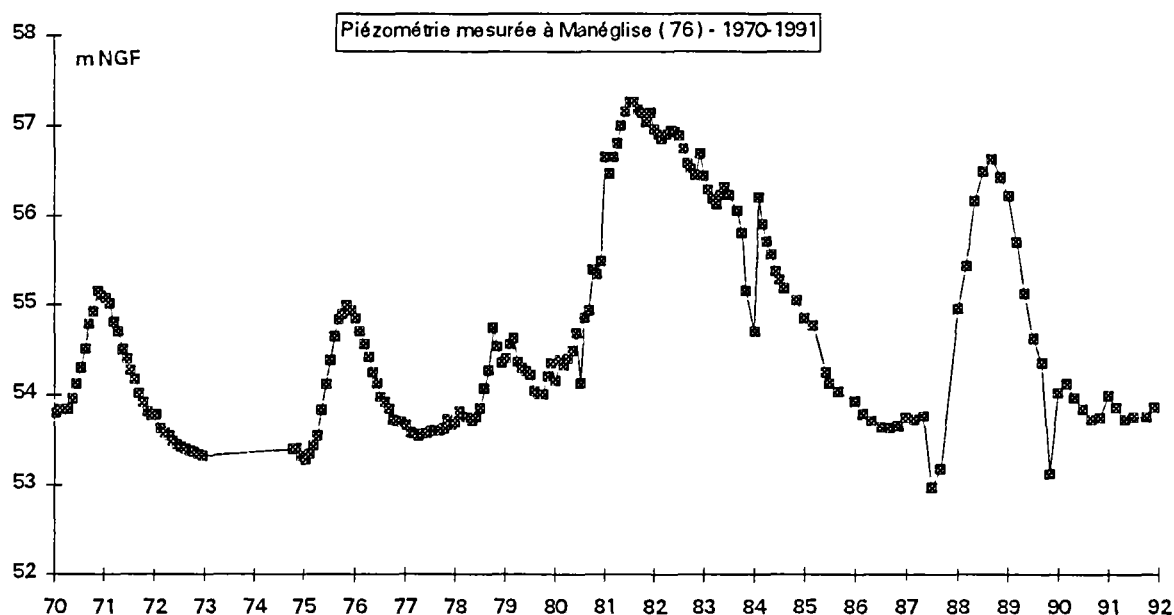


Figure 20

Comme il n'existe pas de chronique de débit disponible pour la source de la Clinarderie, on a utilisé les données du piézomètre de Manéglise (n° national d'identité : 0074-8X-0008) qui se situe à proximité et qui est intégré dans le réseau de surveillance piézométrique de Haute Normandie.

Il capte la même nappe et se trouve dans une situation hydrologique identique.

La **figure n° 21** présente le profil piézométrique de cet ouvrage pour les niveaux enregistrés entre 1970 et 1991, l'annexe n° 3 regroupant l'ensemble des données.



On remarquera les périodes de hautes eaux telles les années 1981-1982 ou plus récemment les années 1988-1989.

4.1.2 Chimie

Les données concernant la source de la Clinarderie sont insuffisantes pour pouvoir alimenter un modèle puisque les analyses ne s'étendent qu'entre fin 1990 et 1991. Comme pour la piézométrie, on a recherché un site proche de la Clinarderie, présentant à la fois des conditions hydrochimiques analogues et une chronique de mesures de nitrates suffisamment longue.

Deux ouvrages (74-3-85 et 74-3-86), situés à St Martin du Bec au Nord de la Clinarderie, disposent respectivement de suivis depuis 1976 et 1991.

Toutefois, pour l'un comme pour l'autre, il ne nous a pas été possible de récupérer la série de mesures s'étendant entre 1983 et 1987. Ceci ne perturbe pas le fonctionnement du modèle qui accepte des séries discontinues de mesures mais la précision des calculs effectués par le modèle est nécessairement moindre.

On a soustrait dans les séries, des valeurs s'écartant trop de la chronique et dues pour les anciennes à des seuils de précision très importants (cf chapitre 1).

Ces mesures ont été soustraites de chaque série.

Les figures 22 et 23 illustrent graphiquement l'évolution des teneurs en nitrates pour ces deux points.

La totalité des mesures est consignée dans les annexes 4a et 4b.

Figure 22

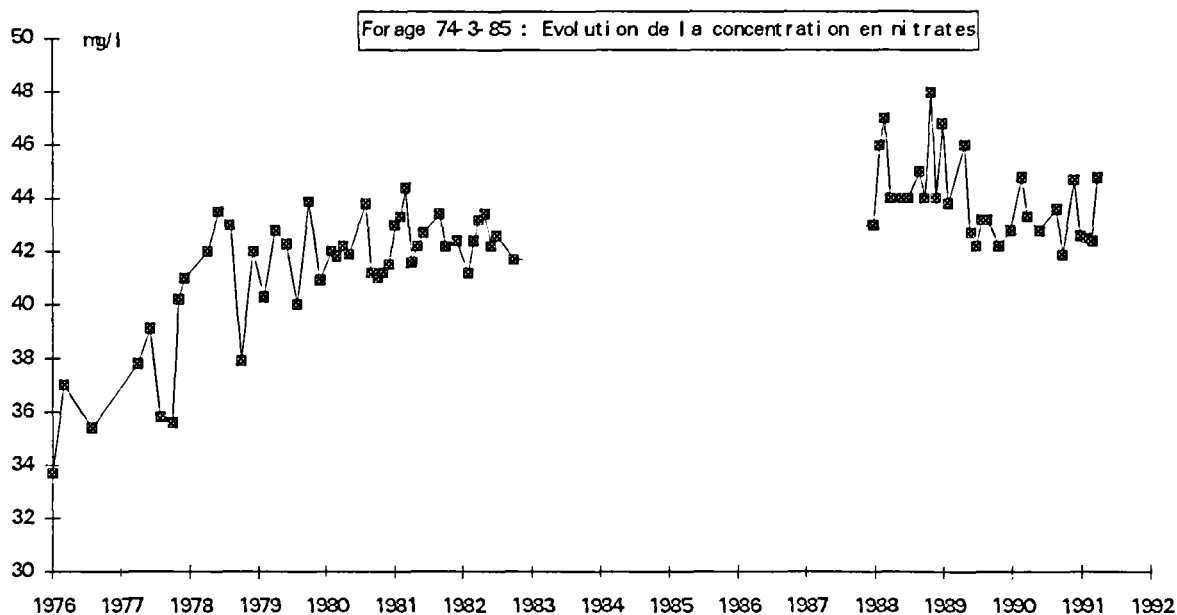
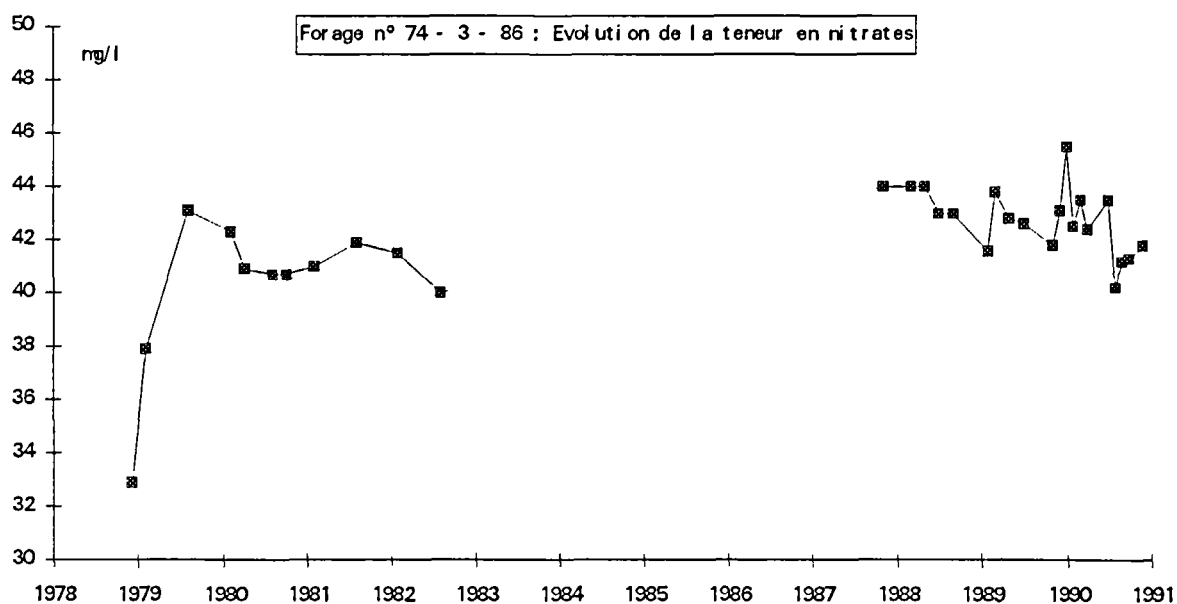


Figure 23



4.2 Modélisation

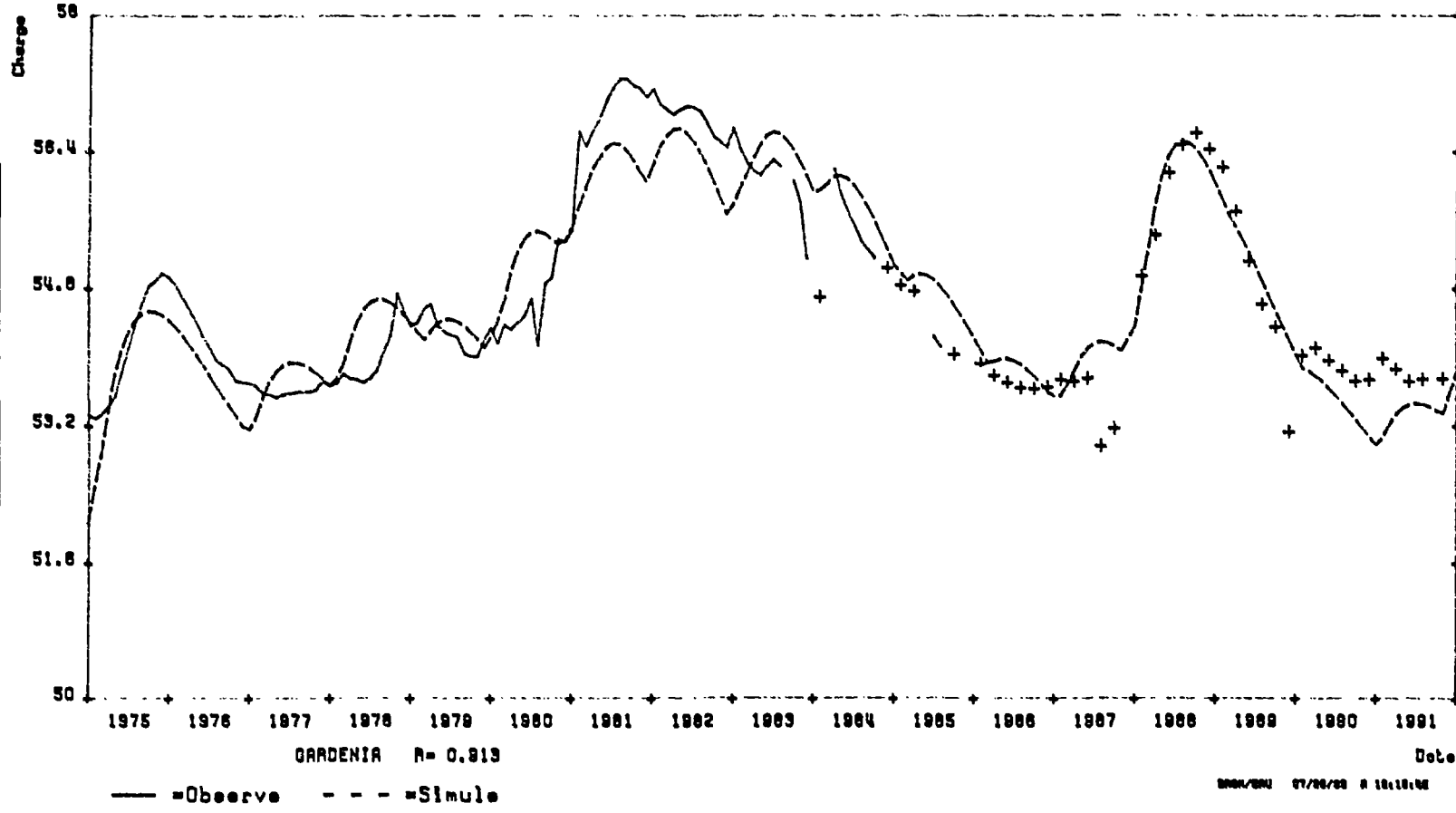
4.2.1 La modélisation hydrologique

On a vu précédemment que le calage hydrologique avait été effectué à partir du piézomètre de Manéglise.

La figure n° 24 montre que le modèle reproduit correctement l'évolution des niveaux avec un bon coefficient d'ajustement.

Figure 24

Piézomètre de Manégliise (74-8x-008) : calage hydrologique

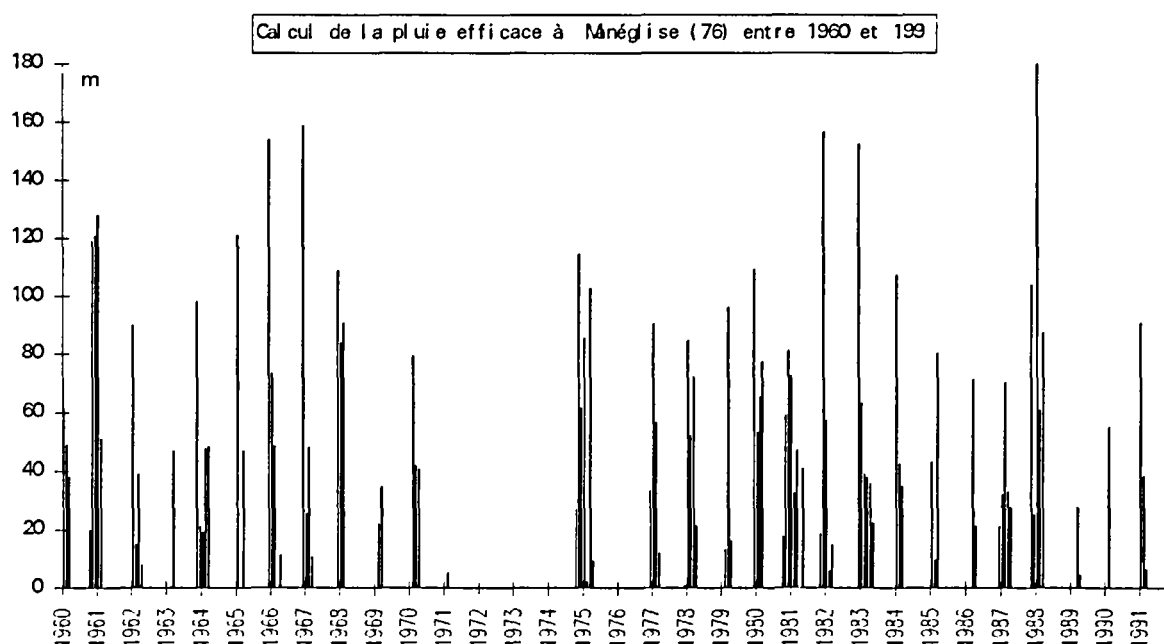


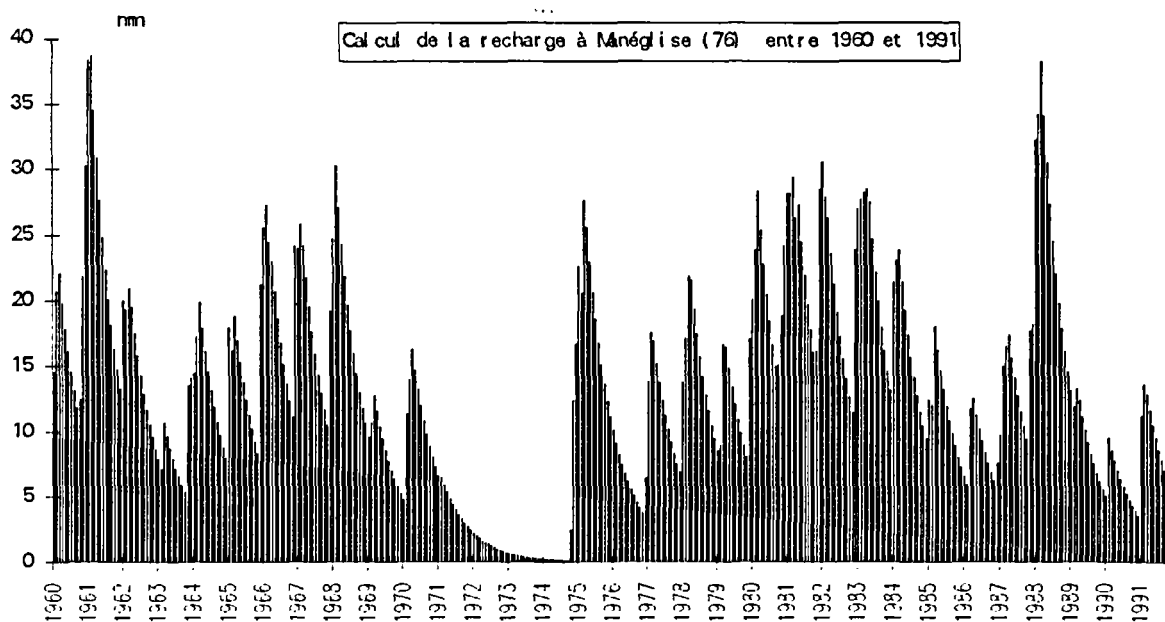
Le tableau n° 1 résume les paramètres de calage obtenus :

N° classement	Nombre d'années de données	Nombre d'années démarrage	Coeff. ajustement	Capac réserv superf (mm)	Tps de 1/2 montée (mois)	Tps de 1/2 tariss. (mois)	Coeff. emmagas.
74-8x-008	32	15	0.913	292.3	8.04	6.41	3.4 10 ⁻²

Le programme permet également de calculer pluie efficace et recharge. Les figures n° 25 et 26 montrent les résultats obtenus, le détail des valeurs étant rassemblé dans les annexes 5 et 6.

Figure 25





Les 30 années de calcul de la recharge de la nappe sur Manéglise sont homogènes avec ceux calculés en divers piézomètres de la Haute Normandie. La décade 1980-1989 a montré des épisodes de recharge et de tarissement de la réserve ; cette décade est représentative de l'ensemble des conditions climatiques régnant sur la Haute Normandie ; on la retiendra donc pour les simulations futures du modèle BICHE.

Ouvrage	Pluie moyenne (mm)	ETR (mm)	Pluie efficace	Ecoulement rapide (mm)	Ecoulement lent (mm)	Destockage
74-8x-008	889.8	686.4	203.4	35.98	162.3	5.073

Tableau n° 2 : bilan des échanges

4.2.2 La modélisation chimique

Pour effectuer les calages, il faut disposer, outre les données précédentes, d'un historique cultural concernant le bassin versant étudié.

Un tel historique n'est pas disponible pour les parcelles du bassin versant de St Martin du Bec.

Mais on dispose par contre d'un historique (1976-1991) sur l'une des parcelles du bassin versant alimentant la Clinarderie. (cf chapitre 3).

Tous ces sites étant proches les uns des autres et se trouvant dans des conditions hydrologiques et morphologiques communes, on a donc fait l'hypothèse que cette parcelle était représentative de l'ensemble des pratiques culturales du bassin versant et qu'on pouvait l'étendre au bassin versant des forages de St Martin du Bec.

Les données de pratiques culturales sont donc les suivantes :

Tableau n° 3 : Historique cultural

ANNEE	CULTURE	FERTILIS. (kg N / ha)	EXPORTATION (kg N / ha)
1976	BLE	80	161
1977	BLE	80	161
1978	MAIS F	130	156
1979	BLE	165	161
1980	BETTERAVE SUCRE	130	154
1981	BLE	167	200
1982	LIN	0	40
1983	BLE	188	195.5
1984	BETTERAVE SUCRE	130	154
1985	BLE	180	218.5
1986	POIS F	0	
1987	BETTERAVE SUCRE	120	143
1988	BLE	170	184
1989	LIN	20	37.5
1990	BETTERAVE SUCRE	120	154
1991	BLE	180	202.4

- minéralisation par le sol

Elle est due à la transformation de la matière organique du sol en nitrates. Son importance est fonction de la nature du sol et de la température.

La masse d'azote ainsi produite est estimée à 65 kg / ha / an selon la répartition suivante :

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
en %	-	-	-	4	10	16	20	20	20	10	-	-
N/ha	-	-	-	11.5	28.8	46.1	57.6	57.6	57.6	28.8	-	-

- libération des nitrates par les résidus cultureux

Au début de l'automne, les résidus cultureux enfouis libèrent des nitrates. Selon la Chambre d'Agriculture, la quantité de nitrates ainsi libérée a été prise égale à 30 kg d'azote / ha soit 133 kg de nitrates par ha.

Deux calages ont été effectués pour chacun des 2 forages AEP, le premier prenant en compte l'ensemble des mesures alors que pour le second, les mesures suspectes ont été retirées.

Les figures 27,28,29 et 30 présentent ces différents calages :

Figure 27

Calage du captage 74-9-85 avec ensemble des mesures

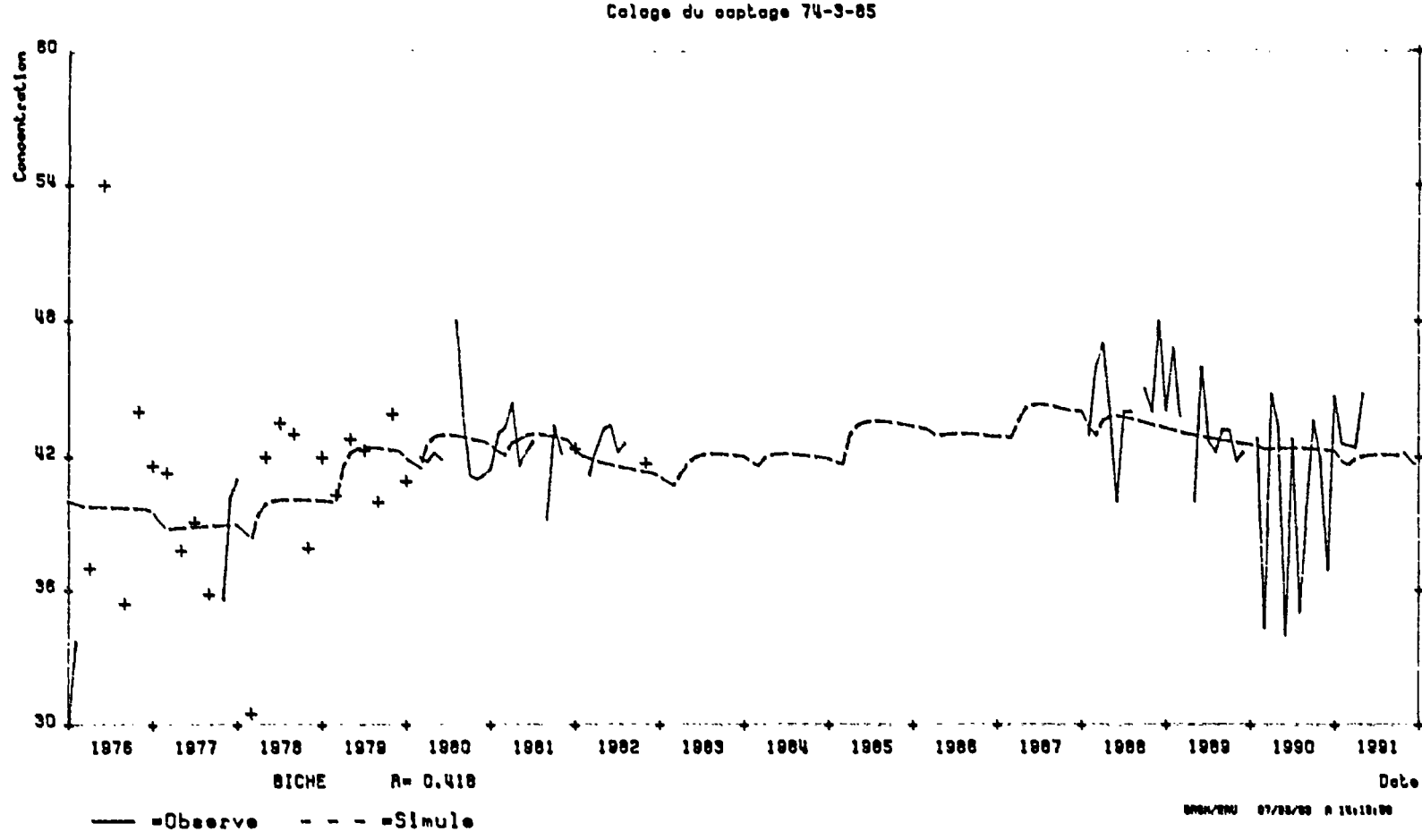


Figure 28

Calage du captage 74-9-85 sans les mesures suspectes

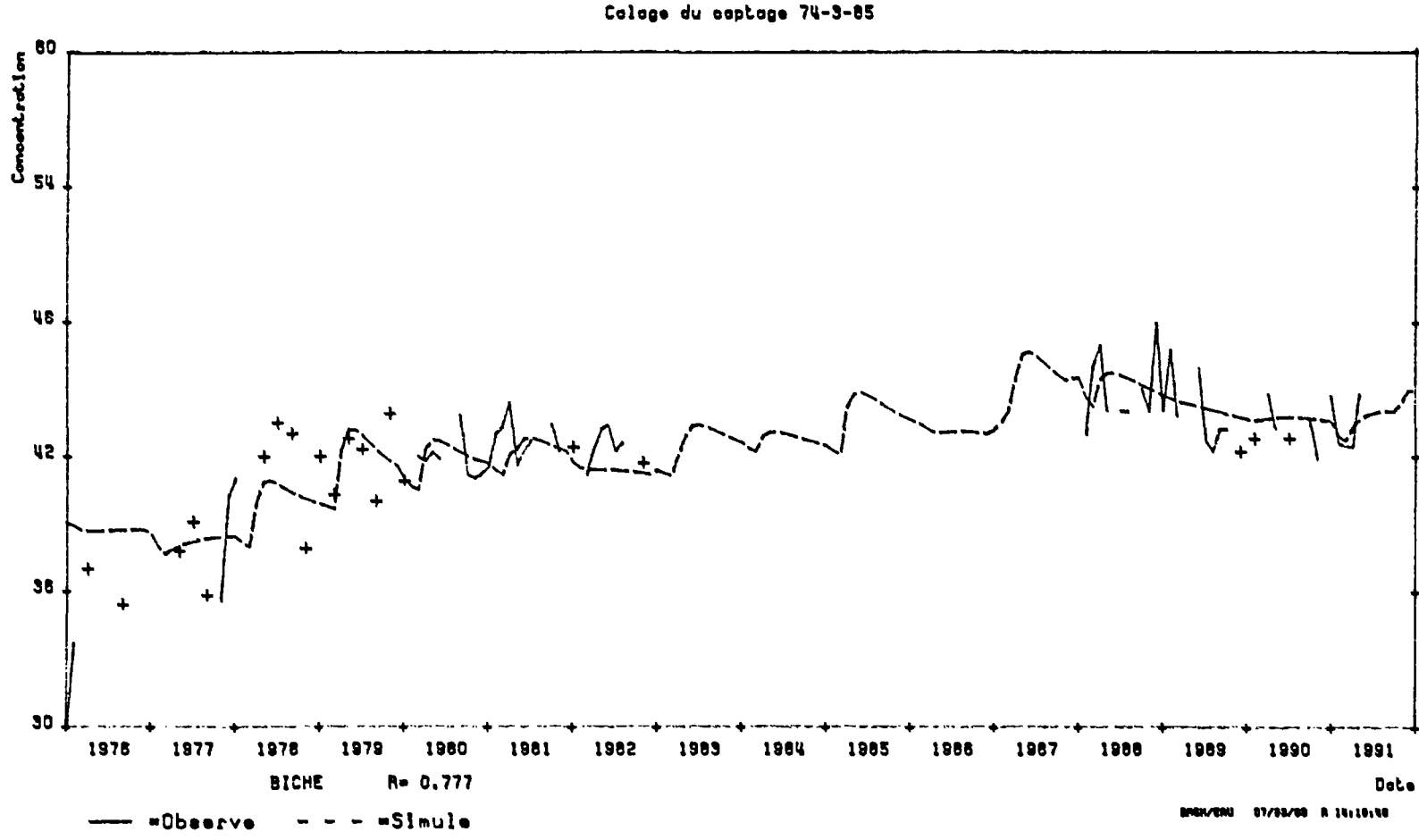


Figure 29

Calage du captage 74-9-86 avec toutes les mesures

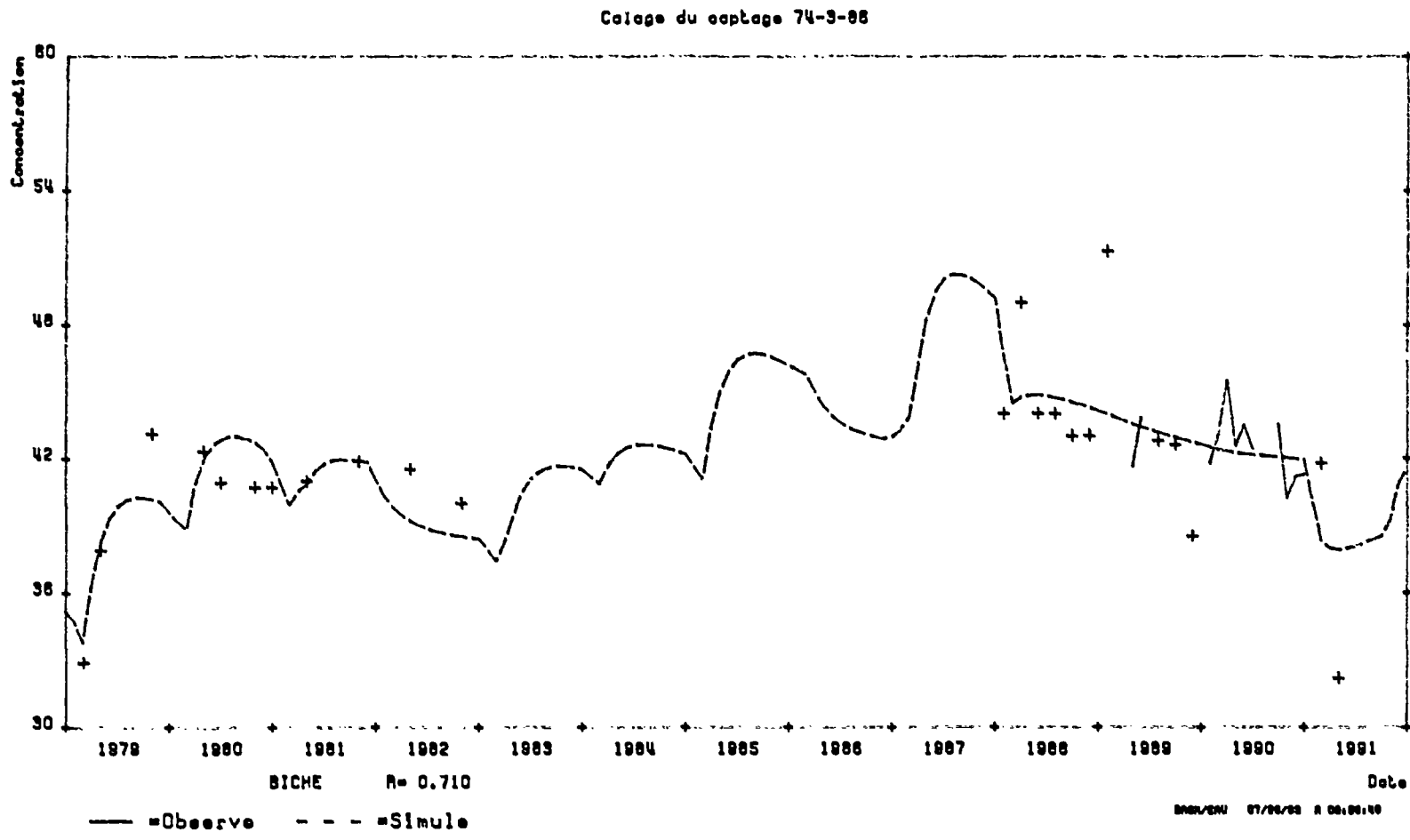
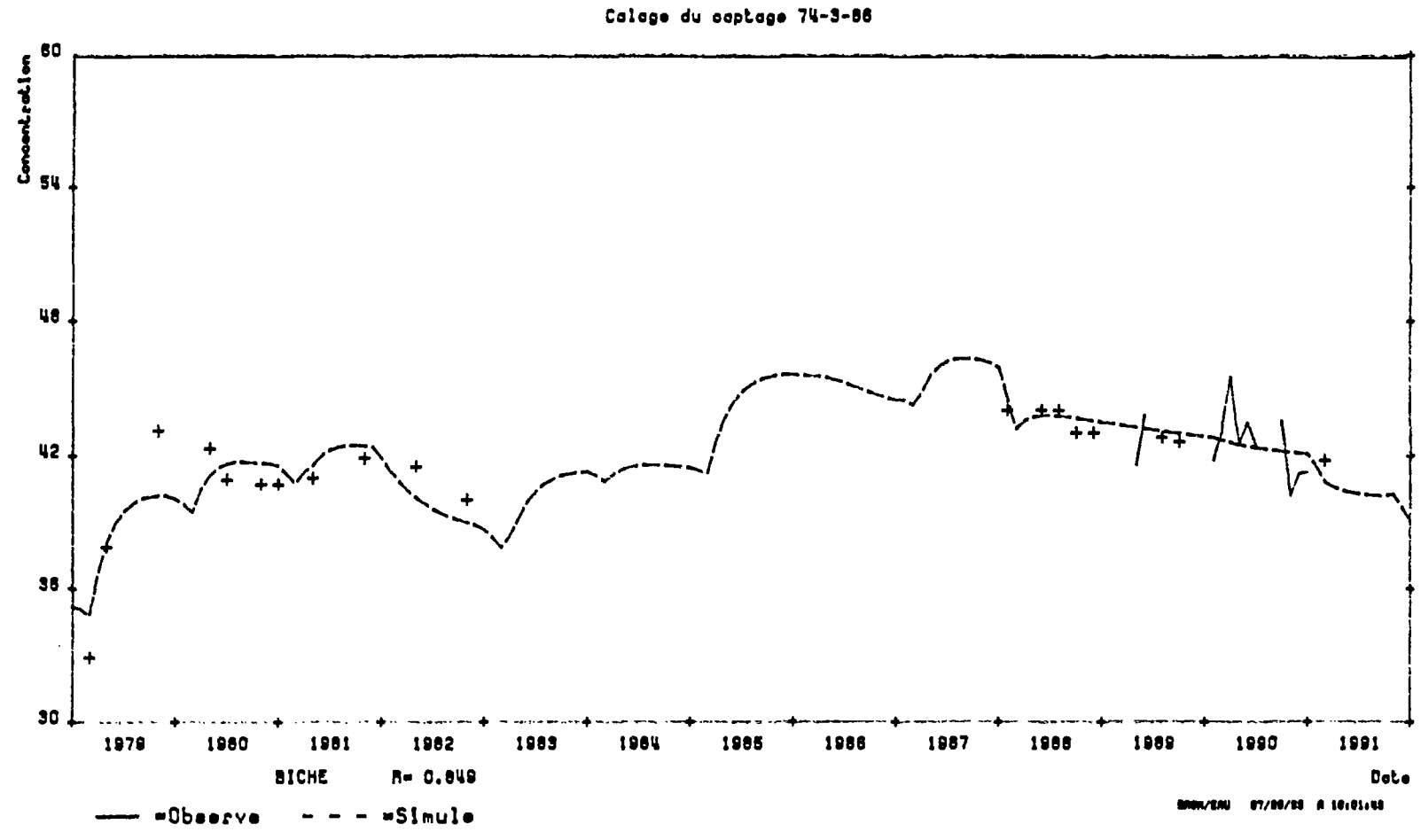


Figure 30

Calage du captage 74-3-86 sans les mesures suspectes



On remarque que les calages concernant l'ouvrage 74-3-86 sont meilleurs mais les mesures sont moins nombreuses.

Les calages effectués sans les valeurs erratiques sont nettement meilleurs puisqu'on obtient des coefficients d'ajustement de 0.7... et 0.8.. et compte tenu des différentes approximations effectuées, on peut considérer ces résultats comme bons.

Le tableau suivant indique pour chacun des ouvrages les paramètres de calage.

Tableau n°4 : calage chimique

N° captage	Coefficient d'ajustement	Temps de mélange dans réservoir (mois)			Coefficient saturation pluie (mg/l)	Temps libération racine (mois)	Eaux liées dans le réservoir (mm)			Coefficient de correction (%)		
		superficiel	intermédiaire	souterrain			superficiel	intermédiaire	souterrain	besoins	épandages	minéralisations
74-3-85	0.77	1.8	0.8	7.9	2000	3.8	1254	3927	5000	29.9	-17.3	-27
74-3-86	0.848	1.5	0.15	6.5	2000	0.15	4999	374	1173	25.5	-4.6	-30

4.2.3 Les simulations

Lorsque les paramètres permettant d'ajuster au mieux les valeurs mesurées et calculées sont obtenus, ceux-ci sont fixés et il devient alors possible de simuler divers scénarios pouvant se dérouler dans l'avenir.

5 simulations ont été pratiquées pour chaque ouvrage jusqu'à l'horizon 2011 (20 ans après la fin des mesures chimiques).

Les divers scénarios consistent à se fixer des contraintes culturales et estimer des séquences climatiques.

Concernant ces dernières, il existe deux possibilités :

- générer une série aléatoire de pluies
- choisir une période que l'on juge suffisamment représentative.

On a vu plus haut que la période 1980-1989 comportaient divers épisodes pluvieux et secs. Cette période reflète donc correctement les diverses situations pouvant survenir dans les prochaines années.

Concernant les pratiques culturales, on a choisi de se placer dans des conditions plutôt pessimistes avec des rotations entre deux seuls types de culture : blé et betterave à sucre.

En réalité, la consultation de l'historique cultural montre d'autres types de cultures moins fertilisées.

Les 5 simulations effectuées sont les suivantes :

- simulation n° 1 : les pratiques culturales actuelles sont conservées :

- fertilisation 200 ha :
 - blé 180 kg N / ha (soit 797 kg NO₃ / ha)
 - betterave à sucre 120 kg N/ha (soit 532 kg NO₃ / ha)
 - rejet par les plantes : 30 unités N (soit 133 kg NO₃ /ha)

Les figures n° 31 et 32 présentent les résultats obtenus pour cette simulation :

Figure 31

Simulation 1

Pratiques culturales actuelles prolongées

Blé : 180 kg d'azote - Betterave : 120 kg d'azote - Pertes : 30 kg d'azote

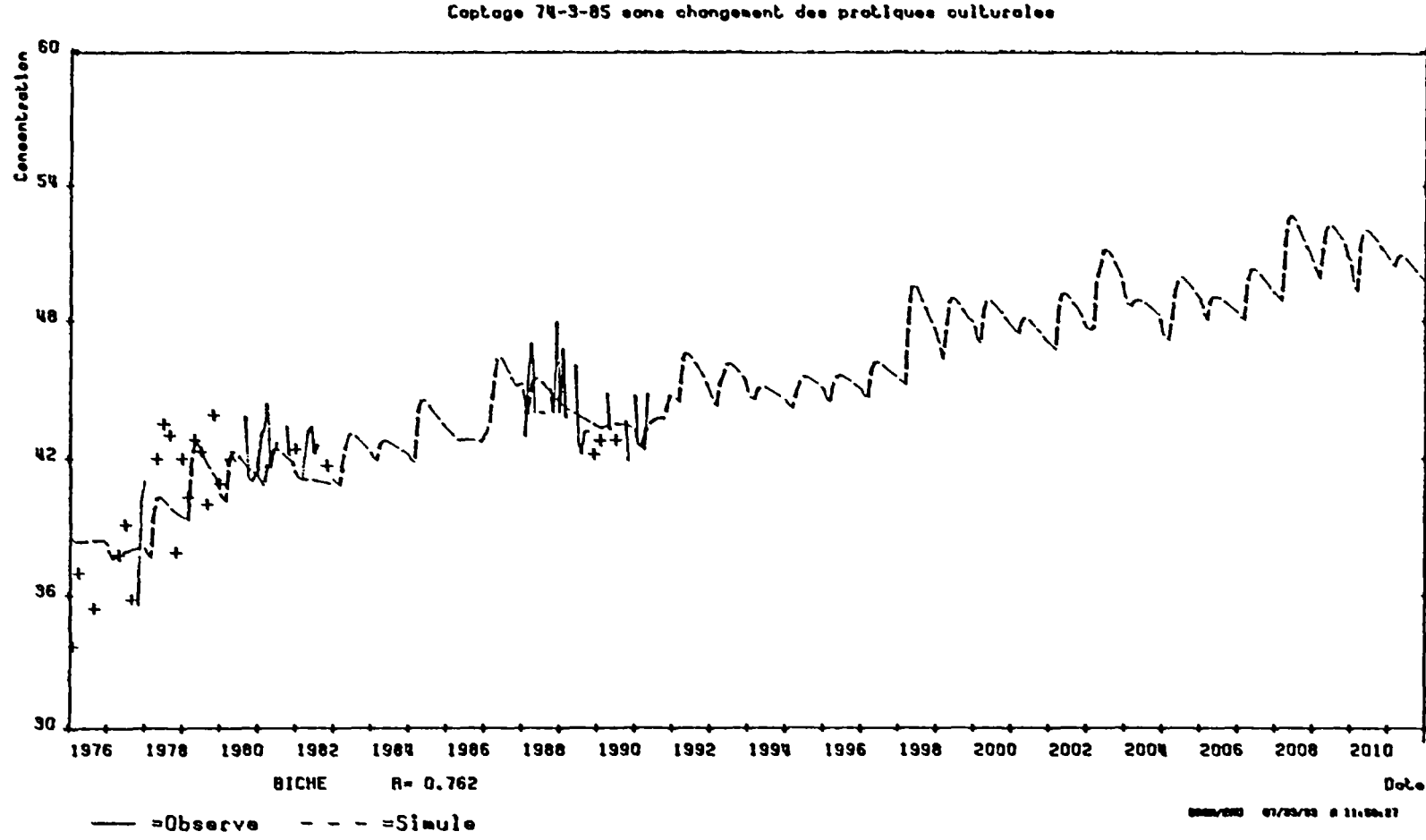
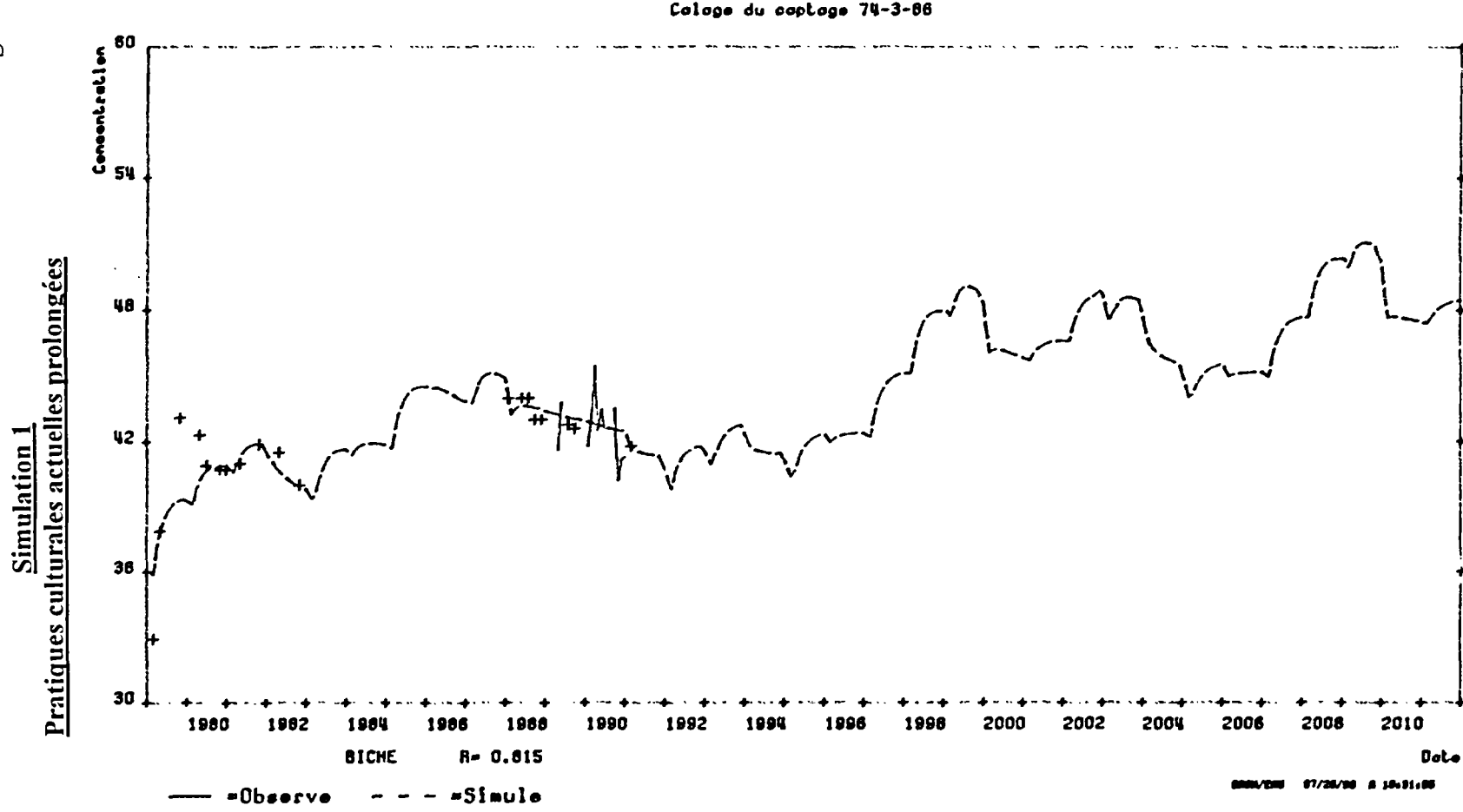


Figure 32



On constate pour l'une et l'autre figure un accroissement constant des concentrations en nitrates.

- simulation n° 2 : les pratiques culturales sont modifiées et l'on diminue les rejets par les plantes de 60 % :

- fertilisation 200 ha : blé 180 kg N / ha (soit 797 kg NO₃ / ha)
 betterave à sucre 120 kg N/ha (soit 532 kg NO₃ / ha)
 rejet par les plantes : 10 unités N (soit 44 kg NO₃ /ha)

Les figures n° 33 et 34 présentent les résultats obtenus pour cette simulation :

Figure 33

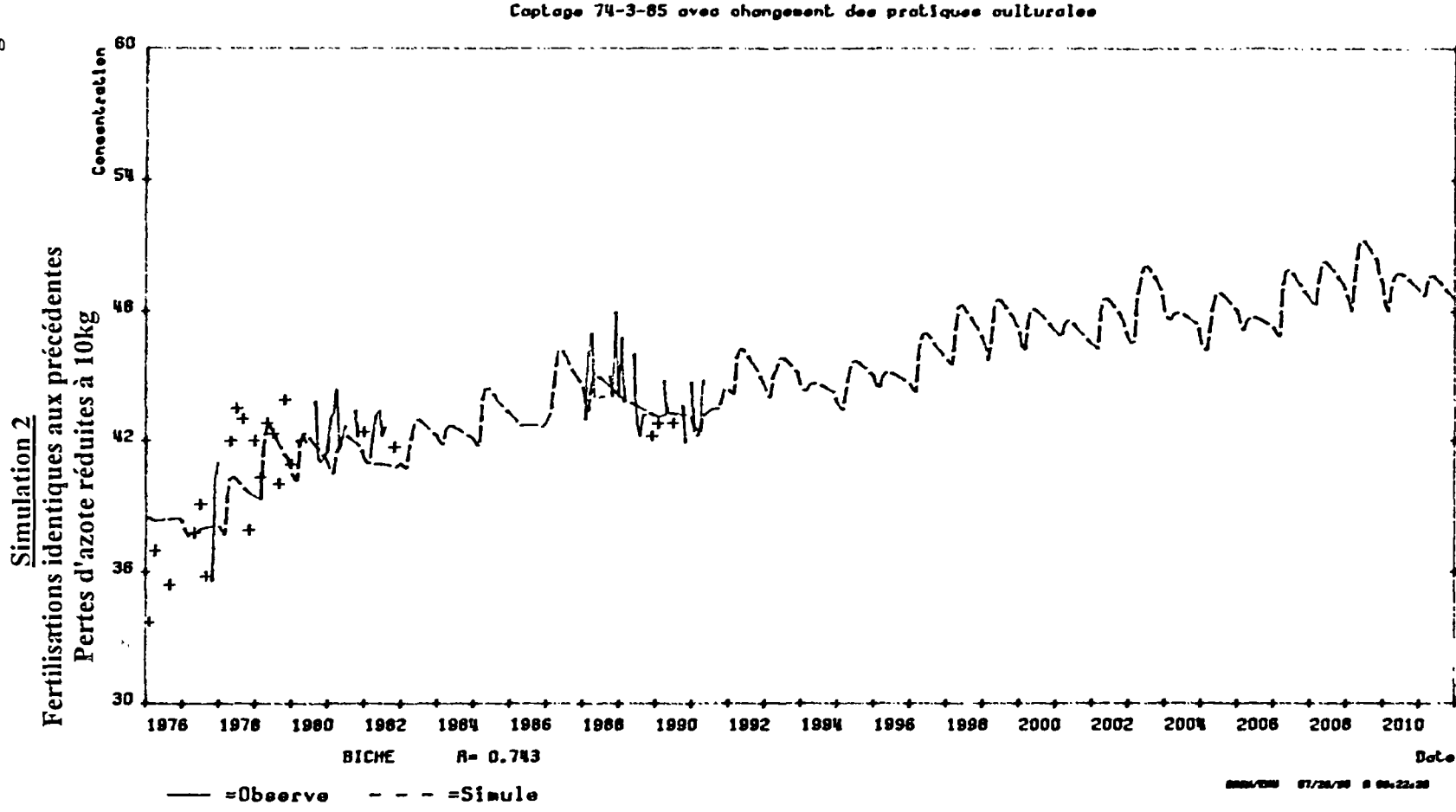
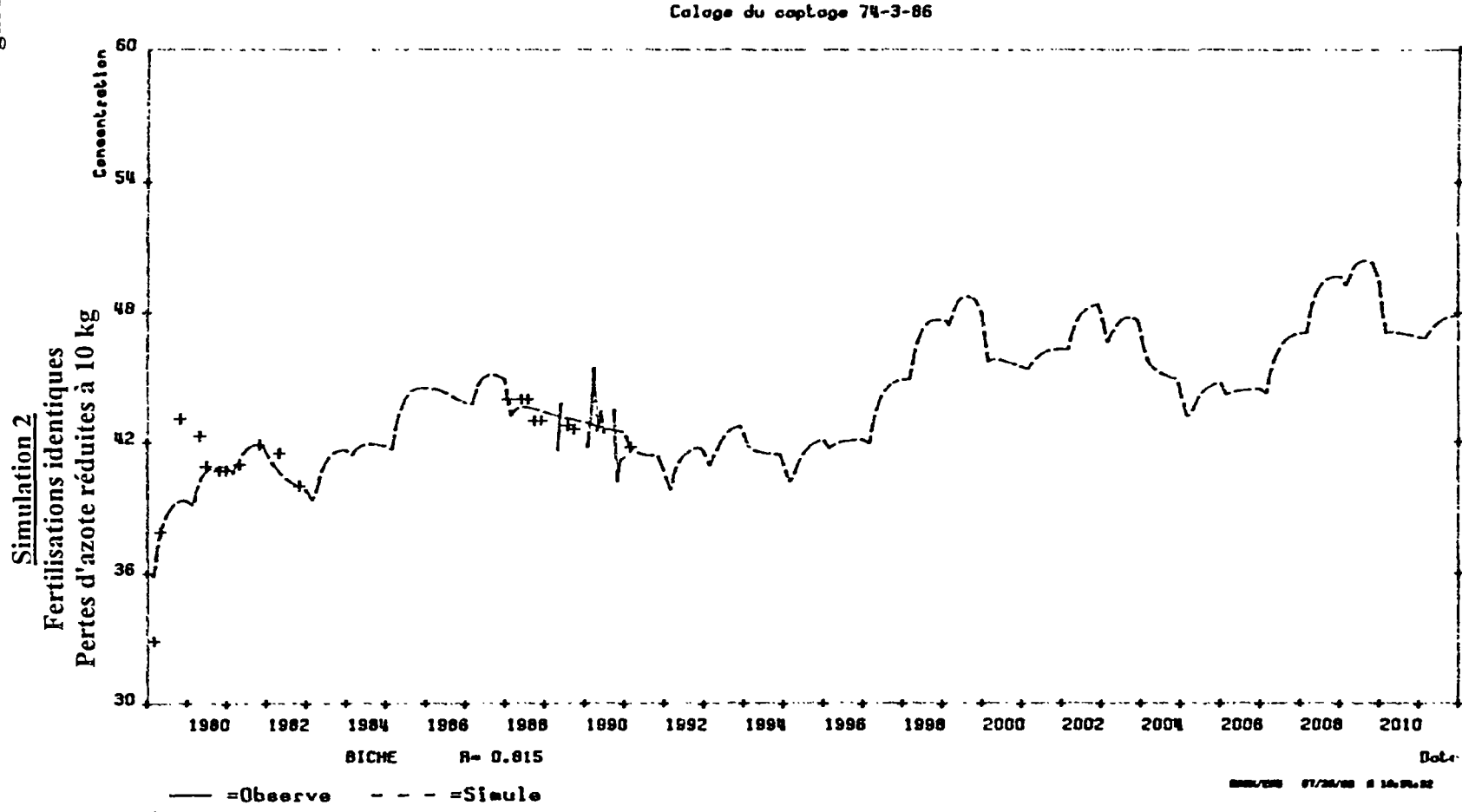


Figure 34



On peut constater un léger gain par rapport à la situation précédente (quelques mg/l en 2011) mais ces figures montrent qu'un changement dans les pratiques culturales, même s'il est positif, n'offre pas des résultats suffisants.

La courbe continue à croître avec une pente plus douce.

- simulation n° 3 : simulation identique à la précédente mais un quart de la superficie cultivée est consacrée à la prairie :

- fertilisation	150 ha :	blé 180 kg N / ha (soit 797 kg NO ₃ / ha) betterave à sucre 120 kg N/ha (soit 532 kg NO ₃ / ha)
	50 ha :	prairies 100 kg N / ha (soit 44 kg NO ₃ / ha) rejet par les plantes : 10 unités N (soit 44 kg NO ₃ /ha)

Lors d'une réunion technique, compte tenu des résultats obtenus concernant les ruissellements et l'érosion des terres, l'Agence de Bassin a déclaré que l'on pouvait compter sur une protection des eaux par achat de 50 hectares de prairie.

Les figures n° 35 et 36 présentent les résultats obtenus pour cette simulation :

Figure 35

Simulation 3
Fertilisations au taux précédent - Pertes réduites à 10 kg d'azote
Création de 50 ha de prairies (fertilisation de 100 kg d'azote)

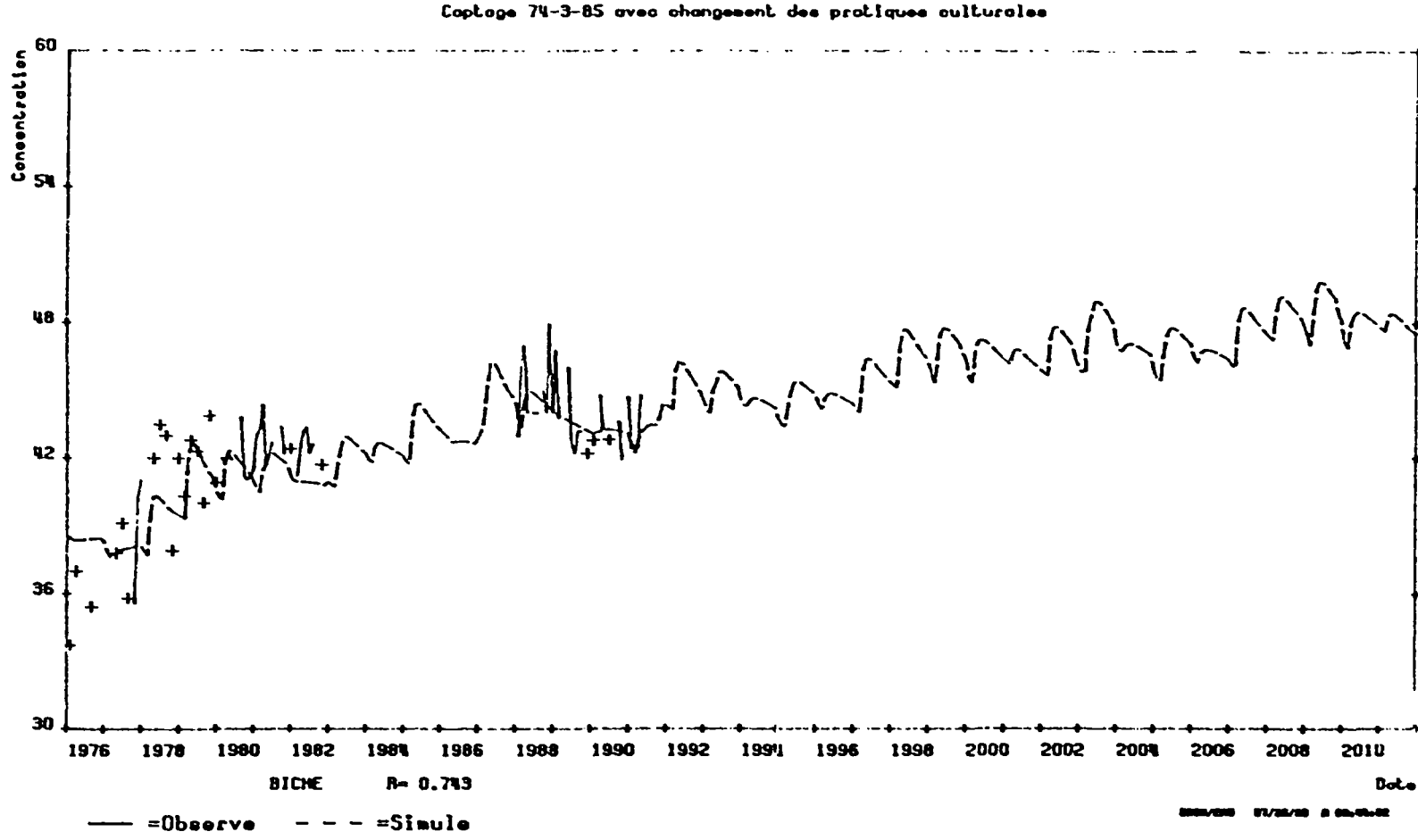
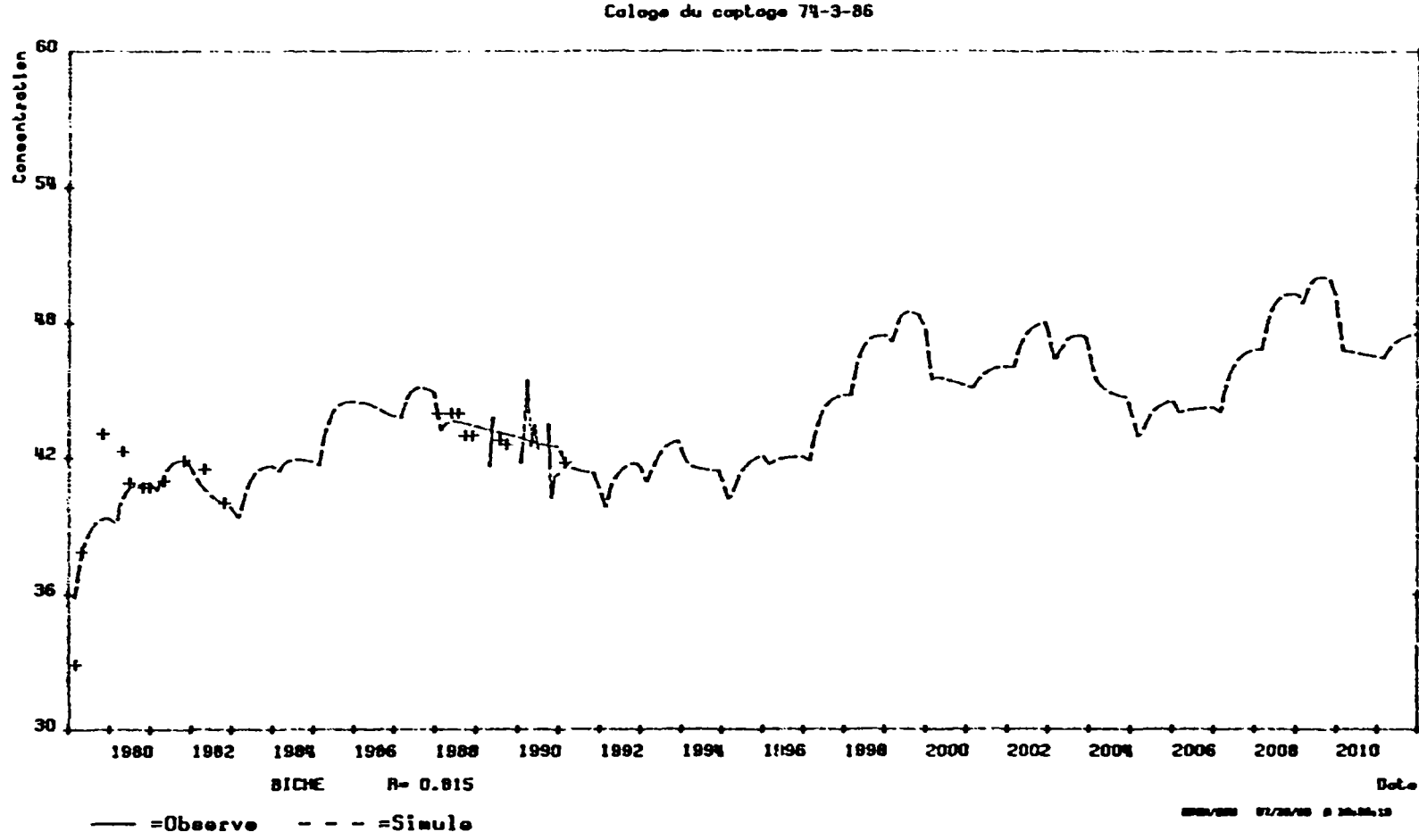


Figure 36

Simulation 3
Fertilisations au taux précédent - Pertes réduites à 10 kg d'azote
Création de 50 ha de prairies (fertilisation de 100 kg d'azote)



Le gain représenté par les 50 ha de prairies est assez faible par rapport à la simulation précédente (quelques mg/l), la fertilisation étant finalement encore assez élevée.

- simulation n° 4 : en réalité, on sait que sur recommandation des Chambres d'Agriculture, la fertilisation sera la suivante dans les prochaines années :

- fertilisation	150 ha :	blé 140 kg N / ha (soit 620 kg NO ₃ / ha)
		betterave à sucre 90 kg N/ha (soit 399 kg NO ₃ / ha)
	50 ha :	prairies 100 kg N / ha (soit 44 kg NO ₃ / ha)
		rejet par les plantes : 10 unités N (soit 44 kg NO ₃ /ha)

Les figures n° 37 et 38 illustrent les résultats obtenus :

Figure 37

Simulation 4

Réduction de la fertilisation = Blé 140 kg d'azote - Betterave 90 kg
 Prairie 50 ha (100 kg d'azote)
 Pertes d'azote 10 kg

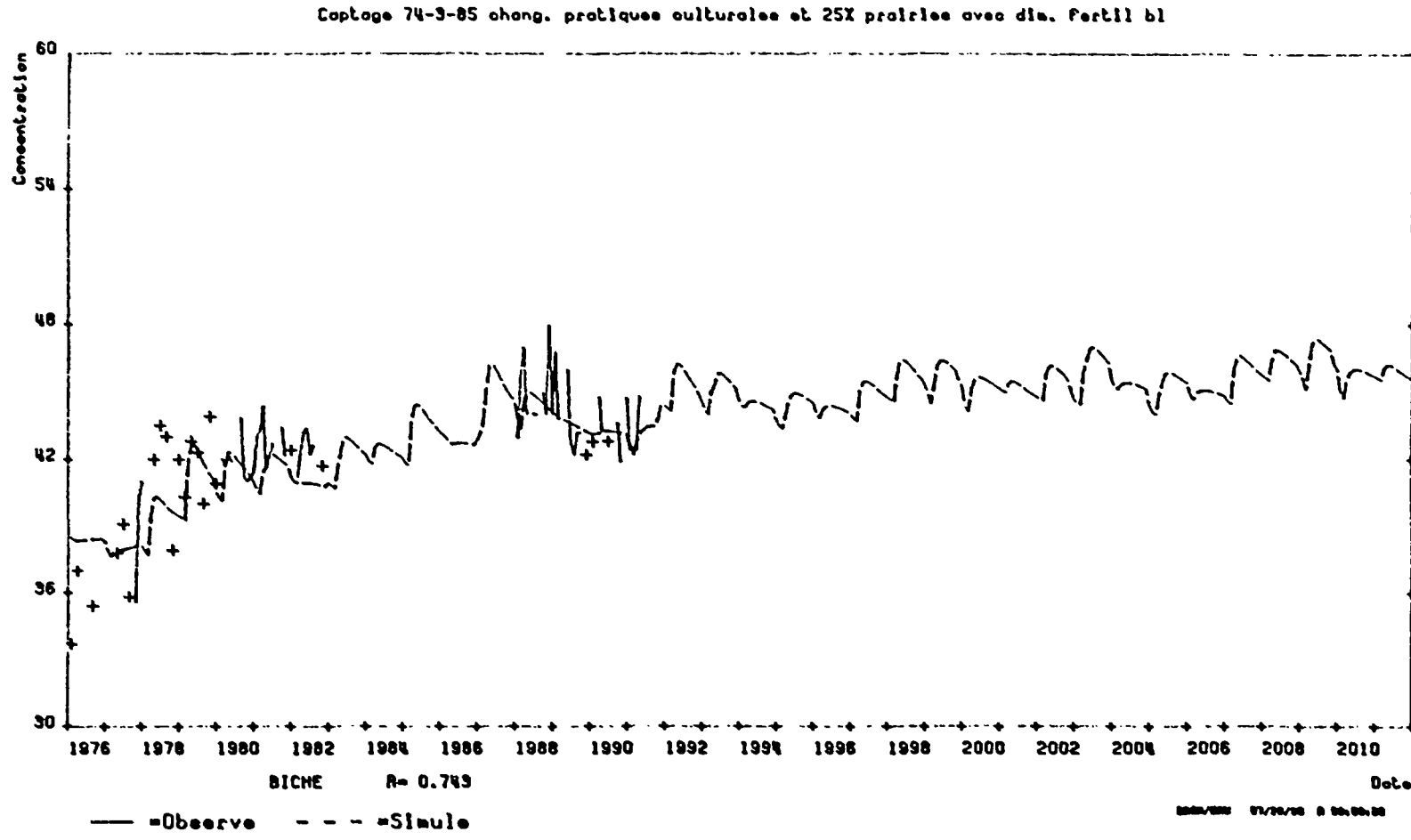
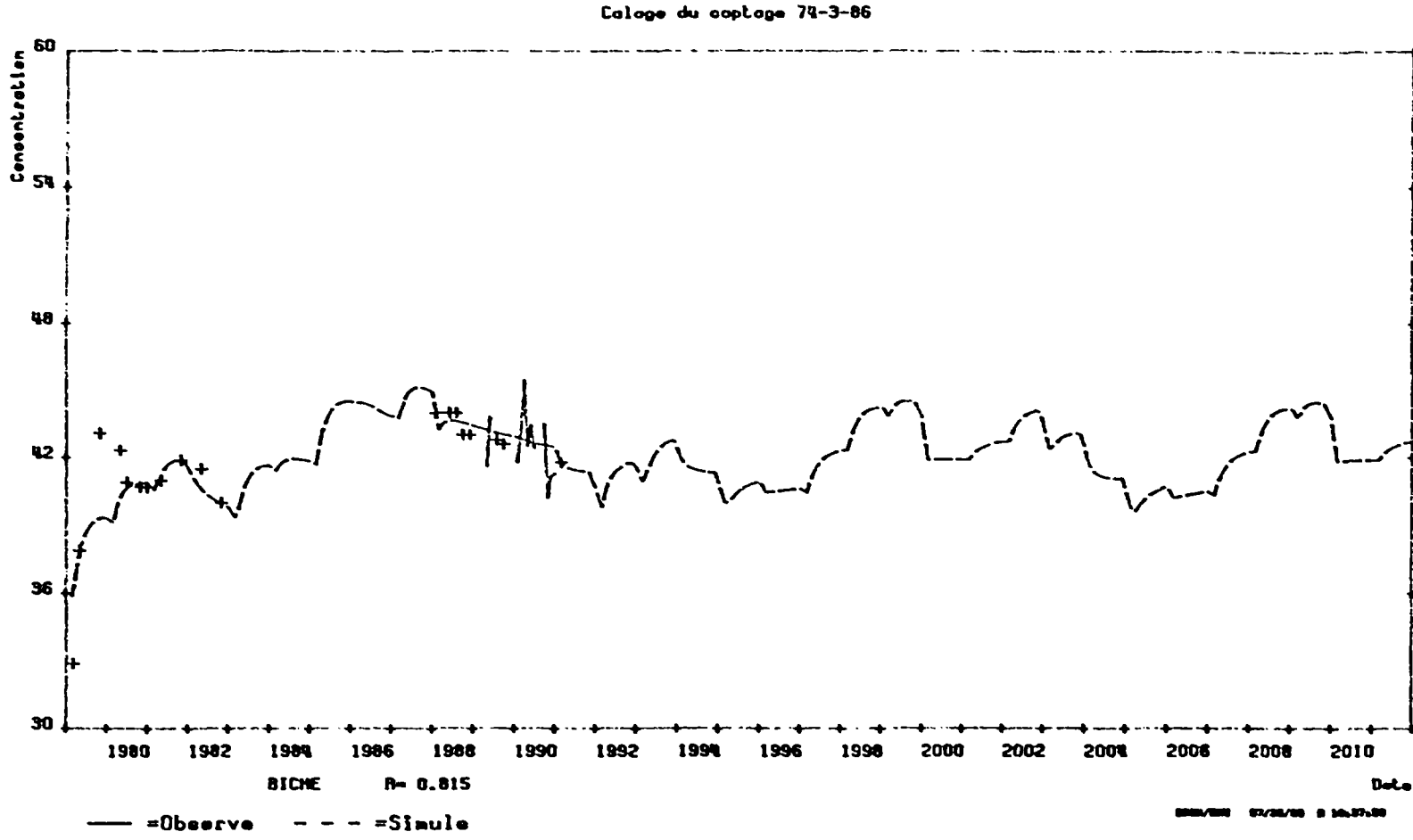


Figure 38

Simulation 4

Réduction de la fertilisation = Blé 140 kg d'azote - Betterave 90 kg
Prairie 50 ha (100 kg d'azote)
Pertes d'azote 10 kg



Ce type de fertilisation amène des résultats positifs puisqu'on note une différence très sensible entre les courbes de concentration. Les courbes ne croissent plus mais restent stables ou décroissent.

- simulation n° 5 : on abaisse l'apport des fertilisants pour la culture du blé à 120 kg N / ha (soit une diminution d'environ 15% sur les apports des prochaines années . (Les betteraves doivent conserver l'apport actuellement pratiqué) :

- fertilisation	150 ha :	blé 120 kg N / ha (soit 532 kg NO ₃ / ha)
		betterave à sucre 90 kg N/ha (soit 399 kg NO ₃ / ha)
	50 ha :	prairies 100 kg N / ha (soit 44 kg NO ₃ / ha)
		rejet par les plantes : 10 unités N (soit 44 kg NO ₃ /ha)

Les figures 39 et 40 montrent encore une légère amélioration par rapport au scénario précédent.

Figure 39

Simulation 5
Réduction de la fertilisation du blé à 120 kg
50 ha de prairies
Perturbations d'azote réduites à 10 kg

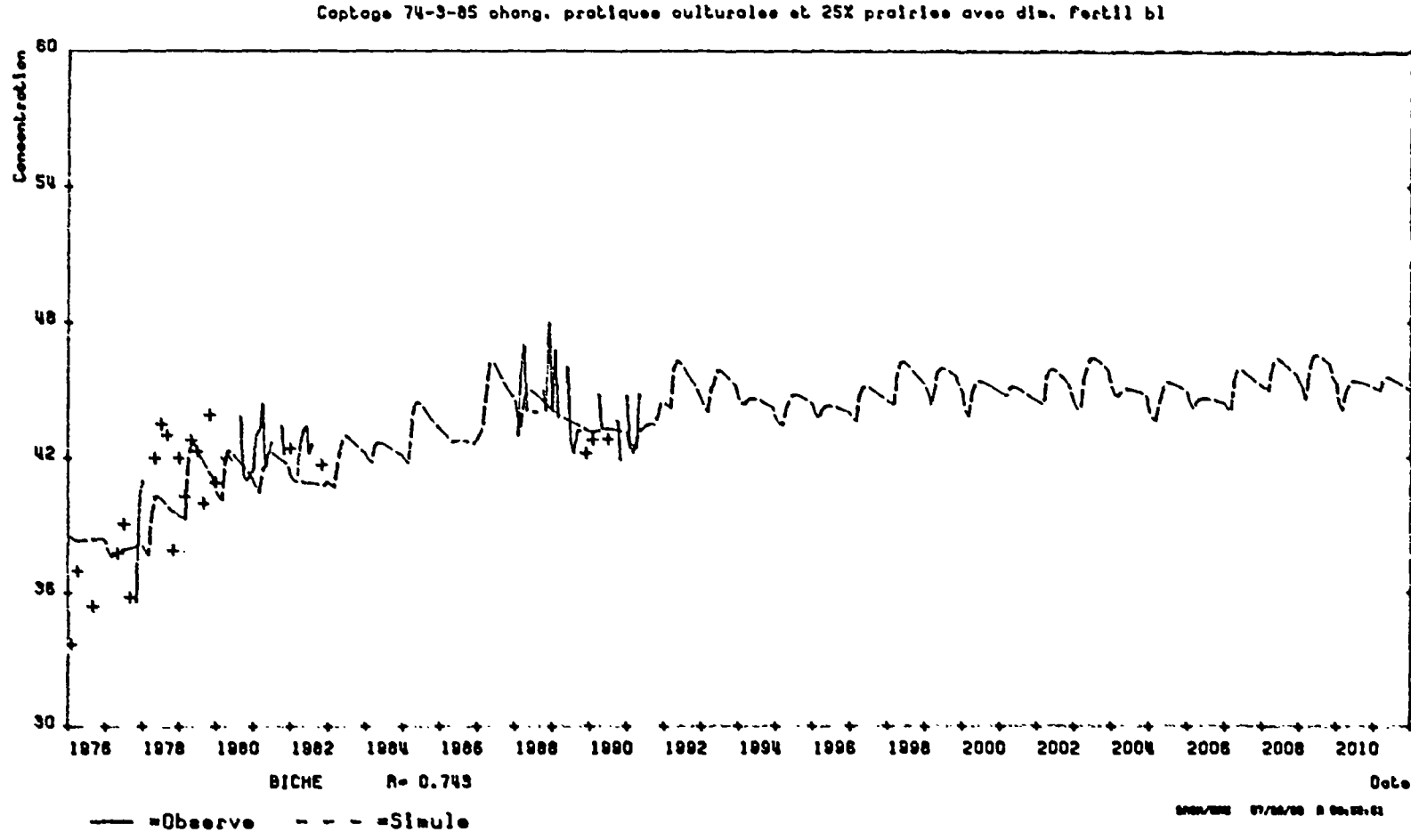
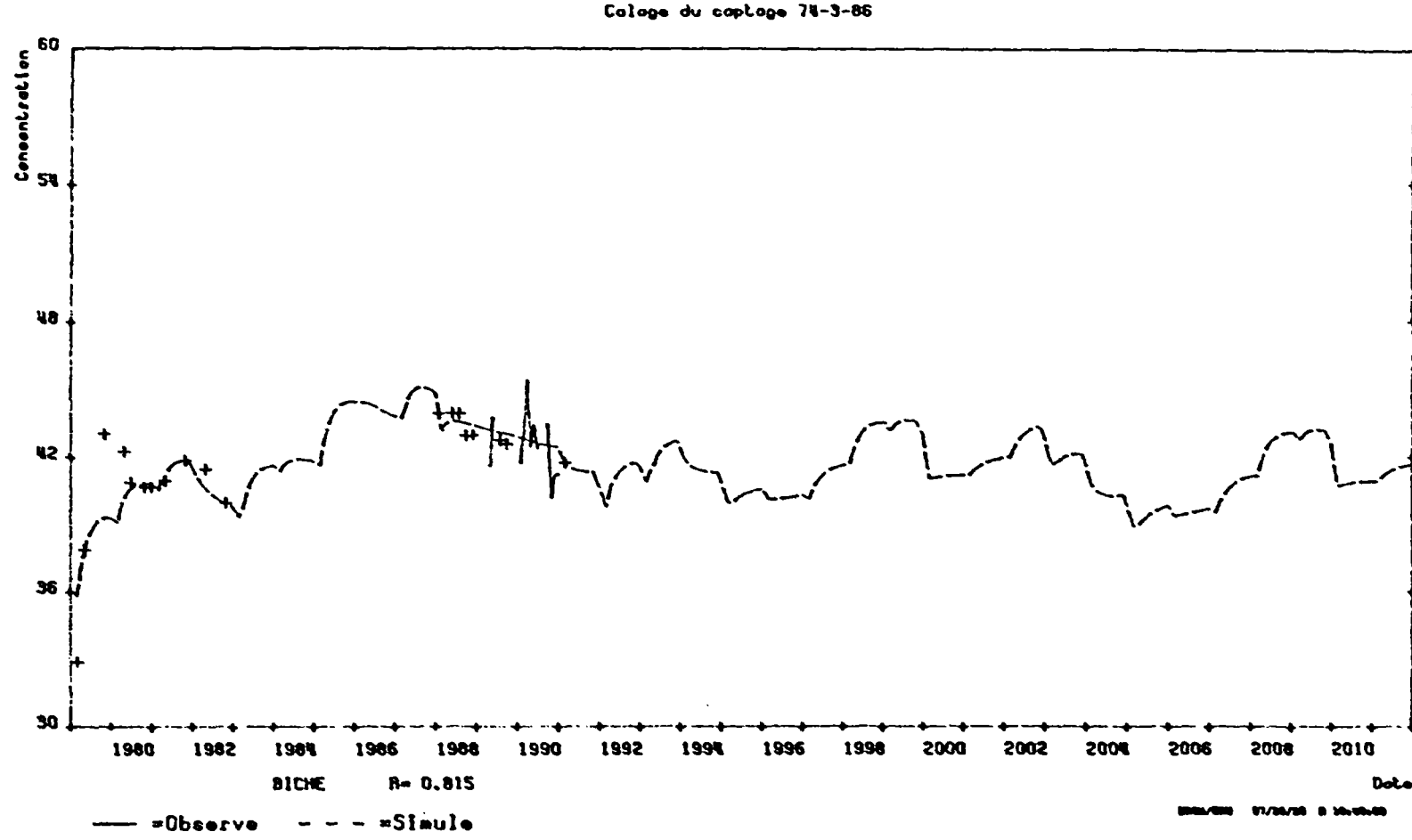


Figure 40

Simulation 5
Réduction de la fertilisation du blé à 120 kg
50 ha de prairies
Pertes d'azote réduite à 10 kg



On résume les simulations en prenant en compte la valeur calculée par le modèle en 2011, sachant que la valeur moyenne de la série sera supérieure de 2 à 3 mg/l.

Simulation		Sens de la pente de la courbe moyenne	Valeur en 2011	
			85	86
①	Pratiques actuelles	croissant	50	48
②	Pertes réduites à 10 kg	croissant	48,5	48
③	50 ha de prairie	croissant	< 48	< 48
④	Réduction fertilisation Blé 140, Betteraves 90	Réduction de la croissance à pente nulle	46	43
⑤	Réduction fertilisation blé à 120	pente nulle	45	42

4 - 3 COMMENTAIRES ET APPLICATION A LA CLINARDERIE

Les figures 41 et 42 qui représentent simultanément les simulations 1 et 5 montrent que les mesures prises, réduction de la fertilisation du blé à 120 kg, de la betterave à 90, le retour à la prairie de 50 hectares (25% du bassin) et la réduction des pertes d'azote à 10 kg, se font sentir très rapidement dans un délai de l'ordre de 2 ans ; les courbes ne croissent plus. Donc, la réaction est très rapide. Mais par ailleurs, la diminution du taux est lente parce que, comme nous l'avons vu dans le chapitre 3, il faut attendre le tarissement de la réserve en nitrates de l'aquifère. Nous n'avons pas prolongé nos simulations dans le temps au-delà de 2011 parce qu'il est toujours hasardeux de prévoir très loin dans le temps ; mais si on était certain que l'état prévu se prolongeait, la poursuite des simulations montrerait l'inversion des courbes.

Figure 41

Comparaison des simulations 1 et 5

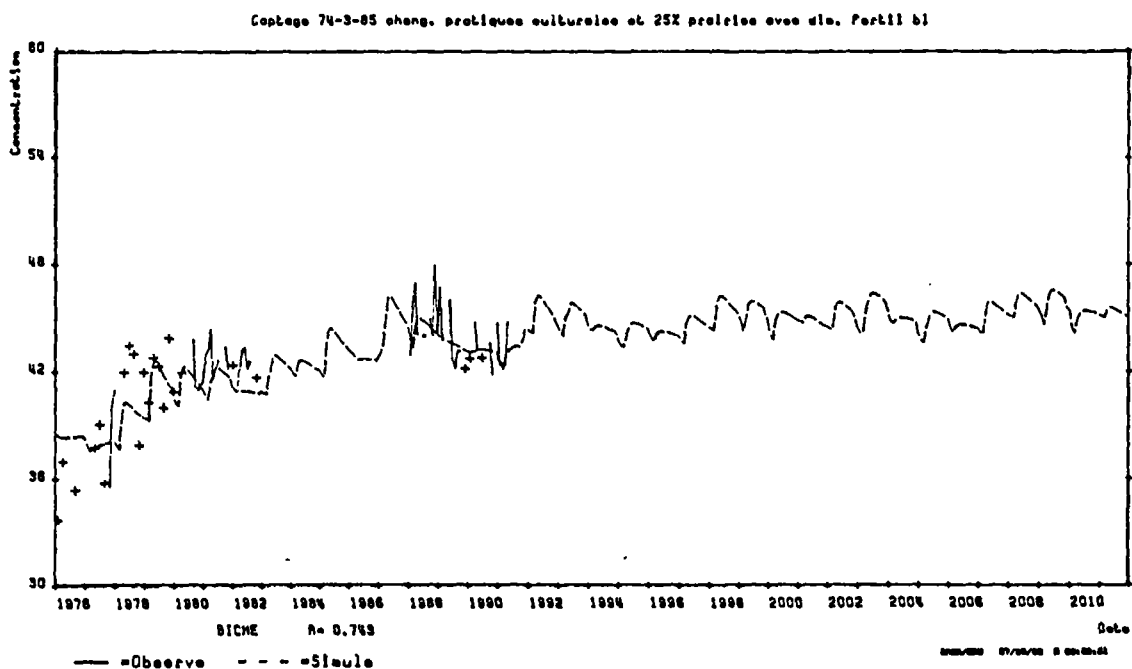
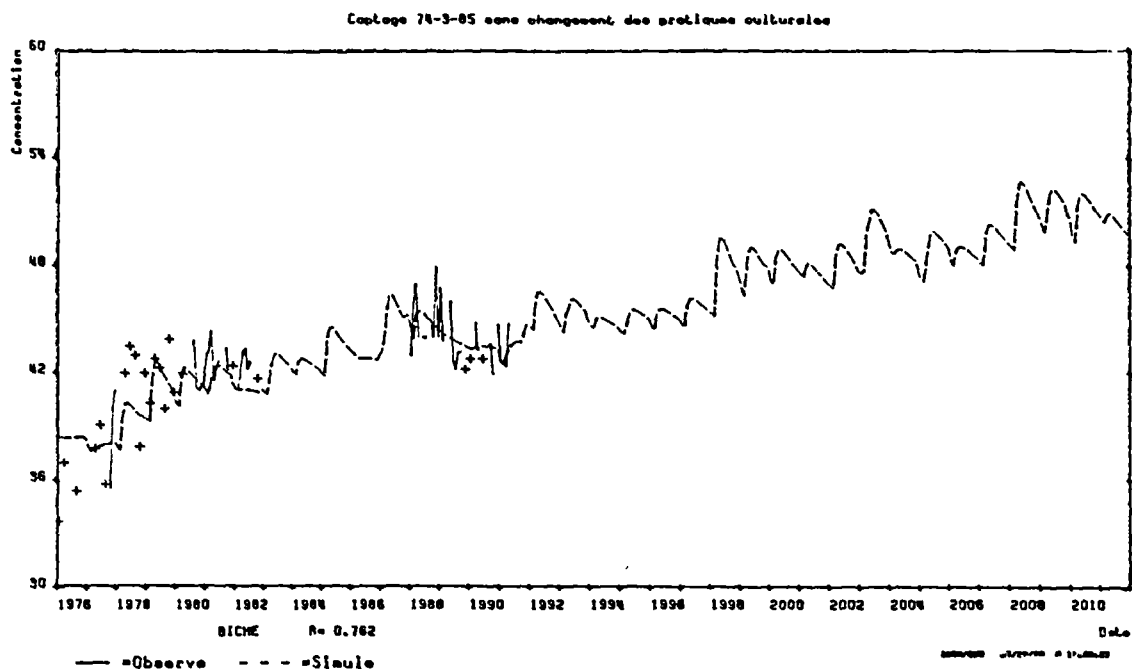
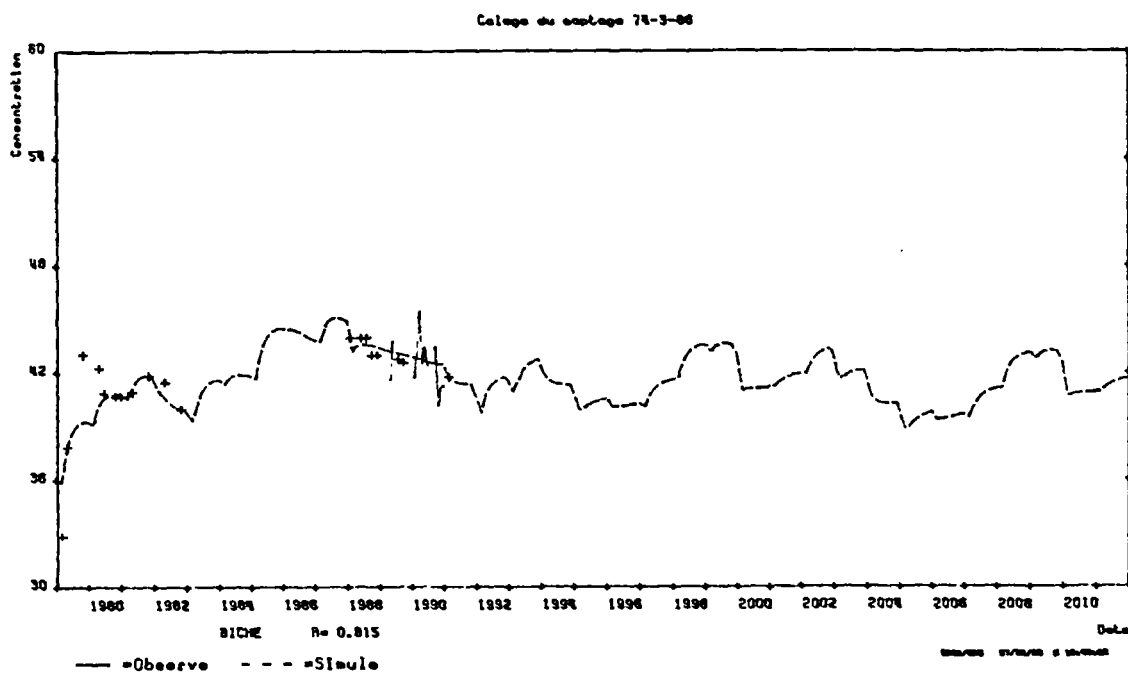
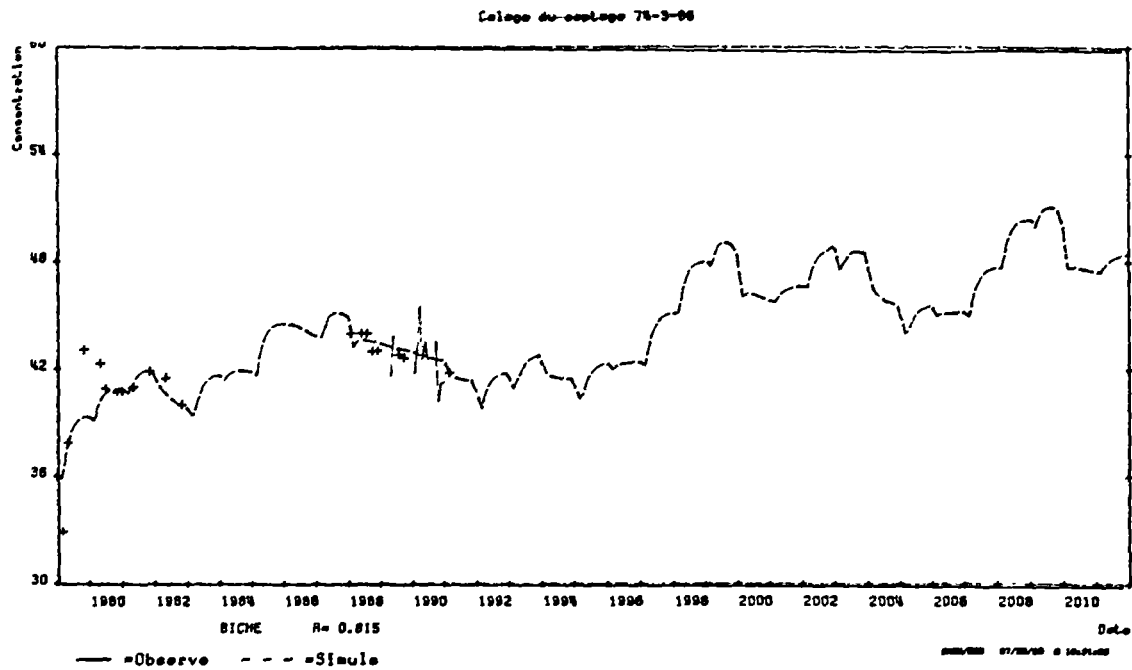


Figure 42

Comparaison des simulations 1 et 5



Sur les figures 44 et 45, on a fait figurer les courbes moyennes d'évolution des nitrates des 2 captages d'AEP, courbes que l'on translate pour représenter l'évolution la source de la Clinarderie (Figure 43).

Les prévisions pour cette source sont établies d'après chaque captage.

	Montivilliers 74-3-88	Criquetot 74-3-86	Clinarderie
- teneur 1991	46	43	50
- teneur 2011 (conservation pratiques culturales)	51	50	56-57
- teneur 2011 (pratiques culturales corrigées)	46	41	48-50

Ces résultats "moyennés" montrent bien qu'en valeur absolue, ils peuvent paraître faibles, que la modification des pratiques culturales aboutit à renverser d'une façon irréversible les courbes d'évolution des teneurs en nitrates des captages.

A partir de ce moment, la maîtrise des cultures aboutira à assurer la sécurité de la qualité de la nappe.

A noter en dernier point que la succession des cultures prises en compte est une alternance de blés et betteraves, que l'on a tenu compte d'une fertilisation des prairies à 100 unités d'azote à l'hectare ; les résultats sont donc plutôt pessimistes.

"L'enjeu en vaut la chandelle" parce que le bassin de la Clinarderie est le seul site qui puisse apporter une ressource en eau à la ville de Montivilliers.

L'exploitation de cette ressource n'est pas une réalisation proche. Il faut auparavant définir avec une recherche les modes de captage. Il faut mettre en place les systèmes de protection contre les ruissellements, et fournir aux agriculteurs les techniques de pratiques culturales adéquates et acquérir les zones de protection.

Dès que les premiers éléments seront mis en place, on passera à la phase de reconnaissance hydrogéologique du site et à la conception des ouvrages.

Figure 43

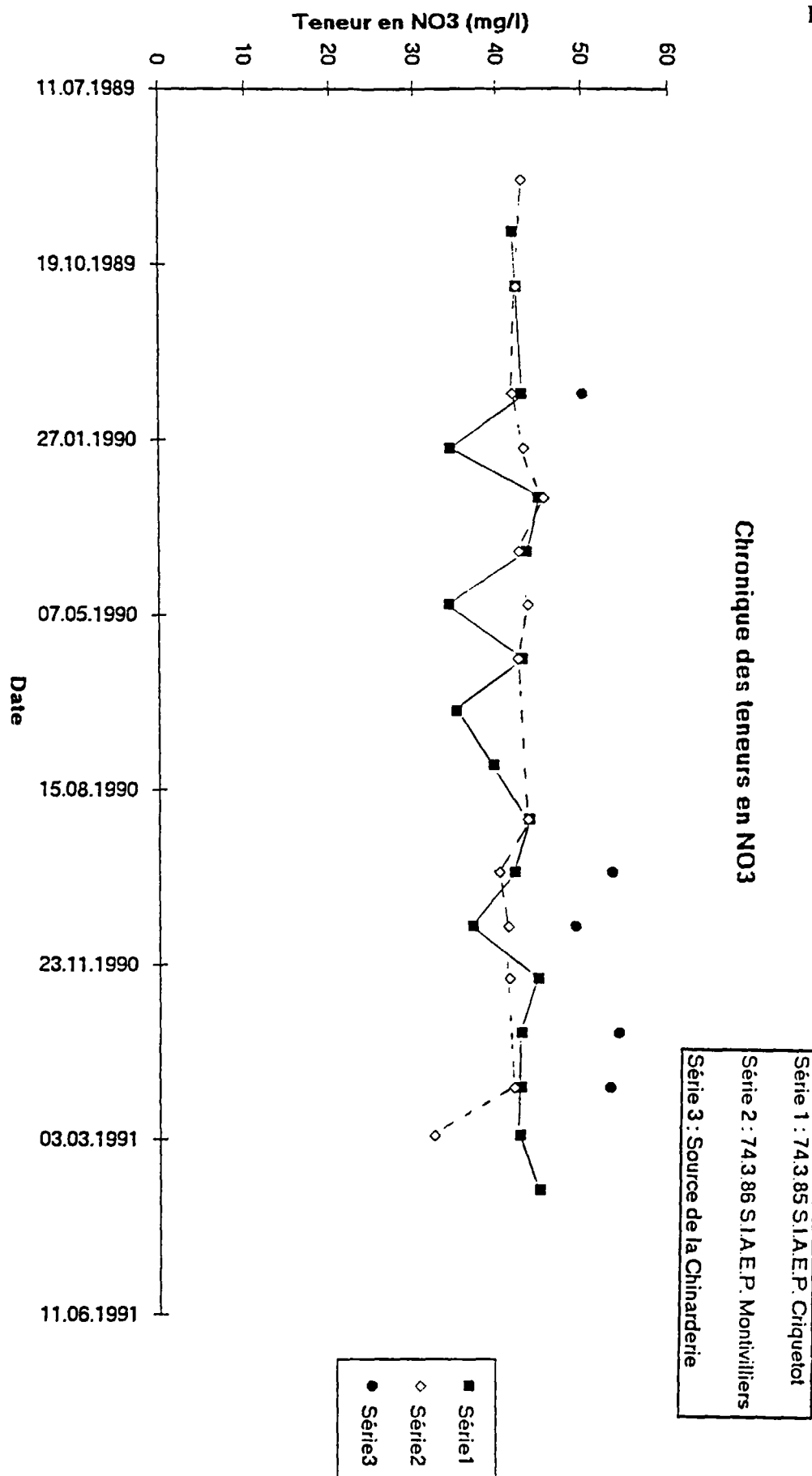


Figure 44

Application à la source de la Clinarderie

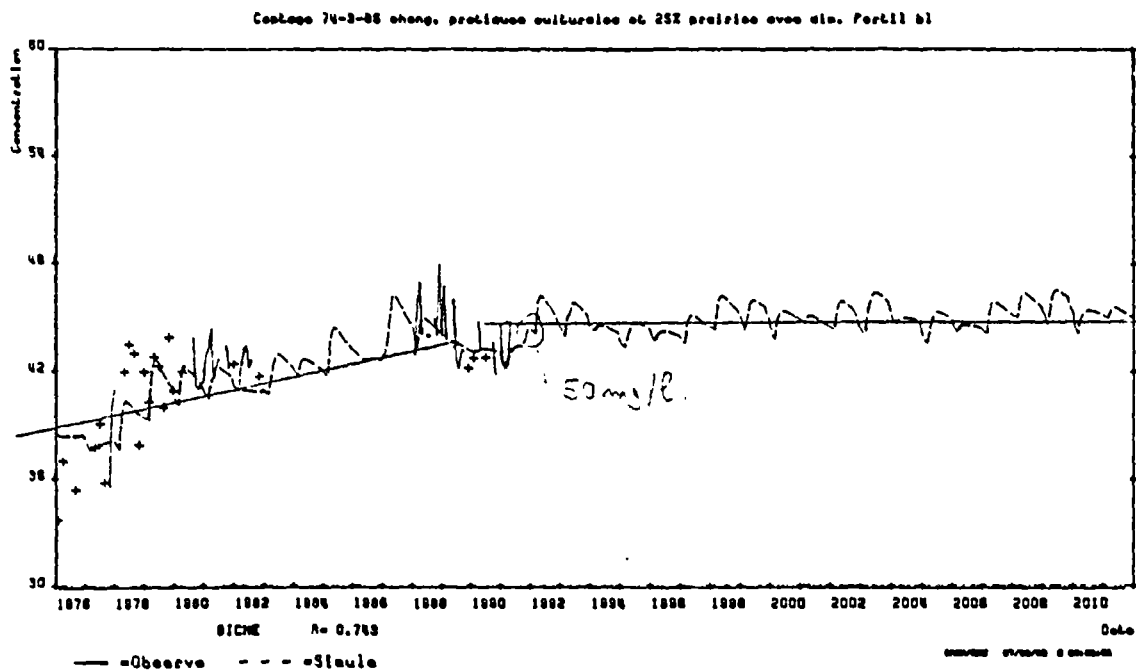
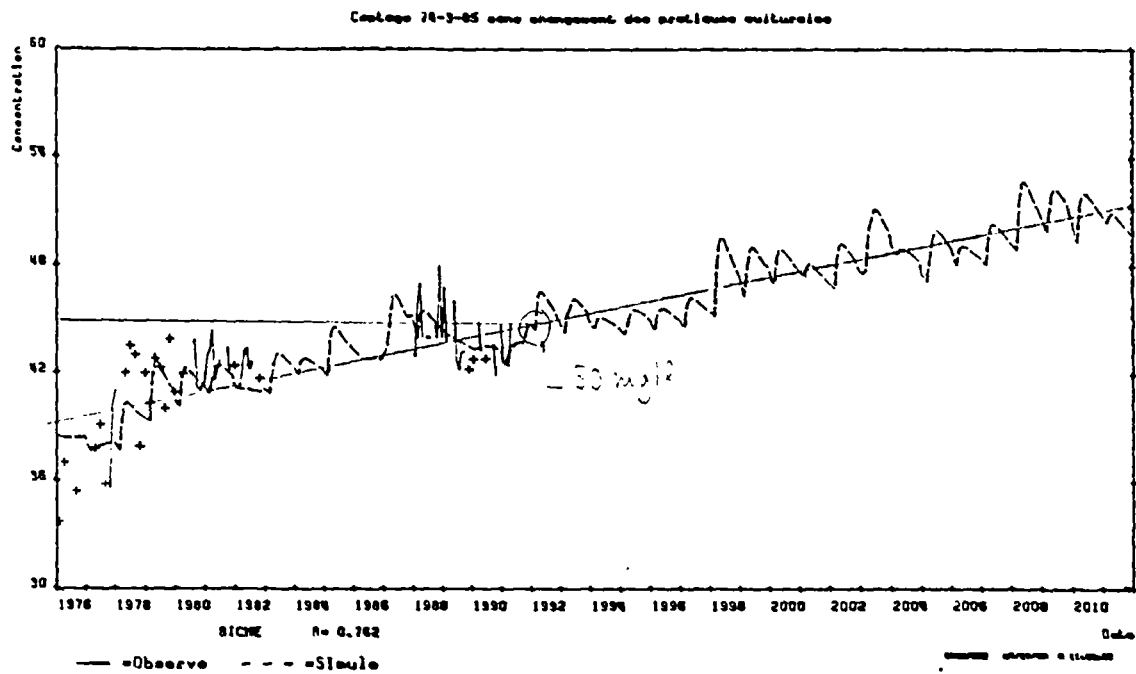
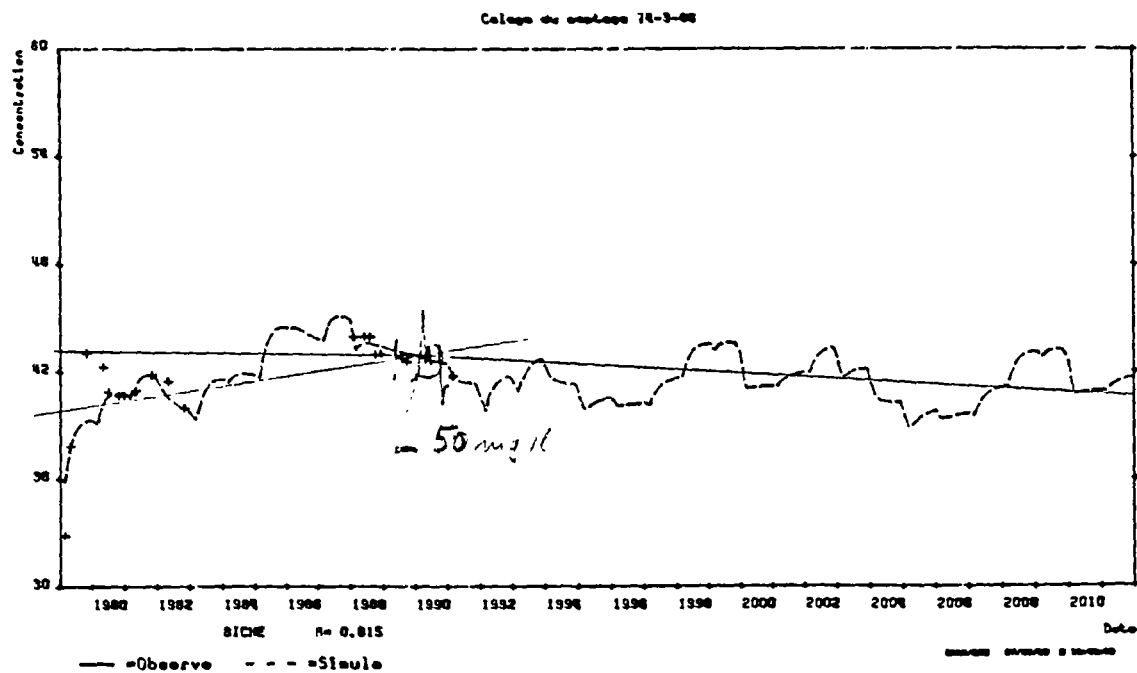
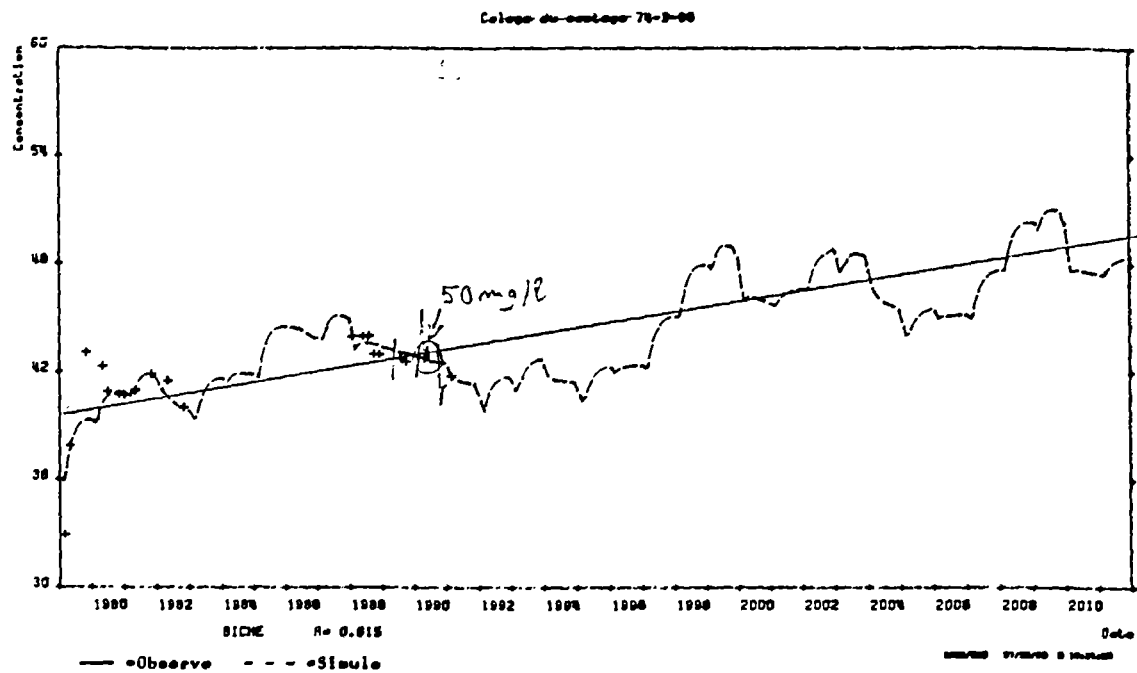


Figure 45

Application à la source de la Clinarderie



CONCLUSIONS GENERALES

Il s'agit d'une étude pilote destinée à montrer l'influence de bonnes pratiques culturales sur la restauration de la qualité de la nappe d'eau souterraine. Elle a été appliquée au bassin de la Clinarderie, seule unité hydrogéologique pouvant apporter une ressource en eau à la ville de Montivilliers.

L'étude a pour but de définir les mesures agricoles à prendre pour éviter la pollution de la nappe par les nitrates et les phénomènes de ruissellement.

L'enquête hydraulique a mis en évidence les zones sensibles à l'érosion, les phénomènes de ruissellement et défini les mesures de protection à mettre en place.

Un sondage profond de 70 m sur une parcelle au coin NW du bassin a montré des concentrations importantes en nitrates de l'eau du milieu non saturé, des vitesses différentes de propagation de ce flux, et une rémanence assez longue de cette pollution.

Une application du modèle BICHE (modèle global bilan chimique) sur 2 captages d'AEP situés à proximité dans un bassin versant équivalent, montre les phénomènes suivants :

- la poursuite des pratiques culturales actuelles conduit à augmenter les concentrations à raison de 0,5 mg/l/an.

- une meilleure rotation des cultures, une fertilisation de 120 à 140 unités d'azote sur les blés, de 90 unités sur les betteraves, la transformation en prairie naturelle de 25% du bassin (50 hectares environ) induit l'arrêt de la progression des nitrates et leur stabilisation en quelques années (moins de 5 ans), puis leur réduction ; cette dernière sera lente du fait des volumes emmagasinés.

Il faut noter que l'on a pris en compte une fertilisation de 100 unités d'azote sur les prairies. Or, dans beaucoup de cas cette fertilisation sur des prés de fauche ou d'utilisation extensive est nulle ou du moins beaucoup plus faible. D'autre part, on a simulé des successions de cultures betteraves/blé. On présente donc des résultats plutôt pessimistes. De ce fait, la stabilisation et la réduction des concentrations seront probablement plus rapides ; mais par contre, la durée pour ramener le taux à 20 ou 25 mg/l sera longue.

Donc l'objectif de ramener la teneur de la nappe à un taux acceptable sous la consommation maximale est possible. L'exploitation de la ressource est envisageable dès la stabilisation de la teneur en nitrates.

Le premier objectif est de conseiller efficacement, convaincre les agriculteurs et contrôler les pratiques culturales.

Simultanément, la ville de Montivilliers cherchera à acquérir au titre de la protection de la ressource une cinquantaine d'hectares pour faire de la prairie ; cette acquisition se déroulera dans le temps.

On pourra commencer les travaux de reconnaissance hydrogéologique (géophysique, sondages de reconnaissance et test de la nappe) dans un délai assez bref.

ANNEXES

ANNEXE 1

PLUVIOMETRIE ENREGISTREE A GODERVILLE (76) ENTRE 1960 ET 1991

PLUIES MENSUELLES EN MM A GODERVILLE (76) DE 1960 A 1991										UNITE=mm		
87	81	96	26	55	72	89	174	147	203	169	156	1960
165	92	11	62	22	31	71	35	60	164	123	122	1961
157	38	73	75	53	7	67	78	94	60	190	102	1962
15	17	101	68	59	112	24	187	95	67	205	29	1963
29	74	86	61	43	113	61	40	47	139	108	152	1964
173	7	101	42	50	51	72	91	160	25	133	286	1965
95	84	34	108	53	72	138	45	18	166	174	203	1966
45	82	70	29	103	39	32	48	118	163	155	195	1967
113	122	37	82	76	39	80	113	88	58	43	47	1968
71	76	79	55	107	57	139	89	23	10	148	73	1969
112	158	91	109	82	68	64	74	65	17	152	66	1970
86	49	31	35	50	114	56	70	33	18	153	13	1971
55	52	45	78	73	40	102	43	89	40	190	41	1972
51	81	18	66	105	35	53	44	109	88	106	84	1973
68	110	57	17	40	91	43	82	230	240	157	92	1974
123	34	155	84	49	23	63	90	146	36	131	53	1975
39	56	33	8	30	5	50	27	136	152	116	142	1976
119	93	64	57	88	36	27	64	46	79	233	81	1977
112	74	129	87	45	75	155	13	44	23	21	163	1978
53	106	149	86	106	56	22	118	36	65	200	184	1979
74	101	126	16	56	147	218	52	69	186	92	110	1980
103	53	106	60	148	79	46	19	123	206	83	195	1981
80	33	70	42	69	122	36	114	47	207	154	201	1982
90	58	85	108	116	70	29	51	105	116	78	83	1983
244	70	76	13	110	26	41	38	205	79	133	68	1984
76	27	131	60	71	83	60	87	26	28	132	68	1985
132	12	145	84	41	51	41	109	56	139	118	156	1986
38	97	72	47	63	108	108	76	64	192	148	43	1987
233	102	144	45	82	15	79	57	78	117	71	95	1988
50	115	91	78	38	68	24	25	84	65	132	82	1989
119	167	14	75	10	84	19	46	69	139	140	154	1990
127	52	64	61	35	108	138	175	104	87	166	59	1991

ANNEXE 2

**Annexe 2a : Températures moyennes enregistrées à
Goderville (76) entre 1960 et 1991**

**Annexe 2b : Insolation mesurée à La Hève (76)
entre 1960 et 1991**

**Annexe 2c : Evapotranspiration calculée
entre 1960 et 1991**

TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES A GODERVILLE DE 1960 A 1991 UNITE=Degres											
4.2	5.3	7.3	9.4	14	15.9	16.1	16.1	14.2	11.3	8.8	4.3 1960
3.9	7.6	8.3	11.5	11.8	15.4	16.7	16.5	17.3	11.6	6.3	3.8 1961
5.2	4	3.3	8	10.5	14.2	16.5	16.3	14.6	12.4	7.3	3 1962
-1.7	0.2	6.3	8.5	10.8	14.8	16.7	15.5	14.7	11.3	8.9	1 1963
1.7	4.8	4.9	9	14.6	15.8	17	17.4	15.9	9.7	7.3	4 1964
3.9	1.8	6	8.3	12.7	14.9	15.3	16.3	13	11.4	5.7	5.9 1965
2.2	7.9	6.8	10.7	11.8	17.2	15.8	15.9	15.7	11.7	6	6.2 1966
4.4	5.6	7.7	7.9	12.2	14.6	18	16.8	15	12.2	6.3	4.3 1967
4.1	2.9	7	9.2	10.1	15.2	15.6	16.3	14.2	12.2	5.7	2.2 1968
5.7	2.7	5.7	8.2	12.2	14.5	17.2	17	15.4	13.1	7.4	3 1969
4	4.1	5.4	7.1	12.7	16.4	15.1	16.3	15.1	10.8	8.9	3.7 1970
4.1	4.4	4	8.4	12.4	13.1	17.2	16.8	14.6	11.4	6.5	4.4 1971
3.1	5	7.9	8.2	11.2	12.4	15.6	15.4	12.7	10.6	7.1	4.9 1972
3.1	4	5.3	7.2	12.3	15.2	16.5	18.4	15.4	10.2	7	4.9 1973
6.2	5	5.9	8.9	10.7	14.5	15.4	16.2	13	8	7.4	7.7 1974
7.3	5.5	5.1	8	10.5	14.5	17.4	19.3	14.2	9.2	6.1	3.2 1975
4.9	4	4.8	7.5	13.2	17.6	19.4	18.1	14.4	11.6	6.5	2.5 1976
3.3	6	7.5	7.1	11.2	13	16	15.3	13.1	12.1	7.1	5.7 1977
3.3	2.6	6.8	6.9	11.6	13.7	15.2	14.7	13.8	11.9	6.9	4.5 1978
0.2	2.1	5.2	7.4	10.5	13.7	15.9	15	13.7	11.3	7.2	5.9 1979
2.5	5.8	5.3	8.5	11.3	14.4	15	16.8	15.3	9.1	5.7	4.5 1980
4.8	2.5	9.3	8.3	12.1	13.9	16	17.2	15.3	10.2	7.8	3.8 1981
3.2	5	6.4	8.4	13	16.6	17.4	16.7	15.7	10.8	8.4	4.7 1982
4.7	1.8	6	7.9	10.5	15.3	20.2	17.8	14.8	11.1	7.4	4.6 1983
5	3.7	5	8.6	9.5	14.7	16.9	17.2	14.4	11.5	9.2	4.5 1984
0	2.5	4.5	9	11.9	14.2	17.1	16.1	15.4	11.3	4.7	6.4 1985
-2	1.6	5.4	6	11.3	15.8	16.5	15	11.8	12.5	8.2	6.1 1986
-1.4	3.2	4.61	1	10.7	14	16.5	16.5	15.5	11.6	7	4.5 1987
7.2	6	7.1	9.7	13.5	14.8	16.1	17.4	15.5	13.1	7.8	8.4 1988
6.4	7.1	9.5	8.1	15.3	16.9	18.9	18.3	17.3	14.6	8.3	6 1989
7	9	8.5	8.4	14.1	14.2	17.7	19.4	13.9	13.1	7.5	3 1990
4	1.1	8.9	8.4	10.5	13.5	17.4	17.9	16.3	10.8	6.6	3.9 1991

**Annexe 2a : Températures moyennes enregistrées à
GODERVILLE (76) entre 1960 et 1991**

INSOLATION TOTALE MENSUELLE EN HEURES A STE ADRESSE										UNITE=Heures		
62	78	141	173	223	226	225	211	170	104	80	66	1960
68	90	188	139	263	246	241	236	164	193	64	60	1961
62	91	129	137	206	300	180	204	163	139	39	93	1962
76	88	138	153	289	152	248	136	116	105	48	71	1963
44	37	67	170	230	220	248	188	162	85	46	54	1964
53	76	129	155	162	224	176	200	184	175	65	34	1965
64	46	160	131	224	224	180	226	182	85	34	31	1966
54	84	164	178	210	256	273	151	116	97	77	34	1967
54	88	149	191	190	205	204	133	174	87	73	26	1968
53	85	108	226	306	271	243	231	156	181	67	40	1969
49	82	143	140	219	231	212	185	159	119	51	58	1970
77	78	162	209	229	177	309	181	257	198	86	55	1971
40	72	196	135	185	198	205	212	199	165	52	95	1972
65	72	226	153	215	271	208	236	184	153	87	57	1973
64	111	130	203	226	240	218	245	146	73	49	45	1974
60	141	101	172	178	296	234	281	143	120	76	52	1975
45	59	181	240	246	307	289	300	152	101	63	64	1976
69	84	126	209	215	124	200	209	176	137	70	84	1977
64	63	112	150	211	193	191	259	200	160	36	56	1978
94	45	110	160	228	171	248	185	191	113	81	52	1979
94	69	100	204	238	221	197	222	174	139	90	72	1980
78	108	94	143	135	199	167	249	172	77	54	32	1981
73	110	178	236	219	241	248	216	172	80	91	41	1982
53	127	113	141	155	208	272	260	168	145	99	87	1983
72	104	108	264	138	290	289	193	113	100	85	78	1984
76	121	146	168	172	199	282	179	201	160	63	70	1985
67	121	131	166	226	251	225	185	149	118	92	72	1986
55	58	111	201	218	146	227	227	140	98	81	46	1987
56	119	89	191	203	203	190	201	119	116.1	1	29	1988
76	96	131	168	300	282	295	254	180	118.1	30	63	1989
52	106	162	266	327	158	309	255	209	137	83	58	1990
66	98	132	184	202	166	145	269	174	106	71	78	1991

**Annexe 2b : Insolation mesurée à La Hève (76)
entre 1960 et 1991**

ETP GODERVILLE 1960 - 1991

11.0	17.4	37.8	60.0	93.5	105.2	101.0	89.2	64.8	35.2	21.3	10.3	1960
10.7	23.6	47.6	60.8	93.8	108.6	106.8	96.2	70.1	47.7	15.9	9.1	1961
13.0	14.9	20.0	48.4	76.4	117.5	91.0	88.1	64.3	42.0	15.7	8.6	1962
0.0	0.9	33.8	53.0	94.4	83.0	108.6	70.6	55.1	35.4	18.6	3.0	1963
4.7	13.2	21.4	57.9	97.2	103.3	109.5	87.1	66.9	29.9	16.2	9.3	1964
10.0	7.1	31.7	52.5	75.4	101.3	86.7	87.2	64.5	44.9	14.9	11.4	1965
6.5	19.7	38.3	56.8	85.5	108.6	89.1	92.2	70.6	33.4	13.3	11.6	1966
11.0	18.6	42.2	54.5	84.1	108.2	119.0	76.9	55.7	35.8	16.8	9.0	1967
10.5	11.3	37.7	62.4	71.6	97.6	94.4	71.6	65.6	34.4	15.4	5.0	1968
13.3	10.5	28.3	63.8	104.8	111.6	108.8	96.3	64.6	49.3	18.0	6.9	1969
10.0	14.6	30.8	45.1	87.9	108.1	94.8	83.7	64.6	36.3	18.9	8.9	1970
11.5	15.1	26.0	61.9	89.0	83.8	125.7	84.0	83.1	47.9	17.8	10.0	1971
7.8	16.2	47.2	48.8	75.0	86.1	94.6	87.6	66.5	41.7	16.4	12.7	1972
8.7	13.7	38.7	47.5	85.6	114.2	98.0	101.1	70.4	39.3	18.8	11.0	1973
14.9	19.1	31.4	63.2	81.3	103.9	97.2	97.4	57.4	25.2	16.6	14.4	1974
16.4	22.9	25.4	54.0	70.9	117.7	107.1	114.6	59.5	33.1	16.3	7.7	1975
11.5	12.8	31.7	62.3	95.9	132.3	127.3	116.0	61.7	35.4	16.2	6.6	1976
9.4	19.6	36.6	55.4	81.2	71.1	94.6	86.6	63.2	41.2	17.7	13.7	1977
9.2	9.2	32.6	45.7	82.0	89.6	90.1	95.9	69.7	43.9	14.9	10.3	1978
0.8	7.0	26.7	49.5	80.8	84.4	106.1	80.4	67.7	36.4	18.7	12.3	1979
8.2	17.8	26.0	61.6	86.3	98.9	90.9	93.7	68.1	35.0	16.5	10.9	1980
13.1	10.8	37.3	50.5	67.6	91.8	86.4	101.2	67.7	29.8	17.6	8.1	1981
9.3	19.1	38.8	66.4	89.1	111.3	110.7	92.0	68.6	31.2	21.6	9.9	1982
11.6	8.7	29.9	48.6	66.3	98.6	124.9	105.4	65.8	40.3	20.5	11.8	1983
13.1	14.7	25.7	72.2	59.3	117.1	119.6	87.8	54.0	35.1	22.3	11.2	1984
0.0	11.4	27.1	57.6	74.8	92.8	118.5	81.8	73.9	42.7	12.8	14.1	1985
0.0	7.7	29.6	43.6	83.9	111.3	102.2	80.4	54.9	39.2	21.3	13.7	1986
0.0	10.7	24.4	10.5	79.7	79.3	102.7	94.0	61.5	35.0	18.4	9.8	1987
15.9	22.6	30.7	64.5	87.2	95.8	92.4	90.2	57.2	40.0	13.3	14.1	1988
16.0	23.2	43.3	53.8	116.5	123.2	127.5	105.3	73.5	42.6	16.3	13.1	1989
15.4	28.1	44.7	71.4	118.1	82.8	127.4	108.3	71.7	43.0	19.4	7.5	1990
10.8	5.0	41.7	57.8	75.6	82.5	84.3	107.9	70.2	34.6	16.9	10.0	1991

Annexe 2c : Evapotranspiration calculée entre 1960 et 1991

ANNEXE 3

PIEZOMETRIE MESUREE A MANEGLISE (76)

NIVEAU	STATIQUE	FORAGE	DE	MANEGLISE									UNITE=m	NGF
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1960
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1961
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1962
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1963
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1964
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1965
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1966
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1967
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1968
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1969
53.8	53.84	53.84	53.85	53.96	54.12	54.3	54.51	54.79	54.92	55.15	55.1	1970		
55.07	55.01	54.8	54.7	54.5	54.4	54.27	54.17	54.02	53.91	53.82	53.77	1971		
53.78	53.63	53.58	53.54	53.49	53.45	53.42	53.4	53.38	53.36	53.34	53.32	1972		
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1973		
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	53.4	53.41	53.32	1974	
53.28	53.34	53.44	53.54	53.83	54.11	54.38	54.64	54.83	54.89	54.98	54.93	1975		
54.84	54.7	54.56	54.42	54.24	54.12	53.97	53.91	53.85	53.72	53.7	53.69	1976		
53.66	53.58	53.56	53.53	53.56	53.57	53.59	53.6	53.6	53.62	53.72	53.67	1977		
53.69	53.81	53.75	53.74	53.7	53.75	53.85	54.06	54.26	54.74	54.53	54.35	1978		
54.4	54.56	54.62	54.36	54.29	54.25	54.22	54.04	54	54	54.2	54.34	1979		
54.15	54.38	54.32	54.4	54.48	54.68	54.12	54.85	54.93	55.38	55.34	55.48	1980		
56.64	56.46	56.64	56.8	57	57.16	57.26	57.26	57.18	57.14	57.04	57.14	1981		
56.96	56.9	56.84	56.9	56.94	56.93	56.88	56.74	56.58	56.52	56.45	56.68	1982		
56.44	56.28	56.18	56.12	56.23	56.31	56.23	9999	56.05	55.8	55.15	9999	1983		
54.7	9999	56.2	55.9	55.7	55.55	55.36	55.27	55.17	9999	55.04	9999	1984		
54.84	9999	54.77	9999	9999	54.24	54.12	9999	54.03	9999	9999	9999	1985		
53.92	9999	53.78	9999	53.7	9999	53.64	9999	53.63	9999	53.65	9999	1986		
53.74	9999	53.72	9999	53.76	9999	52.97	9999	53.18	9999	9999	9999	1987		
54.95	9999	55.43	9999	56.16	9999	56.49	9999	56.63	9999	56.43	9999	1988		
56.22	9999	55.7	9999	55.12	9999	54.62	9999	54.35	9999	53.13	9999	1989		
54.02	9999	54.11	9999	53.96	9999	53.84	9999	53.72	9999	53.74	9999	1990		
53.99	9999	53.86	9999	53.72	9999	53.75	9999	9999	53.75	9999	53.86	1991		

ANNEXE 4

**Annexe 4a : Concentration en nitrates à St MARTIN du BEC entre
1960 et 1991 (piézo.74-3-85)**

**Annexe 4b : Concentration en nitrates à St MARTIN du BEC entre
1960 et 1991 (piézo 74-3-86)**

Analyses captage 74-3-85

UNITE=mg/l NO3

33.7	9999	37.0	9999	9999	9999	9999	35.4	9999	9999	9999	9999	1976
9999	9999	9999	37.8	9999	39.1	9999	35.8	9999	35.6	40.2	41.0	1977
9999	9999	9999	42.0	9999	43.5	9999	43.0	9999	37.9	9999	42.0	1978
9999	40.3	9999	42.8	9999	42.3	9999	40.0	9999	43.9	9999	40.9	1979
9999	42.0	41.8	42.2	41.9	9999	9999	43.8	41.2	41.0	41.2	41.5	1980
43.0	43.3	44.4	41.6	42.2	42.7	9999	9999	43.4	42.2	9999	42.4	1981
9999	41.2	42.4	43.2	43.4	42.2	42.6	9999	9999	41.7	9999	9999	1982
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1983
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1984
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1985
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1986
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1987
43.0	46.0	47.0	44.0	9999	44.0	44.0	9999	45.0	44.0	48.0	44.0	1988
46.8	43.8	9999	9999	46.0	42.7	42.2	43.2	43.2	9999	42.2	9999	1989
42.8	9999	44.8	43.3	9999	42.8	9999	9999	43.6	41.9	9999	44.7	1990
42.6	42.5	42.4	44.8	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1991

**Annexe 4a : Concentration en nitrates à St MARTIN du BEC entre
1960 et 1991 (piézo.74-3-85)**

Analyses captage 74-3-86

UNITE=mg/l NO3

9999	32.9	9999	37.9	9999	9999	9999	9999	9999	43.1	9999	9999	1979
9999	9999	9999	42.3	9999	40.9	9999	9999	9999	40.7	9999	40.7	1980
9999	9999	9999	41.0	9999	9999	9999	9999	9999	41.9	9999	9999	1981
9999	9999	9999	41.5	9999	9999	9999	9999	9999	40.0	9999	9999	1982
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1983
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1984
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1985
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1986
9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1987
44.0	9999	9999	9999	44.0	9999	44.0	9999	43.0	9999	43.0	9999	1988
9999	9999	9999	41.6	43.8	9999	42.8	9999	42.6	9999	9999	9999	1989
41.8	43.1	45.5	42.5	43.5	42.4	9999	9999	43.5	40.2	41.2	41.3	1990
9999	41.8	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	1991

**Annexe 4b : Concentration en nitrates à St MARTIN du BEC entre
1960 et 1991 (piézo 74-3-86)**

ANNEXE 5

CALCUL DE LA PLUIE EFFICACE A MANEGLISE ENTRE 1960 ET 1991

PLUEFFIC.XLS

01/1960	61,3
02/1960	48,84
03/1960	38,13
04/1960	0
05/1960	0
06/1960	0
07/1960	0
08/1960	0
09/1960	0
10/1960	19,865
11/1960	119,15
12/1960	120,76
01/1961	127,95
02/1961	51,06
03/1961	0
04/1961	0
05/1961	0
06/1961	0
07/1961	0
08/1961	0
09/1961	0
10/1961	0
11/1961	0
12/1961	0
01/1962	89,898
02/1962	15,165
03/1962	39,05
04/1962	8,09
05/1962	0
06/1962	0
07/1962	0
08/1962	0
09/1962	0
10/1962	0
11/1962	0
12/1962	0
01/1963	0
02/1963	0,375
03/1963	46,98
04/1963	0
05/1963	0
06/1963	0
07/1963	0
08/1963	0
09/1963	0
10/1963	0
11/1963	97,945
12/1963	21,2
01/1964	19,245
02/1964	47,72
03/1964	48,49
04/1964	0
05/1964	0

06/1964	0
07/1964	0
08/1964	0
09/1964	0
10/1964	0
11/1964	0
12/1964	0
01/1965	121,06
02/1965	0
03/1965	47,18
04/1965	0
05/1965	0
06/1965	0
07/1965	0
08/1965	0
09/1965	0
10/1965	0
11/1965	0
12/1965	153,88
01/1966	73,275
02/1966	48,745
03/1966	0
04/1966	11,335
05/1966	0
06/1966	0
07/1966	0
08/1966	0
09/1966	0
10/1966	0
11/1966	0
12/1966	158,71
01/1967	25,6
02/1967	48,31
03/1967	10,97
04/1967	0
05/1967	0
06/1967	0
07/1967	0
08/1967	0
09/1967	0
10/1967	0
11/1967	0
12/1967	108,81
01/1968	83,975
02/1968	90,705
03/1968	0
04/1968	0
05/1968	0
06/1968	0
07/1968	0
08/1968	0
09/1968	0
10/1968	0

11/1968	0
12/1968	0
01/1969	0
02/1969	22,075
03/1969	34,605
04/1969	0
05/1969	0
06/1969	0
07/1969	0
08/1969	0
09/1969	0
10/1969	0
11/1969	0
12/1969	0
01/1970	0
02/1970	79,345
03/1970	41,93
04/1970	40,785
05/1970	0
06/1970	0
07/1970	0
08/1970	0
09/1970	0
10/1970	0
11/1970	0
12/1970	0
01/1971	0
02/1971	5,2801
03/1971	0
04/1971	0
05/1971	0
06/1971	0
07/1971	0
08/1971	0
09/1971	0
10/1971	0
11/1971	0
12/1971	0
01/1972	0
02/1972	0
03/1972	0
04/1972	0
05/1972	0
06/1972	0
07/1972	0
08/1972	0
09/1972	0
10/1972	0
11/1972	0
12/1972	0
01/1973	0
02/1973	0
03/1973	0

PLUEFFIC.XLS

04/1973	0
05/1973	0
06/1973	0
07/1973	0
08/1973	0
09/1973	0
10/1973	0
11/1973	0
12/1973	0
01/1974	0
02/1974	0
03/1974	0,4182
04/1974	0
05/1974	0
06/1974	0
07/1974	0
08/1974	0
09/1974	0
10/1974	27,11
11/1974	114,36
12/1974	61,64
01/1975	85,69
02/1975	2,565
03/1975	102,54
04/1975	9,3
05/1975	0
06/1975	0
07/1975	0
08/1975	0
09/1975	0
10/1975	0
11/1975	0
12/1975	0
01/1976	0
02/1976	0
03/1976	0
04/1976	0
05/1976	0
06/1976	0
07/1976	0
08/1976	0
09/1976	0
10/1976	0
11/1976	0
12/1976	33,568
01/1977	90,34
02/1977	56,51
03/1977	12,31
04/1977	0
05/1977	0
06/1977	0
07/1977	0
08/1977	0

09/1977	0
10/1977	0
11/1977	0
12/1977	0,945
01/1978	84,62
02/1978	52,32
03/1978	72,16
04/1978	21,395
05/1978	0
06/1978	0
07/1978	0
08/1978	0
09/1978	0
10/1978	0
11/1978	0
12/1978	0
01/1979	0
02/1979	13,47
03/1979	95,945
04/1979	16,175
05/1979	0
06/1979	0
07/1979	0
08/1979	0
09/1979	0
10/1979	0
11/1979	0
12/1979	109,13
01/1980	53,47
02/1980	65,38
03/1980	77,2
04/1980	0
05/1980	0
06/1980	0
07/1980	0
08/1980	0
09/1980	0
10/1980	17,725
11/1980	59,225
12/1980	80,965
01/1981	72,485
02/1981	32,63
03/1981	47,205
04/1981	0
05/1981	40,985
06/1981	0
07/1981	0
08/1981	0
09/1981	0
10/1981	0
11/1981	18,925
12/1981	156,43
01/1982	57,305

02/1982	6,085
03/1982	14,88
04/1982	0
05/1982	0
06/1982	0
07/1982	0
08/1982	0
09/1982	0
10/1982	0
11/1982	0
12/1982	152,28
01/1983	63,16
02/1983	39,295
03/1983	37,865
04/1983	35,91
05/1983	22,355
06/1983	0
07/1983	0
08/1983	0
09/1983	0
10/1983	0
11/1983	0
12/1983	0
01/1984	107,14
02/1984	42,595
03/1984	35,045
04/1984	0
05/1984	0
06/1984	0
07/1984	0
08/1984	0
09/1984	0
10/1984	0
11/1984	0
12/1984	0
01/1985	43,213
02/1985	9,84
03/1985	80,185
04/1985	0
05/1985	0
06/1985	0
07/1985	0
08/1985	0
09/1985	0
10/1985	0
11/1985	0
12/1985	0
01/1986	0
02/1986	0
03/1986	71,155
04/1986	21,26
05/1986	0
06/1986	0

PLUEFFIC.XLS

07/1986	0
08/1986	0
09/1986	0
10/1986	0
11/1986	0
12/1986	21,415
01/1987	32,3
02/1987	70,145
03/1987	33,14
04/1987	27,875
05/1987	0
06/1987	0
07/1987	0
08/1987	0
09/1987	0
10/1987	0
11/1987	103,96
12/1987	25,28
01/1988	179,76
02/1988	60,71
03/1988	87,095
04/1988	0
05/1988	0
06/1988	0
07/1988	0
08/1988	0
09/1988	0
10/1988	0
11/1988	0
12/1988	0
01/1989	0
02/1989	0,4151
03/1989	27,555
04/1989	4,43
05/1989	0
06/1989	0
07/1989	0
08/1989	0
09/1989	0
10/1989	0
11/1989	0
12/1989	0
01/1990	0
02/1990	54,778
03/1990	0
04/1990	0
05/1990	0
06/1990	0
07/1990	0
08/1990	0
09/1990	0
10/1990	0
11/1990	0

12/1990	0
01/1991	90,548
02/1991	38,45
03/1991	6,445
04/1991	0
05/1991	0
06/1991	0
07/1991	0
08/1991	0
09/1991	0
10/1991	11,965
11/1991	121,67
12/1991	38,65

ANNEXE 6

CALCUL DE LA RECHARGE A MANEGLISE (76)

ENTRE 1960 ET 1991

RECHARGE.XLS

01/1960	14,568
02/1960	20,729
03/1960	22,037
04/1960	19,84
05/1960	17,883
06/1960	16,135
07/1960	14,572
08/1960	13,171
09/1960	11,913
10/1960	12,542
11/1960	21,874
12/1960	30,313
01/1961	38,374
02/1961	38,716
03/1961	34,553
04/1961	30,906
05/1961	27,696
06/1961	24,861
07/1961	22,349
08/1961	20,118
09/1961	18,131
10/1961	16,357
11/1961	14,77
12/1961	13,349
01/1962	20,017
02/1962	19,378
03/1962	20,916
04/1962	19,555
05/1962	17,629
06/1962	15,908
07/1962	14,368
08/1962	12,988
09/1962	11,749
10/1962	10,635
11/1962	9,6328
12/1962	8,7293
01/1963	7,9144
02/1963	7,2119
03/1963	10,712
04/1963	9,7021
05/1963	8,7918
06/1963	7,9708
07/1963	7,2295
08/1963	6,5598
09/1963	5,9542
10/1963	5,4063
11/1963	13,598
12/1963	14,173
01/1964	14,516
02/1964	17,339
03/1964	19,93
04/1964	17,963
05/1964	16,207

06/1964	14,636
07/1964	13,228
08/1964	11,965
09/1964	10,829
10/1964	9,8074
11/1964	8,8867
12/1964	8,0564
01/1965	18,024
02/1965	16,261
03/1965	18,852
04/1965	17,001
05/1965	15,347
06/1965	13,866
07/1965	12,537
08/1965	11,344
09/1965	10,271
10/1965	9,3042
11/1965	8,433
12/1965	21,256
01/1966	25,597
02/1966	27,288
03/1966	24,5
04/1966	23,027
05/1966	20,721
06/1966	18,668
07/1966	16,837
08/1966	15,2
09/1966	13,734
10/1966	12,419
11/1966	11,238
12/1966	24,19
01/1967	24,007
02/1967	25,842
03/1967	24,185
04/1967	21,749
05/1967	19,584
06/1967	17,655
07/1967	15,931
08/1967	14,389
09/1967	13,007
10/1967	11,766
11/1967	10,65
12/1967	19,27
01/1968	24,774
02/1968	30,242
03/1968	27,11
04/1968	24,343
05/1968	21,889
06/1968	19,709
07/1968	17,766
08/1968	16,03
09/1968	14,478
10/1968	13,087

11/1968	11,838
12/1968	10,715
01/1969	9,7044
02/1969	10,751
03/1969	12,803
04/1969	11,583
05/1969	10,486
06/1969	9,498
07/1969	8,6078
08/1969	7,8047
09/1969	7,0795
10/1969	6,4242
11/1969	5,8315
12/1969	5,2952
01/1970	4,8096
02/1970	11,413
03/1970	14,046
04/1970	16,306
05/1970	14,725
06/1970	13,308
07/1970	12,036
08/1970	10,893
09/1970	9,8652
10/1970	8,9389
11/1970	8,1034
12/1970	7,3493
01/1971	6,6681
02/1971	6,5213
03/1971	5,9194
04/1971	5,3747
05/1971	4,8816
06/1971	4,4349
07/1971	4,03
08/1971	3,6629
09/1971	3,3298
10/1971	3,0276
11/1971	2,7532
12/1971	2,5041
01/1972	2,2778
02/1972	2,0722
03/1972	1,8854
04/1972	1,7156
05/1972	1,5612
06/1972	1,4209
07/1972	1,2932
08/1972	1,1771
09/1972	1,0715
10/1972	0,9754
11/1972	0,888
12/1972	0,8084
01/1973	0,736
02/1973	0,6702
03/1973	0,6102

RECHARGE.XLS

04/1973	0,5556
05/1973	0,5059
06/1973	0,4607
07/1973	0,4195
08/1973	0,382
09/1973	0,3479
10/1973	0,3168
11/1973	0,2885
12/1973	0,2628
01/1974	0,2393
02/1974	0,2179
03/1974	0,2358
04/1974	0,2147
05/1974	0,1956
06/1974	0,1781
07/1974	0,1622
08/1974	0,1477
09/1974	0,1345
10/1974	2,5378
11/1974	12,463
12/1974	16,73
01/1975	22,664
02/1975	20,624
03/1975	27,607
04/1975	25,6
05/1975	23,005
06/1975	20,701
07/1975	18,65
08/1975	16,821
09/1975	15,186
10/1975	13,721
11/1975	12,408
12/1975	11,227
01/1976	10,166
02/1976	9,2097
03/1976	8,3478
04/1976	7,57
05/1976	6,8675
06/1976	6,2325
07/1976	5,6581
08/1976	5,1382
09/1976	4,6674
10/1976	4,2407
11/1976	3,854
12/1976	6,4877
01/1977	13,899
02/1977	17,563
03/1977	16,937
04/1977	15,29
05/1977	13,814
06/1977	12,491
07/1977	11,303
08/1977	10,233

09/1977	9,2707
10/1977	8,4028
11/1977	7,6196
12/1977	6,9963
01/1978	13,851
02/1978	17,15
03/1978	21,847
04/1978	21,557
05/1978	19,413
06/1978	17,502
07/1978	15,795
08/1978	14,267
09/1978	12,897
10/1978	11,667
11/1978	10,562
12/1978	9,5664
01/1979	8,6695
02/1979	9,0557
03/1979	16,704
04/1979	16,51
05/1979	14,908
06/1979	13,472
07/1979	12,184
08/1979	11,026
09/1979	9,9846
10/1979	9,0465
11/1979	8,2005
12/1979	17,101
01/1980	20,156
02/1980	23,926
03/1980	28,307
04/1980	25,402
05/1980	22,829
06/1980	20,545
07/1980	18,511
08/1980	16,697
09/1980	15,074
10/1980	15,189
11/1980	18,957
12/1980	24,231
01/1981	28,163
02/1981	28,141
03/1981	29,4
04/1981	26,367
05/1981	27,287
06/1981	24,499
07/1981	22,028
08/1981	19,832
09/1981	17,876
10/1981	16,129
11/1981	16,239
12/1981	28,446
01/1982	30,554

02/1982	27,92
03/1982	26,367
04/1982	23,685
05/1982	21,305
06/1982	19,189
07/1982	17,302
08/1982	15,616
09/1982	14,106
10/1982	12,753
11/1982	11,538
12/1982	23,893
01/1983	27,046
02/1983	27,739
03/1983	28,225
04/1983	28,483
05/1983	27,521
06/1983	24,707
07/1983	22,212
08/1983	19,996
09/1983	18,022
10/1983	16,26
11/1983	14,683
12/1983	13,271
01/1984	21,467
02/1984	23,086
03/1984	23,859
04/1984	21,46
05/1984	19,326
06/1984	17,424
07/1984	15,725
08/1984	14,205
09/1984	12,841
10/1984	11,617
11/1984	10,517
12/1984	9,5259
01/1985	12,463
02/1985	12,149
03/1985	18,086
04/1985	16,317
05/1985	14,735
06/1985	13,317
07/1985	12,044
08/1985	10,901
09/1985	9,8718
10/1985	8,9448
11/1985	8,1088
12/1985	7,3542
01/1986	6,6725
02/1986	6,0561
03/1986	11,812
04/1986	12,575
05/1986	11,378
06/1986	10,301

RECHARGE.XLS

07/1986	9,3318
08/1986	8,4579
09/1986	7,6694
10/1986	6,9573
11/1986	6,3137
12/1986	7,6338
01/1987	9,7915
02/1987	15,085
03/1987	16,561
04/1987	17,416
05/1987	15,718
06/1987	14,198
07/1987	12,835
08/1987	11,612
09/1987	10,512
10/1987	9,5214
11/1987	17,83
12/1987	18,32
01/1988	32,337
02/1988	34,275
03/1988	38,279
04/1988	34,171
05/1988	30,57
06/1988	27,4
07/1988	24,599
08/1988	22,117
09/1988	19,911
10/1988	17,946
11/1988	16,192
12/1988	14,623
01/1989	13,216
02/1989	11,991
03/1989	13,293
04/1989	12,415
05/1989	11,234
06/1989	10,172
07/1989	9,2153
08/1989	8,3529
09/1989	7,5746
10/1989	6,8716
11/1989	6,2362
12/1989	5,6615
01/1990	5,1413
02/1990	9,5347
03/1990	8,6409
04/1990	7,8346
05/1990	7,1065
06/1990	6,4486
07/1990	5,8536
08/1990	5,3152
09/1990	4,8277
10/1990	4,386
11/1990	3,9857

12/1990	3,6227
01/1991	11,334
02/1991	13,667
03/1991	12,929
04/1991	11,696
05/1991	10,588
06/1991	9,5897
07/1991	8,6905
08/1991	7,8793
09/1991	7,1469
10/1991	7,5477
11/1991	17,621
12/1991	19,314

A.R.E.A.S.

ASSOCIATION RÉGIONALE POUR L'ÉTUDE ET L'AMÉLIORATION DES SOLS

BASSIN DE LA SOURCE DE LA CLINARDERIE

RUISSELLEMENT ET EROSION DES SOLS

PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

DOCUMENT ANNEXE

A.R.E.A.S.
Jean-François OUVRY
Laurence LIGNEAU

Novembre 1993

INTRODUCTION

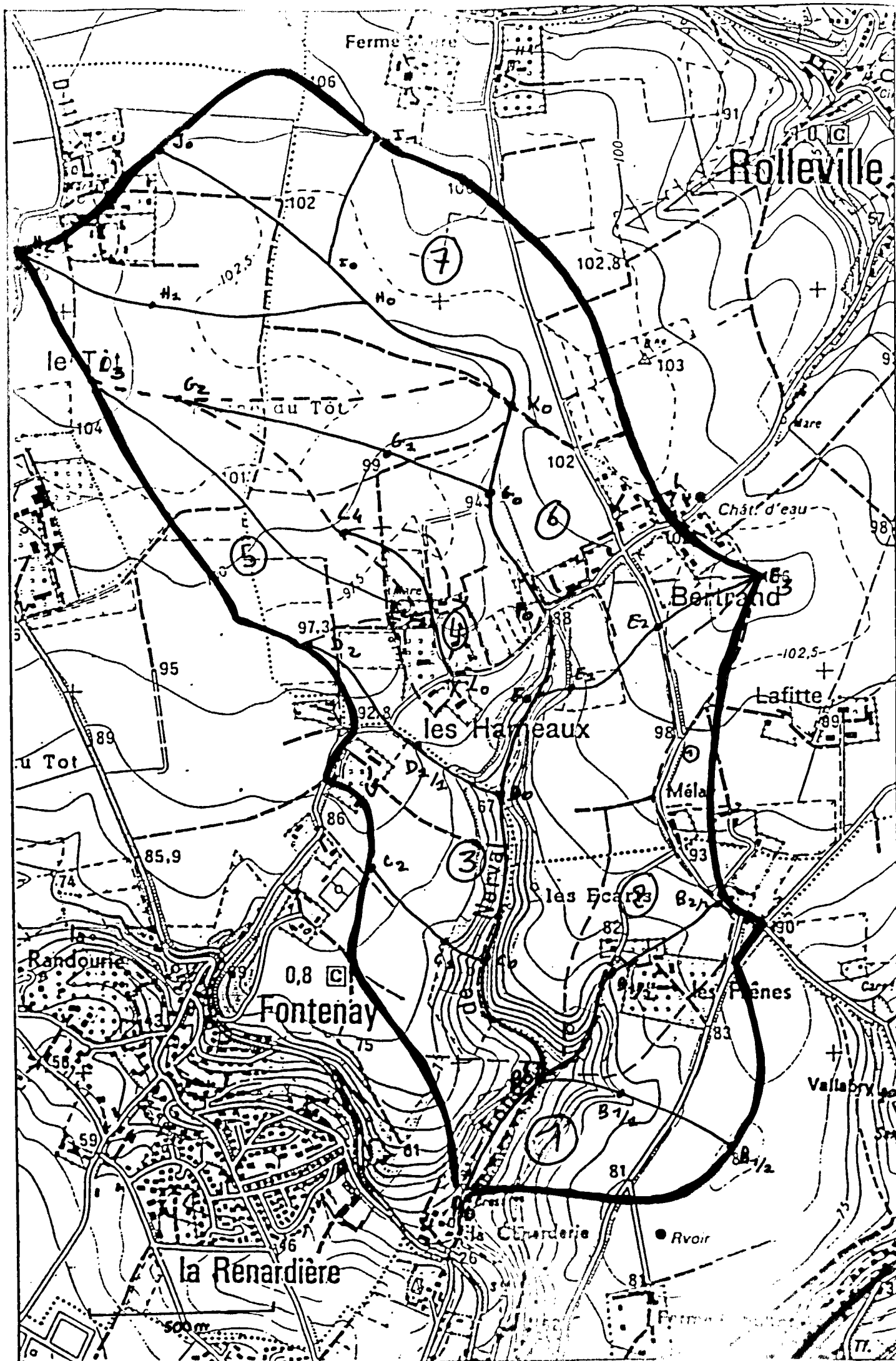
Dans le rapport principal un état des lieux et la démarche employée ont été présentés.

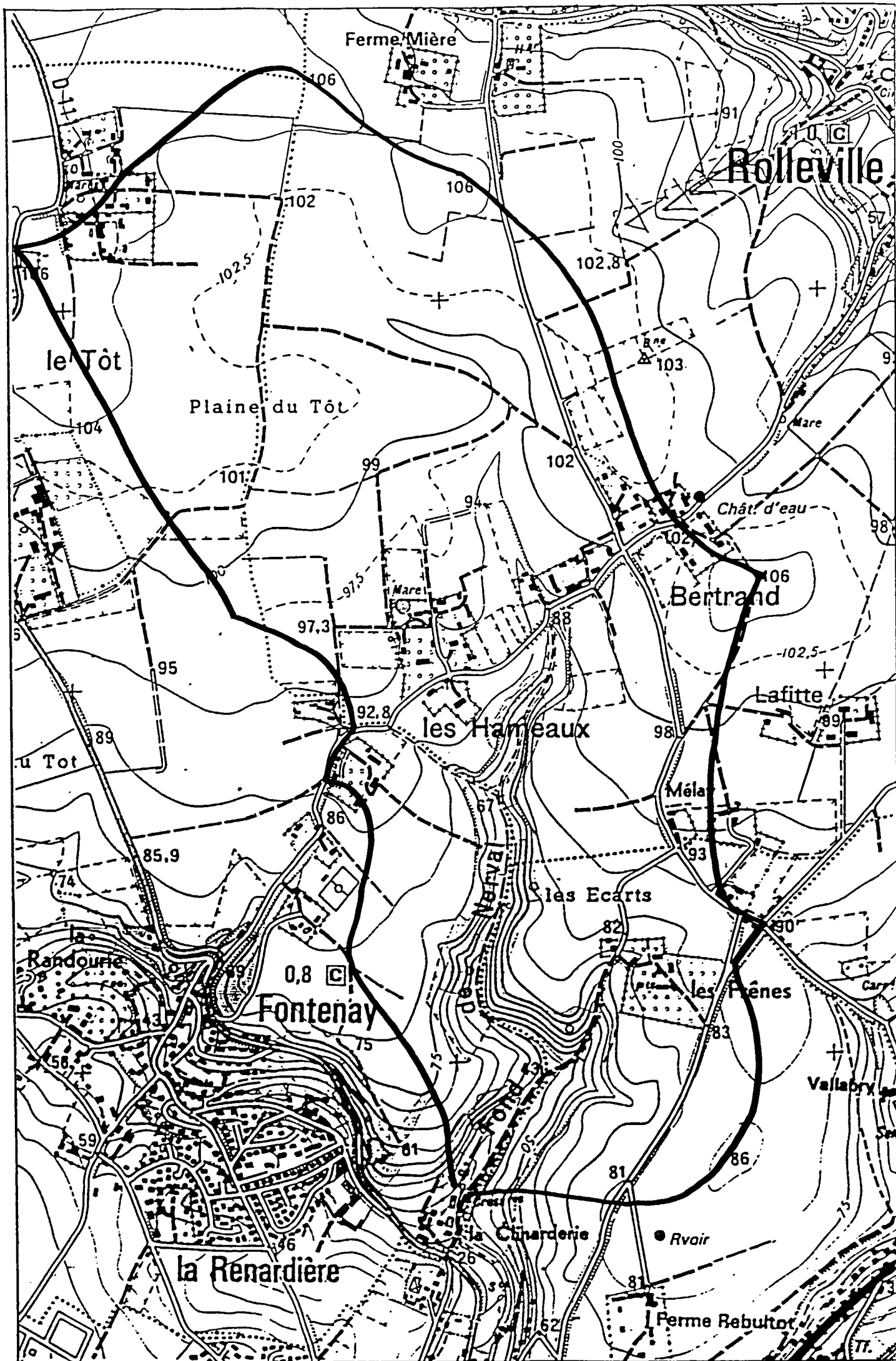
Le présent document propose des solutions relevant de l'aménagement du territoire. Nous avons scinder les propositions d'aménagements en deux catégories, en fonction de leur priorité et de leur impact sur la qualité des eaux;

En premier lieu, les propositions visent à éviter l'entrée d'eaux boueuses dans les bétouires, puits. Ces propositions sont toutes localisées sur la partie amont du bassin versant.

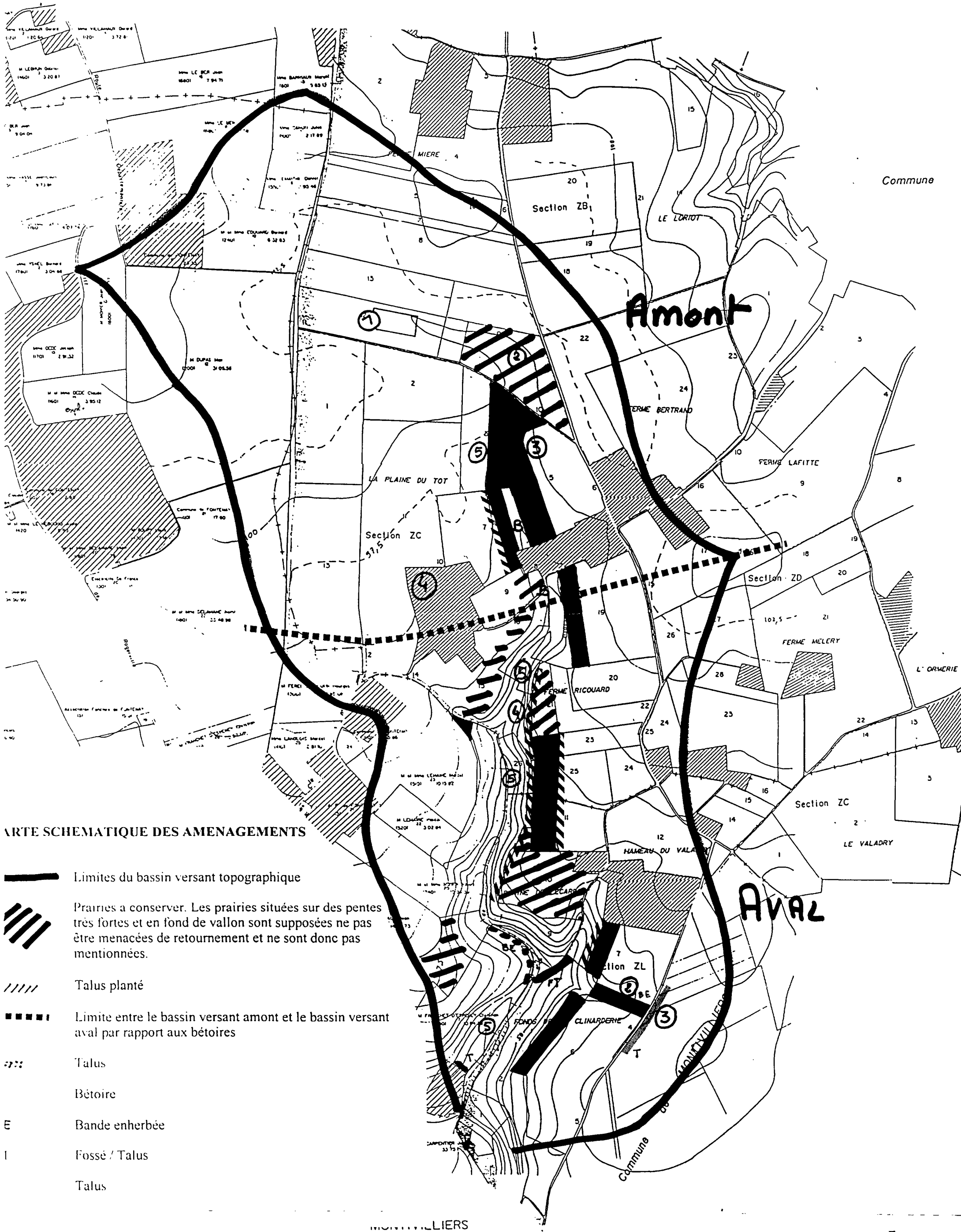
En second lieu, les aménagements proposés ont pour objectif principal de lutter contre les phénomènes d'érosion de versant qui conduisent à des inondations boueuses autour du forage, de la cressonnière, de la source et des villages situés en aval. Ces solutions présentent aussi l'avantage de piéger une partie des nitrates qui ont un écoulement hypodermique le long du plateau.

**Voir calque
dans document
papier**





Proposition d'aménagement



1 - SOLUTIONS POUR LA PARTIE AMONT DU BASSIN VERSANT

Dans cette partie du bassin versant, les pentes ne sont pas encore très prononcées, les sols sont très battants et les terres y sont toutes labourées.

A côté des efforts à développer pour modifier certaines pratiques culturales néfastes, nous proposons de conserver et de créer des zones d'épandage de crues sous forme de prairie. Les objectifs sont les suivants:

- 1 - provoquer la plus forte sédimentation possible pour limiter les matières en suspension,
- 2 - maîtriser les débits de fuite pour contourner les bétouilles,
- 3 - se laisser la possibilité d'intervenir sur la qualité des eaux.

Dans ce sens, nous proposons quatre aménagements sur cette partie amont du bassin versant.

1.1 - Une seconde zone inondable "Rolleville ZB 9" se forme en deux parties dans une prairie (Cf. point n°2). Le chemin situé en aval de cette prairie joue le rôle d'un petit barrage de 40 cm de hauteur. Dans un premier temps, il faut veiller à conserver cette prairie qui remplit pleinement le rôle de décantation et d'infiltration dans le sol. Il faut aussi améliorer l'infiltration par un sous solage et en réduisant la charge animale.

D'autre part il serait souhaitable que le rôle de retenue de cette prairie soit amplifiée en rehaussant le chemin sur une longueur de 100 m, jusqu'à une hauteur de 1 m au dessus du niveau naturel du terrain. Il faudrait constituer une petite digue au milieu de la prairie en amont, son objectif serait plus de provoquer la sédimentation. Le volume d'eau pluviale à retenir dans cette prairie d'épandage de crue est estimé à 3 600 m³ pour faire face à un orage de durée 1 heure et de fréquence décennale.

La surface de cette prairie inondable s'élève à 4,7 Ha. L'ensemble de la prairie sera alors drainée et le collecteur de drain servira de débit de fuite à la retenue constituée (Cf. schéma de principe n°1).

1.2 - Le fond du vallon constitué des parcelles "Rolleville ZC 3-7-8-9 est une zone de ruissellement concentré qui doit être protégée. Les versants de pente > 3%, parcelles "Rolleville ZC 5-7" sont exposés à l'érosion en rill-interill et doivent aussi être protégés.

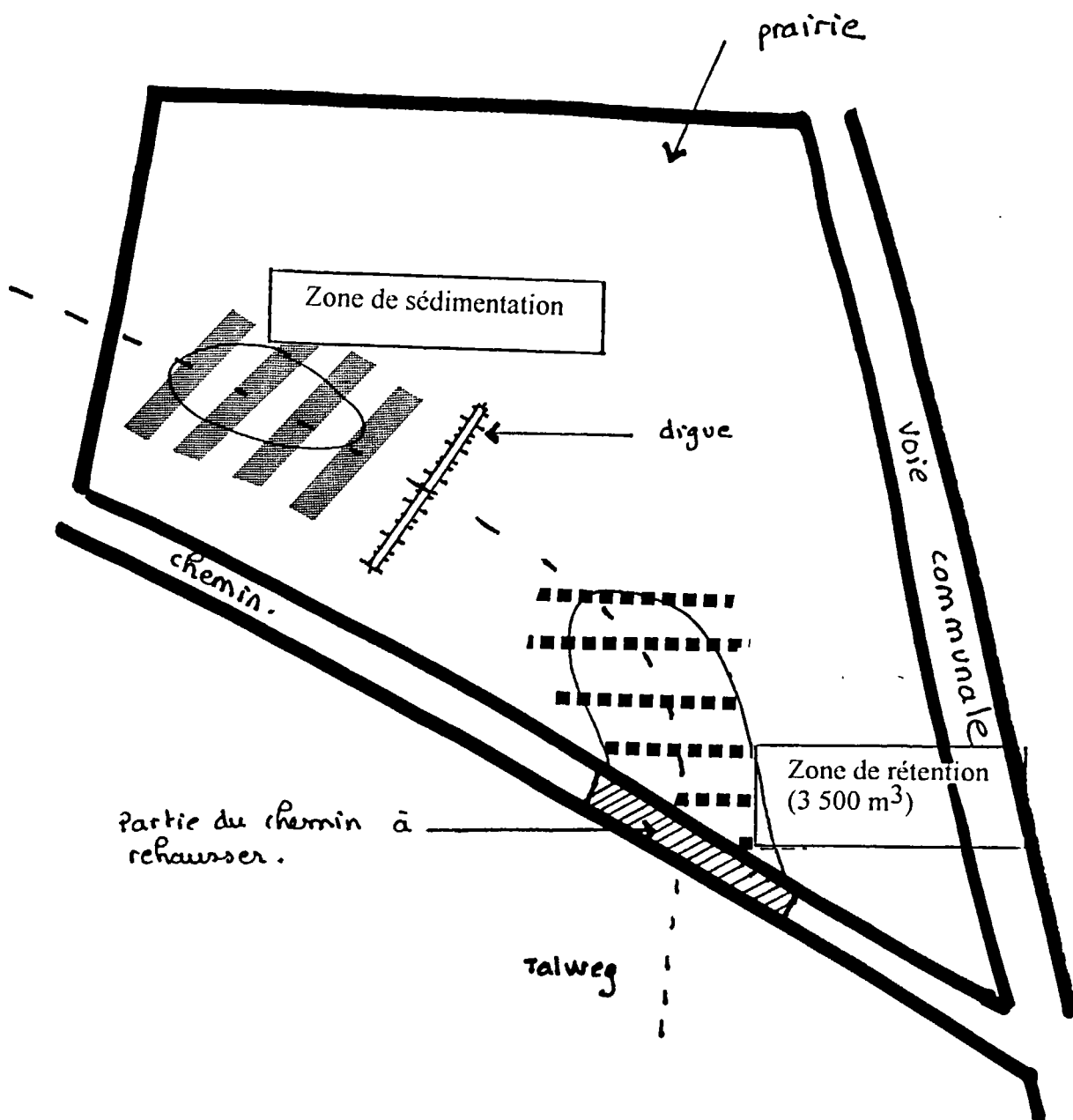
Nous proposons donc l'enherbement des parcelles n° 3-5 et 7, reportées sur la carte et la constitution de talus plantés bordant cette zone enherbée au niveau de la rupture de pente sur les versants. La superficie totale à protéger sur ce secteur couvre 8,2 Ha. Les parcelles ainsi enherbées peuvent être exploitées de façon extensive afin d'être entretenues par les animaux. Au cas où elles seraient entretenues mécaniquement, l'herbe fauchée doit être exportée ou ensilée pour ne pas risquer d'être emportée par d'éventuels écoulements et de boucher les buses en aval.

Des ouvrages de déviation des écoulements seront constitués autour des bétouilles reportées sur la carte selon le schéma de principe n°2.

Par ailleurs, il serait judicieux de prévoir une "mare tampon" ou retenue capable de stocker 2 400 m³ de façon à maîtriser les débits de pointe.

2

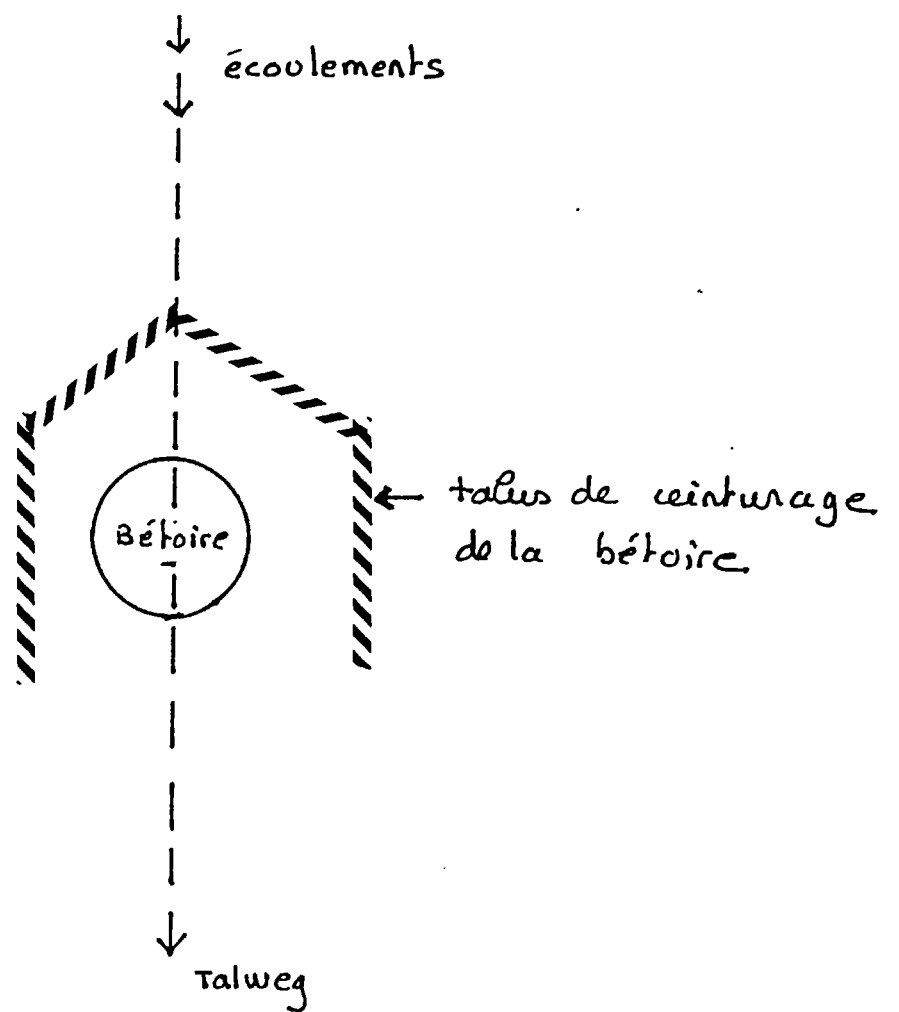
schéma de principe 1



100 m

■ ■ ■ ■ sous-solage
■ ■ ■ ■ drainage

Schéma de principe 2



1.3 - Les sous bassins versants 4 et 5 ont pour exutoire un puits. Les eaux infiltrés par ce puits sont chargées en matières en suspension provenant des terres labourées et surtout en autres éléments issus des bâtiments d'élevage des cours de ferme traversées.

Nous proposons d'abord l'agrandissement de la mare existante (n°4 sur la carte) dans cette ferme qui reçoit les eaux pluviales de la plaine. Cette mare sera équipée d'un débit de fuite. Le volume utile doit être de l'ordre de 860 m³. Ayant un rôle de tampon elle empêchera les écoulements à travers la cours de ferme et le fumier.

Ensuite, pour cette ferme, nous conseillons fortement de développer une action en faveur de la gestion des eaux provenant des bâtiments d'élevage et de la fumière. La solution concrète sera à voir avec Monsieur Meynier, ceci afin d'éviter leur envoi direct dans le puits. Peut être faudra-t-il envisager un débit de fuite autre que le puits par un collecteur de drain vers le fond du vallon de Nerval. Ce collecteur de drain, d'une longueur de 200 à 250 m pourrait déboucher dans les parcelles ZC 9 ou 15 ou 16 ou 17.

1.4 - Dans la parcelle cultivée "Rolleville ZB 12" située au point n°1 sur le plan n°1, il existe une vaste cuvette dont la superficie atteint 1 Ha et parfois plus. En période de ruissellement, cette cuvette est inondée et les eaux stagnent pendant plusieurs jours. Dans cette cuvette, les éléments en suspension sédimentent mais l'infiltration y est lente à cause de la mise en culture. Cette zone doit être préservée, voir drainée.

Dans un premier temps, elle peut faire l'objet d'une indemnisation à l'exploitant, dans un second temps elle pourrait être remise en herbage extensif (1,5 UGB / Ha).

Tous ces aménagements sont à réaliser selon un ordre de priorité : 1-2-3-4.

2 - SOLUTIONS POUR LA PARTIE DU BASSIN VERSANT EN AVAL DE LA ZONE DE BETOIRES

Sur la partie aval du bassin versant, nous proposons des solutions pour limiter les phénomènes d'érosion sur tous les secteurs cultivés en pente > 4 - 5%. Toutes les emprises se situent en rebord de plateau. Les aménagements consistent en remettre certaines terres labourées en prairies et à construire des fossés / talus cauchois de ceinturage soit en amont des prairies soit en aval.

2.1 - Maintient en herbage des parcelles existantes suivantes: 35,5 Ha

- Rolleville ZC 15 - 16 - 17 -19
 - Fontenay 17 -19 - 20
 - Montivilliers ZL 1-2-10-5-7-9-11
- (Cf. carte n°2 et 3)

Remise en herbage des versants de pente > 5 % ainsi qu'ils sont mentionnés sur la carte n°2. Les parcelles concernées sont les suivantes:

- Rolleville ZC 19 - 21 - 23 - 25
- Fontenay 23
- Montivilliers ZL 3 - 6 - 7 - 10 - 11.

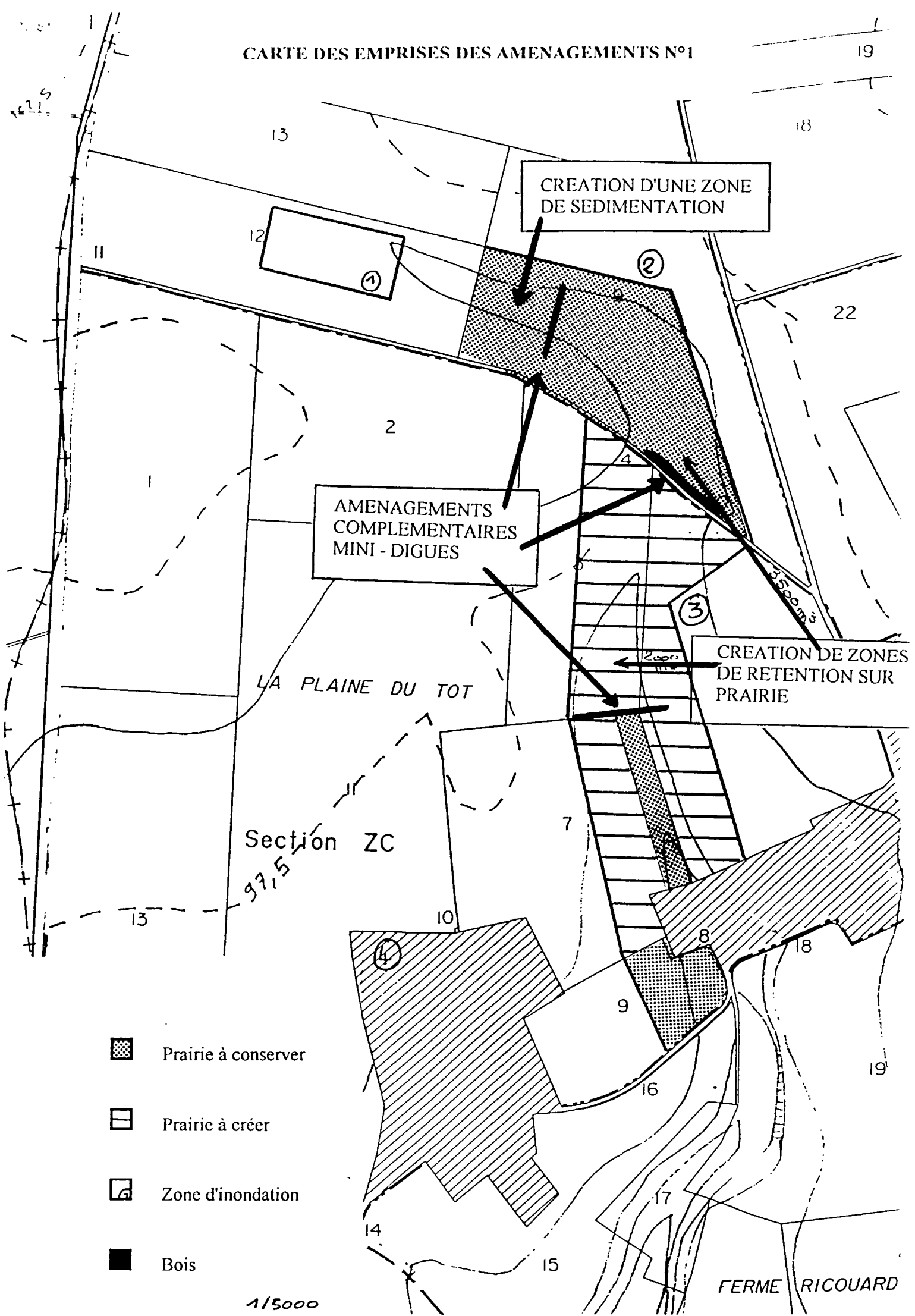
Cela représente une superficie totale de 10,2 Ha à remettre en herbage.





2.2 - Création d'une bande enherbée sur les parcelles "Montivilliers ZC 3 - 6 - 7" pour remplacer un fossé étroit et en forte pente. Les écoulements pourront s'étaler dans la bande enherbée sans risque d'arrachement du sol. Cet aménagement est prioritaire sur cette partie aval du bassin versant. L'emprise nécessaire atteint 1 Ha (n°2 sur la carte).

2.3 - Création d'un talus de 50 cm de hauteur sur une longueur de 200 m le long de la VC pour piéger les sédiments en amont de la voie communale et pour faire en sorte que les écoulements débouchent sur la bande enherbée précédente (n°3 sur la carte).

2.4 - Les écoulements sont dirigés dans le bois au dessus de la ferme Ricouard vers une dépression qui correspond probablement à une ancienne zone d'extraction de graviers. Il serait utile d'étudier les risques d'infiltration dans le sous sol à ce niveau. Si ce secteur est fragile, il faudra constituer un fossé - talus le long du bois sur 100 m afin d'empêcher aux écoulements d'atteindre cette dépression (n°4 sur la carte).

CARTE DES EMPRISES DES AMENAGEMENTS N°1

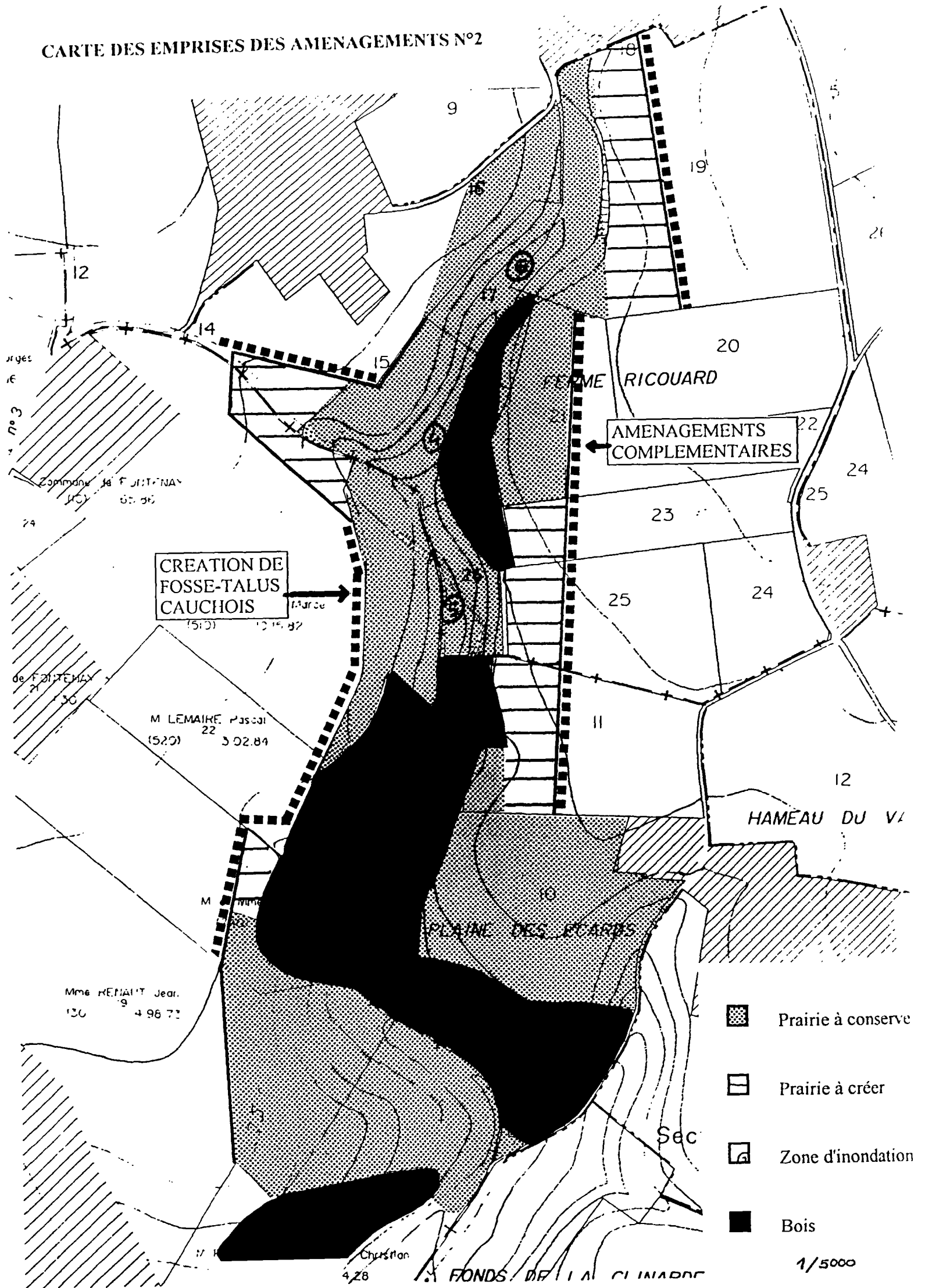


-  Prairie à conserver
-  Prairie à créer
-  Zone d'inondation
-  Bois

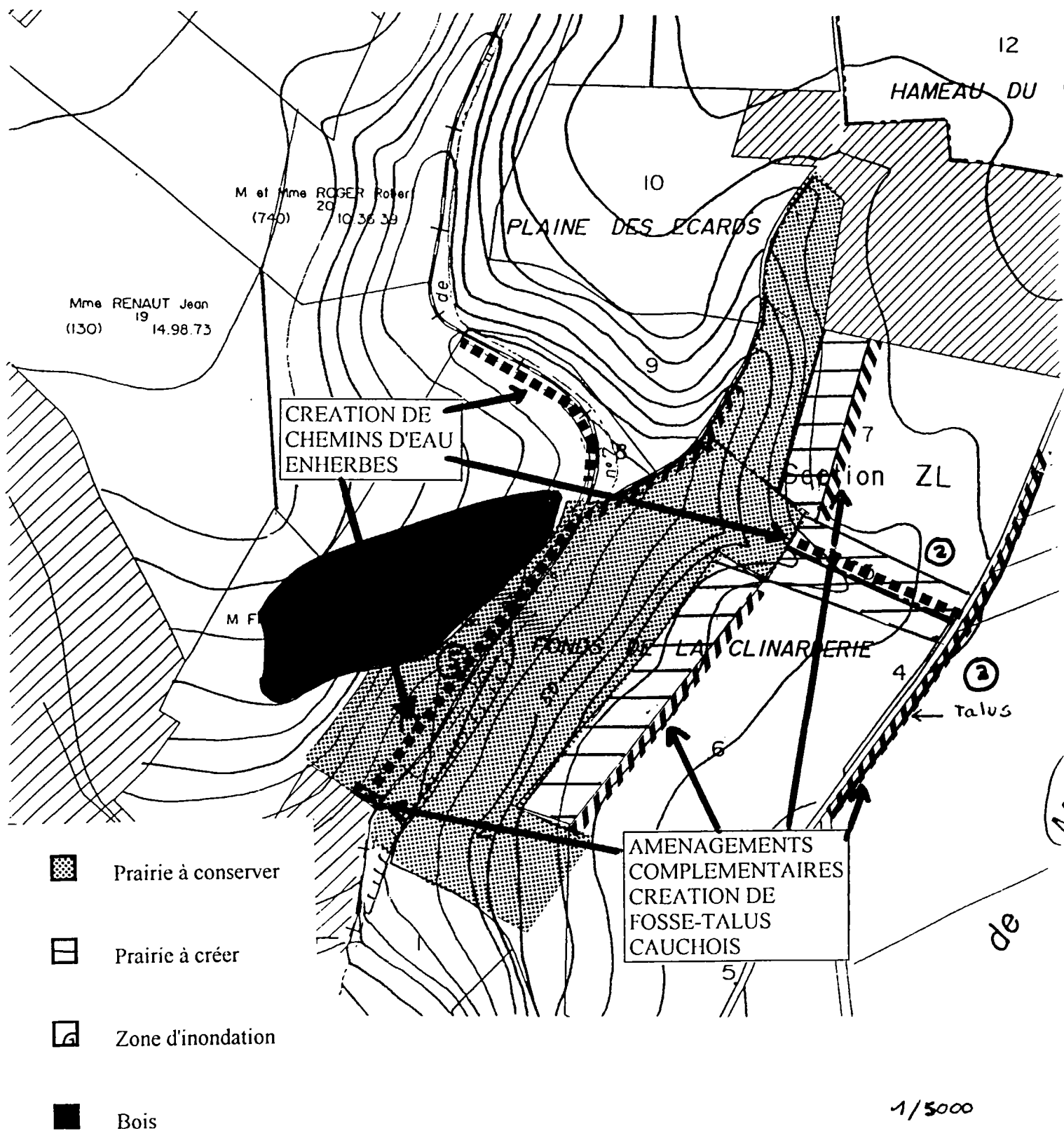
1/5000

FERME RICOUARD

CARTE DES EMPRISES DES AMENAGEMENTS N°2



CARTE DES EMPRISES DES AMENAGEMENTS N°3



3 - MESURES A PRENDRE ULTERIEUREMENT EN FONCTION DE L'EVOLUTION DES RISQUES ET DES CHOIX DE PROTECTION

3.1 - Renforcer la maîtrise des écoulements : création de nouvelles zones d'épandage de crues.

Dans le vallon principal du fond de Nerval, en amont du futur captage deux sites se prêtent à la constitution de retenues d'eaux si besoin. Il n'y a pas de contre indication pour la qualité du captage. Les deux secteurs sont situés sur les parcelles "Rolleville ZC 15 + 17 et ZC 26" (n°5 sur la carte).

Un troisième site est possible, il se situe en aval du captage et en amont de la cressonnière sur la parcelle "Fontenay 17".

3.2 - Constituer un réseau hydraulique autour du futur captage pour collecter et guider les écoulements inévitables. Nous proposons de collecter les écoulements provenant des deux chemins ruraux n° 7 et en créant dans les prairies adjacentes des bandes enherbées associées à des petits talus, ceci sur les parcelles "Fontenay 17 et Montivilliers 2".

3.3 - Mesures d'accompagnement agricole à long terme. Bien sûr, il est fortement conseillé de pouvoir conduire une action complémentaire d'informations des exploitants agricoles sur les pratiques culturales les mieux adaptées. Cette action d'animation de fond doit se concevoir sur le long terme. Elle peut permettre d'intégrer les nouvelles mesures agri-environnementales.

3.4 - Remise en herbage possible de toutes les surfaces dont la pente est supérieure à 3% de façon à éviter tous les risques d'érosion de versant et de talweg. Ces zones représentent sur le bassin versant 31,5 Ha (10,5 + 21) répartis de la façon suivante:

- surface de pente > 5% = 60 Ha \Rightarrow bois: 14 Ha, prairies: 35,5 Ha, labour: 10,5 Ha.

- surface de pentes comprises entre 3 et 5% = 31 Ha \Rightarrow prairies et cours: 10 Ha, labour 21 Ha

Remarque: Pour les prairies actuelles sur l'ensemble du bassin versant, 30 Ha ne sont pas "labourables", par contre 50,5 Ha le sont.

CONCLUSION GENERALE

Le bassin versant de la Clinarderie présente des risques de ruissellement, d'érosion de d'inondations boueuses importants. On peut noter aussi la présence d'un karst au moins dans la partie amont.

Ces risques importants sont liés à:

- la nature des sols sur le plateau (des limons sableux très battants),
- la topographie (un vallon très encaissé et forte pente du talweg),
- l'occupation du sol sur le plateau (grand parcellaire, système de polyculture intensif et système mixte),
- l'absence de réseau hydrologique.

De nombreuses traces anciennes et récentes d'érosion et de sédimentation témoignent d'une activité érosive intense sur ce bassin versant. Depuis le remembrement avec sa redistribution du parcellaire et compte tenu de l'orientation technico-économique des exploitations dans le contexte actuel des productions végétales, cette activité ne pourra que s'intensifier dans les années à venir.

Aussi nous proposons de créer un certain nombre d'aménagements pour collecter et gérer les ruissellements inévitables. Dans le souci de maîtriser les débits, de limiter l'érosion, de favoriser la sédimentation le plus tôt possible sur le bassin versant, de contourner les bêtes et le captage, de favoriser l'absorption des nitrates qui pourraient avoir une circulation hypodermique.

Tous ces aménagements, résumés en page suivante, répondent à une certaine conception de l'aménagement du territoire dans le but de limiter l'ampleur de ces phénomènes.

L'emprise totale pour la remise en herbage, afin de créer des zones d'épandage de crue, des bandes enherbées et des fossés - talus cauchois s'élève à 23 Ha sur ce bassin versant de la Clinarderie. Cette emprise s'ajoute au maintien des 35,5 Ha de prairies existantes sur les très fortes pentes.

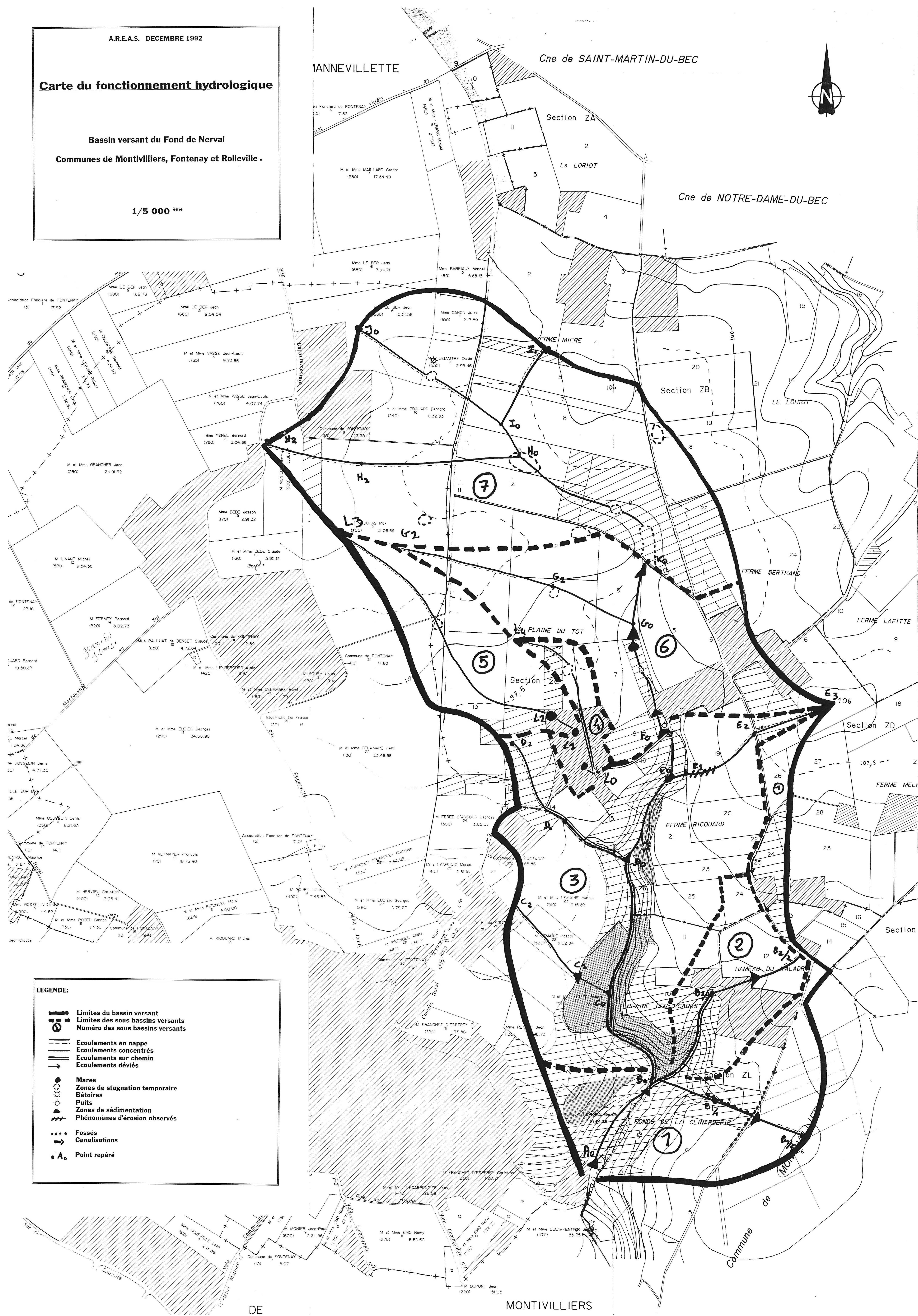
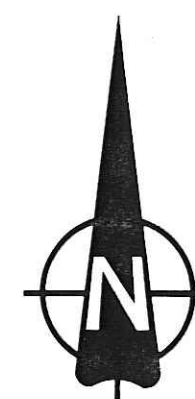
Jean-François OUVRY
Laurence LIGNEAU

PARCELLES	CARACTERISTIQUES DES AMENAGEMENTS	EMPRISE
<u>Bassin versant AMONT</u>		
- ZB 9 ROLLEVILLE	Prairie avec zone d'épandage de crue et construction d'une digue en terre à l'aval le long du CR	4,7 Ha
- ZC 3-5-7-8-9 ROLLEVILLE	Prairie à créer avec zone d'épandage de crue + un talus planté tout autour de cette grande prairie construction d'une digue en terre à l'aval	8,2 Ha.
- Ferme au hameau de Rolleville	*Agrandissement de la mare = 860 m ³ *fourniture et pose d'un collecteur de drain pour assurer le débit de fuite *stockage et traitement des eaux pluviales et autres issus des bâtiments d'élevage.	
- ZB 12 ROLLEVILLE	*maintient du champ d'épandage de crue * possibilité de drainage partiel avec rejet sur la prairie en aval ZB 9	# 1,0 Ha
<u>Bassin Versant AVAL</u>		
- ROLLEVILLE ZC 16-17-26 et partiellement ZC 15-19-21-23-25	Maintient des prairies existantes et des bois sur les fortes pentes (> 5%) et dans le talweg. idem pour les bois	35,5 Ha 8,5 Ha
- FONTENAY 17 et partiellement 19-20		
MONTIVILLIERS ZL 1- 2-10 et partiellement 7-9- 5-11		
- ROLLEVILLE partiellement ZC 19-21- 23-25	Remise en herbe des parcelles en bordure du plateau et constitution de fossés - talus cauchois tout autour.	10,2 Ha
- FONTENAY partiellement 23		
MONTIVILLIERS partiellement ZL 3-6-7-11		
MONTIVILLIERS ZL	Création d'un fossé - talus long de 200 m le long de la VC	0.10 Ha.
- ROLLEVILLE ZC 15	Création d'un fossé - talus long de 100 m pour ceinturer les anciens caniveaux	0.05 Ha.

Carte du fonctionnement hydrologique

Bassin versant du Fond de Nerval
Communes de Montivilliers, Fontenay et Rolleville.

1/5 000 ème



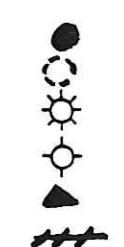
LEGENDE:



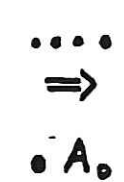
Limites du bassin versant
Limites des sous bassins versants
Numéro des sous bassins versants



Ecoulements en nappe
Ecoulements concentrés
Ecoulements sur chemin
Ecoulements déviés



Mares
Zones de stagnation temporaire
Bétoires
Puits
Zones de sédimentation
Phénomènes d'érosion observés



Fossés
Canalisations



Point repéré

Occupation du sol

Bassin versant du Fond de Nerval

Communes de Montivilliers, Fontenay et Rolleville.

1/5 000^{ème}

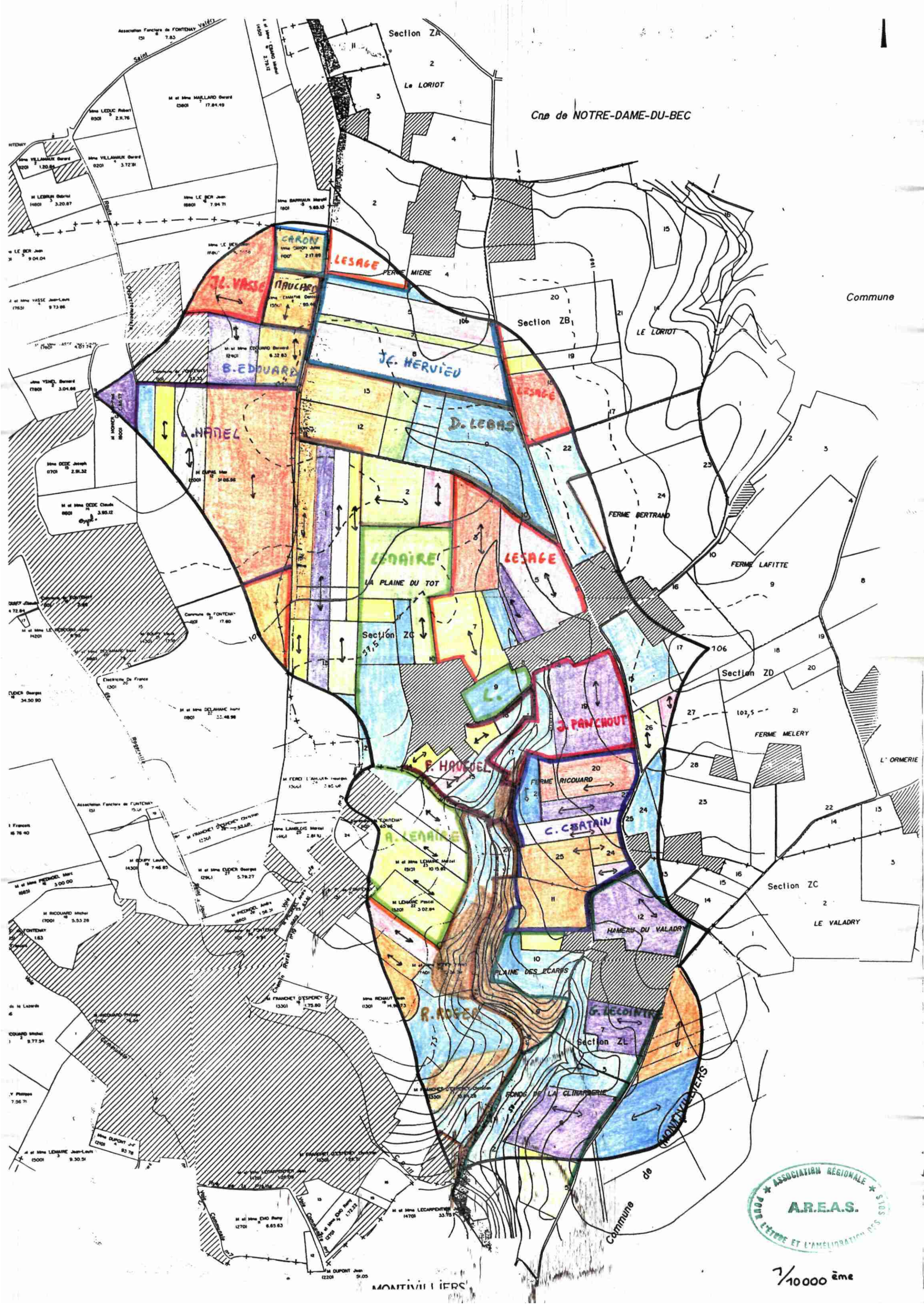
Légende:

-  blé
-  escourgeon
-  pois
-  betteraves sucrières
-  pommes de terre
-  colza
-  lin
-  maïs
-  orge
-  prairies
-  bois



sens de culture
limites d'exploitation
exploitants
propriétaires

M^r Lecacheve
Mr Lecacheur



Cne de NOTRE-DAME-DU-BEC

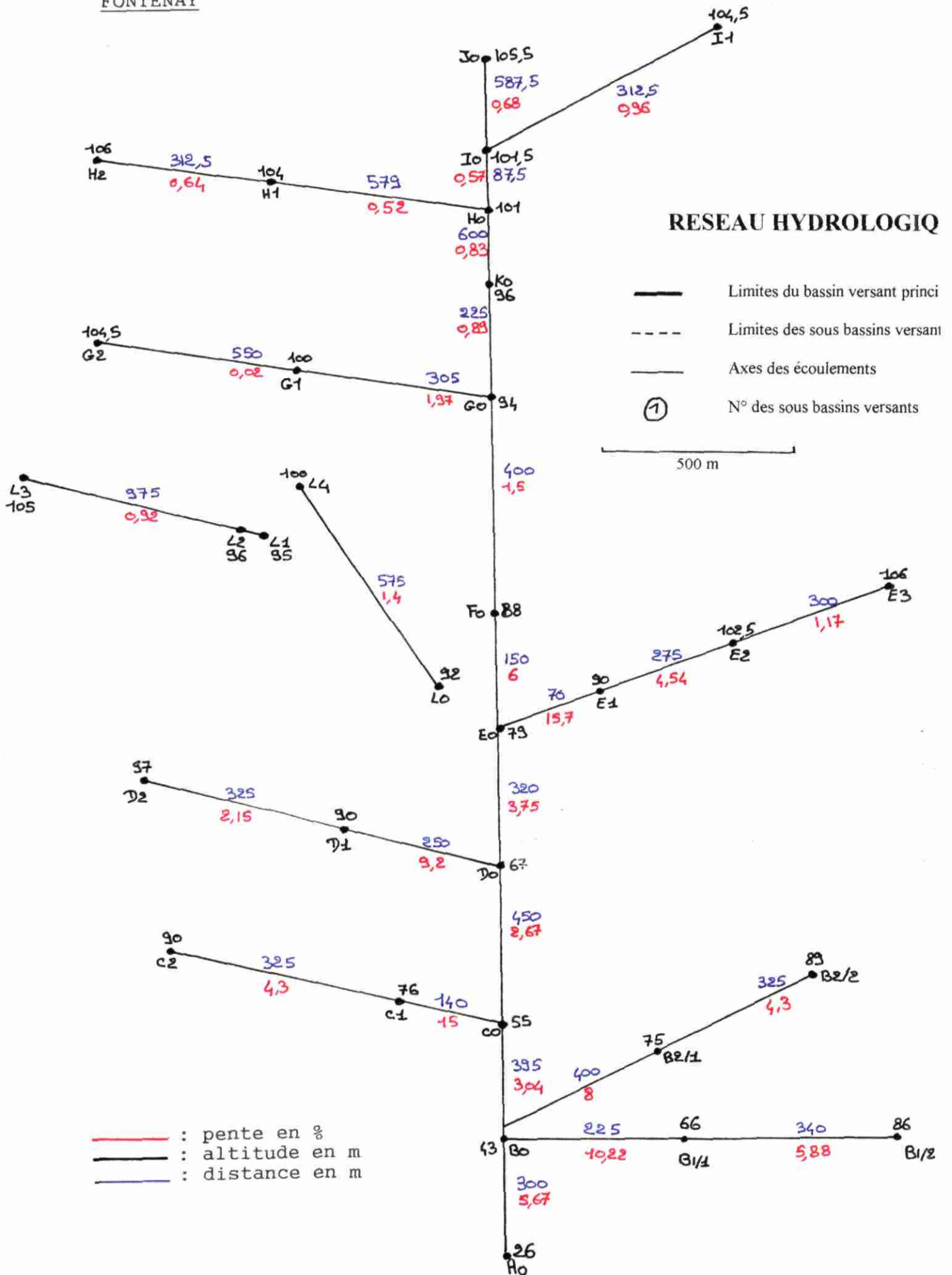
Commune

Section ZC

LE VALADRY



1/10000ème



SCHEMA DU RESEAU HYDROLOGIQUE