

50376
1989
305-2

EXCLU DU PRET

50376
1989
305-2

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
B.P. 6009 - 45060 Orléans Cédex - Tél.: (38) 64.34.34

VILLE DE BERCK-SUR-MER
(Pas-de-Calais)

CHAMP CAPTANT D'IRON-SAINT-VAAST

ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE LA TENEUR EN
NITRATES DES EAUX SOUTERRAINS PRELEVEES

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DE LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE

par
Ch. PREAUX et P. CAULIER



Service géologique régional NORD - PAS-DE-CALAIS

Fort de Lezennes, B. P 26, Lezennes - 59260 Hellemmes - Lille - Tél.: (20) 91.38.19

LEZENNES (Nord)

85 SGN 212 NPC
Ch. PREAUX et P. CAULIER

VILLE DE BERCK-SUR-MER
(PAS-DE-CALAIS)

CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAINT-VAAST

ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE
LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
PRELEVEES

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DE LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE

RESUME

Suite à la brusque augmentation des teneurs en nitrates entre la fin 1978 (32,2 mg/l) et 1981 (49 mg/l) la ville de BERCK-SUR-MER qui exploite 4 forages à AIRON-SAINT-VAAST a demandé une étude afin de déterminer les causes et remèdes à cette pollution. Membre d'un groupement de quatre intervenants, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières a été plus spécifiquement chargé de l'étude de la nappe d'eau souterraine.

Les travaux réalisés (foration de 13 piézomètres; établissement de cartes piézométrique, chimique, de transmissivité, de profondeur de nappes ; le bilan d'azote entrée/sortie....) ont conduit à déterminer la cause essentielle des teneurs importantes en nitrates dans l'eau prélevée. Il s'agit de l'activité agricole amplifiée par le phénomène de ruissellement sur des terrains battants et sableux.

De ce fait, les mesures proposées concernent essentiellement la lutte contre le ruissellement avec des effets à long terme. De plus, des analyses de terrains ont souligné l'importance du stock d'azote en transit.

Toutefois, une variation de modalités d'exploitation est proposée afin de solliciter davantage un ouvrage moins sujet à l'impact du ruissellement. L'implantation d'un nouveau forage est également suggérée.

MOTS CLEFS : AGRICULTURE - AZOTE - BILAN - PROFIL - RUISELLEMENT.

61 pages, 10 figures, 11 tableaux, 12 annexes, 10 planches.

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
1 - INTRODUCTION.....	9
2 - PRESENTATION DU CHAMP CAPTANT (d'après les connaissances disponibles avant l'étude).....	10
21 - Situation et contexte géographique.....	10
22 - Description sommaire des installations de pompage et de stockage de l'eau.....	12
23 - Contexte géologique et hydrogéologique.....	12
231 - Des formations superficielles très perméables.....	15
232 - Un aquifère de structure simple.....	15
233 - Une zone d'alimentation bien circonscrite.....	16
24 - Un volume pompé inférieur à la ressource renouvelée.....	17
241 - Le cycle de l'eau.....	17
242 - Essais de quantification des éléments du cycle de l'eau.....	17
25 - Depuis 1976, une évolution parallèle de l'infiltration et de la teneur en nitrates.....	21
26 - L'évolution et l'état actuel de la distribution d'eau potable dans le secteur sont peu satisfaisants pour ce qui est de la qualité.....	22
3 - TRAVAUX REALISES.....	25
31 - Pour l'étude de la nappe et de l'aquifère.....	25
311 - Des points d'observation supplémentaires.....	25
3111 - Réalisation.....	25
3112 - Essais et mesures sur les piézomètres.....	27
312 - Campagnes piézométriques.....	28
313 - Micromoulinet de forage et prélèvements d'eau dans le forage F4.....	28
32 - Pour l'étude des terrains non-saturés profonds.....	29
33 - Pour la quantification des flux.....	29
4 - RESULTATS ET INTERPRETATION.....	30
41 - Etude de la nappe et de l'aquifère.....	30
411 - Une aire d'alimentation réduite.....	30
412 - Quantification et représentation des écoulements : une certaine régularité.....	32

	<u>Pages</u>
413 - Le suivi piézométrique : Similitude des allures et augmentation des battements avec l'altitude de la nappe.....	33
414 - De grandes différences dans l'épaisseur du non saturé.....	36
415 - Une absence de terrains productifs après 22 mètres de craie saturée.....	39
416 - Les zones de meilleures transmissivités dans les fonds de vallée.....	41
417 - Une évolution chimique des nitrates en relation directe avec la piézométrie.....	41
4171 - Au niveau de la station de pompage.....	41
4172 - Au niveau des piézomètres dont l'eau est régulièrement analysée.....	42
418 - Une carte des teneurs en nitrates nécessitant de prendre en compte divers facteurs.....	44
419 - Une eau de médiocre qualité chimique quelque soit la profondeur de la zone productrice.....	45
42 - Etude des terrains non saturés profonds.....	46
421 - De grands types de formations superficielles dont l'épaisseur est fortement variable.....	46
422 - De grandes quantités d'azote stockées dans la craie au droit des cultures.....	48
43 - Conclusions sur les observations de terrain.....	50
44 - Quantification des flux d'azote.....	52
441 - Quantification des flux d'azote d'après les références bibliographiques.....	53
442 - Quantification des flux d'azote à partir de l'enquête agricole réalisée par l'I.S.A.....	54
443 - Conclusion sur le bilan des flux d'azote : vers une quantification de l'impact du ruissellement.....	56
4431 - Un bilan excédentaire.....	56
4432 - L'impact non négligeable du ruissellement...	58

	<u>Pages</u>
5 - CONCLUSIONS.....	59
51 - Observations générales.....	59
52 - Moyens destinés à réduire la teneur en nitrates des eaux souterraines prélevées.....	59
521 - Modulation des prélèvements sur les différents forages du champ captant.....	59
522 - Recherche d'un nouveau site de captage moins sen- sible au ruissellement.....	61

LISTE DES FIGURES

	<u>Pages</u>
FIGURE 1 - Carte de situation géographique de la zone d'étude.....	11
FIGURE 2 - Carte de présentation du champ captant.....	13
FIGURE 3 - Schéma et quantification du cycle de l'eau au niveau de la zone d'étude.....	18
FIGURE 4 - Courbes de l'évolution des teneurs en nitrates sur les forages du champ captant d'Airon-Saint-Vaast. Relation avec l'infiltration. Importance relative des différentes masses d'eau (pluviométrie - infiltration et prélèvements) - (1973 - avril 1985).....	19
FIGURE 5 - Etat de la distribution d'eau potable dans le canton de Montreuil-sur-Mer (situation 1975 à 1984).....	24
FIGURE 6 - Evolution du niveau de la nappe de la craie de 1966 à 1985.....	34
FIGURE 7 - Courbes du suivi des variations du niveau de la nappe (juillet 1983 - avril 1985). Relation avec la plu- viométrie et l'infiltration.....	35
FIGURE 8 - Coupes technique et géologique du forage 4. Courbe interprétée du micromoulinet de forage. Résultats des analyses des nitrates sur de l'eau prélevée à diffé- rentes profondeurs (octobre 1983).....	40
FIGURE 9 - Coupes géologiques du recouvrement quaternaire rele- vées lors de la phase de creusement à la tarière des piézomètres et des sondages pour échantillonnage destiné à l'analyse chimique.....	47
FIGURE 10 - Coupes perpendiculaires à la zone de concentration de l'écoulement.....	51

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Pages</u>
TABLEAU I	- Caractéristiques des 4 forages du champ captant..... 14
TABLEAU II	- Importance relative de la pluviométrie, de l'infiltration et des prélèvements. Liaison entre l'infiltration et la teneur en nitrates (1973-1985)..... 21
TABLEAU III	- Evolution de la population des communes (1975-1982) : - concernées par la restructuration des unités de distribution - situées dans la zone d'étude ou à sa périphérie..... 23
TABLEAU IV	- Caractéristiques des 12 piézomètres réalisés pour l'étude..... 26
TABLEAU V	- Rapport des superficies communales à celle du bassin-versant souterrain..... 31
TABLEAU VI	- Evolution de l'écoulement le long de la ligne de concentration principale..... 33
TABLEAU VII	- Evolution de la teneur en nitrates en fonction de la profondeur des niveaux productifs du forage F4 (10-1983)..... 46
TABLEAU VIII	- Pertes en azote selon les différentes occupations du sol d'après synthèse bibliographique..... 53
TABLEAU IX	- Détermination de l'apport azoté des résidus d'élevage.. 55
TABLEAU X	- Pertes en azote selon les différentes occupations du sol d'après l'enquête agricole..... 55
TABLEAU XI	- Quantités d'azote interceptées par la station de pompage en 1984..... 57

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE I - Modalités de réalisation des piézomètres.
- ANNEXE II - Tableau du suivi piézométrique des forages et piézomètres (juillet 1983 - avril 1985).
- ANNEXE III - Tableau des résultats du suivi chimique des forages avant la réalisation des piézomètres (juillet 1983 - février 1984).
- ANNEXE IV - Tableau des résultats du suivi chimique des forages et piézomètres (février 1984 - avril 1985).
- ANNEXE V - Tableau des résultats des analyses chimiques complètes des forages (février 1984).
- ANNEXE VI - Tableau des résultats des analyses chimiques complètes des piézomètres (janvier à mai 1984).
- ANNEXE VII - Tableau des résultats des analyses chimiques diverses (mars 1984 à avril 1985).
- ANNEXE VIII - Tableau de résultats des analyses chimiques du non-saturé (octobre 1983).
- ANNEXE IX - Modalité de transformation de quelques unités.
- ANNEXE X - Le cycle de l'azote :
 - les différentes formes de l'azote,
 - les différentes sources de l'azote dans les eaux,
 - le mécanisme du cycle de l'azote.
- ANNEXE XI - Déterminations préliminaires à l'établissement du bilan sur l'azote :
 - calcul des différentes surfaces à prendre en compte,
 - justification de l'excédent d'azote utilisé pour le bilan agricole
 FIGURE - Schéma du cycle de l'azote pour un champ de blé,
 - le devenir des résidus d'élevage,
 TABLEAU - Détermination du nombre d'animaux à prendre en compte,
 TABLEAU - Détermination de l'apport azoté des résidus d'élevage,
 - l'impact urbain,
 - l'impact naturel.
- ANNEXE XII - Bilan sur l'azote en fonction de l'origine.

LISTE DES PLANCHES

- PLANCHE I - Carte régionale des teneurs maximales en nitrates dans la nappe de la craie (1981).
- PLANCHE II⁽¹⁾ - Carte des écoulements souterrains (janvier 1984) et de la répartition des teneurs en nitrates dans la nappe (octobre 1984).
- Coupe longitudinale suivant approximativement la zone de concentration de l'écoulement.
- PLANCHE III⁽²⁾ - Carte des transmissivités par débit spécifique. Localisation des points de mesures du niveau de la nappe. Localisation des traits de coupe. Localisations diverses.
- PLANCHE IV⁽²⁾ - Carte des différentes zones d'alimentation (moyenne 1956-1984).
- PLANCHE V - Courbe de l'évolution - de la pluviométrie
- de l'infiltration
- des prélèvements
- du niveau de la nappe
- de la qualité de l'eau
(au niveau du champ captant, de juillet 1983 à avril 1985).
- PLANCHE VI⁽²⁾ - Carte de la profondeur de la nappe par rapport à la surface du sol (janvier 1984).
- PLANCHE VII - Courbes de l'évolution de la quantité d'eau pompée hebdomadairement pour chaque forage du champ captant (juillet 1983 - avril 1985).
- PLANCHE VIII - Courbes des évolutions des teneurs en nitrates parallèlement aux niveaux de la nappe pour les piézomètres régulièrement suivis (janvier 1984 - avril 1985): similitude des allures.
- PLANCHE IX - Profils d'azote dans le non saturé en fonction :
- de la topographie
- de l'occupation du sol (octobre 1983).
- PLANCHE X - Schéma du cycle de l'azote appliqué à la zone d'étude.

(1) Cette planche fait également office de planche I pour le rapport de synthèse (1ère partie).

(2) Planches destinées à être superposées à la planche couleur (II).

VILLE DE BERCK-SUR-MER
(PAS-DE-CALAIS)

CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAINT-VAAST

ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE
LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
PRELEVEES

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DE LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE

1 - INTRODUCTION

Le présent rapport constitue la deuxième partie de l'étude des moyens destinés à réduire la teneur en nitrates des eaux souterraines prélevées au champ captant ⁽¹⁾ d'AIRON-SAINT-VAAST.

En effet, devant l'augmentation des teneurs en nitrates, assez générale dans la région (voir planche I), la ville de Berck-sur-Mer a décidé d'entreprendre une étude, réalisée conjointement par :

- le B.R.G.M. - S.G.R./N.P.C. ⁽²⁾ responsable de l'étude de la nappe d'eau ⁽³⁾ souterraine,
- l'I.S.A. ⁽⁴⁾ de Lille et le S.R.A.E. ⁽⁵⁾ Nord Pas-de-Calais pour l'inventaire de l'occupation du sol, la pédologie ⁽⁶⁾ et l'étude du mode de circulation et d'infiltration des eaux pluviales,
- l'I.N.R.A. ⁽⁷⁾ - Laboratoire d'analyses de sols d'Arras pour l'examen du transfert des nitrates dans la zone non saturée ⁽⁸⁾ superficielle (jusqu'à 1,20 m de profondeur).

(1) - Secteur où sont localisés plusieurs forages d'alimentation en eau.

(2) - B.R.G.M. - S.G.R./N.P.C. - Bureau de Recherches Géologiques et Minières - Service Géologique Régional Nord Pas-de-Calais.

(3) - Eau souterraine remplissant les interstices d'un terrain poreux et perméable de telle sorte qu'il y ait toujours liaison par l'eau entre les pores. Une nappe se forme par accumulation des eaux d'infiltration au-dessus d'un terrain imperméable qui interdit leur progression vers le bas. L'eau remplit par gravité toutes les cavités accessibles du terrain jusqu'à un niveau dit surface libre qui est la surface à laquelle l'eau se stabilise dans les puits atteignant la nappe.

(4) - I.S.A. - Institut Supérieur d'Agriculture.

(5) - S.R.A.E. - Service Régional d'Aménagement des Eaux (Lille).

(6) - Science qui étudie le sol.

(7) - I.N.R.A. - Institut National de la Recherche Agronomique.

(8) - Terrains situés entre la surface du sol et la nappe.

L'ensemble du dossier est constitué de 4 parties :

- 1ère partie : le rapport de synthèse,
- 2ème partie : le rapport du B.R.G.M. - S.G.R./N.P.C. ici présenté :
Etude de la nappe d'eau souterraine,
- 3ème partie : le rapport de l'I.S.A. et du S.R.A.E. :
Pédologie, inventaire de l'occupation du sol et étude du
mode de circulation et d'infiltration des eaux pluviales
- 4ème partie : le rapport de l'I.N.R.A. : Etude du périmètre d'AIRON-
SAINT-VAAST.

Cette deuxième partie traite des aspects suivants :

- étude des écoulements et de la qualité de l'eau souterraine,
- détermination des caractéristiques de l'aquifère ⁽¹⁾,
- analyse de la zone non saturée profonde (jusque 11,5 m),
- quantification des flux d'azote émis depuis la surface.

2 - PRESENTATION DU CHAMP CAPTANT (d'après les connaissances disponibles avant l'étude)

21 - Situation et contexte géographique (figure 1)

Le champ captant se trouve à 8,5 km des côtes de la Manche, il est localisé à mi-parcours de la route départementale 917 qui relie sur 15 km Berck-sur-Mer à Montreuil-sur-Mer. Il est situé sur le territoire communal d'Airon-Saint-Vaast dans un vallon sec d'orientation générale SE/NW échancrant en son milieu un plateau large de 18 km qui présente une altitude moyenne de 50 à 70 m. Ces "Hautes Terres" séparent le val de Canche au Nord du val d'Authie au Sud (les altitudes de ces deux vallées sont voisines de +5m N.G.F. ⁽²⁾). A près de 2 km à l'Ouest du champ captant, la région naturelle des "Bas-champs" (+5 m N.G.F.) se trouve au pied de l'ancienne falaise crayeuse ; puis plus à l'Ouest, s'érigent des dunes qui peuvent atteindre une altitude de 45 m.

(1) - Terrains contenant la nappe d'eau, c'est le réservoir, dans le cas présent, il s'agit de la craie.

(2) - N.G.F. - Niveau Général de France, il s'agit d'une altitude.

CARTE DE LA SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE



LÉGENDE

ECHELLE : 0 1 2 km.

- 16-7 N° de feuille au 1/50 000 et le huitième _
- Limite de la zone d'étude _
- Ancienne falaise _
- +5 Courbe piézométrique (Synthèse S. BAILLY 1985)
- Limite du format des planches hors texte _
- Champ captant

22 - Description sommaire des installations de pompage et de stockage de l'eau (figure 2)

(1)
Les 4 forages d'A.E.P. sont implantés sur la commune d'AIRON-SAINT-VAAST :

- 3 des 4 forages sont situés au lieu-dit "La Culbute", au Sud du croisement entre les chemins départementaux n° 143 E (de Wailly-Beaucamp à Airon-Saint-Vaast) et 917, à +15 m N.G.F. Les 3 forages, F1, F2 et F4 se trouvent aux angles d'un triangle isocèle ayant F4 comme sommet amont ; F1 et F2, distants de 25 m, représentent la base et sont à 37,5 m de F4. Les installations de pompage se situent dans des avants-puits profonds d'environ 3 m. Sur ce site sont également regroupés l'appareillage électrique et le logement du fontainier.

- Le forage F3 se trouve à 400 m au Sud-Ouest de la Culbute, à une altitude de +25 m N.G.F., dans un bâtiment à l'orée du Bois de Verton.

Les caractéristiques de ces différents ouvrages sont regroupées dans le tableau I.

- Le réservoir, partiellement enterré, occupe le sommet d'une butte dont l'altitude est de 46 m, sur le territoire communal de Rang-du-Fliers. La capacité de stockage est de 3 100 m³. C'est là que s'effectue le traitement de l'eau par chloration avant sa distribution.

Les 4 forages, ainsi que les zones de protection réglementaires ont été déclarés d'utilité publique par arrêté préfectoral en date du 17/09/81.

23 - Contexte géologique et hydrogéologique

Les 4 forages de la ville captent l'eau contenue dans les fissures de la craie. Cette craie s'est déposée pendant l'ère secondaire et plus précisément au Turonien supérieur et au Sénonien (Crétacé supérieur). Elle est recouverte d'une épaisseur variable de terrains superficiels récents de l'ère quaternaire.

(1) A.E.P. - Alimentation en Eau Potable.

**CARTE DE PRESENTATION DU CHAMP CAPTANT
D'AIRON-SAINST-VAAST**

LEGENDE

- 16-7 N° de feuille au 1/50 000ème et le huitième
- Surface boisée
- Route avec mention de la direction ainsi que la distance entre le centre de la commune concernée et le champ captant
- Forage avec - son indice national - sa dénomination usuelle
- Périmètre de protection rapprochée
- Périmètre de protection éloignée
- Ligne de courant
- Limite communale
- Bâtiment
- Niveau N.G.F.
- VERTON Commune
- La Culbute Lieu-dit

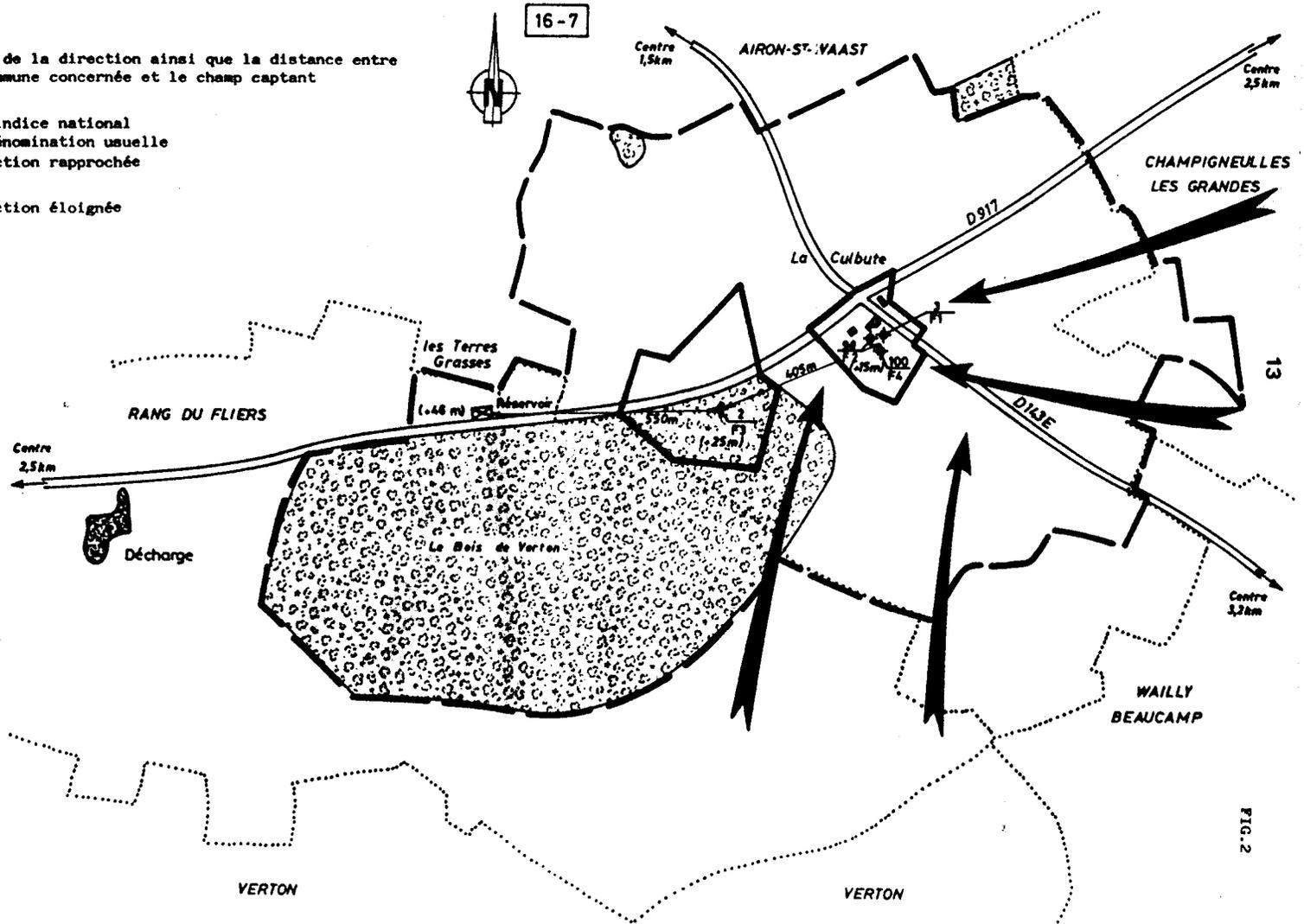
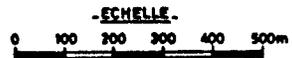


TABLEAU I - CARACTERISTIQUES DES 4 FORAGES DU CHAMP CAPTANT

Désignation usuelle		F1	F2	F3	F4
Indice national		16-7-3	16-7-98	16-7-2	16-7-100
Commune d'implantation		AIRON-SAINT-VAAST			
Situation topographique		Thalweg(1)central		Versant sud	Thalweg central
Environnement amont		Champs		Bois	Champs
Distance/F1-F2-F4 (m)				420	
Année de réalisation		1895	1925	1950	1973
Coordonnées	X	553,60	553,59	553,23	553,60
	Y	302,78	302,77	302,58	302,73
Altitude du sol (m)		+ 15		+25,2	+15
Profondeur/sol (m)		50,5		75,1	50
Epaisseur du recouvrement (m) (2)		?	3,9	3,85	?
Profondeur tube plein (m)		20	20,5	30	20
Ø tube plein (mm) (diamètre)		0-2,34m: + 1000 2,34-20m: 660	0-2,74m: + 1000 2,74-20,5m: 950	660	0-3,15m: +1000 3,15-20m: 800
Ø tube crépiné (mm) (3)		660	850	600	600
NAPPE 1984	Profondeur durant l'étiage (m) (4)	9,66	9,99	20	10,22
	Altitude durant l'étiage (m)	+5,34	+5,01	+5,2	+4,78
	Battement (m) (5)	1,62	1,55	1,60	1,59
ESSAI DE POM- PAGE	Date	?	12-58	09-50	10-83
	Durée (h)	?	?	30	2,5
	Débit (m ³)	220	200	210	210
	Rabattement (m) (6)	2,5	13	26,9	5
	Débit spécifique (m ² /s) (7)	2,4.10 ⁻²	4,3.10 ⁻³	2,2.10 ⁻³	1,2.10 ⁻²
	Niveau stabilisé	?	?	?	OUI

Signification de termes techniques indicés dans le tableau :

- (1) Axe du fond de la vallée
- (2) Terrains situés au-dessus de la craie
- (3) Tube dont la paroi est percée d'ouvertures de formes diverses, disposées régulièrement, permettant le passage de l'eau de la nappe
- (4) Période durant laquelle la nappe est à son niveau le plus bas
- (5) Ecart entre le niveau le plus haut et le niveau le plus bas de la nappe
- (6) Hauteur de laquelle le niveau d'eau s'est abaissé pendant le pompage
- (7) Rapport débit/rabattement

231 - Des formations superficielles très perméables

Ces terrains sont décrits par ailleurs (3ème partie) ; nous rappellerons brièvement les trois principaux types :

- les limons sableux de plateaux caractérisés par la présence d'argile à la base, en contact avec la craie. Ces limons recouvrent la plus grande partie de la zone d'étude. Ils contiennent une proportion sableuse importante facilitant l'infiltration des eaux de pluie,

- les colluvions de fonds de vallées sèches sont sableuses à la base et l'absence de plans d'eau durables témoigne d'une bonne capacité d'absorption et d'infiltration. Les dépôts meubles des pentes également sableux sont tout aussi perméables,

- les alluvions fluviatiles anciennes sont composées de cailloux de silex, de sables et de graviers. Ces terrains représentent le sous-sol du village de Wailly-Beaucamp, du Montodion ainsi que de la butte des Garennes. Ces alluvions permettent également une infiltration rapide des eaux pluviales.

En résumé, cette présentation succincte montre la présence de terrains superficiels perméables entre la surface du sol et la craie. De plus, ces formations superficielles sont peu épaisses (moins de 4 m à la station de pompage), voir pratiquement inexistantes au niveau des talus et des pentes où la craie est parfois affleurante.

232 - Un aquifère de structure simple

Les observations effectuées sur les affleurements ou les forages entre la Canche et l'Authie conduisent aux remarques suivantes :

- les terrains crayeux sont épais d'environ 50 m et renferment un grand nombre de silex. La partie supérieure de la formation est constituée d'une craie riche en silex d'âge coniacien (Sénonien inférieur). Pour la base, seule l'étude des foraminifères ⁽¹⁾ et des Inocérames ⁽²⁾ réalisée plus au Sud permet d'accorder à la craie d'âge Turonien supérieur une épaisseur de 15 à 20 m. C'est cette formation qui contient la nappe de la craie,

(1) et (2) sont des restes ou moulages d'animaux conservés dans la craie,

les foraminifères sont de taille microscopique et les Inocérames atteignent par contre plusieurs centimètres.

- au-dessous se trouvent une cinquantaine de mètres de marnes crayeuses (1) d'âge Turonien moyen formant le plancher de l'aquifère.

Ces terrains plongent de l'Est vers l'Ouest, le contact de la craie et des marnes crayeuses par rapport au niveau de la mer est à :

- moins 15 m à Montreuil-sur-Mer,
- moins 26 m à la station de pompage,
- moins 80 m dans le secteur Berck, Merlimont, Rang-du-Fliers.

Ces cotes démontrent que l'inclinaison est faible (inférieure à 5°) et orientée vers la côte avec une légère accentuation à l'aval du champ captant.

233 - Une zone d'alimentation bien circonscrite

L'étude des ressources en eau de la zone littorale réalisée en 1976 (J. MANIA et A. PHILIPPART) a permis de définir la zone d'étude. Deux cartes piézométriques (2) au 1/50 000ème sont disponibles, l'une présente l'état en basses eaux antérieure à 1974, l'autre fournit l'état en hautes eaux d'avril à mai 1975. En partie issue de ces deux cartes, la figure 1 montre un écoulement général d'Est en Ouest, ainsi qu'un dôme piézométrique centré sur le Bois de l'Eglise et le village de Boisjean. En liaison avec ce dôme, deux secteurs présentent également un bombement de la nappe, d'une part vers Campigneulle les-Grandes (au Nord) et d'autre part, au droit du Puits Bérault (au Sud). C'est à partir de ces éléments qu'a été délimitée la zone d'alimentation des captages de la ville de Berck-sur-Mer. Le secteur d'étude déterminé primitivement correspond à la réunion du bassin-versant souterrain et du bassin-versant superficiel.

(1) - Roche contenant un pourcentage plus important d'argile, d'où une perméabilité plus faible.

(2) - Représentation cartographique à l'aide de courbes des altitudes de la surface de la nappe.

24 - Un volume pompé inférieur à la ressource renouvelée241 - Le cycle de l'eau (figure 3)

Avant d'aborder le problème de la qualité de l'eau prélevée, il est intéressant de quantifier le cycle de l'eau au niveau du bassin-versant souterrain alimentant les forages de la ville de Berck-sur-Mer.

Ce schéma montre que seule une partie de l'eau de pluie (P) s'infiltré pour rejoindre la nappe. L'infiltration est soit directe (D) si le sol est suffisamment perméable, soit indirecte (I) après un parcours en surface (ruissellement R) si les terrains superficiels sont peu perméables. L'autre partie de l'eau tombée regagne l'atmosphère par évaporation (flaques...) et transpiration végétale, l'ensemble, perdu pour la nappe étant dénommé évapotranspiration (ET). Quant à l'eau de la nappe, elle retrouve le milieu marin par écoulement superficiel (E) - (sources, nappes alluviales...) ou souterrain (N) ⁽¹⁾.

En période estivale la majeure partie de l'eau tombée au sol est évapotranspirée.

242 - Essais de quantification des éléments du cycle de l'eau

(figures 3 et 4)

- La pluviométrie moyenne sur la zone d'étude est déterminée à la suite des travaux de J. BECKELYNCK (1981), réalisés à l'échelle de la région pour la période 1956/1975. Cet auteur propose à l'issue d'un traitement statistique et informatique (corrélation et krigeage) des valeurs de pluviométrie par maille de 16 km^2 . Le secteur étudié recouvre partiellement 3 mailles et, en fonction des surfaces respectives sur chacune d'elles, la pluviométrie moyenne sur la zone est de 756 mm/an. Après modification, en tenant compte des années écoulées depuis, ceci en se basant sur la station météorologique du Touquet, la pluviométrie moyenne est donc de l'ordre de 760 mm/an, soit pour les 21 km^2 ⁽²⁾ du bassin-versant souterrain, 16 millions de m^3 /an.

(1) Il est à préciser que l'eau prélevée pour la consommation est de nouveau remplacée dans le cycle à la faveur des fuites et rejets.

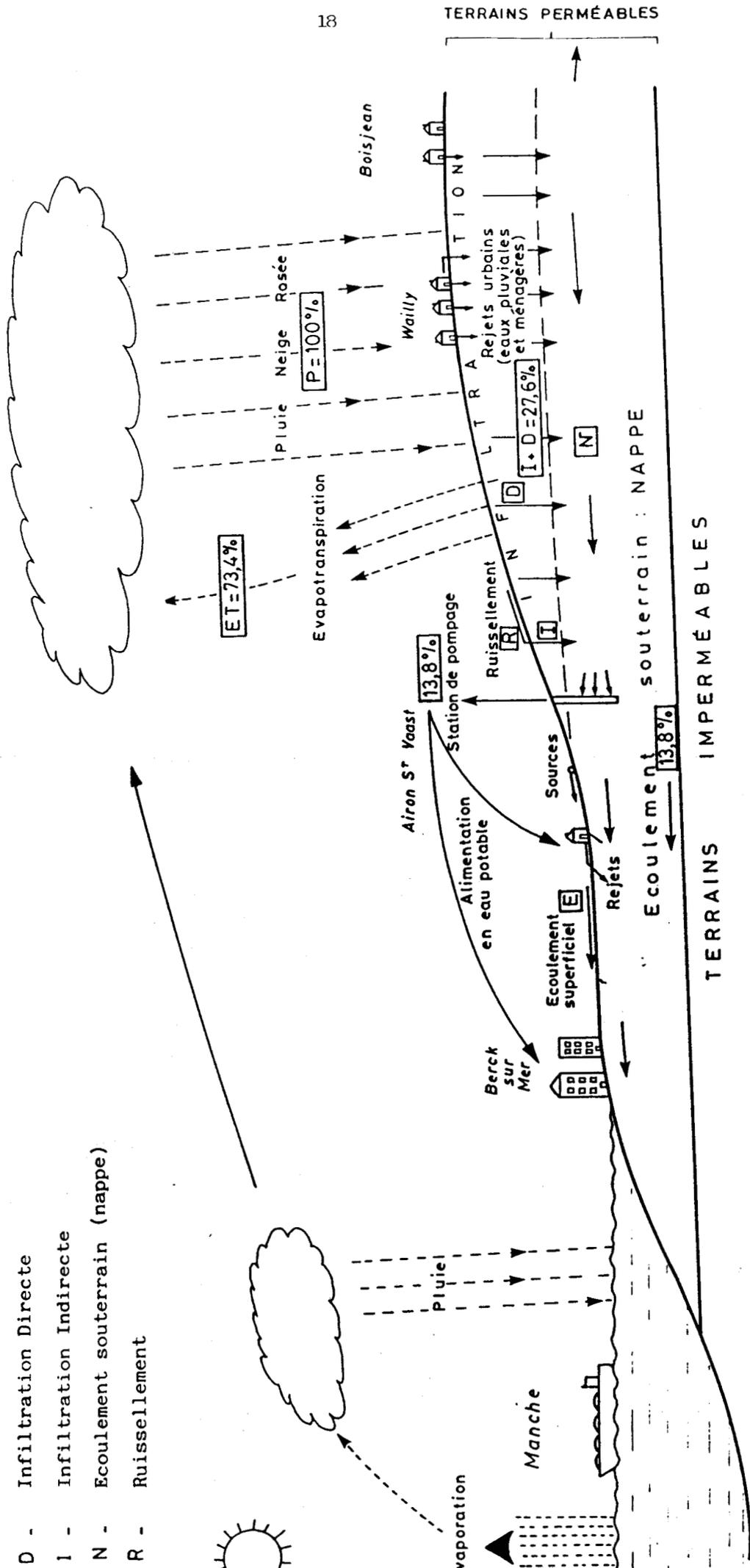
(2) D'après la carte des écoulements (voir § 411).

SCHEMA ET QUANTIFICATION DU CYCLE DE L'EAU AU

NIVEAU DE LA ZONE D'ETUDE

LEGENDE

- P - Pluviométrie
- ET - Evapotranspiration
- D - Infiltration Directe
- I - Infiltration Indirecte
- N - Ecoulement souterrain (nappe)
- R - Ruissellement



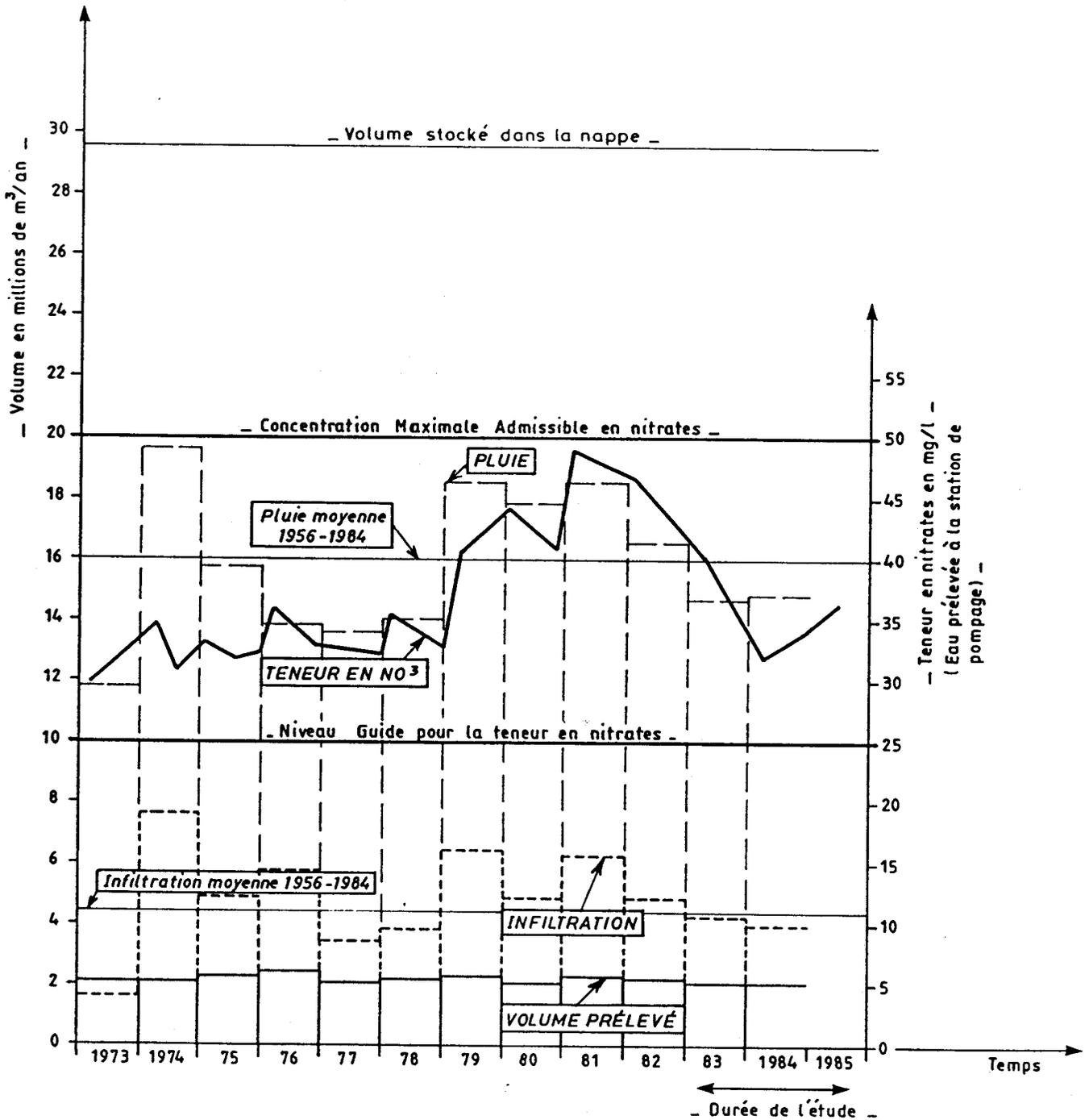
COURBES DE L'EVOLUTION DES TENEURS EN NITRATES SUR LES FORAGES
DU CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAINTE-VAAST

- RELATION AVEC L'INFILTRATION

- IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTES MASSES D'EAU

(PLUVIOMETRIE - INFILTRATION ET PRELEVEMENTS)

1973 - AVRIL 1985



- La même démarche est réalisée pour le calcul de l'excédent qui se répartit entre le ruissellement et l'infiltration. On fera l'hypothèse suivant laquelle toute cette eau percole vers la nappe en s'appuyant sur les observations suivantes : -la conformité des bassins versants superficiel et souterrain,
-une infiltration rapide en fond de vallée,
-l'absence de cours d'eau permanent ou temporaire.

L'excédent représente le solde de la pluviométrie totale à laquelle est retirée la valeur de l'évapotranspiration, calculée selon la méthode de THORNTHWAITE ⁽¹⁾. L'excédent déterminé de la sorte est de 210 mm/an, soit 27,6% de la pluviométrie totale. Cela représente également 4,4 millions de m³ et constitue la ressource renouvelable.

Ces éléments permettent d'établir un rapport entre la station météorologique du Touquet et la zone d'étude qui présente des valeurs inférieures de :

9,5% pour la pluviométrie,
24,6% pour l'excédent (ou pluie efficace) induisant des écarts non négligeables.

Les valeurs extrêmes sont 70 mm en 1973, soit 1,47 millions de m³ et 478 mm en 1960, soit 10 millions de m³.

- Ces chiffres sont à mettre en parallèle avec les volumes d'eau prélevés annuellement à la station, qui sont stables depuis 1973 et dont la valeur moyenne établie à partir des valeurs de ces 12 dernières années est de 2,2 millions de m³/an, soit 50% de la pluie efficace moyenne.

- Le volume stocké dans le réservoir peut être calculé de la façon approchée suivante :

Superficie du bassin- versant souterrain 21 millions de m ²	X	Epaisseur de la tranche aquifère 20 m (3)	X	Coefficient d'emmagasinement (2) X 0,07
				= 29,4 millions de m ³

soit près de 7 fois le volume annuel moyen des apports nets à la nappe et près de 14 fois le volume pompé.

(1) Cette méthode fait intervenir la pluie et la température moyenne. La réserve facilement utilisable (R.F.U.) est fixée à 100 mm.

(2) Volume d'eau retirable par rapport au volume de l'aquifère.

Dans le cas présent cette valeur est de 7% (J. MANIA, 1978).

(3) 22 m à la station d'après un micromoulinet (voir § 415). Cette valeur est certainement maximale compte tenu de sa position en fond de vallée, zone plutôt mieux fissurée que les plateaux.

25 - Depuis 1976, une évolution parallèle de l'infiltration et de la teneur en nitrates

La figure 4 et le tableau II illustrent l'importance relative de la pluviométrie, de l'infiltration et des prélèvements (respectivement 100%, 27,6% et 13,8% de la pluviométrie totale). Sont également mentionnées les teneurs en nitrates relevées deux fois par an au forage n°1 ou au réservoir (prélèvements Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale (D.D.A.S.S.) du Pas-de-Calais - Analyses Institut Pasteur de Lille).

Année	Pluviométrie		Infiltration		Prélèvements millions de m ³ /an	Teneur en nitrates en mg/l d'après analyse D.D.A.S.S. Pas-de-Calais Institut Pasteur
	mm/an	millions de m ³ /an	mm/an	millions de m ³ /an		
1973	557	11,7	71	1,47	2,13	29,8
1974	925	19,4	360	7,56	2,15	25 - 31
1975	745	15,6	228	4,79	2,33	33 - 32,2
1976	653	13,7	269	5,65	2,49	32,2 - 35,3 - 35,9
1977	639	13,4	158	3,32	2,17	32,9 - 32,9
1978	662	13,9	179	3,76	2,18	32,2 - 35,3
1979	877	18,4	304	6,38	2,22	32,9 - 40,3
1980	844	17,7	223	4,68	2,17	44,6 - 40,9
1981	875	18,4	295	6,20	2,30	49
1982	779	16,4	229	4,81	2,17	46,5
1983	692	14,5	199	4,18	2,14	47,7 - 32,9
1984	702	14,7	189	3,97	2,14	32,2 - 34,1
1985						36
moyenne 1956/ avril 1985	760	16	210	4,4	2,22	

Pour comparaison, le réservoir représente 29,4 millions de m³.

TABLEAU II : Importance relative de la pluviométrie, de l'infiltration et des prélèvements. Liaison entre l'infiltration et la teneur en nitrates (1973 - 1985).

Les teneurs en nitrates stables entre 1973 et le début 1979 (30 à 36 mg/l) subissent un brusque accroissement (40,3 mg/l en avril 1979, jusque 49 mg/l en janvier 1981). Cette évolution sensible est parallèle à une pluviométrie nettement supérieure à la moyenne entre 1979 et 1981. Cette abondance des précipitations a entraîné une forte infiltration, sans ou après ruissellement, occasionnant une remontée brutale de la nappe. Les nitrates stockés dans la partie du sol resaturé ont alors rejoint la nappe entraînant cette augmentation subite et durable (4 ans).

26 - L'évolution et l'état actuel de la distribution d'eau potable dans le secteur sont peu satisfaisants pour ce qui est de la qualité (tableau III et figure 5)

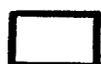
Remarquons tout d'abord qu'entre 1975 et 1982 (dates des deux derniers recensements) est intervenue la création du Syndicat Intercommunal du Plateau de Campigneulles et le départ de Campigneulles-les-Grandes, Campigneulles-les-Petites et Wailly-Beaucamp du groupement de communes alimentées par les eaux de la ville de Berck (Airon-Notre-Dame - Airon-Saint-Vaast - Rang-du-Fliers et Verton). Du fait de cette restructuration, le nombre d'habitants desservis par la ville de Berck n'a augmenté que de 260 personnes (1,2%) au lieu de 1660 (7,7%) si l'on considère l'ancienne unité de distribution ⁽¹⁾. Le tableau III présente l'évolution de la population pour les communes concernées par cette restructuration, ainsi que celles situées dans la zone d'étude ou à sa périphérie. L'expansion de communes telles que Verton et Campigneulles-les-Petites est à remarquer.

Ceci dit, la figure 5 permet d'effectuer rapidement le point sur la pollution en nitrates du secteur, ceci, à partir des deux prélèvements réalisés sur chaque point en 1984 par la D.D.A.S.S. du Pas-de-Calais, les analyses étant effectuées par l'Institut Pasteur de Lille.

(1) Il est à préciser que le rapport entre les populations hivernale et estivale est de 1 à 8, de ce fait les débits de pompage sont presque multipliés par 2 passant de 5000 m³/jour en temps normal à près de 9000 m³/jour durant les mois de juillet et d'août. Le surcroît de consommation annuel étant de l'ordre de 20 à 25% du total.

Communes	Population en 1975	Population en 1982	Accroissement	
			En nombre	en %
Berck	16 494	16 671	+ 177	+1,1
Rang-du-Fliers	2 892	3 400	+ 508	+15,6
Verton	954	1 570	+ 616	+64,6
Airon-Notre-Dame	151	149	- 2	- 1,3
Airon-Saint-Vaast	130	120	- 10	- 7,7
Wailly-Beaucamp	598	677	+ 79	+13,2
Campigneulles- les-Petites	266	539	+ 273	+102,6
Campigneulles- les-Grandes	167	175	+ 8	+4,8
La Calotterie	357	401	+ 44	+13,3
Sorrisus	284	349	+ 66	+22,9
Saint-Josse	579	671	+ 92	+15,9
Saint-Aubin	124	191	+ 77	+54,0
Bois-Jean	372	375	+ 3	+ 0,8
Conchil-le-Temple	698	728	+ 30	+ 4,3
Ecuire	670	795	+ 125	+19
Lépine	268	279	+ 11	+ 4,1
Waben	235	266	+ 31	+13
Canton	32 434	33 725	+1 291	+ 4
Arrondissement	96 254	98 382	+2 128	+ 2,2
Département	1 420 220	1 427 031	+6 811	+ 0,48

TABLEAU III : Evolution de la population des communes
- concernées par la restructuration des unités de distribution
- situées dans la zone d'étude ou à sa périphérie



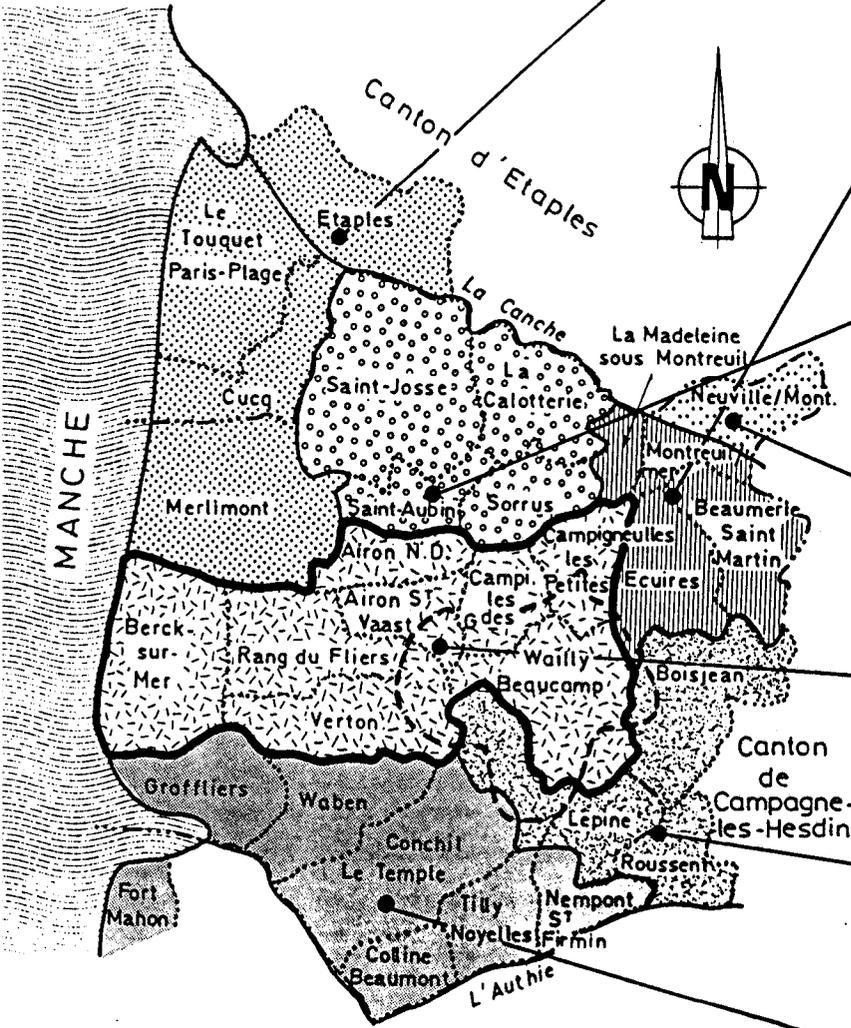
Communes alimentées par le champ captant
d'AIRON-SAINT-VAAST

LEGENDE

- Limite cantonale -
- Limite communale -
- Unité de distribution -
- Limite (eaux de la ville de Berck) -
- - - - Limite de la zone d'étude -
- Forage d'eau potable -

Indice national des forages d'eau potable -	16-3-31, 32, 83, 84, 85
Nombre d'habitants desservis -	21963 hab. 22950 hab.
Volume prélevé -	2 271 510m ³ 2484 820m ³
Teneur en nitrates -	22mg/l 14,9mg/l
Année des analyses chimiques -	1975 1984

ETAT DE LA DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE
DANS LE CANTON DE MONTREUIL-SUR-MER
(SITUATIONS DE 1975 A 1984)



Département de la SOMME

SITUATION EN 1975

Non créée	16-8-116
	2 141 hab.
	153 003m ³
	30,5-34,1 mg/l
1984	

16-8-6	
4 235hab. 4 178hab.	
361 550m ³ 441 180m ³	
23,6mg/l 25,4mg/l	
1977 1984	

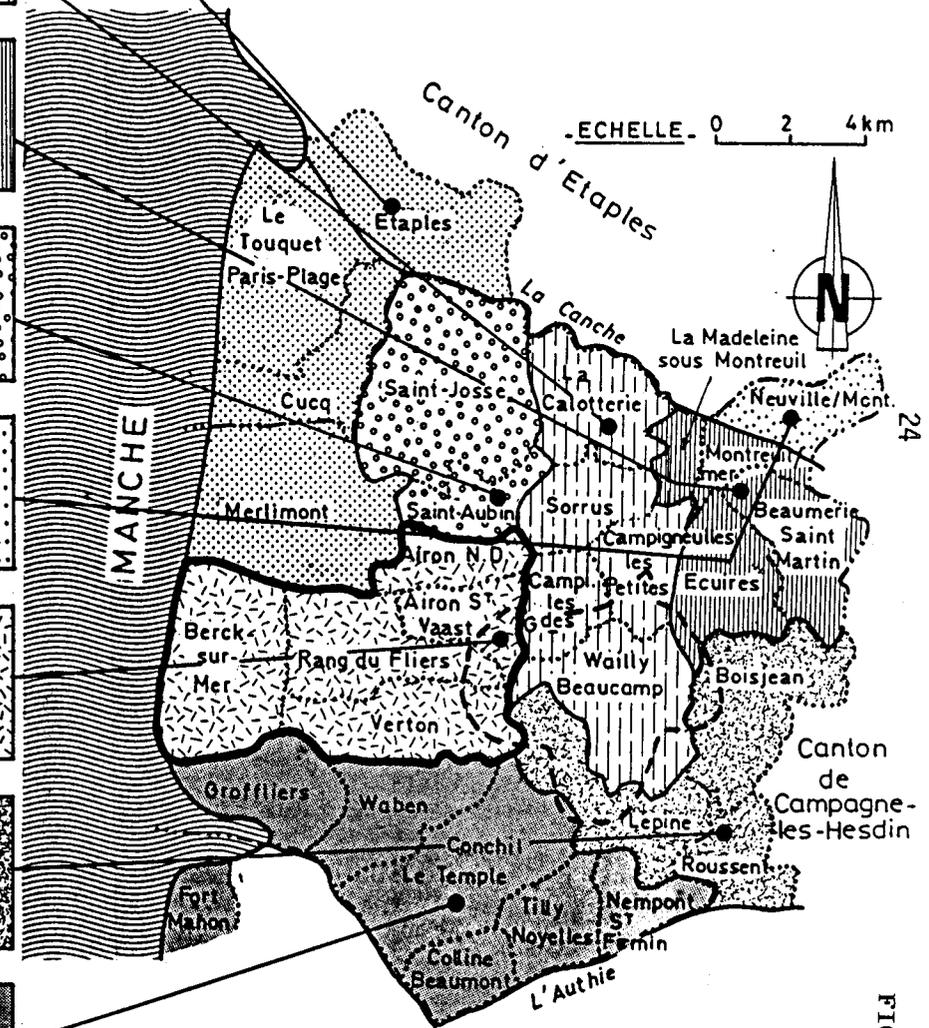
16-7-1	
1344 hab. 862 hab.	
? m ³ 72793 m ³	
1984	

16-7-8	
1 290hab. 1 123hab.	
215 275m ³ 246 467m ³	
? 21,1mg/l	
1984	

16-7-2, 3, 98, 100	
21 649hab. 21 910hab.	
2325 400m ³ 2 169 400m ³	
32,2-33mg/l 32,2-34,1mg/l	
1975 1984	

23-4-1	
788 hab. 801 hab.	
? m ³ 63 465m ³	
33 mg/l 39,1 mg/l	
1977 1984	

23-3-1 et 28
3 071 hab. 3 359 hab.
? m ³ 408 815 m ³
33,5 mg/l 44,6-48,6 mg/l



Département de la SOMME

SITUATION EN 1982

Il en ressort que seule l'eau prélevée à Etaples (débit analogue à celui du champ captant de la ville de Berck) est de bonne qualité (5 à 20 mg/l). Par contre, les eaux captées à Conchil-le-Temple, Roussent et Saint-Aubin sont de médiocre qualité (35 à 50 mg/l). Les autres captages du secteur présentent une eau de qualité intermédiaire dite acceptable.

3 - TRAVAUX REALISES

31 - Pour l'étude de la nappe et de l'aquifère

311 - Des points d'observation supplémentaires (tableau IV)

3111 - Réalisation

12 piézomètres (1) ont été réalisés dans le but de suivre l'évolution de la qualité de l'eau d'amont en aval du bassin-versant souterrain tout en caractérisant l'influence de :

- La situation topographique (de P1, à +12 m d'altitude en fond de vallée jusque P8, à +55 m d'altitude situé sur le plateau).
- L'occupation du sol (pâtures et environnement urbain pour P7, P10 et P11, bois pour P12 et champ pour les autres ouvrages).
- L'épaisseur du non saturé (de 7 m au P1 jusque 45 m au P4).

Leur localisation exacte sur le terrain a été effectuée en liaison avec les Présidents des Syndicats Agricoles des Communes concernées. Leur réalisation a été confiée au Laboratoire Régional de l'Équipement de Saint-Quentin (C.E.T.E.⁽²⁾ Nord-Picardie).

Le creusement a été scindé en 2 phases (voir détail en annexe I).

(1) Puits d'observation en petit diamètre permettant :

- de suivre les mouvements de la nappe,
- de déterminer ses caractéristiques,
- de réaliser des prélèvements d'eau pour analyse.

(2) C.E.T.E. - Centre d'Études Techniques de l'Équipement.

Désignation usuelle	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	
Indice national	16-7-102	16-7-103	16-7-105	16-7-106	16-7-107	16-8-121	16-7-109	16-8-122	16-8-123	16-8-125	16-8-126	16-8-127	
Commune d'implantation	AIRON-ST-VAAST	RANG-VERTON	AIRON-ST-VAAST	CAMPIGNEULLES LES GRANDES	WAILLY-BEAUCAMP	WAILLY CAMP/GRAND	CAMPIGNEULLES LES GRANDES	CAMPIGNEULLES GRANDES/PETITES	WAILLY-BEAUCAMP				
Situation topographique	Thalweg central	Versant sud	Thalweg central	Plateau nord	Thalweg central	Fond nord	Fond nord	Plateau nord		Thalweg central	Plateau sud	Versant sud	
Environnement amont	Champs						Urbain pâture	Champ		Urbain pâture	Urbain pâture-champs	Bois	
Distance/F1-F2-F4 (m)	375	1190	450	890	1250	2350	2100	3115	4800	2850	2975	3675	
Année de réalisation	10-1983					03-1984							
Coordonnées	X	553,40	553,54	553,96	554,25	554,63	555,95	555,22	556,58	558,28	556,33	556,02	557,16
	Y	703,10	301,59	302,52	303,32	302,06	302,97	304,09	303,68	301,74	301,97	301,07	301,90
Altitude du sol (m)	+12,2	+35,9	+15,7	+51	+21,2	+39,5	+37,8	+54,6	+52,4	+29,6	+44,5	+42,5	
Profondeur/sol (m)	15,30	37,40	13,80	58,90	22,55	40,05	34,80	59,30	41,0	26,70	40,35	39,45	
Épaisseur du recouvrement (m)	4,6	4,2	6,5 (1) à 9 m	4,2	6,0	1,8	2,2	3,5	9,8	5 (1) à 11 m	3,3	2,6	
Profondeur tube plein (m)	7,5	29,0	7,0	48,8	12,0	29,0	?	43,8	31,5	16,8	29,5	29,0	
Ø tube plein (mm)	125		110	125					110	125			
Ø tube crépiné (mm)	125		110	125					110	125			
Année 1984	Profondeur durant l'étiage (m)	>7,00	28,93	9,85	45,44	13,42	528,40	>27,60	>40,30	>35,00	17,78	>35,20	>30,15
	Cote durant l'étiage (m)	<+5,2	+6,97	+5,85	+5,56	+7,78	<+11,1	<+10,2	<+14,3	<+17,4	+11,82	<+9,3	<+12,35
	Battement (m)	>1,07	2,06	1,98	1,68	2,42	>3,31	>3,03	>3,64	>2,86	3,12	>2,28	>2,67
Essai de pompage	Date	01-84		02-84	03-84	01-84		03-84	01-84				
	Durée (h)	1		2,7	0,12	1	2	1	0,12	1			
	Débit (m ³)	15,2	12,44	4,5	0,2	2,9	4,65	1,76	0,3	0,7	13,47	1,09	2,77
	Rabattement (m)	2,44	0,21	0,75	6,15	0,025	10,18	0,67	8,93	5,05	0,175	3,62	7,85
	Débit spécifique (m ³ /s)	1,7.10 ⁻³	1,65.10 ⁻⁴	1,67.10 ⁻³	9.10 ⁻⁶	3,2.10 ⁻²	1,3.10 ⁻⁴	7,3.10 ⁻⁴	9,3.10 ⁻⁶	3,9.10 ⁻⁵	2,1.10 ⁻³	8,4.10 ⁻⁵	9,8.10 ⁻⁵
Niveau stabilisé	OUI		?	OUI	?	OUI	?	OUI	?	OUI	?	?	

TABLEAU IV : Caractéristiques des douzes piézomètres réalisés pour l'étude

En ce qui concerne la signification de certains termes techniques, se reporter en page 14

(1) Épaisseur non connue, la limite inférieure n'ayant pu être déterminée à la suite d'effondrement.

3112 - Essais et mesures sur les piézomètres

- Productivité

Chaque piézomètre a été développé ⁽¹⁾ à l'aide de pompes immergées série quatre pouces (102 mm), de 4 et 15 m³/h. Le suivi de la variation du niveau de l'eau dans l'ouvrage en fonction du temps et du débit permet de déterminer les transmissivités ⁽²⁾ de l'aquifère. Ces essais ont été réalisés par le B.R.G.M. en janvier 1984.

- Mesures du niveau de la nappe et prélèvements d'eau

4 campagnes de mesures de niveaux et (ou) prélèvements d'eau pour analyses permettent de faire le point de la situation à plusieurs époques de l'année :

- en janvier 1984 ; après pompage (sauf P3, P4 et P8), les analyses étant effectuées au laboratoire du S.R.A.E.,
- le 29 mars 1984 ; seule la mesure du niveau de la nappe est réalisée,
- le 21 mai 1984 ; mesure des niveaux et prélèvements ⁽³⁾ analysés par le S.R.A.E.,
- le 16 octobre 1984 ; mesure des niveaux et prélèvements analysés par l'I.N.R.A. d'Arras.

Une surveillance hebdomadaire a été réalisée à partir du 09/02/84 pour P2 - P4 - P5 - P10 et du 17/04/84 pour P3, jusque la fin du 1er semestre 1984, puis toutes les 2 semaines, jusqu'à avril 85 ; à laquelle il faut ajouter les mesures de niveau ainsi que les prélèvements pour analyse sur les quatre forages des eaux de la ville de Berck-sur-Mer.

-
- (1) Pompage destiné à nettoyer pour faciliter l'écoulement et enlever l'eau provenant de l'extérieur (ici l'eau injectée durant le creusement provenait de la station de pompage).
- (2) Aptitude à transmettre un écoulement d'eau, cette notion dépend de l'épaisseur et de la perméabilité du terrain contenant la nappe.
- (3) Pour les prélèvements réalisés sans pompage, c'est le 4ème litre prélevé qui est analysé, les précédents ayant servi à rincer le matériel. Il n'y a pas de vidange de l'ouvrage qui contient environ 100 l.

312 - Campagnes piézométriques⁽¹⁾

C'est à partir de la campagne piézométrique que peut être dressée la carte des écoulements souterrains. En plus des mesures du niveau d'eau réalisées sur les piézomètres et forages, 40 points existants dont 12 dans la zone d'étude ont fait l'objet d'une mesure. Ceci a été réalisé à la suite d'une prospection dans un rectangle ayant pour angles Saint-Aubin, Beaumerie-Saint-Martin, Roussent et Conchil-le-Temple représentant 100 km^2 , soit 1 point pour $1,8 \text{ km}^2$ (la densité dans la zone d'étude est supérieure, 26 points pour 21 km^2 , soit 1 point pour $0,8 \text{ km}^2$).

2 campagnes ont été menées, l'une du 10 au 20 janvier 1984, l'autre du 21 au 25 mai 1984 dans le but de compléter et contrôler la précédente.

313 - Micromoulinet de forage et prélèvements d'eau dans le forage F4

Les essais au micromoulinet ont pour but la mesure des vitesses verticales de circulation de l'eau dans un forage en pompage. L'hélice, à axe vertical, du micromoulinet est mise en rotation par la circulation de l'eau. La courbe d'étalonnage de l'hélice permet de traduire la vitesse de rotation en vitesse d'écoulement d'eau et en débit cumulé (en multipliant par la section du forage). Les mesures sont effectuées tous les 0,50 m, tant à la descente qu'à la remonté

- Un essai au micromoulinet a été réalisé au forage F4 dont le débit potentiel est le plus important. L'utilisation des mesures permet de définir la limite inférieure de l'aquifère, la présence de zones imperméables. La quantification des débits provenant de chaque zone perméable permet d'appréhender la perméabilité.

(1) Une campagne piézométrique consiste à mesurer le niveau auquel se situe la nappe. Les mesures sont réalisées dans des forages d'alimentation en eau potable ou industrielle des puits de particuliers, des sources... Ces mesures effectuées à partir d'un repère (point nivelé ou, dans le cas présent point coté sur carte I.G.N. 1/25 000) sont transformées en altitudes par rapport au niveau de la mer. Elles permettent de dresser les courbes d'égale pression (=égale altitude) de la surface de la nappe (isopièzes), et de définir ensuite l'écoulement des filets d'eau qui est perpendiculaire à ces courbes isopièzes.

- Des prélèvements d'eau ont été réalisés aux différents niveaux "productifs" afin d'étudier la variation de concentration en nitrates en fonction de la profondeur.

32 - Pour l'étude des terrains non-saturés profonds

La première phase de creusement des piézomètres utilisant la tarière a entraîné d'une part l'établissement de coupes sur les 11,5 premiers mètres, d'autre part le prélèvement d'échantillons de sol pour analyse (Laboratoire de l'I.N.R.A. - Arras).

Les coupes permettent de déterminer la nature des terrains recouvrant l'aquifère sur toute leur épaisseur (l'étude pédologique de l'I.S.A. ne portant que sur les deux premiers mètres).

Les analyses chimiques portent sur la détermination de la quantité d'azote en provenance des nitrates et de l'ammonium, ceci dans l'eau interstitielle. Trois sondages ont été réalisés au centre des parcelles de cultures (près de P2 - P5 et P9), un quatrième, dans le bois du Mouflet (P12). Des prélèvements pour analyses ont été effectués tous les 0,30 m dans les terrains superficiels puis avec un espacement d'un 1/2 mètre dans la craie. Des échantillons ont également été prélevés au droit d'une pâture (P11). Cette campagne de prélèvements s'est déroulée le 12 octobre 1983.

33 - Pour la quantification des flux

L'apport nitraté émanant des différentes sources, qu'elles soient urbaines, agricoles (cultures - animaux - ruissellement) ou encore naturelles (bois, pluie...) a été estimé afin de mieux appréhender les différentes origines de la pollution nitratée et définir aussi l'efficacité des remèdes possibles. Dans un premier temps, cette étude a été effectuée à partir des données bibliographiques, des Recensements Généraux Agricoles, de l'étude des photographies aériennes et des cartes I.G.N. pour l'occupation du sol. Dans un second temps sont utilisés les résultats des études S.R.A.E. - I.S.A. - I.N.R.A.

4 - RESULTATS ET INTERPRETATION

41 - Etude de la nappe et de l'aquifère

411 - Une aire d'alimentation réduite

(1)

La planche II, établie à partir des points recensés sur la planche III, présente la situation piézométrique de janvier 1984. On remarque la présence de deux dômes piézométriques délimitant le bassin-versant souterrain.

- L'un au Nord : de direction Sud-Est/Nord-Ouest entre Boisjean et la route nationale n°1, il s'incurve ensuite vers l'Ouest en direction d'Airon-Saint-Vaast et d'Airon-Notre-Dame.

- L'autre au Sud : de direction Est-Ouest de Boisjean au Bahot il prend ensuite une orientation Nord-Ouest vers Airon-Saint-Vaast.

Cette limite correspond approximativement au dôme topographique donc au bassin-versant superficiel ; seule la bordure sud, au lieu-dit "La Cognée" individualise le bassin-versant souterrain de son homologue de surface (pour la carte du relief, se référer à la 3ème partie).

On remarque des axes de drainage (2) sous les vallées sèches. Les fonds de Wailly, au Nord et de Jovelaine, au Sud, formant des appendices au thalweg central.

La limite occidentale prend en considération un rayon d'influence de l'ensemble des ouvrages de l'ordre de 500 m, calculé au débit maximum d'exploitation continue de tous les ouvrages pendant plus d'une journée. Cette situation n'est rencontrée que de façon exceptionnelle.

Le bassin versant ainsi délimité a la forme d'un haricot long de 6,5 km (direction Est/Sud-Est - Ouest/Nord-Ouest) et large de 3 km. Sa superficie est de 21 km². Le tableau V présente le rapport des superficies communales à celle du bassin-versant souterrain ; la prédominance de Wailly-Beaucamp est nettement perceptible.

(1) Cette planche fait également office de planche I pour le rapport de synthèse (1ère partie).

(2) Lieu d'écoulement privilégié.

Communes		Bassin hydrogéologique		
Nom	Superficie totale (ha)	Superficie communale (ha) comprise dans le bassin	Pourcentage de la surface communale comprise dans le bassin	Pourcentage de la surface du bassin comprise dans la commune
Airon-Saint-Vaast	592	120	20%	5,7%
Boisjean	1 274	80	6,3%	3,8%
Campigneulles-les-Grandes	527	225	43%	11%
Campigneulles-les-Petites	596	80	13%	3,8%
Ecuire	891	25	2,8%	1,2%
Lépine	1 066	180	17%	8,6%
Rang-du-Fliers	1 024	75	7,3%	3,6%
Verton	1 358	190	14%	9%
Wailly-Beaucamp	1 432	1 125	79%	54%
Total	10 425	2 100	20%	100%

TABLEAU V : Rapport des superficies communales à celle du bassin-versant souterrain.

Il est à noter la variation du gradient hydraulique⁽¹⁾ qui passe de 5,7‰ à l'amont, à 2,2‰ à l'aval du bassin-versant souterrain. Le gradient moyen au niveau de l'axe d'écoulement central est de 2,6‰ (dénivellation de 17 m en 6.500 m).

(1) Pente d'écoulement de la nappe. Une valeur forte traduit un écoulement difficile, au contraire, un faible gradient est révélateur d'une bonne transmissivité.

412 - Quantification et représentation des écoulements : une certaine régularité

L'écoulement des filets d'eau dans les fissures et pores de la craie s'effectue selon une direction générale perpendiculaire aux courbes d'égale altitude de la surface de la nappe. Il est ainsi possible de déterminer des axes principaux et secondaires de concentration de l'écoulement.

La carte de la planche II ⁽¹⁾ met en évidence :

- un axe principal en position centrale empruntant essentiellement la vallée médiane,
- 2 axes latéraux provenant du flanc Nord (Le Mouflet et le fond de Wailly),
- 2 axes latéraux provenant du flanc Sud (Le Mont Roger et le fond de Jovelaine).

La démarche suivie pour quantifier et représenter les écoulements est la suivante :

- tracé des lignes de courant, perpendiculaires aux courbes isopièzes en partant de l'axe d'écoulement avec un espacement de 500 m,
- mesure de la surface comprise entre deux lignes de courant,
- quantification de l'apport provenant de chaque secteur en admettant que la quantité d'eau transitant est proportionnelle à la surface sur laquelle s'opère l'infiltration ⁽²⁾.

L'infiltration moyenne déterminée au paragraphe 24 est de 4,4 millions de m³/an, soit 0,066 l/s/ha.

- représentation graphique en déterminant la largeur de la zone de concentration, proportionnellement au débit qui y transite.

Cette méthode permet de quantifier et visualiser les apports des différentes parties du bassin versant.

(1) Cette planche fait également office de planche I pour le rapport de synthèse (1ère partie).

(2) Cette hypothèse ne prend pas en compte le comportement différentiel des terrains superficiels, ainsi que le phénomène de ruissellement. Son but est simplement de déterminer les différentes zones d'apport et leur importance relative.

La planche IV illustre l'importance des écoulements en provenance de ces différents secteurs. Le tableau VI montre l'augmentation graduelle de l'écoulement à partir de 7 points répartis le long de la ligne principale de concentration (planche IV). Les écoulements en provenance du Sud représentent 55,5% contre 44,5% pour ceux émanant du Nord.

Points localisés sur planche IV		1	2	3	4	5	6	7
Versant Nord	Écoulement en l/s	10	23	33,8	45,9	47,7	47,7	61,7
	Écoulement en % du bassin versant souterrain	7,2	16,6	24,4	33,1	34,4	34,4	44,5
Versant Sud	Écoulement en l/s	11,8	17,2	31,5	31,5	45,2	64,7	76,9
	Écoulement en % du bassin versant souterrain	8,5	12,4	22,7	22,7	32,6	46,7	55,5
Total	Écoulement en l/s	21,8	40,2	65,3	77,3	92,9	112	130,6
	Écoulement en % du bassin versant souterrain	15,7	29	47,1	55,8	67	81,1	100

TABLEAU VI : Evolution de l'écoulement le long de la ligne de concentration principale.

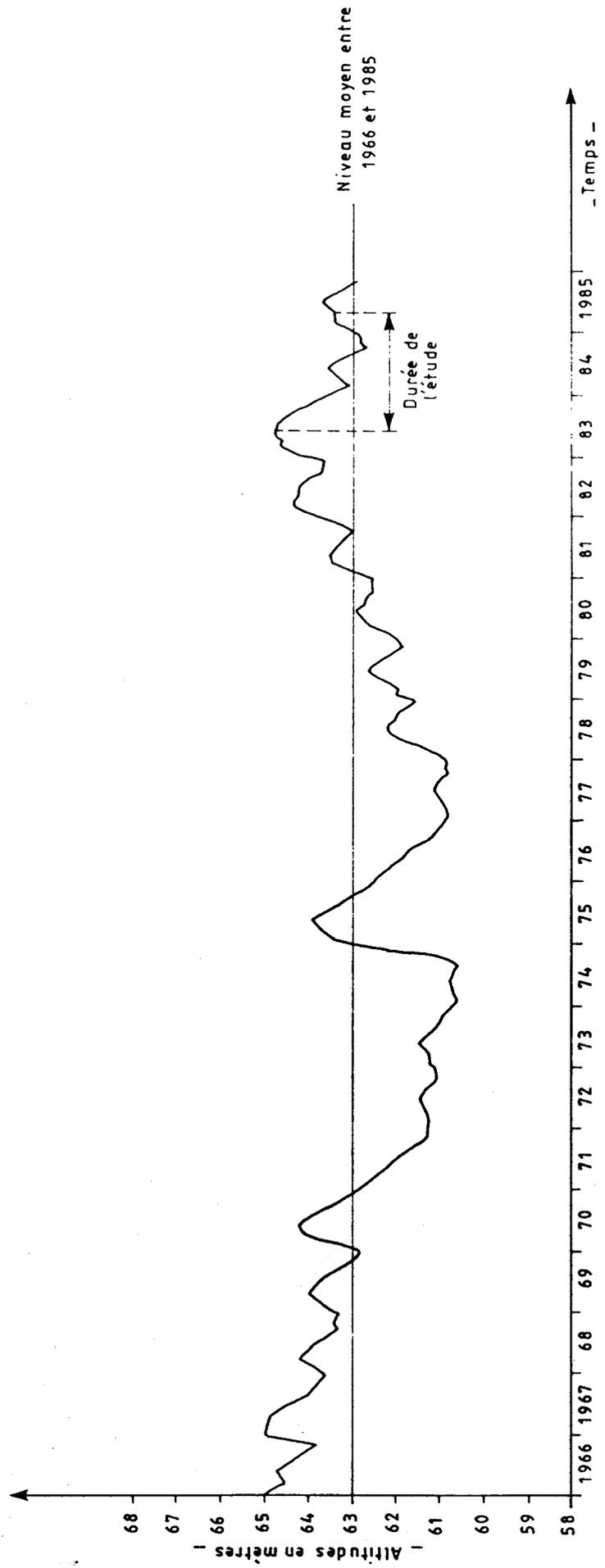
413 - Le suivi piézométrique : Similitude des allures et augmentation des battements avec l'altitude de la nappe

La figure 6 replace, dans le cadre de ces 20 dernières années, l'état du niveau de la nappe durant la durée de l'étude. Il en ressort que le début se déroule lors d'une période durant laquelle la nappe est relativement haute (identique aux valeurs de 1966-1967). Par contre, pour la suite, les niveaux de la nappe sont légèrement supérieurs à la moyenne interannuelle.

La figure 7 tracée à partir des valeurs de l'annexe II permet de constater que l'évolution des différentes courbes est parfaitement synchronisée conformément à la logique de l'effet piston ⁽¹⁾. On peut localiser la période de hautes eaux en mars-avril et celle d'étiage en septembre-octobre (hormis P10 en novembre).

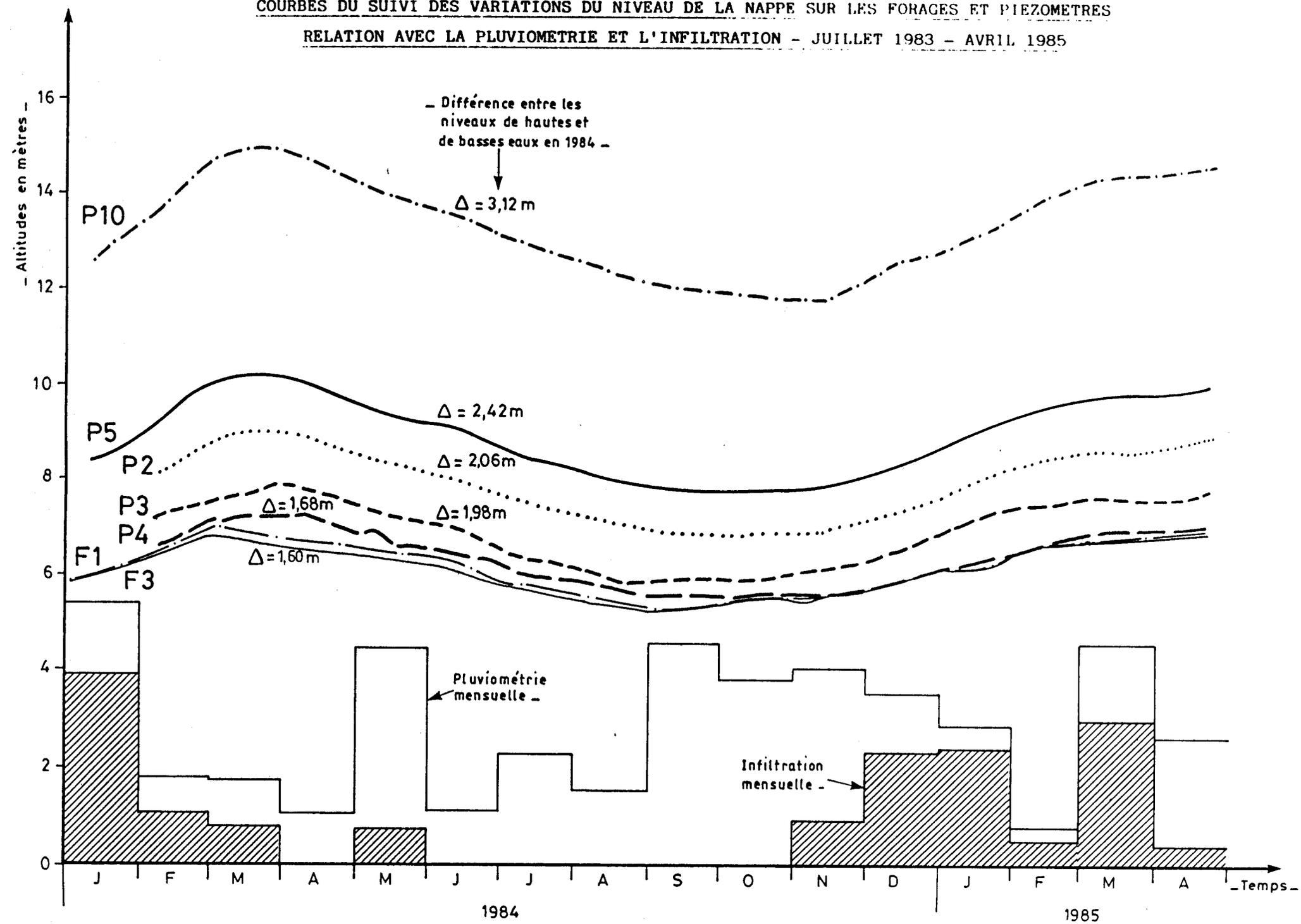
(1) En cas de pluie, lorsque le transit vers la nappe est engagé, l'eau qui s'infiltré "pousse" celle précédemment infiltrée. Ce mécanisme se répète indéfiniment jusque la nappe et explique que, quelque soit l'épaisseur entre le sol et la nappe, cette dernière reçoit quelque soit sa profondeur, un volume équivalent à celui qui s'infiltré en surface.

EVOLUTION DU NIVEAU DE LA NAPPE DE LA CRAIE DE 1966 A 1985
(CAS D'HAVRINCOURT - PLAINE D'ARRAS)



COURBES DU SUIVI DES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA NAPPE SUR LES FORAGES ET PIEZOMETRES

RELATION AVEC LA PLUVIOMETRIE ET L'INFILTRATION - JUILLET 1983 - AVRIL 1985



- En fonction de la situation dans le bassin-versant souterrain (amont-aval) et notamment de la diffusivité (T/S) ⁽¹⁾, les battements annuels sont plus ou moins importants. Ainsi au P10 (3,12 m) ils sont doubles de ceux constatés à la station (1,60 m). L'altitude de la nappe en P10 est de 7 mètres supérieure à celle de la nappe à la station.

Il est également à noter, après plus d'un an de suivi, que les niveaux sont plus hauts début février 1985 qu'à la même époque de 1984. Depuis lors la situation est inversée, la nappe est en position plus basse que l'année précédente. Ceci fait suite à la faible infiltration de février 1985 (14,4 mm, contre 38,4 en moyenne depuis 30 ans) - (planche V en bas).

A la fin avril 1985 (date de l'arrêt du suivi), la nappe se trouve 10 à 30 cm au-dessus du niveau de 1984. De plus, la période de hautes eaux n'est toujours pas atteinte suite aux fortes pluies de mars et avril ayant entraîné une infiltration plus forte.

La figure 7 permet d'apprécier l'importance du ruissellement. On constate en effet une remontée du niveau de la nappe en septembre 1984 alors que l'infiltration efficace n'apparaît théoriquement qu'en novembre de la même année. Cet écart peut s'expliquer par le fait que le ruissellement amène de grandes quantités d'eau au centre des vallées sèches d'où une saturation et une percolation plus rapides vers la nappe. De plus, cette eau ne peut être reprise par évapotranspiration.

414 - De grandes différences dans l'épaisseur du non-saturé

Comme cela a été vu précédemment, l'épaisseur de terrain entre la surface du sol et celle de la nappe n'intervient pas en ce qui concerne l'alimentation du réservoir (transfert de pression), par contre, cet élément est à prendre en compte pour le transit de la pollution (transfert de masse).

(1) Diffusivité (T/S) = Paramètre régissant la propagation d'influence dans un aquifère saturé. Il s'agit du quotient de la transmissivité (T) par le coefficient d'emmagasinement (S).

La chronologie ci-dessous permet d'appréhender cette notion. La présentation est volontairement simplifiée, sans faire intervenir les phénomènes de dilution et de transfert rapide (racines...). Les valeurs mentionnées sont purement fictives, elles n'ont pour but que de faire prendre conscience de la lenteur des phénomènes en jeux.

Durant une première année s'infiltré une eau à 40 mg/l de concentration sur 0,50 m de terrain.

Situation pour l'année 1	_____	surface
	40 mg/l	_____
		0,50 m

Durant une deuxième année s'infiltré une eau à 30 mg/l de concentration sur 0,70 m de terrain.

Situation pour l'année 2	_____	surface
	30 mg/l	_____
		0,70 m
	40 mg/l	_____
		1,20 m

Durant une troisième année s'infiltré une eau à 80 mg/l de concentration sur 0,30 m de terrain.

Situation pour l'année 3	_____	surface
	80 mg/l	_____
		0,30 m
	30 mg/l	_____
		1,00 m
	40 mg/l	_____
		1,50 m

Durant une quatrième année s'infiltré une eau à 50 mg/l de concentration sur 0,50 m de terrain.

Situation pour l'année 4	_____	surface
	50 mg/l	_____
		0,50 m
	80 mg/l	_____
		0,80 m
	30 mg/l	_____
		1,50 m
	40 mg/l	_____
		2,00 m

et ainsi de suite...

Si la nappe est à 5 m de profondeur et que l'on admet une vitesse de descente moyenne de l'ordre de 0,50 m/an, il faudra 10 ans pour que l'eau infiltrée la première année atteigne la nappe. Il faudra 100 années pour 50 m de terrain entre la surface du sol et la nappe. Il est courant d'admettre une vitesse de percolation de l'ordre de 0,35 à 0,50 m/an, ceci pour la craie (SEGUIN, 1984) mais ces chiffres sous-estiment vraisemblablement l'eau circulant dans les fissures, les galeries de lombrics le long des racines... De plus, dans le secteur des captages de la ville de Berck, dans les fonds de vallées sèches, les terrains superficiels sont très perméables ; ils reçoivent de forte quantité d'eau suite au ruissellement intervenu sur les plateaux et versants. Ces phénomènes entraînent certainement une vitesse de percolation supérieure à celle avancée ci-dessus.

Ces remarques montrent la nécessité de prendre en compte l'épaisseur des terrains entre la nappe et le sol (zone non saturée) ce qui correspond à la profondeur à laquelle se situe la nappe par rapport au sol. Une carte représentant cette information est présentée en planche VI, elle a été construite par la différence d'altitude entre les courbes de niveau de la carte du relief (3ème partie) et les courbes isopièzes de la carte présentée en planche II. ⁽¹⁾

5 zones sont ainsi déterminées :

- Un secteur où la nappe est à moins de 10 m de profondeur. Large d'une centaine de mètres, il prend naissance à l'amont de P3 et se poursuit vers Airon-Saint-Vaast.

- Un domaine où la nappe se situe entre 10 et 20 m de profondeur. Il prend naissance au niveau de la route nationale n°1 à Wailly-Beaucamp et s'élargit vers la station de pompage (400 m de large).

- Une zone centrale où la nappe se trouve comprise entre 20 et 30 m de profondeur au droit de la commune de Wailly-Beaucamp. Ce secteur se poursuit vers l'aval du bassin-versant souterrain avec quelques appendices (fonds de Wailly et de Jovelaine).

(1) Cette planche fait également office de planche I pour le rapport de synthèse (1ère partie).

- Des domaines où la nappe est à plus de 40 m de profondeur, on distingue :

- . La bordure sud-ouest du bassin-versant souterrain entre le bois de Verton et la Cognée.
- . L'extrémité sud-est du même bassin, au niveau de Boisjean.
- . Une langue d'un kilomètre de long dans l'angle nord-est.
- . Le Mont des Riez, au nord-est de la station de pompage.

- Entre ce dernier domaine et les précédents s'étendent de larges zones où la nappe est située entre 30 et 40 m de profondeur.

415 - Une absence de terrains productifs après 22 mètres de craie saturée (figure 8)

L'essai au micromoulinet réalisé sur le forage n°4 montre qu'après 32 m de profondeur, il n'y a plus d'arrivées d'eau.

La courbe des débits cumulés en fonction de la profondeur permet d'individualiser 3 zones productrices ⁽¹⁾, de bas en haut :

- de 32 m à 29 m : 3 m qui fournissent 33% du débit,
- de 27 m à 25,5 m : 1,5 m pour 10% du débit,
- de 23 m à 20 m ou même moins : ces 3 m ou plus représentent 57% du débit.

La présence du tube plein jusque 20 m ne permet malheureusement pas d'analyser les 10 m de craie entre le niveau statique de la nappe et la base du tubage plein, l'eau de cette zone, généralement productrice, est alors captée à la base de tubage plein.

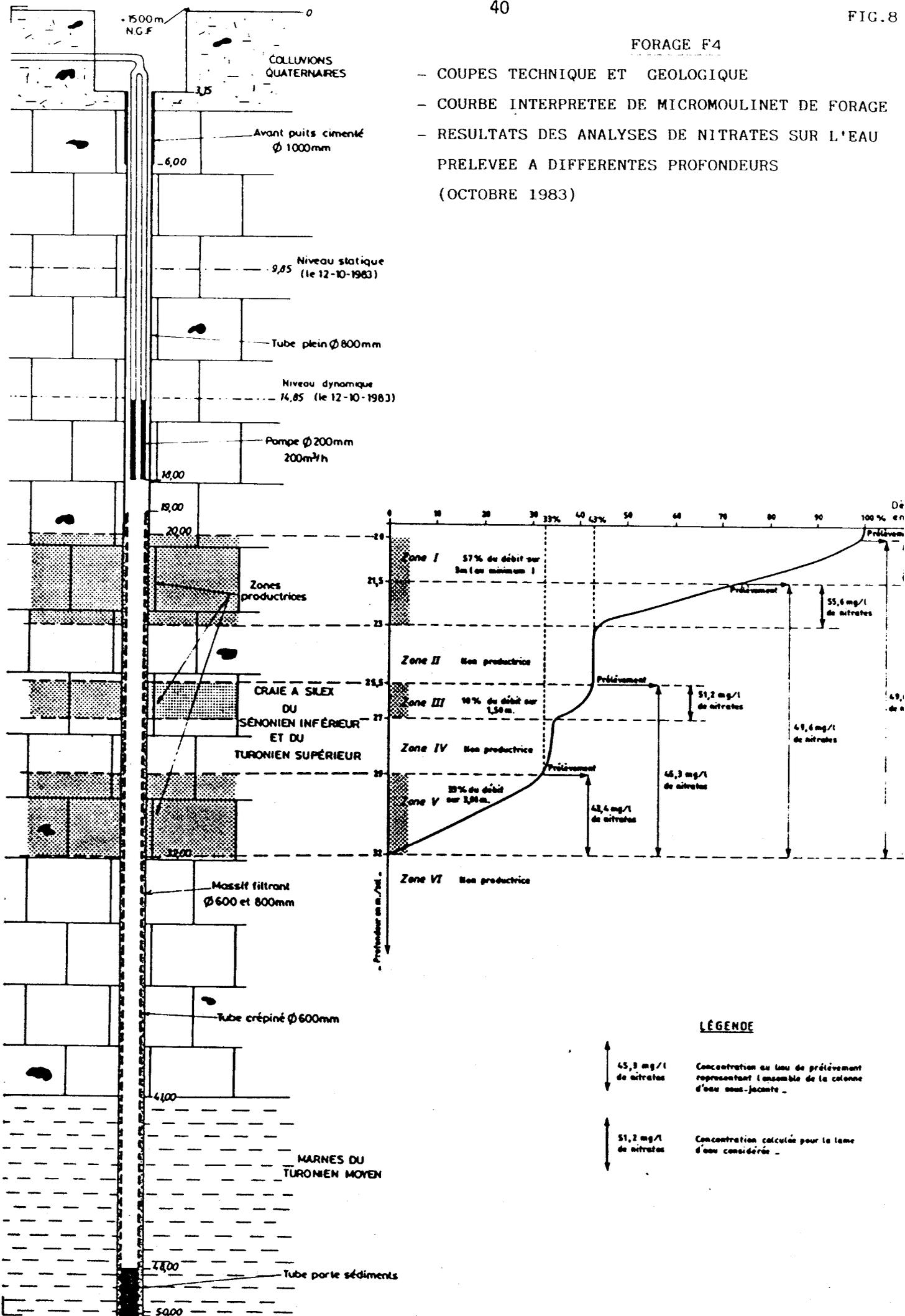
Sur l'ensemble des 12 m de craie productifs (20 à 32 m), seuls 7,5 m le sont réellement.

De plus, la situation présentée est de loin la plus favorable suite, d'une part à une position dans l'axe du fond de vallée, d'autre part à un secteur bien développé (acidification et près d'un siècle de pompage). Il en est certainement autrement pour le reste du bassin versant.

(1) Un tracé de courbe vertical signifie qu'il n'y a aucune variation de débit, il s'agit donc d'une zone non productrice.

FORAGE F4

- COUPES TECHNIQUE ET GEOLOGIQUE
- COURBE INTERPRETEE DE MICROMOULINET DE FORAGE
- RESULTATS DES ANALYSES DE NITRATES SUR L'EAU PRELEVEE A DIFFERENTES PROFONDEURS (OCTOBRE 1983)



416 - Les zones de meilleures transmissivités dans les fonds de vallée

Les valeurs de transmissivité ont été déterminées à la suite des pompages réalisés sur les piézomètres et le forage n°4.

Les mesures faites ne permettent pas de procéder à une interprétation des résultats selon la méthode de Jacob ⁽¹⁾, divers problèmes matériels ayant empêché un suivi correct des niveaux d'eau. Les valeurs de transmissivité ne pouvant être déterminées, la notion de productivité spatiale est approchée par le calcul du débit spécifique ⁽²⁾ (d'après dossiers pour F1, F2 et F3) dont les valeurs sont présentées dans les tableaux I et IV.

Les résultats obtenus ont permis de dresser une carte (planche III) sur laquelle la courbe-enveloppe des zones de bonne à moyenne transmissivités (supérieure à 10^{-4} m²/s) est proche de la courbe de niveau +40 m N.G.F. Cette représentation met en évidence le thalweg central avec différents appendices dont les plus importants sont les fonds de Wailly (au nord) et de Jovelaine (au sud). Il est à remarquer que cette zone de bonne à moyenne transmissivités se superpose aux secteurs où se produit l'infiltration des eaux de ruissellement (3ème partie).

417 - Une évolution chimique des nitrates en relation directe avec la piézométrie4171 - Au niveau de la station de pompage ⁽³⁾ (planche V)

L'évolution chimique de l'eau prélevée par les 4 forages est sensiblement parallèle à l'évolution piézométrique. On constate une diminution des teneurs mesurées lorsque le niveau de la nappe est en baisse ainsi qu'une augmentation des concentrations en période d'alimentation de la nappe.

(1) Méthode permettant de définir la transmissivité à partir d'un report des niveaux d'eau en fonction du logarithme du temps.

(2) Il s'agit du rapport du débit de pompage sur le rabattement. Dans plus de 2/3 des cas (P. CAULIER, 1974) on obtient ainsi l'ordre de grandeur de la transmissivité, voire une bonne estimation de ce paramètre.

(3) Les méthodes de prélèvement avant et après la mi-1984 étant distinctes, seuls les résultats de la deuxième période seront analysés. L'ensemble est toutefois disponible en annexes III et IV.

L'annexe V présente les résultats de l'analyse de divers éléments.

Certains pics sur un forage particulier peuvent s'expliquer par une brusque augmentation des débits prélevés. Ceci est particulièrement net avec la concentration de 53,4 mg/l pour le forage n°4, en novembre 1984, quand le débit hebdomadaire pompé passe de 8 200 m³ à 13 000 m³ pour retomber à 6 400 m³ (planche VII)

Le comportement chimique des 4 forages est distinct.

F4 a la plus forte teneur en nitrates, sa situation en amont du champ captant en est certainement la cause essentielle ; la teneur en nitrates a même dépassé la norme de potabilité de 50 mg/l entre novembre 1984 et février 1985.

F3 présente la plus faible teneur en nitrates du fait de sa position à l'écart de l'axe de la vallée. L'environnement boisé ainsi que l'épaisseur du non-saturé (2 fois plus importante que pour les autres forages) sont des facteurs favorables à la protection de la nappe. Cet ouvrage est pourtant le moins sollicité (21,5% de l'eau pompée).

F1 est le forage le plus proche du versant nord ; il présente une évolution des teneurs en nitrates assez semblable à celle de F3. Ce versant est moins sujet au ruissellement, sa pente de 10% (contre 2,5% pour celui du Sud) nécessitant la présence de talus.

F2 se trouve en position intermédiaire, tant pour sa situation que pour son niveau de contamination par les nitrates. Cet ouvrage est le plus exploité (28% du prélèvement total).

Les planches V et VII montrent l'importance d'éléments tels que l'évolution du niveau de la nappe et des débits prélevés pour la compréhension du chimisme.

4172 - Au niveau des piézomètres dont l'eau est régulièrement
.....
analysée ⁽¹⁾ (planche VIII)
.....

On constate, à l'image de forages, une évolution parallèle entre les variations du niveau de la nappe et celle du chimisme. En effet, l'eau qui percole après les premières pluies efficaces est fortement chargée en nitrates suite à la minéralisation de la période estivale. En revanche, au printemps, les dernières pluies ne percolent que dans un profil lessivé suite à l'absence de minéralisation en hiver.

(1) Les résultats sont disponibles en annexe IV sous forme de tableau.
L'annexe VI présente le bilan de l'analyse de divers éléments.

Les variations dans le temps sont les plus importantes à faibles profondeurs et pour les fortes teneurs (P3) qu'à fortes profondeurs et pour les concentrations faibles (P4).

Trois éléments peuvent expliquer cette constatation :

- une infiltration moins importante sur les plateaux en raison de la nature des terrains,
- un long transfert dans le non-saturé permet d'éviter les à-coups. La dilution intervient et homogénéise les teneurs en transit,
- une arrivée rapide de fortes quantités d'eau provenant du ruissellement en raison de la nature sableuse des sols. Il est également à mentionner l'existence de zones d'effondrement rencontrées à la suite de la réalisation de sondages tarières au niveau des fonds de vallées.

Ces observations permettent d'expliquer la forme générale des courbes ; attachons nous maintenant à l'analyse de leurs valeurs respectives. L'explication des teneurs rencontrées est présentée en § 418.

P3 présente constamment des valeurs supérieures à la norme de potabilité des nitrates fixée à 50 mg/l.

P5 présente des teneurs proches de cette limite.

P2 présente des valeurs relativement fortes au vu des quelques 28 m de terrains situés au-dessus de la nappe.

Les valeurs mesurées en P10 sont, par contre, assez faibles, ceci malgré une situation en fond de vallée directement à l'aval du village de Wailly-Beaucamp dont les rejets d'eaux usées se font précisément dans les points bas (planche III et annexe VII). De plus, il est à noter que l'ammoniaque est également absent.

Les concentrations mesurées en P4 sont faibles et traduisent l'influence des quelques 45 m de terrains à parcourir avant d'atteindre la nappe.

418 - Une carte des teneurs en nitrates nécessitant de prendre en compte divers facteurs (planche II)⁽¹⁾

La représentation spatiale du chimisme de la nappe de la craie dans le bassin versant souterrain a été réalisée à partir de la campagne de prélèvements d'octobre 1984. C'est la seule qui présente des résultats d'analyse provenant du même laboratoire (I.N.R.A. d'Arras).

Il est à noter que la situation "représentée" est optimiste ; en effet, comme le montre la planche VIII les prélèvements ont eu lieu lors d'une période où les valeurs sont les plus basses.

La prise en compte d'éléments tels que :

- le sens d'écoulement,
- l'extension des zones d'apport,
- l'occupation du sol,
- l'épaisseur des terrains entre la surface du sol et la nappe,
- la nature des formations superficielles,
- la transmissivité,
- ainsi que la dilution, permet de donner un aspect dynamique à cette carte.

Le peu de valeurs disponibles (une quinzaine) ne permet pas l'établissement de classes de valeur à partir d'un diagramme gaussien-logarithmique ⁽²⁾.

L'échelle de 10 mg/l en 10 mg/l avec 26 mg/l comme origine a été choisie dans le but de cartographier l'impact des surfaces boisées. La valeur de 25,4 mg/l de nitrates est censée caractériser cette occupation du sol.

Parmi les points dont la teneur en nitrates n'a pas encore été décrite :

- P1 présente une valeur proche de celles des forages,
- P6 et P8 sont au droit d'une nappe de qualité acceptable,
- l'eau prélevée en P9 et P11 montre la présence d'une forte teneur en nitrates.

(1) Cette planche fait également office de planche I pour le rapport de synthèse (1ère partie).

(2) Représentation graphique des valeurs en fonction de la fréquence cumulée, cette méthode permet d'individualiser les classes et ainsi d'obtenir des limites non arbitraires.

A partir de ces points, il a été possible de déterminer 5 tranches permettant la caractérisation des domaines suivants :

- . les secteurs où la teneur est inférieure à 26 mg/l sont localisés à l'aplomb des bois et des zones où la nappe est à grande profondeur (P4, par exemple),

- . le domaine de concentration en nitrates comprise entre 26 et 36 mg/l est représentatif des surfaces en herbes, de l'urbanisation et des zones où la nappe est à moyenne profondeur (P6, P8 et P10),

- . le secteur où les valeurs fluctuent entre 36 et 46 mg/l de nitrates est marqué par :

- l'impact agricole (P2), urbain (P11), ou un mélange des deux (P9),
- la proximité du secteur où le ruissellement est important (P5),

- . les zones dans lesquelles les teneurs avoisinent ou dépassent la norme de potabilité où l'influence du ruissellement est prédominante.

Il ressort de cette carte la nécessité de distinguer deux secteurs :

- la majeure partie du bassin où les teneurs en nitrates sont acceptables,
- le vallon central, à l'Ouest de Wailly-Beaucamp, où la teneur en nitrates est élevée (zones de ruissellement et d'atterrissement).

419 - Une eau de médiocre qualité chimique quelque soit la profondeur de la zone productrice (figure 8)

La variation de la concentration en nitrates en fonction des différents niveaux productifs a pu être examinée. Les prélèvements réalisés au toit de chaque zone présentent des valeurs différentes qu'il a fallu ensuite pondérer en fonction du débit de chaque secteur productif. Le tableau VII regroupe ces observations :

Zone productrice	% du débit total	Profondeur du prélèvement	Concentration brute en nitrates	Concentration en nitrates de la lame d'eau considérée
32 à 29 m	33%	29 m	43,4 mg/l	43,4 mg/l
27 à 25,5 m	10%	25,5 m	45,3 mg/l	51,2 mg/l
23 à 21,5 m	32%	21,5 m	49,6 mg/l	55,6 mg/l
21,5 à 20 m (+)	25%	sortie	49,6 mg/l	49,6 mg/l

TABLEAU VII : Evolution de la teneur en nitrates en fonction de la profondeur des niveaux productifs du forage F4 (octobre 1983)

Ces résultats montrent des arrivées d'eau de concentration variant de 12% autour de la valeur médiane de l'eau prélevée à la sortie du forage (49,6 mg/l).

Il est à remarquer que toute la partie productrice de l'aquifère est marquée par des teneurs élevées en nitrates.

42 - Etude des terrains non-saturés profonds

421 - De grands types de formations superficielles dont l'épaisseur est fortement variable

A partir des 15 coupes relevées lors du creusement des piézomètres et présentées en figure 9, il est possible d'analyser les 12 premiers mètres de terrain. Deux grandes classes de formations sont rencontrées.

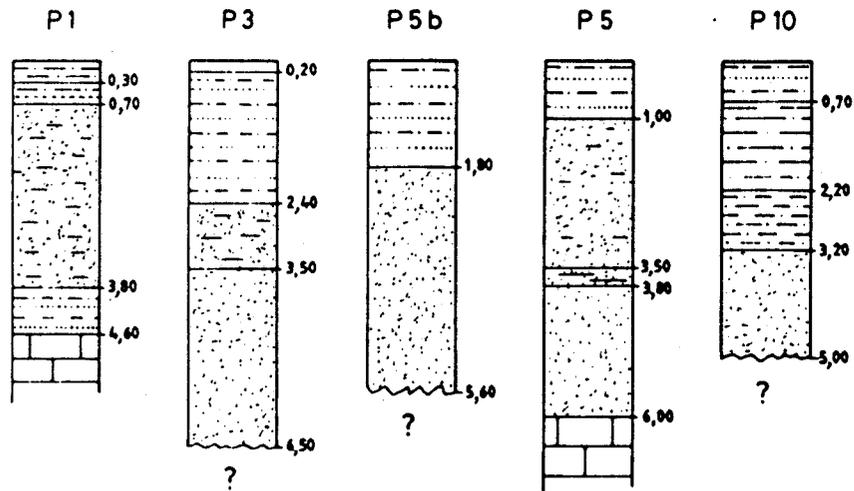
- Celles présentant une couche d'argile à la base. C'est le cas de P2, P2bis, P4, P8, P9, P9bis, P11 et P12. Cette épaisseur d'argile de l'ordre du mètre en général varie considérablement pouvant atteindre 7,5 m en P9 contre 0,3 m au P8 ainsi qu'au P12. Dans ces secteurs, les formations superficielles sont composées de limons des plateaux.

QUATERNAIRE RELEVÉES LORS DE LA
PHASE DE CREUSEMENT A LA TARIERE

- DES PIEZOMETRES
- DES SONDAGES POUR L'ECHANTILLONNAGE
DESTINE A L'ANALYSE CHIMIQUE

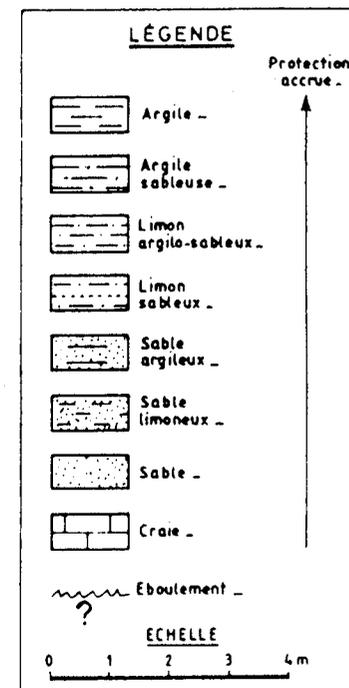
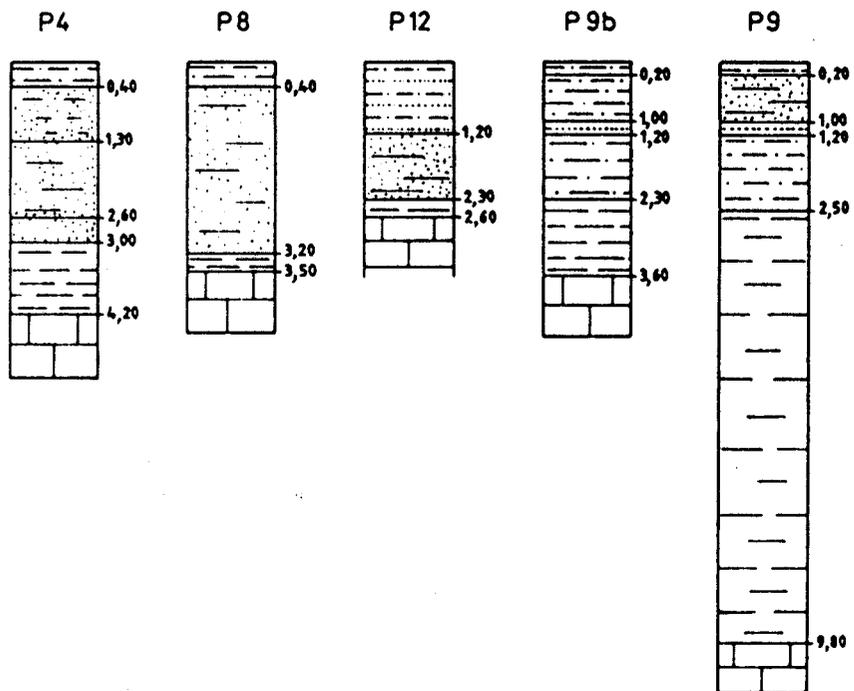
_ TALWEG CENTRAL _

_ TALWEGS LATÉRAUX _



_ VERSANT NORD _

_ VERSANT SUD _



- Celles dont le contact avec le substratum crayeux s'opère par une couche sableuse comme P3, P5, P5bis, P7 et P10. L'épaisseur de cette formation est également sujet à de fortes variations pouvant atteindre plus de 4 m au P5bis contre 2 m en général.

Il est à noter que, lorsque l'épaisseur de ce sable est trop importante, les sondages tarières n'ont pas atteint la profondeur maximale de 11,5 m (limite imposée par le matériel employé). C'est le cas de P3, P5bis et P10 situés dans l'axe de la vallée sèche.

P1 et P6 ne présente pas un sable franc mais un mélange avec argile et limons. L'ensemble de ces formations peut être classé dans les colluvions de fond de vallée sèche.

Les coupes de la figure 8 montrent une forte variabilité dans l'épaisseur des formations recouvrant la craie (1,80 m au P6 contre 9,80 m au P9).

Ceci est encore plus net sur les couples de sondages situés à moins de 30 m l'une de l'autre :

P2 : 4,20 m	et P2bis : 7,80 m
P9 : 9,80 m	et P9bis : 3,60 m

Dans l'ensemble, la prédominance de la fraction sableuse vis-à-vis de la fraction argileuse est nette. Ces terrains sont donc particulièrement perméables. De plus, il est à mentionner que la craie est très fracturée ce qui engendre des écoulements rapides (voir 3ème partie).

422 - De grandes quantités d'azote stockées dans la craie au droit des cultures (planche IX et annexe VIII)

Les résultats des analyses de teneurs en azote (des nitrates ou (et) de l'ammonium) sont exprimés en kg/ha à partir des résultats expérimentaux présentés en mg/kg de sol sec (annexe IX₁). En intégrant l'humidité, les valeurs sont également présentées en mg de NO₃-/l d'eau d'imbibition.

Trois profils concernent des sondages dans des parcelles de culture, le quatrième dans un bois. Le profil P5bis est réalisé à l'aval d'un secteur sujet au ruissellement (présence d'une rigole et d'une zone d'atterrissement).

Il est à noter également que la semaine précédent l'échantillonnage fut assez pluvieuse (15,2 mm).

Ces graphes et tableaux permettent plusieurs types d'interprétation.

- En premier lieu, à partir des quatre premières rangées (à compter du haut) sont présentées, en fonction de la succession des terrains, l'occupation du sol et la situation topographique : -l'évolution de la quantité d'azote issue des nitrates et de l'ammonium, ainsi que celle de l'humidité.

Dans toutes les coupes traitées, la quantité d'azote provenant des nitrates est plus importante que celle issue de l'ammonium (qui ne dépasse jamais 7 kg/ha). Dans un seul cas, P9 bis, les valeurs frôlent 20 kg/ha entre 3 et 8 m, ceci dans de la craie en blocs sous 1 m d'argile plastique, l'occupation du sol étant de la grande culture en position topographique de plateau. Les valeurs élevées sont l'indice d'une mauvaise nitrification. Il est à noter, à proximité la présence de poches de 7 à 8 m d'argile plastique (P9).

En règle générale, pour l'azote issu des nitrates, les valeurs sont croissantes en fonction de l'importance du ruissellement, ceci pour le premier mètre de terrain sous de la grande culture. Ainsi, respectivement en plateau, versant et thalweg les valeurs moyennes sont de 13 ; 24 et 38 kg/ha. En-dessous, la chute est brutale, les valeurs d'azote provenant des nitrates sont inférieures à 10 kg/ha dans le recouvrement quaternaire mais remontent dans la craie pour atteindre des pointes de 40 kg/ha (P2bis) voir 70 kg/ha (P9bis). Le cas de P12, en zone boisée, est le témoin d'une zone vierge d'activité humaine, les valeurs sont inférieures à 5 kg/ha en azote provenant des nitrates.

Il est à noter que l'humidité n'excède pas 40% (argile plastique), 30% (craie) et 20% (sables et limons).

- l'évolution de la concentration en nitrates et ammonium après intégration de l'humidité.

Les courbes relatives à l'ammonium présentent dans tous les cas (même en P9bis) des valeurs inférieures à 15 mg/l.

Par contre, la dissymétrie est accentuée en ce qui concerne les nitrates avec respectivement des valeurs de 324, 149, 93 et 37 mg/l pour le premier mètre au niveau de P5bis, P9bis, P2bis et P12.

En ce qui concerne la suite du profil, les valeurs moyennes se situent entre 63 et 73 mg/l pour les terrains sous grande culture et sont inférieures à 7 mg/l pour le secteur boisé.

- La dernière rangée exprime le cumul ammonium et nitrates, ce qui permet de conclure. On retrouve les mêmes observations que précédemment. De fortes valeurs (jusqu'à 70 kg/ha d'azote - 165 mg/l de nitrates) sont actuellement en transit dans la craie 20 à 30 m au-dessus de la nappe. A ce propos, il est dommage de ne pas posséder une coupe complète jusqu'à la nappe. Cela permettrait de cerner l'évolution future.

L'influence du ruissellement est fortement marquée avec des valeurs atteignant 45 kg/ha d'azote et 400 mg/l de nitrates.

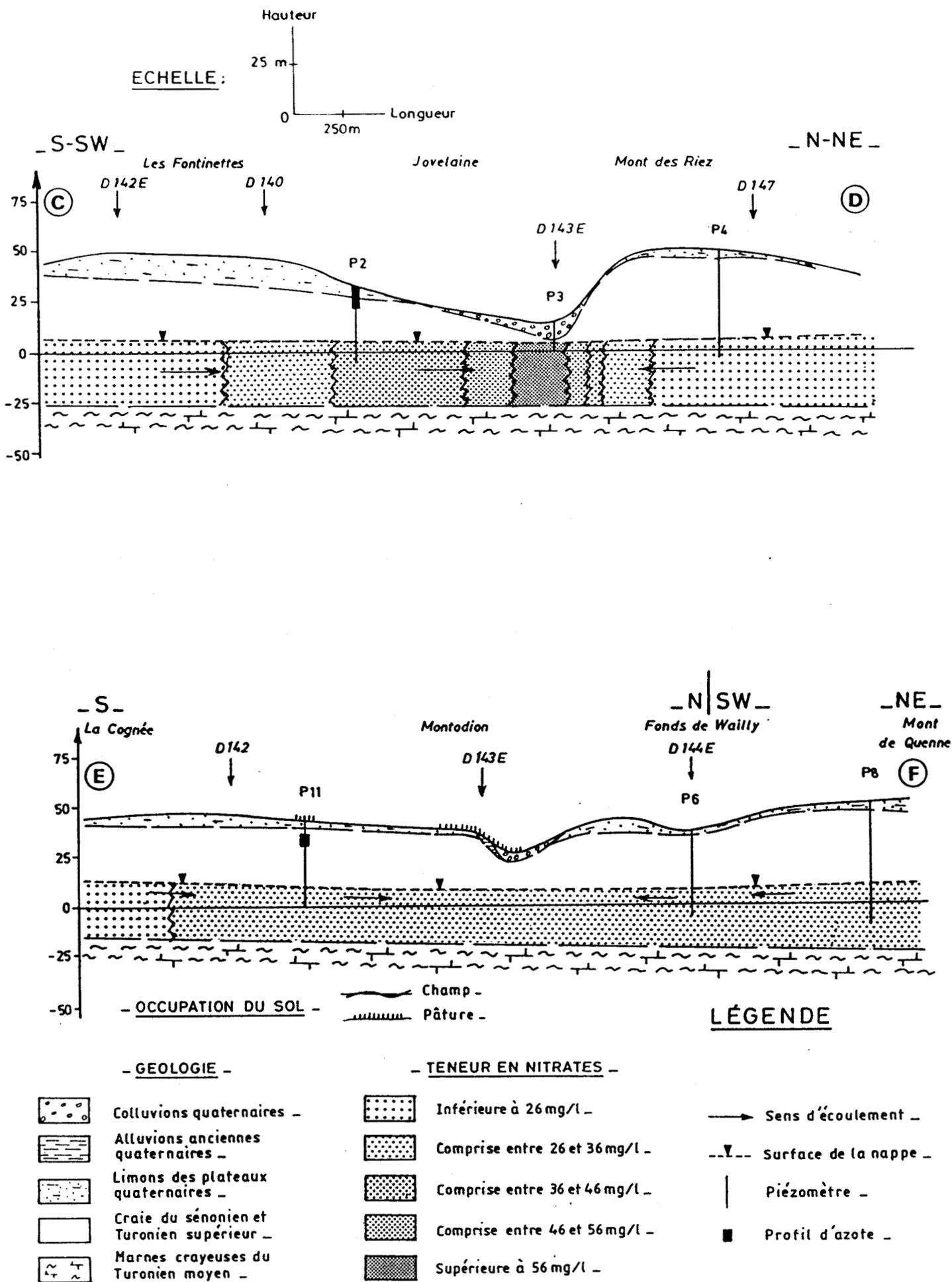
L'intérêt des bois et pâtures avec moins de 10 kg/ha d'azote en transit, sont des concentrations en nitrates inférieures à 20 mg/l (bois) et 40 mg/l (pâtures).

43 - Conclusions sur les observations de terrain

Une part importante des observations réalisées ci-dessus peut être résumée à l'aide des coupes présentées sur la planche II⁽¹⁾ (coupes AB) et la figure 10 (coupes CD et EF). Ces trois coupes sont localisées sur la planche III et effectuées selon deux directions :

(1) Cette planche fait également office de planche I pour le rapport de synthèse (1ère partie).

COUPES PERPENDICULAIRES A LA ZONE DE
CONCENTRATION DE L'ECOULEMENT



- A-B traverse longitudinalement le bassin-versant et passe ainsi par des ouvrages localisés dans l'axe d'écoulement principal (d'amont en aval) P9 - P10 - P5 - P3 - F1 - F2 - F4 - P1) ou latéralement (P12),

- C-D est une coupe transversale dans la partie aval du bassin-versant, elle passe par P2, P3 et P4,

- E-F est une coupe transversale dans la partie centrale du bassin-versant, elle passe au niveau des piézomètres P11, P6 et P8.

Ces coupes permettent de visualiser l'impact de l'occupation du sol, de l'épaisseur des terrains non-saturés, de la nature des formations superficielles, du relief et de la dissymétrie des versants sur le chimisme de la nappe sous-jacente.

Des éléments qui précèdent, il est possible d'établir le constat suivant :

- la grande importance du ruissellement en provenance du versant sud, à l'aval de Wailly-Beaucamp,

- le faible impact que semble présenter le village de Wailly-Beaucamp sur la pollution nitratée.

Afin d'évaluer l'importance des différentes sources de pollution, un bilan chiffré est établi ci-après.

44 - Quantification des flux d'azote

Avant d'aborder ce chapitre, essentiel à la détermination des causes et donc à l'élaboration des priorités d'action, il est nécessaire d'évoquer les mécanismes de production des nitrates, ces éléments sont regroupés en annexe X.

Examinons maintenant la phase de quantification de ces différentes causes.

441 - Quantification des flux d'azote d'après les références bibliographiques

Les risques de rejets ponctuels agricoles représentés par :

- l'élevage intensif hors-sol,
- les serres,

sont inexistants au niveau du secteur d'étude.

Seuls les risques de pollution diffuse, résultant d'un mode d'occupation du sol et d'un ensemble de pratiques agricoles seront donc quantifiés à partir de l'étude :

- du Recensement Général Agricole (R.G.A.) de 1979-1980,
- des cartes I.G.N. au 1/25 000 des années 1976 (feuille 23-2106), 1980 (feuille 16-2105),
- des photographies aériennes de 1971,
- des rapports concernant les champs captants au Sud de Lille et au Nord de Douai ayant nécessité des enquêtes agricoles,
- des profils en azote montrant un impact au droit des pâtures.

Il est possible d'aboutir en fonction de l'occupation du sol au tableau synthétique suivant (tableau VIII). Le mode de calcul est présenté en annexe X.

Modes d'occupation du sol		Grandes cultures	Cultures légumières	Total terres labourables	Urbanisation	Jardin	Total urbain	Bois broussailles	Pâtures	Total bois + pâturages	Total
Surface	en ha	1431	97	1528	57	11	68	214	290	504	2100
	en % du bassin versant souterrain	68,1	4,6	72,7	2,7	0,5	3,2	10,2	13,8	24	100
Flux	en t/an de N	30,5	6	36,5	4,8	0,4	5,2	1,1	1,4	2,5	44,2
	en % du flux total	69	13,6	82,6	10,8	0,9	11,7	2,5	3,1	5,6	100
Flux spécifique en kg/ha/an de N		21,3	61,9	23,9	84,2	33,5	76,5	5	5	5	21,1
Concentration en percolation mg/l de NO ₃ (1)		45	131	50,4	178	71	161	10,5	10,5	10,5	44,5
Part dans la concentration totale en mg/l de NO ₃		30,7	6,05	36,75	4,8	0,4	5,2	1,15	1,40	2,55	44,5

TABLEAU VIII : Pertes en azote selon les différentes occupations du sol d'après synthèse bibliographique.

(1) Voir les modalités de transformation en annexe IX₂.

Il convient maintenant avant de tirer toute conclusion de confronter cette approche théorique et bibliographique avec les éléments déterminés lors de l'enquête sur le terrain.

442 - Quantification des flux d'azote à partir de l'enquête agricole réalisée par l'I.S.A.

Les superficies, nombres d'animaux, quantités de fumier, lisier et purin déterminés par l'I.S.A. portent sur la quasi-totalité de la zone d'étude et doivent donc être rapportés à la superficie du bassin-versant souterrain (2.100 ha). Cela est effectué par :

- planimétrage pour :
 - . la surface toujours en herbe est de 230 ha, soit 68 % des pâturages de la zone d'étude (330 ha,
 - . les zones de bois et broussailles (y compris secteurs de carrières et périphérie d'usines) : 230 ha,
 - . l'agglomération : 90 ha,
 - proportion pour :
 - . la superficie en cultures légumières qui est de 130 ha pour 2.500 ha, soit 109 ha pour 2.100 ha,
 - . le nombre de bovins, de l'ordre de 1.665 têtes pour 330 ha de S.T.H. est de 1.133 têtes pour 230 ha,
 - . le nombre de volailles (650 pour 2.500 ha) : 442 animaux,
 - . le purin (bovins + ovins) (975 m^3 pour 2.800 ha) : 663 m^3 ,
 - . le fumier (bovins + ovins + porcins) est de 12.210t pour 2.500 ha, soit 8.303t pour 2.100 ha,
 - exploitation directe :
 - . le lisier de porcs : 50 m^3 /an (une seule exploitation de 60 animaux à AIRON-SAINT-VAAST),
 - . le nombre d'ovins (plus de 70 à WAILLY-BEAUCAMP),
 - . absence de vergers, jachères, maraîchages, cultures horticoles...
- 68 % du total déterminé par l'enquête I.S.A. car la prise en compte de ces éléments est basée sur les agglomérations et leurs environs

A partir de ceci sont employés les ratios ci-dessous, ils sont déterminés à l'aide de l'étude bibliographique citée plus haut :

- 5 kg/ha/an de N pour la surface toujours en herbe, les bois et les broussailles,
- 15 kg/ha/an de N pour la grande culture,
- 55 kg/ha/an de N pour les cultures légumières,

- 4,25 kg de N par t de fumier dont 22% de N disponible,
- 1,7 kg de N par m³ de purin à 35% de N disponible,
- 3 kg de N par m³ de lisier à 35% de N disponible,
- 0,7 kg de N par volaille à 25% de N disponible (fientes),
- la superficie urbaine est considérée pour 1/3 en surface bâtie, 1/3 en jardin potager et horticole (cf. culture légumière) et 1/3 en pelouse (cf. S.T.H.).
- la zone d'épandage est à 87% en terres labourables, ceci pour le calcul du flux percolant déterminé dans le tableau IX ci-dessous :

Résidus	Quantité	kg de N/unité	Flux produit en t/an de N	Flux disponible en t/an de N
Fumier	8 303 t	4,25	35,3	7,8
Purin	663 m ³	1,7	1,1	0,4
Lisier	50 m ³	3	0,15	0,03
Fientes	442 animaux	0,7	0,3	0,1
Flux total en t/an de N				8,35
Flux percolant en t/an de N				7,3
Flux spécifique en kg/ha/an de N				4,7

TABLEAU IX : Détermination de l'apport azoté des résidus d'élevage.

Le flux spécifique de 4,7 kg/ha/an est additionné à celui de la grande culture et des cultures légumières. Ceci permet d'établir le tableau X.

Modes d'occupation du sol	Grandes cultures	Cultures légumières	Total ou moyenne terres labourables	Urbanisation	Jardin	Total urbain ou moyenne	Bois broussailles	Pâtures	Total ou moyenne bois + pâtures	Total ou moyenne	
	en ha										
Surface	1441	109	1550	30	60	90	230	230	460	2100	
	en % du bassin versant souterrain	68,6	5,2	73,8	1,4	2,9	4,3	11	11	21,9	100
Flux	en t/an de N	28,4	6,5	34,9	4,8	1,9	6,7	1,1	1,1	2,3	43,9
	en % du flux total	64,7	14,8	79,5	10,9	4,3	15,3	2,6	2,6	5,2	100
Flux spécifique en kg/ha/an de N	19,7	59,7	22,5	160	32,3	74,4	5	5	5	20,9	
Concentration en percolation mg/l de NO ₃	41,6	126	47,5	338	68	157	10,5	10,5	10,5	44,1	
Part dans la concentration totale en mg/l de NO ₃	28,55	6,55	35,1	4,8	1,9	6,7	1,15	1,15	2,3	44,1	

TABLEAU X : Pertes en azote selon les différentes occupations du sol d'après l'enquête agricole.

La comparaison de ce tableau déterminé d'après l'enquête agricole et du tableau VIII provenant d'une analyse bibliographique montre une similitude à 0,9% près.

De ce fait, les chiffres utilisés par la suite proviennent de la moyenne des valeurs des deux méthodes.

Il est également possible de présenter ces résultats suivant un autre aspect. L'annexe XII permet d'appréhender les flux d'azote en fonction d'autres critères.

443 - Conclusion sur le bilan des flux d'azote : vers une
quantification de l'impact du ruissellement

4431 - Un bilan excédentaire
.....

Des tableaux VIII et X, il découle principalement que l'impact urbain est voisin de 11%, soit 3,65 mg/l. Son importance est mineure vis-à-vis de l'agriculture (environ 80%).

Le chiffre moyen de 44,3 mg/l de nitrates représente la concentration moyenne en transit vers la nappe, hors l'influence du ruissellement, ces dernières années. Il est à comparer avec ce qui est retiré au niveau de la station de pompage.

A partir des prélèvements et des analyses chimiques de l'année 1984, le tableau XI permet de chiffrer la concentration moyenne de l'eau prélevée à la station ainsi que le tonnage d'azote retiré.

	Débit en		Concentration moyenne prélevée en mg/l de NO ₃	Tonnage de N prélevé en	
	m ³	%		t/an	%
F1	524 900	24,8	38,6	4,6	22,9
F2	597 600	28,1	41,9	5,7	28,4
F3	454 800	21,5	37	3,8	18,8
F4	542 700	25,6	49,2	6,0	29,9
Total	2 120 000	100	41,9	20,1	100

TABLEAU XI : Quantités d'azote interceptées par la station de pompage en 1984.

- Sachant que la station intercepte 50% de l'écoulement moyen (242) ce sont donc 40,2 t d'azote qui transitent au droit du champ captant, soit 4,1 t d'azote en moins par rapport au flux déterminé par le bilan (tableaux VIII et X).

- Ceci se répercute également au niveau de la concentration moyenne de nitrates 41,9 mg/l (mesuré) contre 44,3 mg/l (calculé), soit 2,4 mg/l en moins.

- Cette différence de l'ordre de 6 à 10% (par rapport aux valeurs mesurées) peut être imputée au phénomène de retard dont l'impact exact ne peut être chiffré.

En effet, comme le montre la planche VI concernant la profondeur de la nappe par rapport à la surface du sol, la majeure partie de la zone d'étude présente une nappe à plus de 30 m. En prenant une vitesse de percolation de l'ordre de 0,50 m l'eau qui arrive actuellement à la nappe est déjà en transit depuis au moins 60 ans. A cette époque les épandages d'engrais étaient beaucoup plus faibles et le flux d'infiltration bien moindre.

Ceci est confirmé par l'observation de la planche II qui montre que sur les plateaux qui sont des zones de grande culture (P4) les teneurs en nitrates (15 à 25 mg/l) sont nettement inférieures au flux théorique en cours de percolation (\approx 45 mg/l).

A l'inverse, le secteur outre P5 et P3 qui a une occupation du sol peu différente mais infiltre les eaux de ruissellement, montre des teneurs fortes en nitrates (45 à 70 mg/l).

4432 - L'impact non négligeable du ruissellement

Un essai de quantification de l'impact de ce ruissellement est tenté ci-après entre les piézomètres P5 et P3 situés dans l'axe central de concentration de l'écoulement.

Pour ce faire les 4 grands types d'occupation du sol du bassin d'alimentation de la nappe entre P5 et P3 ont été planimétrés et les valeurs déterminées dans les tableaux VIII et X leurs ont été affectées :

- flux spécifique de 75,4 kg/ha/an de N, soit une concentration de 159 mg/l de nitrates pour les secteurs bâtis,
- flux spécifique de 23,2 kg/ha/an de N, soit une concentration de 49 mg/l de nitrates pour les terres labourables,
- flux spécifique de 5 kg/ha/an de N, soit une concentration de 10,5 mg/l de nitrates pour les pâtures,
- flux spécifique de 5 kg/ha/an de N, soit une concentration de 10,5 mg/l de nitrates pour les bois et broussailles ⁽¹⁾.

On obtient ainsi un tonnage théorique de 7,1 tonnes de N par an, ou une concentration théorique de 41,4 mg/l de NO_3 en P3.

Les valeurs réellement mesurées en P3 donnent une valeur annuelle moyenne de 62,7 mg/l de NO_3 , soit un tonnage de 10,8 tonnes de N par an.

L'apport supplémentaire dû au ruissellement dans le secteur de nappe compris entre P5 et P3 est donc de $10,8 - 7,1 = 3,7$ tonnes de N par an.

(1) Ces valeurs permettent d'interpréter la carte d'occupation du sol de la 3ème partie en terme de carte des flux spécifiques de pollution azotée.

Si l'on admet que la superficie affectée par le ruissellement est de l'ordre de 50 hectares, l'infiltration supplémentaire dans cette zone serait de $\frac{3700}{50} \approx 75$ kg/ha/an.

5 - CONCLUSIONS

51 - Observations générales

L'examen de la planche II⁽¹⁾ montre la teneur importante en nitrates à l'amont immédiat des forages du champ captant d'Airon-Saint-Vaast. Comme nous l'avons vu en paragraphe 4432 ci-avant, ces fortes teneurs sont dues à un apport supplémentaire d'azote depuis le sol par les effets du ruissellement; en effet la concentration du ruissellement dans ce secteur y entraîne l'infiltration d'une quantité d'eau importante sur une surface restreinte qui provoque un lessivage des sols et par conséquent de l'azote sous forme minérale. Le graphique de la figure 4 (page 19) montre d'ailleurs une bonne corrélation entre les années de forte pluviométrie et les fortes teneurs en nitrates sur les forages du champ captant.

52 - Moyens destinés à réduire la teneur en nitrates des eaux souterraines prélevées

Nous ne traiterons ici que des moyens d'action directs sur la nappe pouvant être mis en oeuvre par le distributeur d'eau, les moyens d'action contre le ruissellement étant traités dans la 3ème partie.

521 - Modulation des prélèvements sur les différents forages du champ captant

Nous rappellerons qu'il est composé de 4 forages : 3 groupés dans l'axe du Vallon (F1, F2, F4) et un quatrième situé à 400 m au S.W.

L'examen de la planche V sur laquelle sont reportées les teneurs en nitrates de ces forages de juillet 1984 à avril 1985, montre un accroissement sensible des teneurs en nitrates à partir de novembre avec cependant une individualisation des différents ouvrages qui demeure.

(1) Cette planche fait également office de planche I pour le rapport de synthèse (1ère partie).

Les teneurs en nitrates sont plus importantes sur F4 situé en amont de F1 et F2 et toujours plus faibles sur F3, situé en-dehors de l'axe du vallon.

La planche VII qui figure l'évolution des débits hebdomadaires sur chacun des forages montre à partir de début 1985 un accroissement des prélèvements sur F4 (qui présente les plus fortes teneurs en nitrates) et une diminution des prélèvements sur F3 (teneurs les plus faibles) alors qu'une modulation inverse des prélèvements permettrait de réduire la teneur moyenne des eaux prélevées.

Il est donc conseillé, et notamment en hiver, d'accroître les prélèvements sur F3 (à l'écart de l'influence du ruissellement) et de diminuer les prélèvements sur les ouvrages F4, F2, F1.

Entre les mois de novembre 1984 et avril 1985 les prélèvements hebdomadaires et les teneurs moyennes en nitrates ont été :

F1 : 8 800 m³, soit 24,8% des prélèvements à 39,0 mg/l de nitrates,
 F2 : 9 700 m³, soit 27,4% des prélèvements à 42,0 mg/l de nitrates,
 F3 : 7 500 m³, soit 21,0% des prélèvements à 37,0 mg/l de nitrates,
 F4 : 9 500 m³, soit 26,8% des prélèvements à 50,5 mg/l de nitrates.

En modifiant les modalités de pompages hebdomadaires en accord avec les capacités des ouvrages, différents schémas d'exploitation peuvent être envisagés pour permettre une diminution de la teneur moyenne en nitrates de l'eau distribuée

1er schéma d'exploitation :

F1 : 10 000 m³, soit 28,2% des prélèvements à 39,0 mg/l de nitrates,
 F2 : 5 500 m³, soit 15,5% des prélèvements à 42,0 mg/l de nitrates,
 F3 : 15 000 m³, soit 42,3% des prélèvements à 37,0 mg/l de nitrates,
 F4 : 5 000 m³, soit 14,0% des prélèvements à 50,5 mg/l de nitrates,

soit une concentration moyenne en nitrates de 40,2 mg/l. C'est-à-dire un gain de 2,3 mg/l de nitrates représentant une amélioration de 5,4%.

2ème schéma d'exploitation :

En augmentant les durées de pompage sur F3 dont les teneurs en nitrates sont les plus faibles :

F1 : 5 500 m³, soit 15,5% des prélèvements à 39,0 mg/l de nitrates,

F2 : 5 000 m³, soit 14,0% des prélèvements à 42,0 mg/l de nitrates,

F3 : 20 000 m³, soit 56,5% des prélèvements à 37,0 mg/l de nitrates,

F4 : 5 000 m³, soit 14,0% des prélèvements à 50,5 mg/l de nitrates,

soit une concentration moyenne en nitrates de 39,9 mg/l et donc une diminution de 3,6 mg/l de nitrates représentant un mieux de 8,5%.

522 - Recherche d'un nouveau site de captage moins sensible au ruissellement

Plusieurs sites a priori favorables pourraient être testés par sondages de reconnaissance pour définir leur productivité et la qualité de l'eau :

- la vallée des lignières en bordure du bois de Verton, vers l'altitude +25 m NGF,

- en bordure ouest du bois de Verton, près du C.D. 917, à l'altitude +35 m NGF.

Vu par J. RICOUR
Directeur du Service Géologique Régional
Nord Pas-de-Calais

Rédigé par :
Ch. PREAUX, Stagiaire
P. CAULIER, Ingénieur hydrogéologue
Service Géologique Régional
Nord Pas-de-Calais



ANNEXES



LEZENNES (Nord)

85 SGN 212 NPC

MODALITES DE REALISATION DES PIEZOMETRES

- Forages à la tarière au diamètre de 400 mm avec équipement en tubes P.V.C. en diamètre 200 mm sur 5 m (P1 - P3 et P10), 8 m (P5) ou 11,5 m (autres piézomètres). L'espace annulaire 200 à 400 mm est cimenté suivant la même profondeur (octobre 1983).
- Forages destructifs au diamètre de 160 mm par outil à lame ⁽¹⁾ (décembre 1983 et janvier 1984).
- L'équipement se compose :
 - . d'un tube plein en P.V.C. au diamètre de 160 mm pour P4 (0 à 8 m)
P7 (0 à 4 m)
P8 (0 à 5 m)
 - . d'un tubage plein métallique au diamètre de 140 mm pour P3 (0 à 9 m)
P10 (0 à 11 m)
 - . de tubages P.V.C. au diamètre de 125 mm crépinés à la base sur :
 - 8 m (P1)
 - 10 m (P2 - P4 - P5 - P8 - P9)
 - 12 m (P6 - P7 - P11 - P12)
- ou :
 - . de tubages P.V.C. Ø 110 mm crépinés à la base sur :
 - 8 m (P3)
 - 12 m (P10)

(1) Rotation d'un outil muni de couteau broyant le terrain, les débris étant remontés par l'injection d'air (et d'eau) sortant à la base de l'outil (air lift).

Ouvrages	F1	F2	F3	F4	P2	P3	P4	P5	P10
Altitude du repère	+12,7	+12,3	+25,2	+11,9	+36,3	+16	+51,3	+21,5	+30,0
1983									
07/06	5,6	5,4		5,1					
05/07	6,2	6,3	18,4	6,0					
02/08	6,6	6,4	18,7	6,3					
06/09	6,7	6,5	18,9	6,4					
04/10	7,4	7,4	19,2	6,7					
08/11	6,8	6,7	19,1	6,7					
06/12	6,7	6,7	19,0	6,6					
1984									
03/01	6,8	6,8	19,4	6,7					
11/01					28,94			13,1	17,44
12/01						9,75			
17/01								13,03	
07/02	6,2	6,1	18,8	6,1		8,94			
09/02					28,17	8,77	44,70	12,28	16,38
14/02					27,98		44,58	12,05	16,12
21/02					27,75		44,42	11,80	15,81
28/02					27,49		44,21	11,58	15,43
06/03	5,7 (-)	5,7 (-)	18,4 (-)	5,45 (-)	27,43		44,20	11,45	15,30
13/03					27,32		44,13	11,36	15,18
20/03					27,30 (-)		44,10	11,30 (-)	15,10 (-)
27/03					27,33		44,12	11,39	15,14
29/03						8,18 (-)			
03/04	5,93	6,00		5,75	27,38		44,13	11,47	15,20
10/04					27,42		44,08 (-)	11,47	15,28
17/04					27,52	8,33	44,27	11,63	15,44
23/04					27,69	8,46	44,33	11,72	15,62
02/05	6,12	6,19		6,00	27,81	8,62	44,51	11,89	15,82
09/05					27,90	8,75	44,40	12,08	15,94
14/05					28,00	8,82	44,64	12,17	16,10
22/05					28,05	8,93	44,69	12,28	16,21
29/05					28,18	8,98	44,76	12,33	16,29
05/06	6,34	6,32	18,97	6,11	28,20	8,98	44,80	12,37	16,41
12/06					28,32	9,06	44,86	12,46	16,53
19/06					28,36	9,19	44,98	12,55	16,66
26/06					28,52	9,33	45,02	12,68	16,84
03/07	6,82	6,77		6,58					
11/07					28,77	9,71	45,31	13,04	17,12
26/07					28,91	9,82	45,39	13,20	17,31
07/08	7,16	7,09	19,80	6,90	29,04	9,94	45,50	13,36	17,48
21/08					29,27	10,18 (+)	45,63	13,55	17,76
04/09	7,32 (+)	7,25 (+)	20,00 (+)	7,07 (+)	29,31	10,16	45,76 (+)	13,68	17,93
18/09	7,21	7,15	19,90	6,99	29,34	10,09	45,70	13,70	18,05
02/10	7,21	7,14	19,81	6,97	29,36 (+)	10,07	45,75	13,72 (+)	18,09
16/10	7,16	7,08	19,76	6,92	29,35	10,13	45,69	13,70	18,15
30/10	7,07	6,99	19,70	6,83	29,32	9,97	45,66	13,66	18,18
13/11	7,04	6,97	19,68	6,78	29,30	9,93	45,65	13,62	18,22 (+)
27/11	6,95	6,87	19,57	6,70	29,05	9,77	45,64	13,43	17,89
04/12	6,82	6,76	19,48	6,58					
11/12	6,73	6,69	19,39	6,53	28,96	9,60	45,43	13,20	17,74
27/12	6,53	6,43	19,13	6,23	28,59	9,27	45,20	12,84	17,25
1985									
15/01	6,49		19,10						
22/01					28,08	8,72	44,92	12,32	16,69
06/02	6,03	5,96	18,65	5,78	27,88	8,62	44,66	12,06	16,30
22/02	6,02	5,94	18,57	5,76	27,71	8,53	44,52	11,85	15,92
05/03	5,90	5,83	18,48	5,61	27,64	8,39	44,41	11,73	15,70
19/03	5,90	5,80		5,63	27,76	8,42	44,38	11,69	15,61
02/04	5,90	5,82	18,53	5,65					
09/04			18,46		27,52	8,40	44,35	11,65	15,49
22/04	5,82	5,73	18,35	5,56	27,40	8,21	44,23	11,49	15,37

1984 (-) Hautes eaux

(+) Etiage

Tableau des
résultats du suivi chimique des forages avant
la réalisation des piézomètres
(Analyses effectuées en Laboratoire de l'INRA-
Arras)

Dates	F1	F2	F3	F4
1983				
19/07	36,6	43,9 (+)	34,8	37,3
26/07	38	37,6	38,9	37,3
02/08	32,8 (-)	36,5	36,4	42,8
09/08	37,2	43	41,9	43
16/08	34,9	36	37,4	43,5
23/08	35,3	36,7	38	44,2
30/08	40,4	42,1	40,4	40,2
06/09	40,6	42,7	39,8	40,2
13/09	40,7	42,4	37,7	37,4
20/09	40,3	40,6	41,9	42,3
27/09	41,6	40,5	30,1 (-)	29,9 (-)
04/10	41,5	40,9	36,3	38,1
11/10	40,2	42,1	36	42,5
25/10	40,4	41,4	37,3	41
02/11	40,3	40,6	38	40,5
08/11	40,3	42,3	36,5	41,9
15/11	41,9 (+)	41	36,5	40,5
22/11	41,3	41,1	36,4	36,9
29/11	40,1	42,4	37,1	37
06/12	41,15	42,4	36,33	36,53
13/12	40,27	39,37	35,8	36,02
20/12	39,98	41,73	35,69	35,82
26/12	39,92	41,95	36,2	35,93
1984				
04/01	39,25	40,45	35,69	35,62
10/01	37,83	38,65	40,62	44,96
17/01	39,6	41,8	35,6	36,3
24/01	39,9	41,7	36,3	36,4
31/01	40,3	40,5	36,1	36,1
07/02	40,1	41,4	36,1	36,7

La suite des résultats se trouve dans le tableau de l'annexe IV

(+) Valeur maximale mesurée pour chaque ouvrage

(-) Valeur minimale mesurée pour chaque ouvrage

TABLEAU DES RESULTATS DU SUIVI CHIMIQUE DES FORAGES ET PIEZOMETRES
(analyses effectuées au Laboratoire de l'I.N.R.A. - Arras)

Dates	F1	F2	F3	F4	P2	P3	P4	P5	P10
1984									
14/02	39,98	40,05	35,51	35,64	38,3			46,3	29,6
21/02	41,13	41,57	35,44	35,71	37,7			46,6	30,6
28/02	39,9	40,4	36,1	40,5	39,4			47,8	32,2
06/03	40,5	41,1	36,1	36,4	39,4			47,4	32,3
13/03	40,53	40,05	35,73	36	38,9			47,4	32,4
20/03	41,02	40,89	35,49	36,22	40,6			47,5	
27/03	41,57	41,49	35,22	35,68	40,7			48,7	32,9
30/03							24,1 (+)		
03/04	38,7	38,7	35,22	44,94	39,6		23,6	47,4	32,7
10/04	41,6	41,4	37,3	37,2	42			47,2	
17/04	41,8	40,4	42,6 (+)	49,5 (+)	41,1	63,9		49,6 (+)	
23/04	35,3	39,7	39,5	46,3	41,1	62,6	23,6	48,4	32
02/05	35,9	36	36,4	35,8	39,9	62,7		47,6	31,7
09/05	38,5	39,3	39	46,1	39,5	63,5	23	47,2	30,7
14/05					39,2	62,6	22,9	47,5	30,6
22/05	35,9	35,7	36	37,4	39,2	63,1	22,2	47,3	29,7
29/05	39,2	39,9	39,8	40,5	37,8	60,1	21,3	46,6	29,5
05/06	39,4	39,5	35,9	46,6	38,7	62,4	19,8	46,7	29
12/06	36,8	36	36,2	36,5	38,1	62,2	16,1 (-)	48	28,6
19/06	38,7	38,8	39,6	38,9	38,7	63,2	19,2	47	28,7
26/06	35,8	35,4 (-)	35,8	36	37,6	57,2 (-)	18,8	46,1	27,7
11/07	39,9	45,2 (+)	37,9	47,8	37,9	61,6	18,8	47,5	28,2
26/07	38,77	40,82	35,76	47,58	35,98	59,65	19,24	48,53	27,14
07/08	38	38,77 (-)	37,9	44,3 (-)	35,6	63,3	16,7	44,4	26,3
04/09	37,39	41	37,39	47,45	35,29	59,51	17,62	46,16	26,21
18/09	36 (-)	39,9	35,6	45,4	34,2	59,9	17,6	44,3	26,1
02/10	36,6	39,5	34,3 (-)	45,2	34,6	63,1	16,6	43,2 (-)	25,3 (-)
16/10	37,4	39,9	35,3	45,8	38,3	59,3	17,1	44,1	26,4
30/10	36,5	40	37,4	44,7	34 (-)	58,9	16,8	43,3	26,8
13/11	37,8	41,4	36,2	53,4 (+)	34,8	66,1	17,2	47,4	25,7
27/11	38,35	41,52	36,6	48,44	35,47	63,72	17,45	46,45	26,4
11/12	38,3	41,6	36,3	51,8	35,9	65,3	17,5	46,8	26,8
27/12	38,8	42	36,7	51,1	37,6	65,1	18	46,6	27,3
1985									
22/01	39,8	43,4	39 (+)	52,7	39,4	69,4 (+)	18,3	48,3	27,7
06/02	37	41	36,6	52	40,9	67,1	18,7	46,7	30,7
22/02	39,8	43,1	37,2	51,9	42	63,3	18,9	46,9	31,8
05/03	40,6 (+)	43,05	37,5	48,8	42,5	62,4	18,7	47,1	32,2
19/03	40,5	42,2		48	41,9	66,6	18,4	45,8	33,2
9/04	40,1	42,2	38,1	47,9	42,5	60,7	18,2	47,4	32,9
22/04	40,1	43	37,4	49,8	43,5 (+)	61,1	18,2	45,7	35,4 (+)

(+) Valeurs maximales mesurées pour chaque ouvrage } (pour chaque méthode)
(-) Valeurs minimales mesurées pour chaque ouvrage }

— Valeurs supérieures à la norme de potabilité (50 mg/l)

---- Changement dans la méthode de prélèvement

TABLEAU DES

RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES COMPLETES DES FORAGES
(Prélèvement du 07/02/84 et analyses effectuées par le
laboratoire du S.R.A.E.)

Ouvrages	F1	F2	F3	F4	Concentration maximale admissible
Résidu sec mg/l	310	284	251	280	
Ammonium mg/l	0,008	0,009	0,008	0,005	0,5
Nitrites mg/l	0,004	0,004	0,003	0,002	0,1
Nitrates mg/l	42	44	41	40	50
Total N en nitrates ⁽¹⁾ mg/l	42,03	44,04	41,03	40,02	51,86
Chlorures mg/l	35	36	30	29	≈200
Sulfates mg/l	21	19	15	15	250
Phosphates mg/l	0,11	0,14	0,11	0,11	1

(1) à partir du poids des différentes molécules :

1 g d'ammonium correspond à 0,78 g d'azote

correspond à 3,45 g de nitrates (en cas d'oxydation)

1 g de nitrite correspond à 0,305 g d'azote

correspond à 1,35 g de nitrates (en cas d'oxydation)

1 g de nitrate correspond à 0,23 g d'azote

1 g d'azote correspond à 4,43 g de nitrates

TABLEAU DES RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES COMPLETES DES PIEZOMETRES (analyses effectuées au laboratoire du S.R.A.E)

85 SGN 212 NPC

ANNEXE VI

Ouvrage	P1			P2			P3		P4		P5			P6		P7		P8		P9		P10			P11		P12	
Date	11/01	18/01	21/05	11/01	09/02	21/05	07/02	21/05	09/02	21/05	17/01	09/02	21/05	12/01	21/05	19/01	21/05	09/02	21/05	17/01	21/05	11/01	09/02	21/05	20/01	21/05	13/01	21/05
Résidu sec mg/l	548	498	514	496	437	426	916	<u>1990</u>	392	1090	556	551	1010	<u>1888</u>	468	373	428	385	586	599	574	430	400	430	592	462	507	481
Ammonium mg/l	0,02	0,02	0,003	0,005	0,004	0,003	0,004	0,006	0,004	0,006	0,007	0,007	0,001	0,006	0,004	0,004	0,001	0,009	0,004	0,02	0,001	0,016	0,007	0,001	0,02	0,001	0,01	0,005
Nitrites mg/l	0,001	0,002	0,002	0,002	0,03	0,002	0,004	0,007	0,08	0,025	0,002	0,01	0,004	0,002	0,01	0,007	0,005	0,02	0,019	0,007	0,02	0,002	0,01	0,002	0,03	0,004	0,002	0,009
Nitrates mg/l	40	38	35	37	39	38	<u>66</u>	<u>59</u>	21	19	<u>55</u>	36	40	28	22	30	16	23	28	44	31	27	27	24	38	27	26	20
Total N en nitrates mg/l	40,07	38,07	35,01	37,02	39,05	38,01	<u>66,02</u>	<u>59,03</u>	21,12	19,05	<u>55,03</u>	36,04	40,01	28,02	22,03	30,02	16,01	23,06	28,04	44,08	31,03	27,06	27,04	24,01	38,11	27,01	26,04	20,03
Chlorures mg/l	35	35	36	31	33	33	42	43	36	<u>268</u>	44	41	43	25	27	29	28	37	37	31	38	33	33	34	35	33	27	31
Sulfates mg/l	24	24	12	16	17	12	29	18	21	15	32	24	15	12	1,5	5,4		11	1,5	21	3,1	12	17	6,1	34	9,2	6,8	6,1
Phosphates mg/l	0,25	0,18		0,34	0,19		1 ---		0,08		0,37	0,24		<u>2,1</u>		0,17		0,13		0,31		0,31	0,64		0,5		0,25	

----- Valeur égale à la norme de potabilité

(annexe V)

----- Valeur supérieure à la norme de potabilité

A : Puisard à proximité de la route nationale 1
(Wailly-Beaucamp)

B : Point bas
C.D. 143E
(près de P10)

C : Fosse chemin
des Lombards

Date	29/03/84	24/04/84	21/05/84	09/04/85		24/05/84		09/04/85
Résidu sec mg/l	202		556	754				<u>2144</u>
Ammonium mg/l	<u>4,6</u>	<u>49,5</u>	<u>3,8</u>	<u>102,6</u>		<u>2,9</u>		<u>130,5</u>
Nitrites mg/l	<u>0,28</u>	0,09	<u>0,226</u>	<u>0,14</u>		<u>0,35</u>		<u>0,97</u>
Nitrates mg/l	3,7	0,5	2,4	0,5		4,6		0,5
Total N en nitrates mg/l	20	<u>171,5</u>	15,8	<u>353</u>		15,1		<u>450</u>
Chlorures mg/l	19	66	23	85		7,4		170
Sulfates mg/l	19	55,5	7,6	66		23		125
Phosphates mg/l						<u>7,25</u>		
Conditions	Dans l'ou- vrage Temps pluvieux	Dans l'ou- vrage Temps sec	Dans pâ- ture Temps pluvieux	Sortie ou- vrage 2 j après for- tes pluies		Temps pluvieux		2 jours après for- tes pluies
Labora- toire	Institut Pasteur	Institut Pasteur	S.R.A.E.	Institut Pasteur		S.R.A.E.		Institut Pasteur

D : Sources Airon-Notre-Dame - Airon-Saint-Waast

——— Valeur supérieure à la norme de
potabilité (annexe V)

Date	21/05/84	16/10/84
Résidu sec mg/l	397	
Ammonium mg/l	0,008	
Nitrites mg/l	0	
Nitrates mg/l	24	29
Chlorures mg/l	33	
Sulfates mg/l	1,5	
Laboratoire	S.R.A.E.	I.N.R.A.

TABLEAU DES
RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES DU NON-SATURE : N de NO_3^- et NH_4^+

Profondeur (en m)	Humidité (en %)	N de NO_3^- (en kg/ha)	N de NH_4^+ (en kg/ha)	NO_3^- (en mg/l)	NH_4^+ (en mg/l)	N de (NO_3^- et NH_4^+) (en kg/ha)	NO_3^- (en mg/l) à partir de N de (NO_3^- et NH_4^+)
0 à 0,3	14,2	26,55	1,31	184	2,63	27,86	193
0,3 0,6	15,1	30,15	1,85	196	3,5	31,95	208
0,6 1	15,5	14,16	3,18	67,4	4,4	17,34	82,5
1 1,3	13,4	6,3	2,07	46,3	4,42	8,37	61,5
1,3 1,6	12,8	8,06	1,26	61,9	2,82	9,32	71,6
1,6 2	17,2	8,34	2,16	35,8	2,7	10,5	45,1
2 2,3	15,2	9,5	3,69	61,5	6,95	13,19	85,4
2,3 2,6	17,2	9,14	1,62	52,2	2,7	10,76	61,5
2,6 3	9,8	5,7	2,34	42,9	5,13	8,04	60,5
3 3,3	13,5	8,15	1,31	59,4	2,77	9,46	68,9
3,3 3,6	8,6	7,29	2,70	83,4	8,99	9,99	114
3,6 4	8,8	7,92	1,32	66,4	3,22	9,24	77,5
4 4,3	7,1	5,58	1,44	77,3	5,81	7,02	97,3
4,3 4,6	8,1	5,58	1,44	67,8	5,09	7,02	85,3
4,6 5	8,3	6,66	1,62	59,2	4,19	8,28	73,8
5 5,3	6,5	5,49	1,44	83,1	6,34	6,93	105
5,3 5,6	6,7	3,74	1,94	54,8	8,27	5,68	83,2
5,6 6	7,5	5,70	3,24	56,1	9,27	8,94	88
6 6,3	8,2	4,55	1,22	54,5	4,24	5,77	69,1
6,3 6,6	7,9	5,13	5,40	63,9	19,6	10,53	131
6,6 7	23,6	17,94	1,14	56,1	1,04	19,08	59,7
7 7,3	25,8	24,12	4,68	92	5,19	28,8	110
7,3 7,6	28,9	34,92	0,27	119	0,267	35,19	120
7,6 8	31,5	26,10	0,36	61,1	0,245	26,46	61,9
8 8,5	28,5	29,93	1,50	62	0,904	31,43	65,1
10 10,6	31,5	41,13	2,43	64,2	1,10	43,56	68
10,6 11	30,6	30,96	2,04	74,7	1,43	33	79,6
11 11,5	25,3	36,60	2,93	85,4	1,99	39,53	92,2

P2bis : versant sud av.
grande culture
(nappe entre 2
et 30 m de pro
fondeur/sol)

Profondeur (en m)	Humidité (en %)	N de NO_3^- (en kg/ha)	N de NH_4^+ (en kg/ha)	NO_3^- (en mg/l)	NH_4^+ (en mg/l)	N de (NO_3^- et NH_4^+) (en kg/ha)	NO_3^- (en mg/l) à partir de N de (NO_3^- et NH_4^+)
0 à 0,3	12,7	10,13	3,11	81,9	7	13,24	106
0,3 0,6	11,7	11,79	3,06	99,1	7,49	14,85	125
0,6 1,0	10,2	15,72	5,70	114	12	21,42	155
1 1,3	18,3	8,46	4,10	45,5	6,40	12,56	67,5
1,3 1,6	17,5	5,81	3,24	32,6	5,3	9,05	50,8
1,6 2	14,9	8,64	4,92	42,8	7,09	13,56	67,2
2 2,3	29,6	9,14	3,33	30,4	3,22	12,47	41,5
2,3 2,6	29,4	10,44	4,86	34,9	4,73	15,3	51,2
2,6 3	38,2	12,36	4,80	23,9	2,7	17,16	33,2
3 3,3	29,6	8,42	8,82	28	8,53	17,24	57,2
3,3 3,6	25,9	9,68	10,89	36,7	12	20,57	78,1
3,6 4	29,4	13,80	14,58	14,6	10,6	28,38	71,2
4 4,5	21,8	16,65	16,50	45,1	13	33,15	89,8
4,5 5	20,6	17,40	17,25	49,9	14,4	34,65	99,3
5 5,5	26,4	25,88	16,73	57,9	11,4	42,61	97
5,5 6	22,4	24,08	18,53	63,4	14,2	42,61	112
6 6,5	21,4	30,6	16,95	84,4	13,6	47,55	131
6,5 7	21,3	34,35	16,95	95,2	13,7	51,3	142
7 7,5	23,9	48,15	18,75	119	13,5	66,9	165
7,5 8	27,5	52,65	6,98	113	4,36	59,63	128
8 8,5	25,9	50,48	2,93	115	1,94	53,41	122
8,5 9	24,8	53,85	4,35	128	3,01	58,2	138
9 9,5	30,4	67,80	3,00	132	1,69	70,8	138
9,5 10	29,5	60	2,48	120	1,44	62,48	125
10 10,5	24,6	48,6	2,85	117	1,99	51,45	124
10,5 11	25,1	48,23	1,95	113	1,33	50,18	118
11 11,5	24,4	47,03	3,38	114	2,38	50,41	122

P9bis : Plateau nord
avec grande cul
ture (nappe ent
32 et 36 m de
profondeur/sol)

Profondeur (en m)	Humidité (en %)	N de NO_3^- (en kg/ha)	N de NH_4^+ (en kg/ha)	NO_3^- (en mg/l)	NH_4^+ (en mg/l)	N de (NO_3^- et NH_4^+) (en kg/ha)	NO_3^- (en mg/l) à partir de N de (NO_3^- et NH_4^+)
0 à 0,3	11,7	45,13	0,99	380	2,42	46,12	388
0,3 0,6	11,4	43,2	1,7	378	4,41	44,9	393
0,6 0,9	11,9	26,0	1,53	215	3,68	27,53	228
0,9 1,2	6,9	5,9	2,16	84	8,96	8,06	115
1,2 1,5	7,3	4,4	1,71	58,8	6,7	6,11	81,8
1,5 1,8	7,9	7,83	0,2	97,6	0,815	8,03	100
1,8 2,1	10,1	8,3	0,2	81,1	0,638	8,5	83,3
2,1 2,5	7,9	8,04	0,6	75,1	1,63	8,64	80,7
2,5 2,8	11,1	9,1	0,72	81	1,86	9,82	87,4
2,8 3	10,5	4,92	0,15	69,1	0,613	5,07	71,2
3 3,3	9,4	5,3	0,2	55,1	0,685	5,5	57,4
3,3 3,6	8,2	6,12	0,2	73,4	0,785	6,32	76,1
3,6 4	8,3	4,74	1,92	42,1	4,97	6,66	59,2
4 4,3	9,4	5,49	4,7	57,5	14,4	10,19	107
4,3 4,6	8,1	3,7	1,2	45,4	4,29	4,9	60,2
4,6 5	7,3	5,04	0,6	50,9	1,76	5,64	57
5 5,3	7,6	3,78	0,2	48,9	0,847	3,98	51,8
5,3 5,6	7,3	4,6	0,45	62,5	1,76	5,05	68,6
9 9,3	27,5	6,03	2,07	21,6	2,15	8,1	29
10,7 10,9	27,4	6,42	0,99	34,6	1,55	7,41	39,9

P5bis :Fond de vallée
sèche avec grand
culture (nappe
entre 11 et 14 m
de profondeur/sol)

P11 :Prairie (nappe
entre 30 et 33 m de
profondeur/sol).

Profondeur (en m)	Humidité (en %)	N de NO_3^- (en kg/ha)	N de NH_4^+ (en kg/ha)	NO_3^- (en mg/l)	NH_4^+ (en mg/l)	N de (NO_3^- et NH_4^+) (en kg/ha)	NO_3^- (en mg/l) à partir de N de (NO_3^- et NH_4^+)
0 à 0,3	16,9	10,8	6,48	62,9	11	17,28	101
0,3 0,6	8,8	1,85	3,20	20,6	10,4	5,05	56,3
0,6 1	6,5	2,34	3,54	26,6	11,7	5,88	66,8
1 1,3	7,9	1,31	3,69	16,3	13,4	5,0	62,2
1,3 1,6	11,1	1,26	2,79	11,2	7,19	4,05	35,9
1,6 2	10,4	1,20	2,34	8,51	4,83	3,54	25,1
2 2,3	19,1	0,99	2,21	5,1	3,3	3,2	16,5
2,3 2,6	20,6	0,81	2,21	3,87	3,06	3,02	14,4
2,6 3	26,7	4,32	1,14	11,9	0,917	5,46	15
3 3,3	27,3	3,11	1,76	11,2	1,84	3,5	17,5
3,3 3,6	23,9	1,49	1,13	6,11	1,35	2,62	10,7
3,6 4	23,5	1,98	1,14	6,22	1,04	3,12	9,8
4 4,5	21,6	1,65	2,33	4,51	1,85	3,98	10,9
4,5 5	27,9	2,63	1,95	5,55	1,2	4,58	9,68
5 5,5	26,4	1,28	2,40	2,82	1,56	3,68	8,19
5,5 6	24,6	2,33	2,85	5,58	2	5,18	12,7
6 6,5	23,5	2,25	1,88	5,65	1,37	4,13	10,9
6,5 7	27,3	2,25	1,95	4,86	1,23	4,2	9,08
7 7,5	32,3	4,05	3,88	7,4	1,63	7,93	13
7,5 8	27,8	3,15	2,48	6,69	1,53	5,63	11,9
8 8,5	28,1	2,70	3,0	5,67	1,83	5,7	12
8,5 9	26,7	2,48	2,48	5,47	1,59	4,96	10,9
9 9,5	30,3	3,53	6,08	6,87	3,44	9,61	18,7
9,5 10,0	27,1	3,23	3,98	7,02	2,52	7,21	15,7
10 10,5	24,8	3,00	4,80	7,14	3,32	7,8	18,5
10,5 11	24,4	2,55	5,33	6,17	3,75	7,88	19,1
11 11,5	26,2	2,48	6,90	5,58	4,52	9,38	21,1

P12 :Secteur boisé (nappe
entre 27 et 31 m de
profondeur/sol)

MODALITE DE TRANSFORMATION DE QUELQUES UNITES1) POUR LES PROFILS D'AZOTE DANS LE NON SATURE

- Passage de mg de N/kg de sol sec à kg de N/ha

Le résultat en kg de N/ha = la valeur en mg de N/kg de sol sec X 1,5 X 10 X
l'épaisseur de l'horizon analysé

avec :

1,5 : Densité moyenne des terrains

10 : Harmonisation des unités

- Passage de mg de N/kg de sol sec à mg de NO_3^- /l

A partir de l'humidité exprimée en pourcentage du poids sec et de la densité de l'eau égale à 1, la valeur en mg de N/kg de sol sec correspond à des mg de N/volume.

De ce fait, le résultat peut s'exprimer en mg de N/l ou en mg/l de NO_3^- après multiplication par 4.427

2) POUR LES BILANS DE FLUX D'AZOTE : Passage de kg de N/ha à mg de NO_3^- /l

L'infiltration moyenne annuelle depuis 1956 est de 210 mm/an, soit pour 1 ha = 10 000 m² un volume de 2 100 m³ = 2,10 10⁶ l. C'est dans ce volume que se trouve dilué 1 kg de N (10⁶ mg de N). 1 kg/ha de N correspond donc à 0,476 mg/l de N.

La prise en compte de NO_3^- entraîne un facteur multiplicatif de 4,427 donc :

1 kg/ha de N dans le sol équivaut à 2,11 mg/l de NO_3^- dans l'eau

LE CYCLE DE L'AZOTE1) - LES DIFFERENTES FORMES

L'azote gazeux (N_2) constitue environ 78% de l'atmosphère. L'azote peut se trouver :

- . en liaison avec de l'hydrogène : NH_4^+ (ammonium)
- ou de l'oxygène : NO_3^- (nitrate)
- NO_2^- (nitrite, forme instable se transformant).

Il s'agit de trois formes d'azote minéral.

- . incorporé dans la matière organique : azote organique.

2) - LES DIFFERENTES SOURCES DE L'AZOTE DANS LES EAUX

- . La fixation par les algues de l'azote atmosphérique (essentiellement dans les eaux de surface donc négligeable au niveau de la présente étude) ;
- . Les eaux de pluie ;
- . Les rejets d'eaux usées domestiques ;
- . Le déversement d'eaux résiduares industrielles (aucun établissement de ce type dans le secteur d'étude);
- . L'utilisation d'engrais chimiques ;
- . L'utilisation de résidus (d'élevage...) jouant un rôle d'engrais naturel.

3) - MECANISME DU CYCLE DE L'AZOTE

5 étapes principales permettent d'expliquer le cycle :

- La fixation : aptitude de certains organismes à fixer l'azote atmosphérique qui est transformé à l'état d'ammoniaque avant d'être assimilé au niveau des êtres vivants.

- L'assimilation : transformation de matière azotée minérale ou organique en matière vivante par l'intermédiaire de l'azote ammoniacal.

- L'ammonification : minéralisation, transformation de l'azote organique en ammoniaque.

- La nitrification : transformation de l'ammoniaque en nitrates avec les nitrites comme intermédiaire (action bactérienne).

- La dénitrification : transformation des nitrates en azote gazeux (action bactérienne).

On parle d'hydrolyse lorsque la transformation s'effectue au contact de l'eau.

La planche X résume le devenir des différentes formes d'azote. Il est à constater que la plus grande partie de l'azote produit est utilisée donc recyclée. Chaque maillon de cette chaîne occasionne des "fuites" donc une infiltration vers la nappe. Les causes au niveau de la pollution nitratée du champ captant de la ville de Berck sont de trois ordres :

- l'impact agricole avec percolation de l'excédent d'azote non utilisé par les plantes ou minéralisé en période de sol nu;
- l'impact urbain avec les eaux - ménagères ;
 - vannes (déjections);
- l'impact naturel représenté par la pluie.

DETERMINATIONS PRELIMINAIRES A L'ETABLISSEMENT DU BILAN SUR L'AZOTE1 - CALCUL DES DIFFERENTES SURFACES A PRENDRE EN COMPTE

Il faut, en premier lieu, différencier les occupations du sol selon leurs potentialités vis-à-vis des quantités d'azote qu'elles laissent percoler annuellement.

— Pour ce faire, l'étude des rapports concernant les champs captants au Sud de Lille ⁽¹⁾ ainsi qu'au Nord de Douai ⁽²⁾ permettent de distinguer les postes suivants :

. Pour les bois et pâtures : 5 kg/ha/an, équivalent à l'apport annuel des pluies.

. Pour les maraîchages et cultures légumières de plein champ, l'excédent en azote est de l'ordre de 61,9 kg/ha/an.

. Pour la grande culture, l'excédent pris en compte est de 21,3 kg/ha/an.

. D'autres occupations du sol tels que les serres, les vergers, le retournement des prairies, l'urbanisation des terres agricoles, la jachère, les fleurs et plantes ornementales sont à prendre en considération.

. Les quantités d'azote qui s'infiltrent au droit du tissu urbain (y compris les jardins) sont également prises en compte.

— Le planimétrage obtenu à partir des cartes au 1/25 000 de l'I.G.N. permet de déterminer les superficies suivantes :

- 68 ha pour le tissu urbain,
- 214 ha pour les bois et broussailles,
- 290 ha pour les pâtures (S.T.H. : Surface Toujours en Herbe),
- 1528 ha pour le reste, c'est-à-dire, les champs ou encore les terres labourables.

— Pour aller plus en avant dans la différenciation, il est nécessaire d'analyser les fiches communales du Recensement Général Agricole (R.G.A.), le dernier en date étant de 1979.

-
- (1) Champs captants d'Emmerin et Houplin-Ancoisne -
Rapport de 1ère phase : B.R.G.M. - S.G.R/N.P.C. n° 83 NPC 17 et BURGEAP
n° R 521-E.1223 (1983).
Rapport de 2ème phase : B.R.G.M. - S.G.R/N.P.C. n° 84 AGI 190 NPC et BURGEAP
n° R 571 - E.1489. (1984)
- (2) Champs captants d'Esquerchin et Flers-en-Escrebieux -
Rapport de 1ère phase : B.R.G.M. - S.G.R/N.P.C. n° 83 NPC 534 et SAFEGE
n° 75.1094 (1983).
Rapport de 2ème phase : B.R.G.M. S.G.R/N.P.C. n° 84 AGI 266 NPC et SAFEGE
n° 75.1094 (1984)

Un premier examen permet d'éliminer les occupations du sol suivantes :

(superficie nulle ou recouvrant moins d'un hectare) : jachères,
maraîchages,
fleurs et plantes ornementales,
vergers,
pâtures retournées en 1979.

De ce fait les 1528 ha de terres labourables se répartissent entre la grande culture (céréales, cultures industrielles, plantes sarclées et cultures fourragères) et les cultures légumières de plein champ. L'étude des fiches du R.G.A. des communes concernées montre que les cultures légumières de plein champ occupent en moyenne 6,3% des terres labourables, soit 97 ha. La grande culture occupe donc 1431 ha.

— Il reste à déterminer la superficie des jardins familiaux, cela s'obtient par la différence entre la Surface Agricole Utilisée (S.A.U.) et la totalité des surfaces mentionnées dans le R.G.A. Cette valeur est de 9 ha pour la commune de Wailly-Beaucamp dont la totalité du tissu urbain est incluse dans le bassin versant souterrain. Il reste en plus le hameau du Bahot sur le territoire de Verton et le quartier des Farfus à Boisjean. A partir des superficies et du nombre d'habitants respectifs de ces deux secteurs, la surface des jardins représente 2 ha, soit un total de 11 ha pour les jardins contre 57 ha pour les surfaces bâties, cours et autres routes.

2 - JUSTIFICATION DE L'EXCEDENT D'AZOTE UTILISE POUR LE BILAN AGRICOLE

Il s'agit de prendre en compte le reliquat de nitrates non absorbés par le système racinaire des plantes. En période de libre drainage des sols (de la fin de l'automne au début du printemps), ces derniers sont soumis à lessivage ce qui entraîne une infiltration vers la nappe. Cela est particulièrement le cas des nitrates, cette forme d'azote assimilable par les plantes n'est pas retenue par les sols. Les chiffres de percolation d'azote énoncés ci-dessus proviennent de la prise en compte des éléments qui suivent (figure page suivante) :

6 sources d'azote minéral sont à la disposition de la plante :

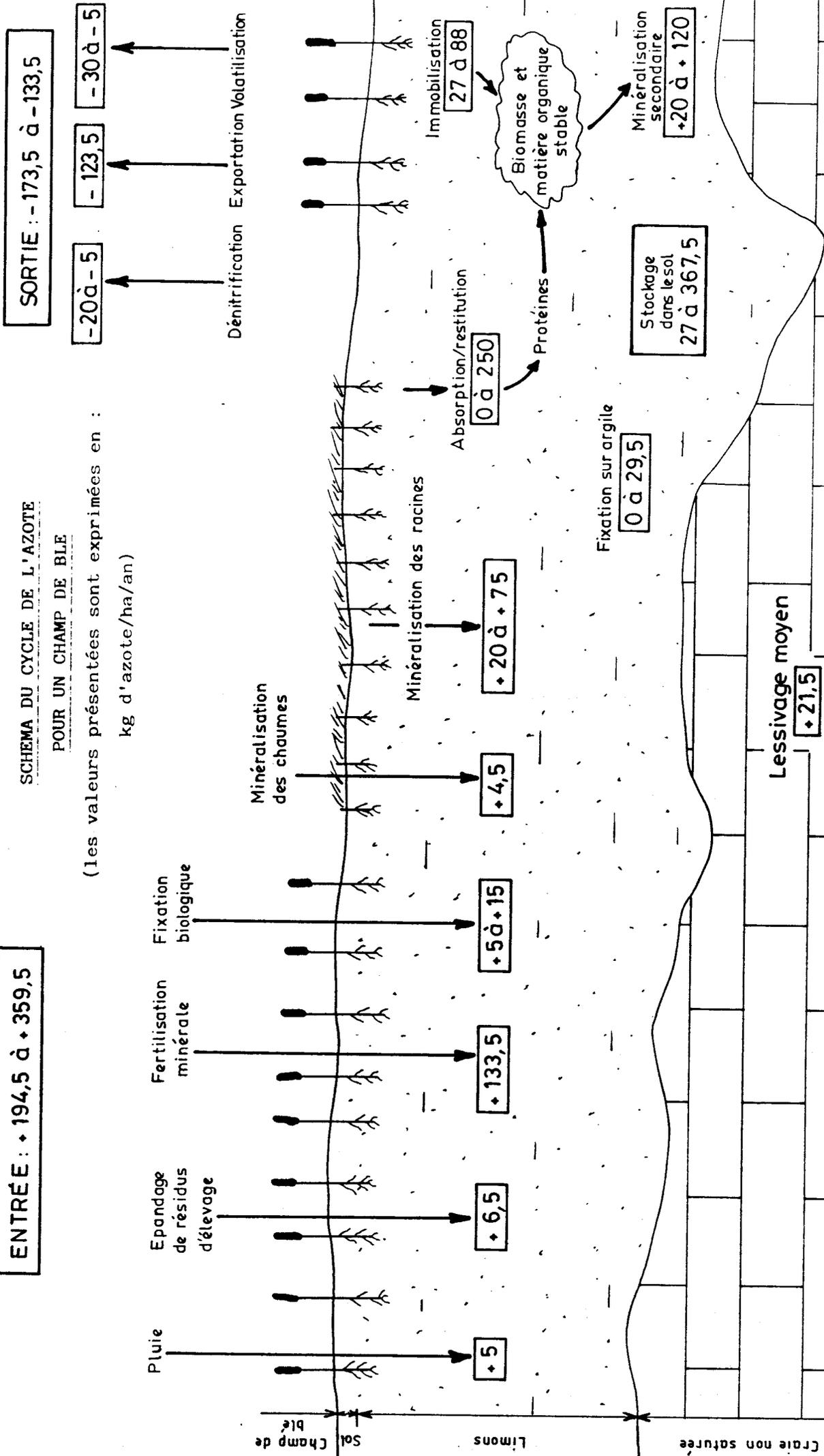
- La fixation biologique de l'azote atmosphérique (5 à 15 kg/ha/an de N pour la grande culture - 50 à 200 kg/ha/an de N pour les légumineuses).

ENTRÉE : + 194,5 à + 359,5

SCHEMA DU CYCLE DE L'AZOTE

POUR UN CHAMP DE BLE

(les valeurs présentées sont exprimées en :
kg d'azote/ha/an)



- La fertilisation par les engrais minéraux (133,5 kg/ha/an de N pour le blé - 180 kg/ha/an de N pour les betteraves - 129,5 kg/ha/an de N pour l'escurgeon, pour citer des exemples pris dans la zone d'étude).

- La minéralisation primaire de la matière organique et en particulier l'amonification de 52 à 156 kg/ha/an de N. Ceci concerne les racines et résidus aériens (2,9 à 3,5 t/ha/an pour le blé dont 2/3 de racines et 1/3 de chaumes à 4,3 kg/ha/an de N).

- La minéralisation secondaire (20 à 120 kg/ha/an de N) en fonction du climat et du sol à partir de la biomasse et de la matière organique stable.

- La pluie (5 kg/ha/an de N).

- Les épandages de résidus d'élevage.

7 mécanismes entraînent la diminution de l'azote minéral :

- La volatilisation de l'ammonium (5 à 30 kg/ha/an de N).

- La dénitrification (5 à 20 kg/ha/an de N).

- L'exportation par les cultures obtenues à partir :

- . de la capacité (1,9 kg/Ql de N pour le blé - 1,5 kg/Ql de N pour l'orge - 0,22 kg/Ql de N pour les betteraves - 0,32 kg/Ql de N pour les pommes de terre - 0,35 kg/Ql de N pour le maïs fourragé,

- . du rendement (65 Qx/ha pour le blé - 60 Qx/ha pour l'orge - 470 Qx/ha pour les betteraves industrialisées).

- Les restitutions facultatives et volontaires (0 à 250 kg/ha/an de N entre les systèmes racinaires et aériens et les protéines....

- La fixation sur les argiles (0 à 10% de N total).

- Immobilisation par les biomasses (15 à 30% des apports).

La différence entre les sources d'azote minéral et les éléments entraînant une diminution de cet azote minéral est soumise au lessivage en cas de transfert hydraulique. C'est cette quantité lessivable, résultant du processus décrit ci-avant qui est utilisée pour la prise en compte de l'impact de l'occupation du sol agricole.

3 - LE DEVENIR DES RESIDUS D'ELEVAGE

— Il a été vu ci-dessus que la dose d'azote apportée sous forme d'engrais minéraux est excédentaire vis-à-vis de celle exportée par les cultures. Dans ce cas, il est considéré que la valeur fertilisante des déchets organiques ne participe pas, en moyenne, au besoin des cultures. Il en résulte donc que les apports en azote correspondants sont comptabilisés directement dans les apports à la nappe. Cette hypothèse simplificative ne préjuge en rien de ce qui se passe réellement dans le sol et dans le mode d'absorption de l'azote par les plantes, en particulier, en ce qui concerne :

- . la lenteur de la minéralisation s'étendant sur plusieurs années,
- . la part de l'azote provenant des résidus d'élevage effectivement consommée par les cultures.

— A partir du constat de l'absence d'élevage intensif hors-sol, d'après les recensements du R.G.A. de 1979. Les hypothèses suivantes sont utilisées.

. Les bovins et ovins séjournent 6 mois en pâtures, les déjections animales sont alors utilisées par l'herbe. De plus, le tissu racinaire est suffisamment dense pour établir une barrière à la propagation verticale de l'azote. Par contre, les 6 mois restant sont passés en étable et en bergerie. Les résidus d'élevage sont alors destinés à l'épandage sur les terres labourables et la surface toujours en herbe proportionnellement à leurs superficies respectives. Il est à noter que la part épandue sur pâture n'est pas prise en compte conformément aux remarques ci-dessus (les terres labourables représentent 84% de la zone d'épandage).

. Les porcins et volailles ne séjournant pas en pâture, c'est toute la quantité de résidus qui est épandue dans les proportions terres labourables/surfaces en herbes évoquées précédemment.

— Des ratios, provenant de la bibliographie, sont utilisés, ils permettent de déterminer annuellement la quantité d'azote produite.

. Pour les bovins : 70 kg de N sous forme de fumier à 20% de N disponible, soit 14 kg de N
et : 10 kg de N dans 6 m³ de purins à 35% de N disponible, soit 3,5 kg de N.

Ceci donne 17,5 kg de N par bovin et par an.

. Pour les porcins : 7 kg de N sous forme de fumier à 27,5% de N disponible, soit 1,925 kg de N,
et : 3 kg de N dans 1 m³ de lisiers à 35% de N disponible, soit 1,05 kg de N.

Ceci donne 2,975 kg de N par porc et par an.

. Pour les ovins : 8,85 kg de N sous forme de fumier à 24,8% de N disponible, soit 2,2 kg de N par ovin et par an.

. Pour les volailles : 0,7 kg de N sous forme de fientes à 25% d'azote disponible, soit 0,175 kg de N par volaille par an.

C'est à partir de ces valeurs que sera chiffré le flux efficace en tenant compte des hypothèses ci-dessus.

— Ceci déterminé, il convient de dénombrer les animaux.

. Le nombre de bovins est calculé à partir de la moyenne de 3,8 bêtes par ha de S.T.M. déterminée d'après l'exploitation du R.G.A. des communes concernées. De ce fait, 290 ha de S.T.H. impliquent 1102 bovins pour l'ensemble du bassin-versant souterrain. La majorité de ce cheptel provient de la commune de Wailly-Beaucamp (862 têtes). Le coefficient de 1,28 est donc établi entre le nombre de bêtes de Wailly-Beaucamp et celui du bassin versant souterrain.

. Ces modalités de calcul permettent de déterminer les correspondances suivantes :

Animaux	Nombre	
	Pour Wailly-Beaucamp	Pour le bassin-versant souterrain
Porcins	388	497
Ovins	96	123
Volailles	667	854

– En possédant la totalité de ces éléments, il est possible d'établir le tableau suivant :

Animaux	Nombre	Flux en t/an de N	Flux efficace		Flux spécifique en kg/ha de terres labourables de N 1528 ha
			en t/an de N	en %	
Bovins	1102	19,28	8,1	84,6	5,3
Porcins	497	1,48	1,24	13	0,8
Ovins	123	0,27	0,11	1,1	0,07
Volailles	854	0,15	0,13	1,3	0,09
Total		21,18	9,58	100	6,27

– C'est à partir de ce flux spécifique de 6,27 kg/ha/an de N qu'est pris en compte l'apport d'azote en provenance des résidus d'élevage sur :

- la grande culture,
- les cultures légumières de plein champ,
- les jardins.

4 - L'IMPACT URBAIN

– Les jardins (11 ha) sont caractérisés par une surirrigation ainsi qu'une surfertilisation chronique lorsqu'ils sont cultivés. Un flux spécifique égal à celui calculé sous les cultures légumières de plein champ est utilisé, soit 61,9 kg/ha/an de N. En considérant la moitié à l'état de pelouse,

soit un flux spécifique de 5 kg/ha/an de N. Ceci donne un flux spécifique moyen de 33,5 kg/ha/an de N.

— Le tissu urbain.

. La production journalière d'azote par habitant que l'on trouve dans la bibliographie est de

5 g de N pour les eaux ménagères
10 g de N pour les eaux vannes (W.C.)

soit 15 g/hab/jour de N

Le secteur n'est équipé d'aucun moyen de rejet :

- soit hors de la zone,
- soit dans la zone mais avec traitement (station d'épuration)⁽¹⁾.

Il n'y a donc pas d'abattement sur l'apport d'azote d'origine domestique.

. Avant d'appliquer les 15 g/hab/jour de N retenus, il faut déterminer le nombre d'habitants dans le bassin versant souterrain, à partir du recensement de 1982.

Cette détermination ne pose aucun problème pour Wailly-Beaucamp (677 habitants) dont toute la superficie urbanisée est incluse dans le bassin versant souterrain.

Par contre pour le Bahot, les Forfus et les fermes du Collen (Lépine) et de Dangermel (Ecuire), la méthode suivante a été utilisée.

- Détermination du nombre d'habitants par logement en utilisant les données disponibles.
- Dénombrement des habitations sur une carte au 1/25 000 de l'I.G.N.

On obtient de la sorte 145 habitants supplémentaires, soit un total de 822 personnes pour l'ensemble du bassin versant souterrain.

Le flux d'azote est donc de 4,5 t/an de N.

(1) Certaines habitations (lotissement de Montodion, HLM) sont équipées de fosses septiques avec infiltration, ce qui peut entraîner un abattement de 10 à 50% selon l'étanchéité. L'hypothèse retenue ici est donc de beaucoup la plus pessimiste.

5 - L'IMPACT NATUREL

Il provient des précipitations, il s'agit de la seule source d'azote au niveau des bois et pâtures. Pour les zones urbaines et cultivées l'apport des pluies se comptabilise en plus. La valeur retenue pour nos régions est de l'ordre de 5 kg/ha/an de N.

STATE OF TEXAS

Year	Population	Area	Population per square mile
1950	10,299,568	69,569	148
1940	11,264,914	69,569	162
1930	11,562,454	69,569	166
1920	11,927,264	69,569	171
1910	12,177,000	69,569	174
1900	12,177,000	69,569	174

The population of the State of Texas in 1950 was 10,299,568, an increase of 10.2% over the population in 1940. The population in 1940 was 11,264,914, an increase of 11.2% over the population in 1930. The population in 1930 was 11,562,454, an increase of 11.5% over the population in 1920. The population in 1920 was 11,927,264, an increase of 11.9% over the population in 1910. The population in 1910 was 12,177,000, an increase of 12.1% over the population in 1900. The population in 1900 was 12,177,000.

The population of the State of Texas in 1950 was 10,299,568, an increase of 10.2% over the population in 1940. The population in 1940 was 11,264,914, an increase of 11.2% over the population in 1930. The population in 1930 was 11,562,454, an increase of 11.5% over the population in 1920. The population in 1920 was 11,927,264, an increase of 11.9% over the population in 1910. The population in 1910 was 12,177,000, an increase of 12.1% over the population in 1900. The population in 1900 was 12,177,000.



BILAN SUR L'AZOTE EN FONCTION DE L'ORIGINE

Origine		Végétale	Animale	Total agricole	Humaine	Jardin	Total urbain	Pluie	Total ou moyenne
Flux	en t/an de N	19,5	8,6	28,1	4,8	1,1	5,9	10,5	44,5
	en %	43,8	19,1	62,9	10,8	2,5	13,3	23,8	100
Flux spécifique en kg/ha/an de N		12,8	5,5	18,3	110	31	74,7	5	21,2
Concentration en percolation en mg/l de NO ₃		27	11,6	38,6	232,1	65,4	157,6	10,5	44,7
Part dans concentration total en mg/l de NO ₃		19,6	8,6	28,2	4,9	1,1	6,0	10,5	44,7

- En ce qui concerne l'impact agricole, les épandages de résidus d'élevage représentent près de 20% (8,6 mg/l de nitrates) ce qui n'est pas négligeable. Surtout lorsque cet apport se réalise dans bien des cas en plus des engrais chimiques du fait de l'incertitude des doses d'azote apportées ;

- Il est à remarquer que le "bruit de fond" représenté par la pluie est de l'ordre du quart du flux total, soit 10,5 mg/l de nitrates.



50376

1989

305-2

10

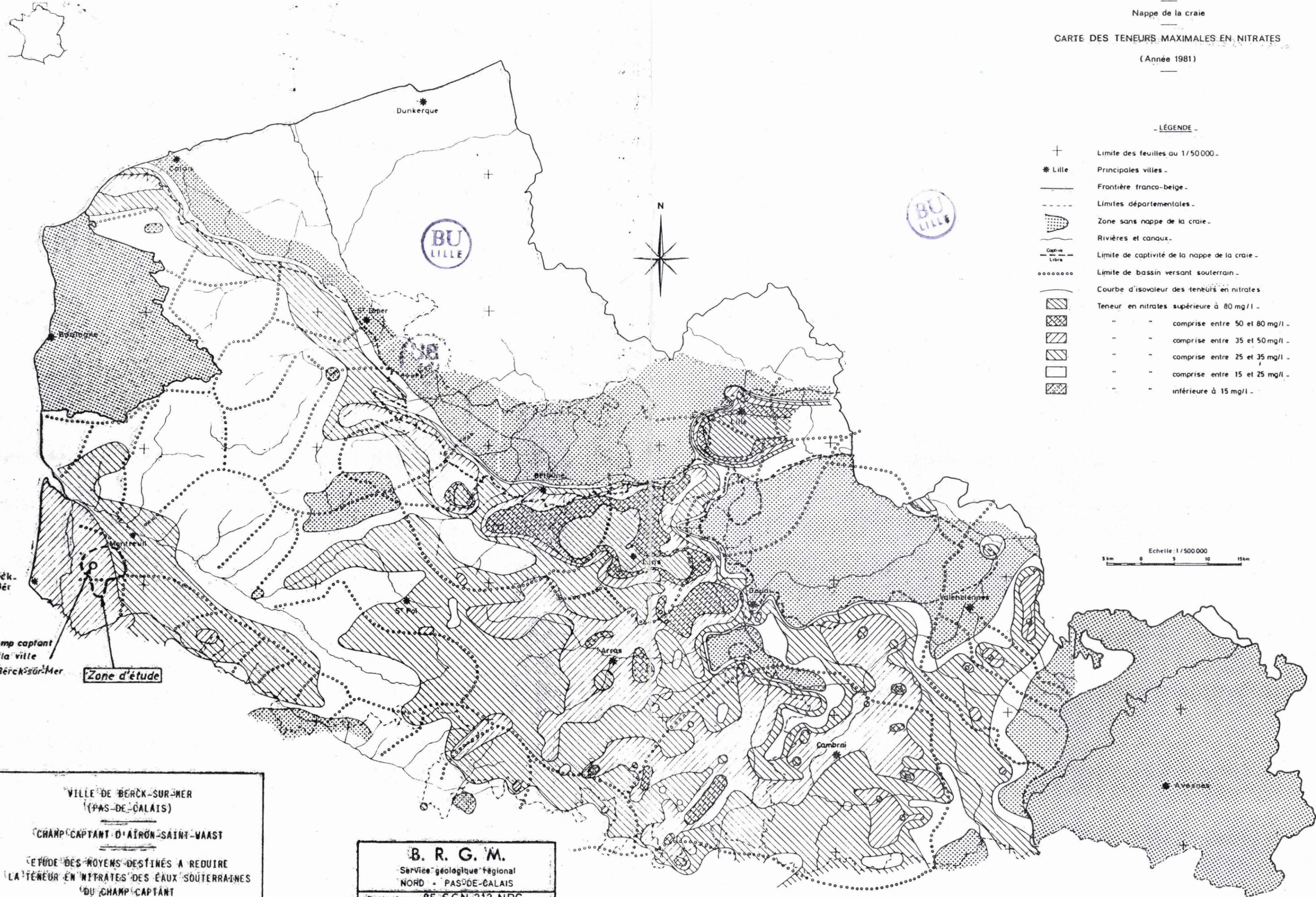
PLANCHES

10 planches



- LÉGENDE -

- + Limite des feuilles au 1/50000.
- * Lille Principales villes.
- Frontière franco-belge.
- - - - - Limites départementales.
- Zone sans nappe de la craie.
- Rivières et canaux.
- Limite de captivité de la nappe de la craie.
- Limite de bassin versant souterrain.
- Courbe d'isovaleur des teneurs en nitrates.
- Teneur en nitrates supérieure à 80 mg/l.
- " " comprise entre 50 et 80 mg/l.
- " " comprise entre 35 et 50 mg/l.
- " " comprise entre 25 et 35 mg/l.
- " " comprise entre 15 et 25 mg/l.
- " " inférieure à 15 mg/l.



Echelle: 1/500 000
0 5 10 15 km

Berck-sur-Mer

Champ captant de la ville de Berck-sur-Mer

Zone d'étude

VILLE DE BERCK-SUR-MER
(PAS-DE-CALAIS)

CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAINT-VAAST

ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE
LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
DU CHAMP CAPTANT

B. R. G. M.
Service géologique régional
NORD - PAS-DE-CALAIS

Rapport n° : 85-SGN-212 NPC
Plan n° :
Date : 5-06-1985

VILLE DE BERCK-SUR-MER
 PAS-DE-CALAIS
 CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAIN-WAAST
 ETUDE EN MOYENS DESTINES A PEQUIRE
 LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
 DU CHAMP CAPTANT
 CARTE DES ECOULEMENTS SOUTERRAINS
 ET DE LA REPARTITION DES TENEURS EN
 NITRATES DANS LA MAPPE

1ere partie : **PLANCHE : I**
 2eme partie: **PLANCHE : II**

B. R. G. M.
 Service géologique régional
 NORD - PAS-DE-CALAIS
 Rapport n° : 85 SGN 212 NPC
 Plan n° :
 Date : 5-06-1985

LEGENDE DE LA CARTE

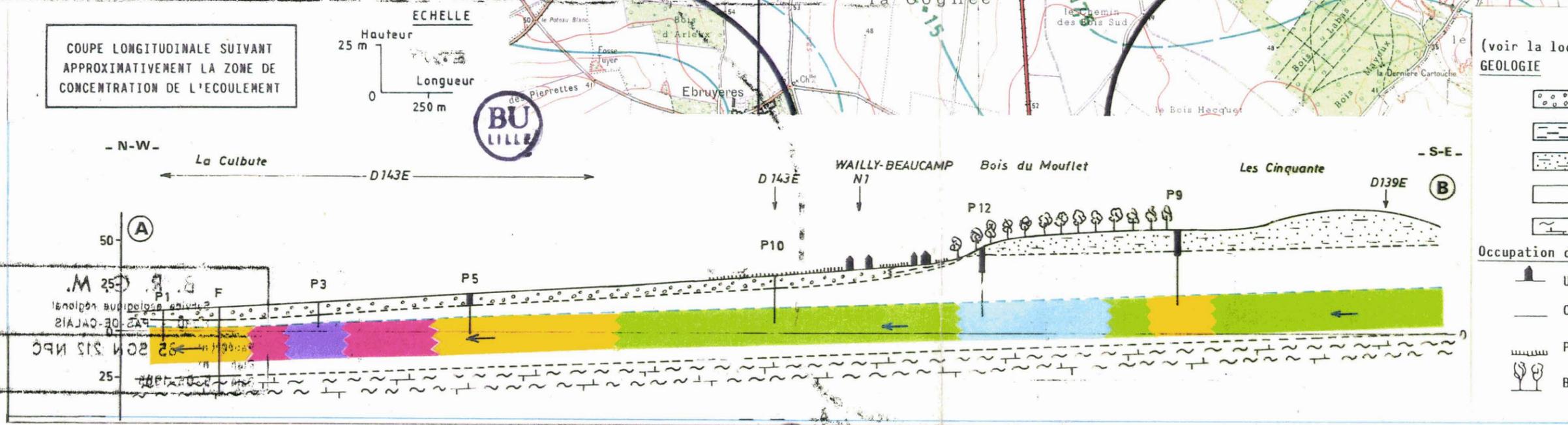
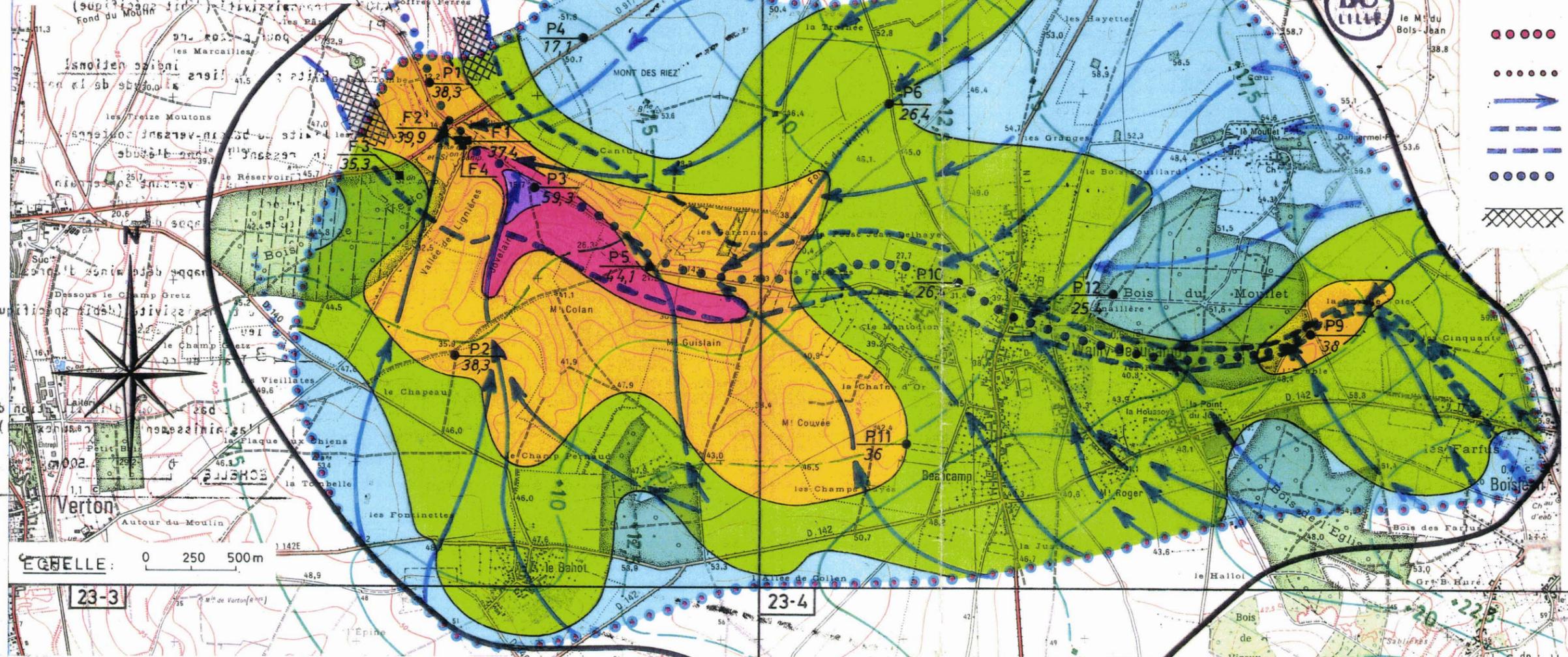
- 16-8** N° de feuille au 1/50 000 - Huitième
- +15— Limite de la zone d'étude
- F1** Forage d'A.E.P. dénomination usuelle
- 37,4** teneur en nitrates
- P1** Piézomètre dénomination usuelle
- 38,3** teneur en nitrates
- +15— Courbe d'égale altitude de la nappe et son altitude en m
- +12,5— Idem pour courbe intercalaire (situation 01/84)
- Limite du bassin-versant souterrain intéressant la zone d'étude
- Limite du bassin-versant souterrain hors de la zone d'étude
- Ligne de courant
- — — Zone de concentration de l'écoulement (largeur proportionnelle à la surface d'alimentation -1 cm pour 570 ha/37,6 l/s)
- Axe de concentration de l'écoulement
- ▨ Part de l'écoulement prélevé par le champ captant (fond de carte I.G.N.)

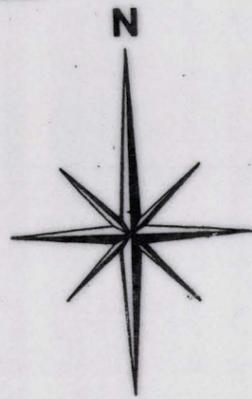
LEGENDE COMMUNE A LA CARTE ET A LA COUPE
 (CHIMIE)

- Zones à teneur en nitrates :
- Inférieure à 26 mg/l
 - Comprise entre 26 et 36 mg/l
 - Comprise entre 36 et 46 mg/l
 - Comprise entre 46 et 56 mg/l
 - Supérieure à 56 mg/l
- (Situation 10/84)

LEGENDE DE LA COUPE

- (voir la localisation sur la planche III)
- GEOLOGIE**
- Colluvions quaternaires
 - ▨ Alluvions anciennes quaternaires
 - ▨ Limons des plateaux quaternaires
 - Craie du Sénonien et Turonien supérieur
 - ▨ Marnes crayeuses du Turonien moyen
- Occupation du sol**
- Urbaine
 - Champs
 - Pâtures
 - Bois
 - Surface de la nappe
 - Sens d'écoulement
 - Forages et piézomètres
 - Profil d'azote (PL. IX)





74
0,75

Source
<math>< .7,5 </math>

LÉGENDE

- Localisation des points de mesure de niveau (PL.II)
- Localisation des traits de coupe (PL. II et fig.10)
- Localisations diverses
- 16-8 N° de feuille au 1/50 000 - Huitième
- Limite de la zone d'étude
- F1 Forage d'A.E.P. dénomination usuelle
0,55 altitude de la nappe
24.10⁻² Transmissivité (débit spécifique)
- P1 Idem pour piézomètre
- 85 Puits particuliers indice national
0,94 altitude de la nappe
- Limite du bassin-versant souterrain intéressant la zone d'étude
- - - Limite du bassin-versant souterrain en-dehors de la zone d'étude
- > 12,5 Altitude de la nappe déterminée approximativement
- ≈ 5 Altitude de la nappe déterminée d'après dossier
- Zone de transmissivité (débit spécifique supérieure à 10⁻⁴ m²/s
- A — B Trait de coupe
- ⊙ (A) Point bas - (Zone d'infiltration de l'assainissement)-(voir annexe VII)

ECHELLE - 0 250 500m.

83
0,5

23-3

23-4

VILLE DE BERCK-SUR-MER
(PAS-DE-CALAIS)

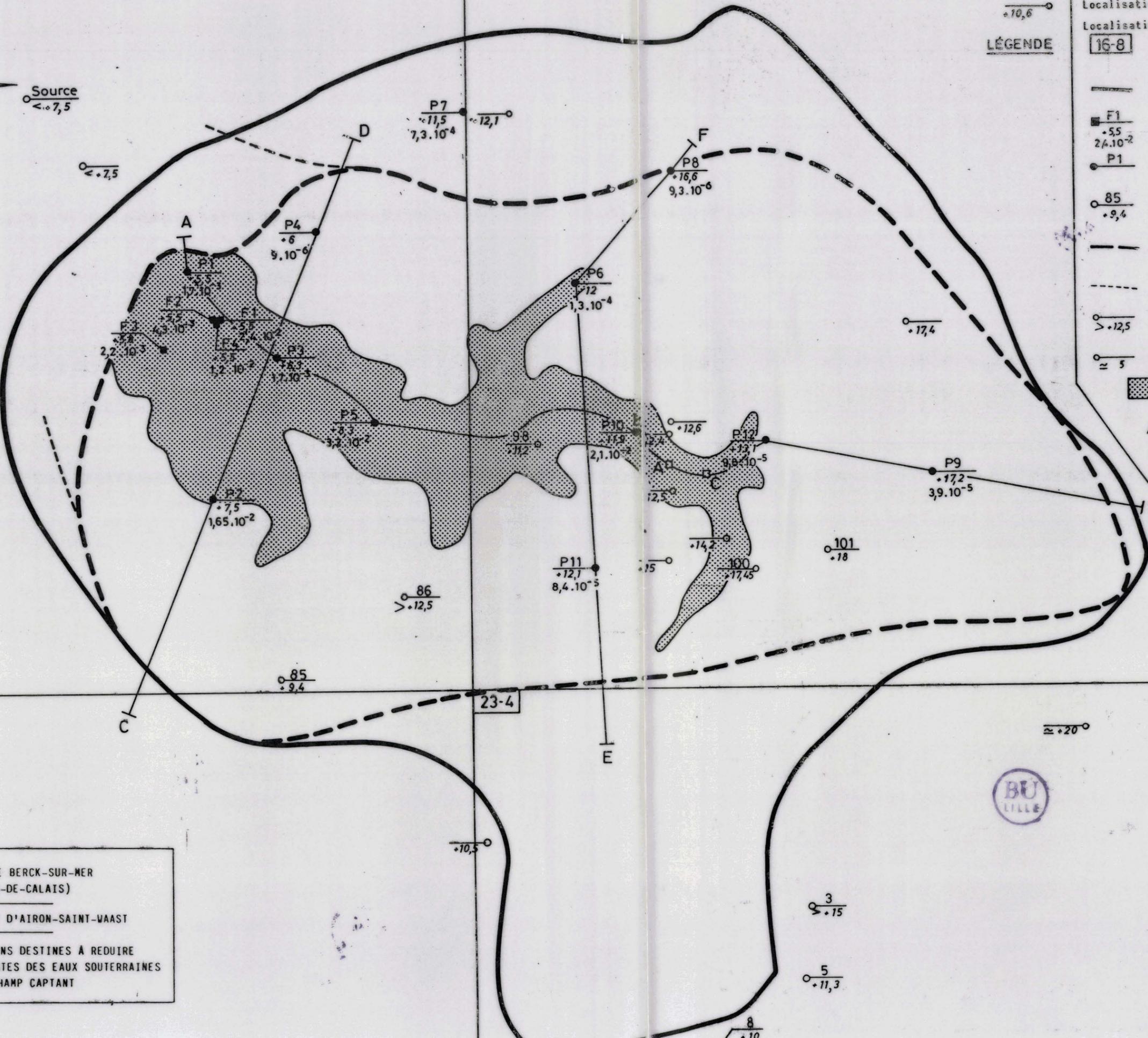
CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAINST-WAAST

ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE
LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
DU CHAMP CAPTANT



B. R. G. M.
Service géologique régional
NORD - PAS-DE-CALAIS

Rapport n° : 85 SGN 212 NPC
Plan n° :
Date : 5-06-1985



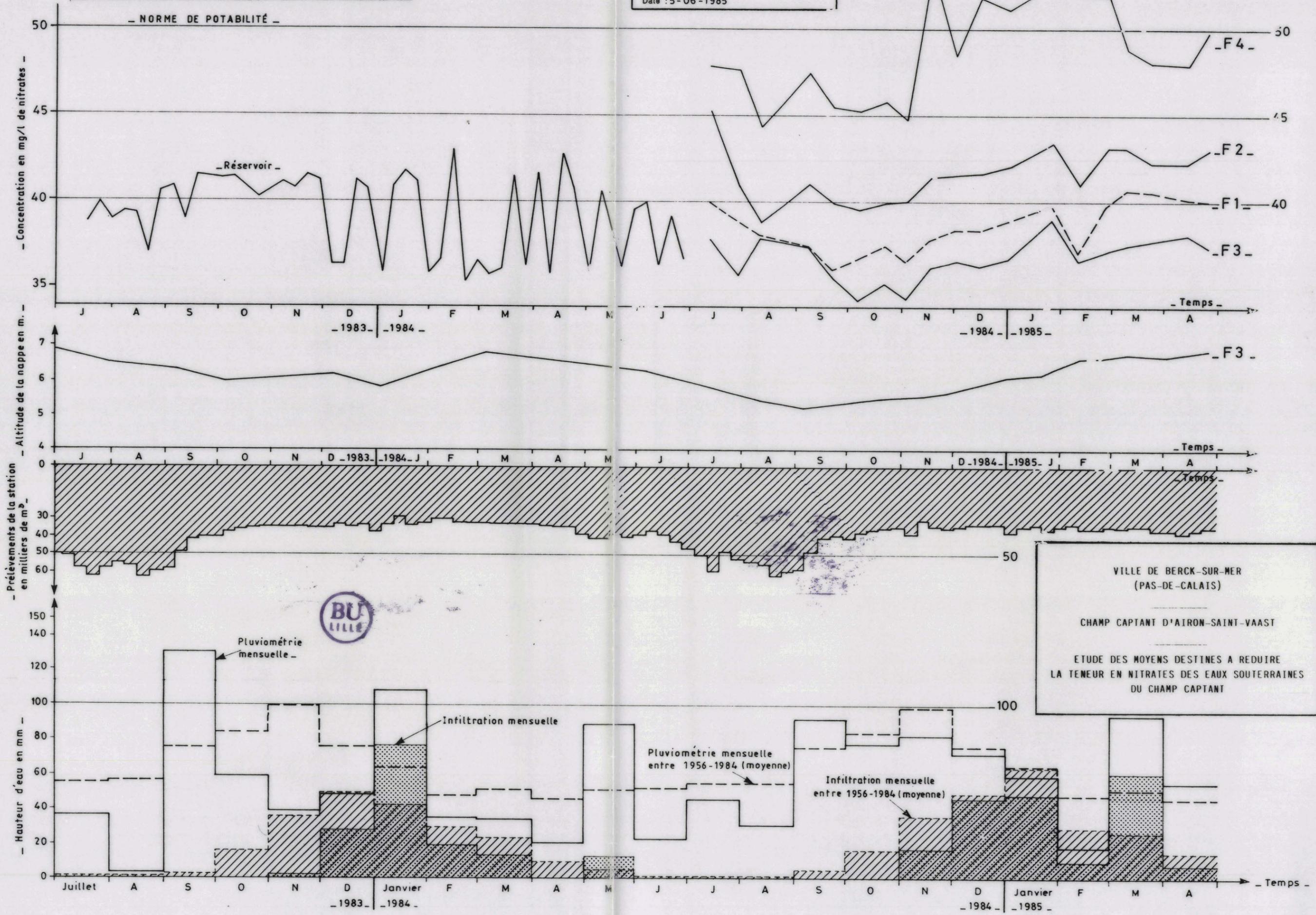
3
0,15

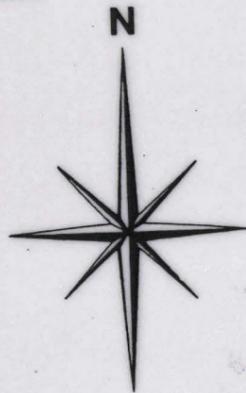
5
0,11,3

8
0,10

COURBE DE L'EVOLUTION - DE LA PLUVIOMETRIE
 (au niveau du champ - DE L'INFILTRATION
 captant de juillet 1983 - DES PRELEVEMENTS
 à avril 1985) - DU NIVEAU DE LA NAPPE
 - DE LA QUALITE DE L'EAU

S. R. C. A.
 Service géologique régional
 NORD - PAS-DE-CALAIS
 Rapport n° : 85 SGN 212 NPC
 Plan n° :
 Date : 5-06-1985





Infiltration - Pompage =
 Ecoulement en transit
 vers l'aval -
 $138,6 \text{ l/s} - 69,7 \text{ l/s} = 68,9 \text{ l/s}$
 $100\% - 50\% = 50\%$

LÉGENDE

- 16-8 N° de feuille au 1/50 000 - Huitième
- Limite de la zone d'étude
- F1 Forage d'A.E.P. dénomination usuelle
- P1 Piézomètre dénomination usuelle
- - - Limite du bassin-versant souterrain intéressant la zone d'étude
- - - - Limite du bassin-versant souterrain hors de la zone d'étude
- ⋯⋯⋯ Axe de concentration de l'écoulement
- ○ ○ ○ Limite de sous bassin-versant souterrain
- ▨ Sous bassin-versant souterrain
- + 1 Point où est réalisé un bilan de l'alimentation (tableau VI)
- Limite de zone au niveau d'un point +
- A Dénomination des zones d'alimentation
- 10 l/s Alimentation moyenne entre 1956 et 1984
- 7,2% Part de la zone d'alimentation dans l'ensemble du bassin-versant souterrain

ECHELLE: 0 250 500m.

VILLE DE BERCK-SUR-MER
 (PAS-DE-CALAIS)

CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAIN-T-WAAST

ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE
 LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
 DU CHAMP CAPTANT

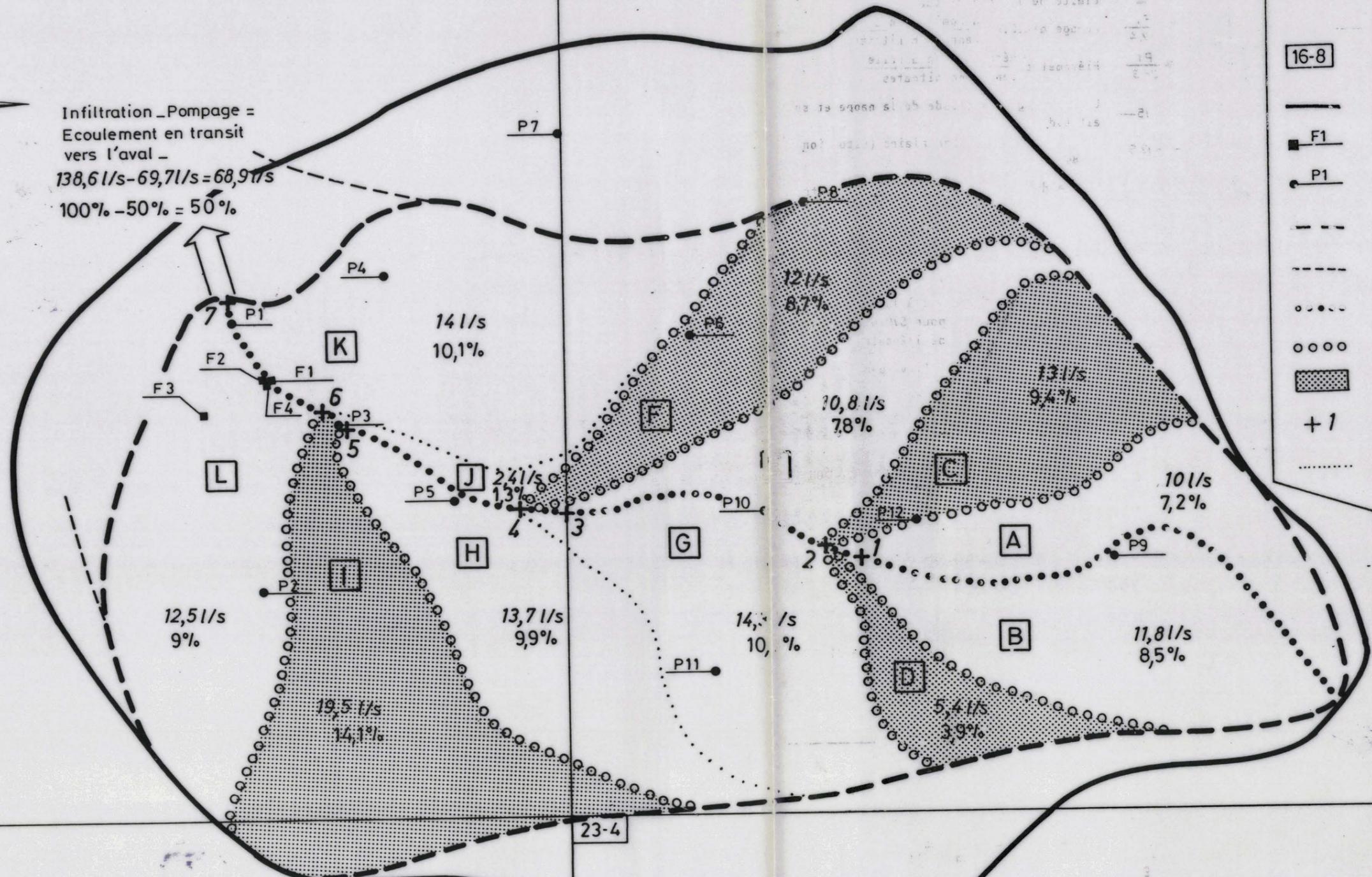
B. R. G. M.

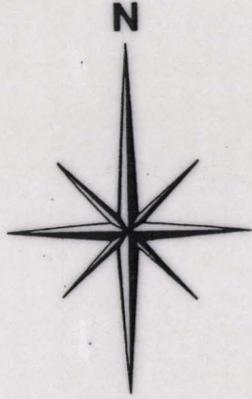
Service géologique régional
 NORD - PAS-DE-CALAIS

Rapport n° : 85 SGN 212 NPC

Plan n° :

Date : 5-06-1985





LÉGENDE

- 16-8 N° de feuille au 1/50 000 - Huitième
 - Limite de la zone d'étude
 - F1 / 7 Forage d'A.E.P. dénomination usuelle / profondeur de la nappe
 - P1 / 7 Piézomètre dénomination usuelle / profondeur de la nappe
 - - - Limite du bassin-versant souterrain intéressant la zone d'étude
 - - - - Limite du sous bassin-versant souterrain hors de la zone d'étude
 - 40- Courbe d'égale profondeur de la nappe et sa profondeur en m
 - 25- Ider pour courbe intercalaire (situation 01/84)
- Zones ou la nappe de la craie est:
- comprise entre 5 et 10 m
 - comprise entre 10 et 20 m
 - comprise entre 20 et 30 m
 - comprise entre 30 et 40 m
 - comprise entre 40 et 50 m

ECHELLE 0 250 500m



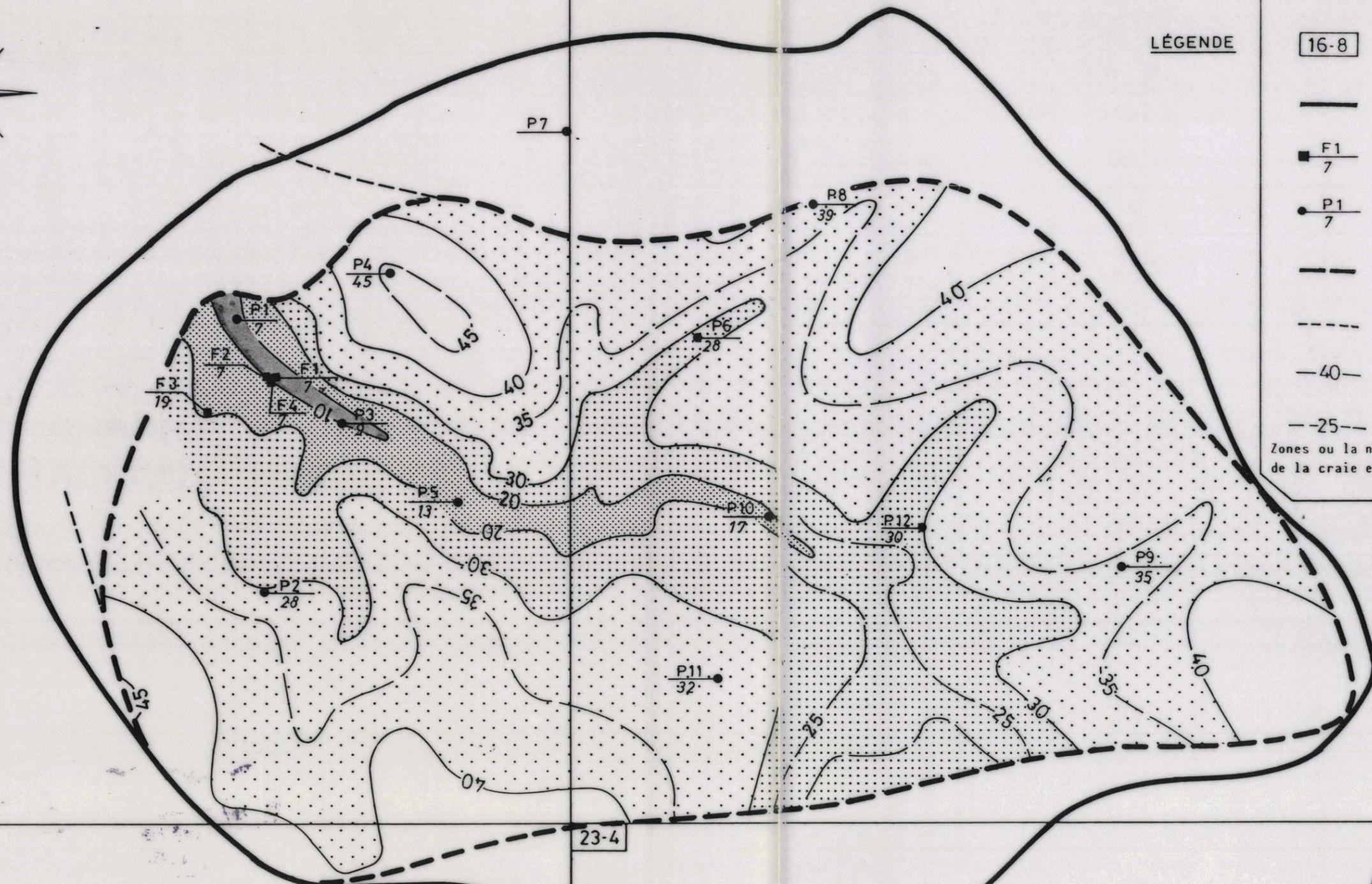
VILLE DE BERCK-SUR-MER
(PAS-DE-CALAIS)

CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAINT-VAAST

ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE
LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
DU CHAMP CAPTANT

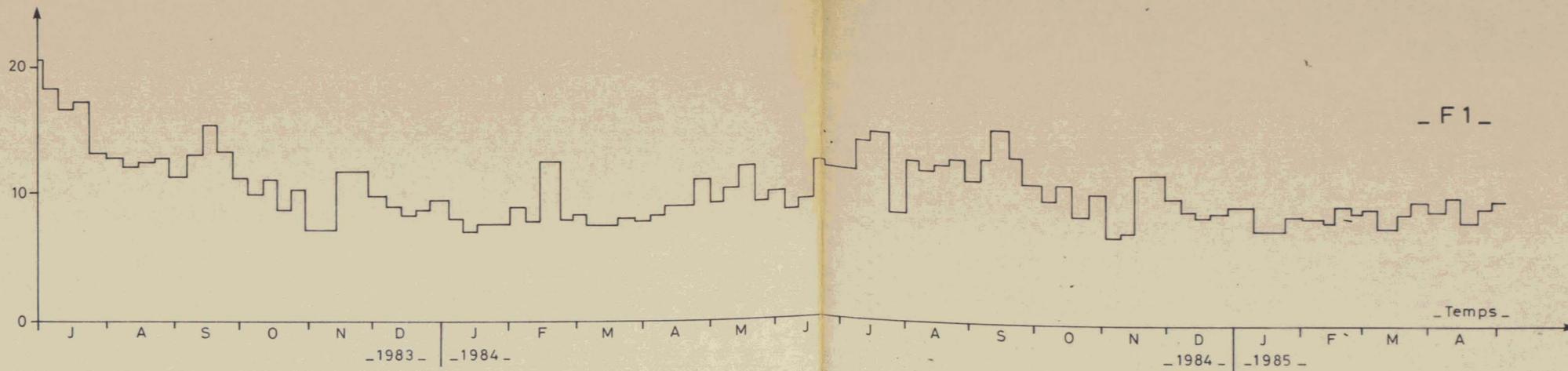
B. R. G. M.
Service géologique régional
NORD - PAS-DE-CALAIS

Rapport n° : 85 SGN 212 NPC
Plan n° :
Date : 5-06-1985

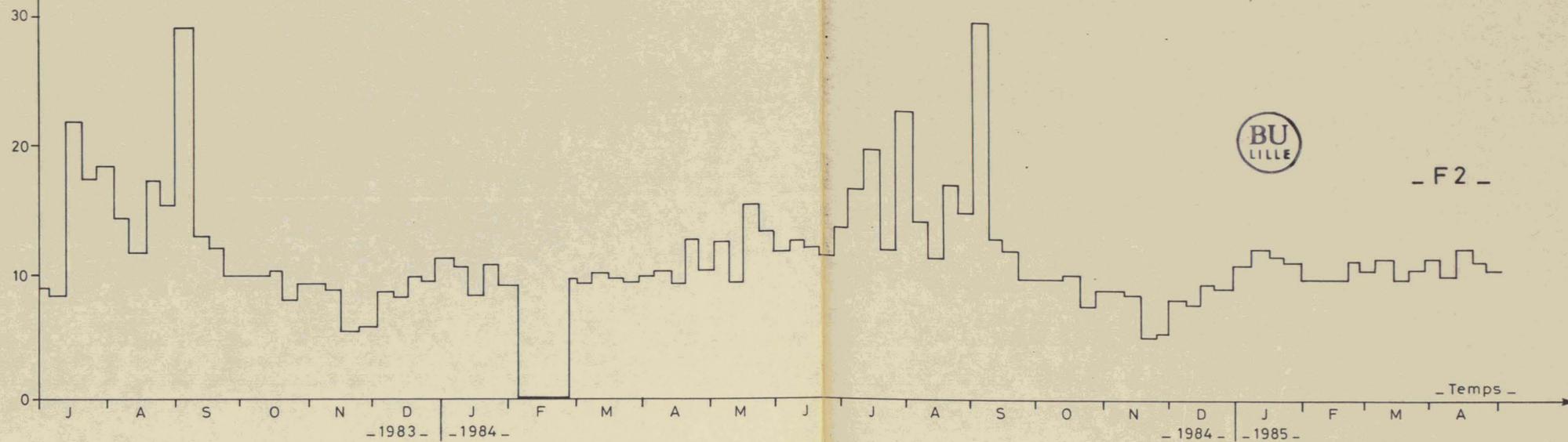


COURBES DE L'EVOLUTION DE LA QUANTITE D'EAU
POMPEE HEBDOMADAIREMENT POUR CHAQUE FORAGE DU
CHAMP CAPTANT (Juillet 1983 - Avril 1985)

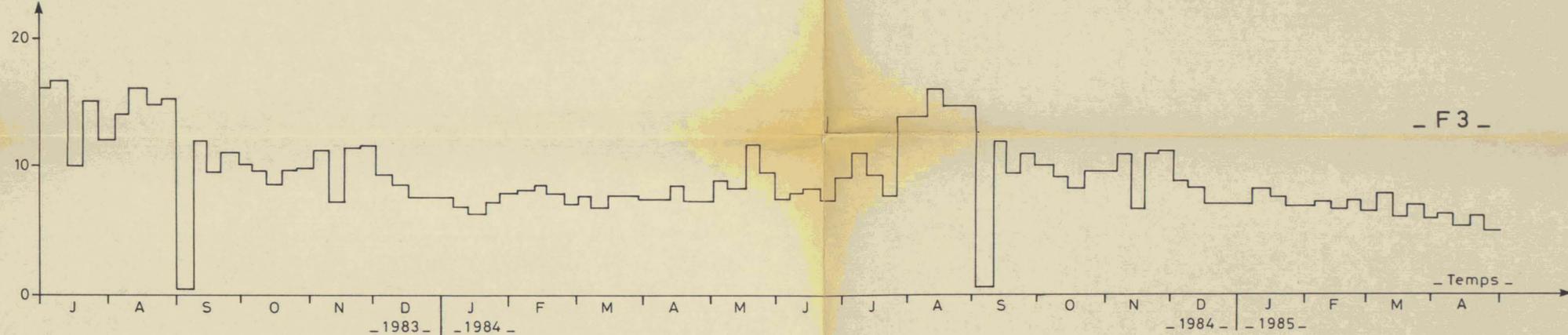
- Prélèvements en
milliers de m³ -



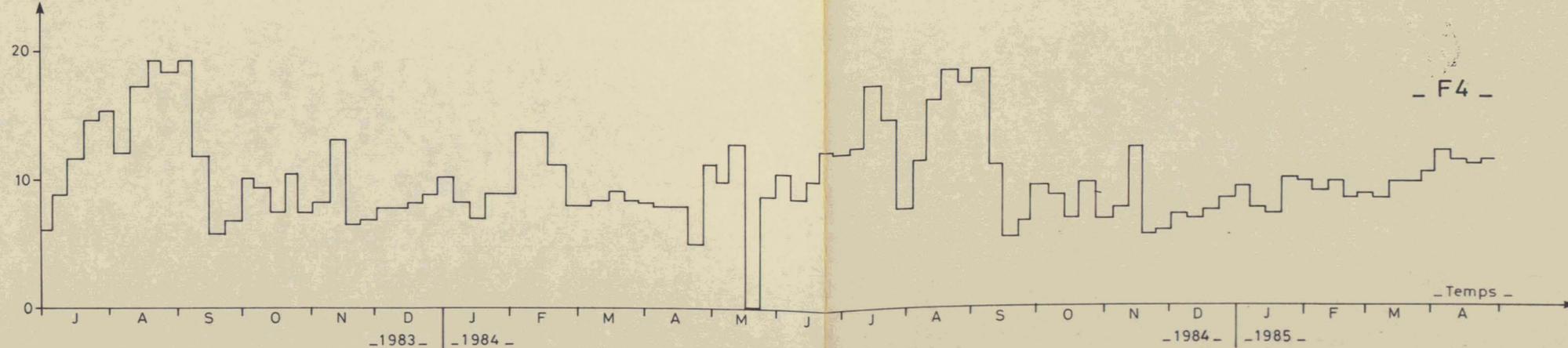
▲ Prélèvements en
milliers de m³ -



- Prélèvements en
milliers de m³ -



- Prélèvements en
milliers de m³ -

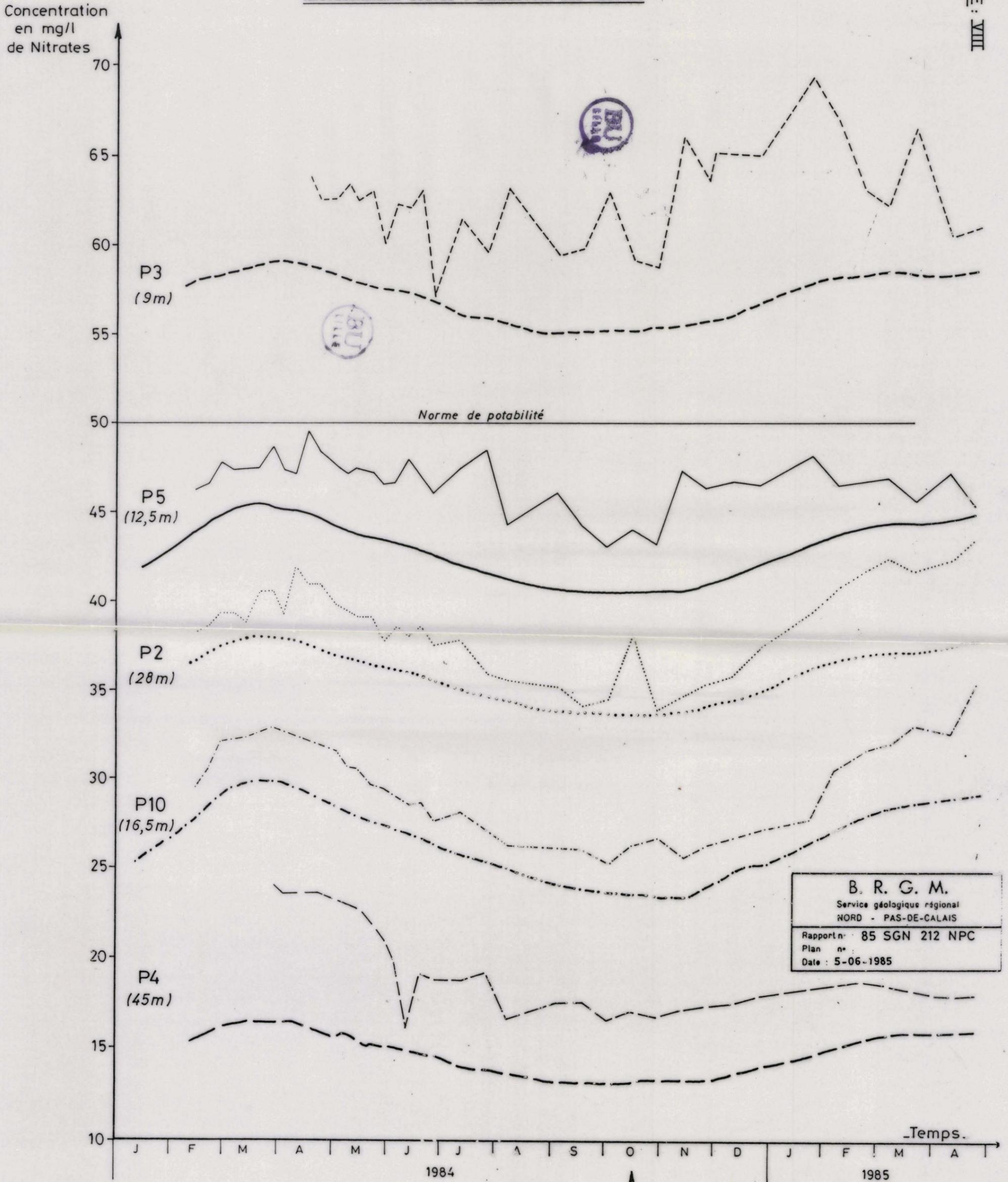


VILLE DE BERCK-SUR-MER
(PAS-DE-CALAIS)
CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAINT-VAAST
ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE
LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
DU CHAMP CAPTANT



B. R. G. M.
Service géologique régional
NORD - PAS-DE-CALAIS
Rapport n° : 85 SGN 212 NPC
Plan n° :
Date : 5-06-1985

COURBES DES EVOLUTIONS DES TENEURS EN NITRATES
PARALLELEMENT AUX NIVEAUX DE LA NAPPE POUR LES PIEZOMETRES
REGULIEREMENT SUIVIS : SIMILITUDE DES ALLURES



B. R. G. M. Service géologique régional NORD - PAS-DE-CALAIS Rapport n° : 85 SGN 212 NPC Plan n° : Date : 5-06-1985

— Evolution de la teneur en nitrates
 — Evolution du niveau de la nappe
 (9m) Profondeur moyenne de la nappe

ECHÉLLE: 0 1 2m

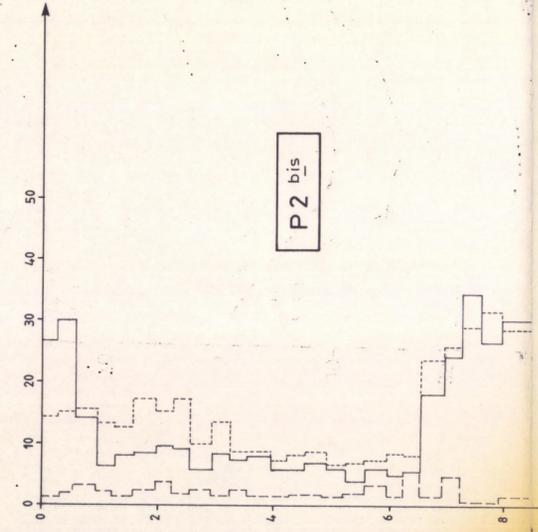
↑
 Campagne de
 prélèvement pour
 l'établissement de
 la carte chimique

VILLE DE BERCK-SUR-MER (PAS-DE-CALAIS) CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAINTE-VAAS. ETUDE DE MOYENS DESTINÉS A REDUIRE LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES DU CHAMP CAPTANT
--

PROFILS D'AZOTE DANS LE NON-SATURE
EN FONCTION :
 - DE LA TOPOGRAPHIE
 - DE L'OCCUPATION DU SOL

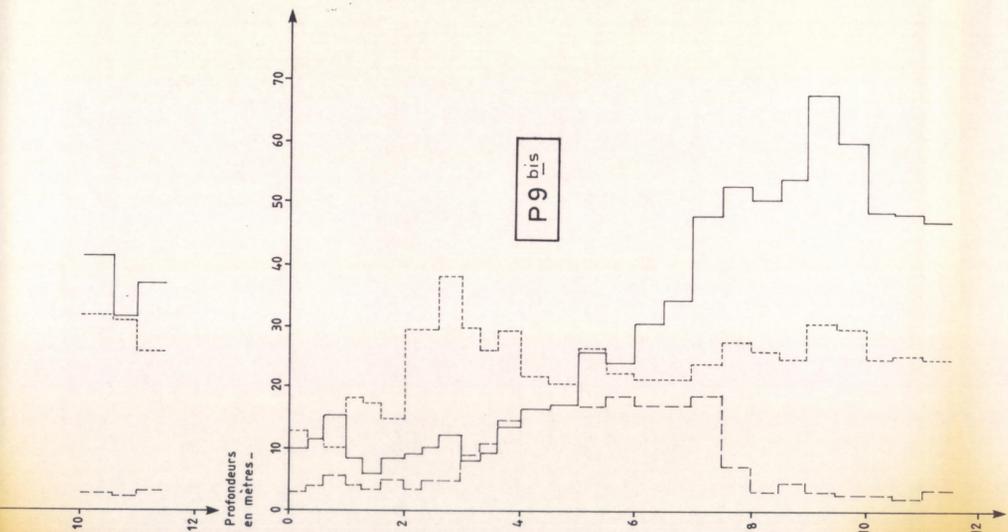
Quantité d'azote des nitrates en kg/ha
 Quantité d'azote de l'ammonium en kg/ha
 Humidité en % du poids sec

Concentration en mg/l de nitrates
 Concentration en mg/l d'ammonium



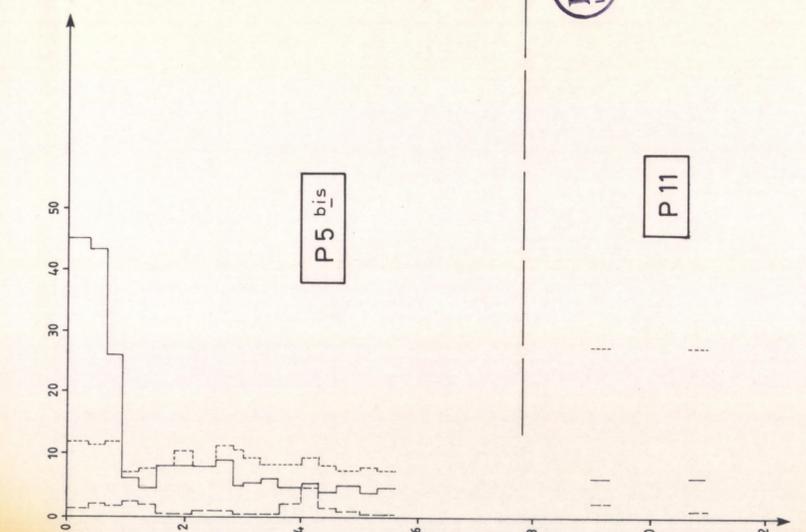
P2 bis

Versant sud
Grande culture



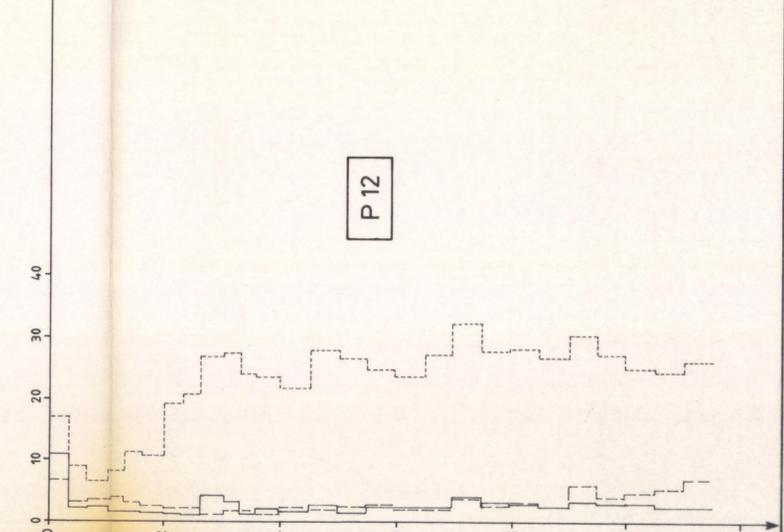
P9 bis

Plateau
Grande culture



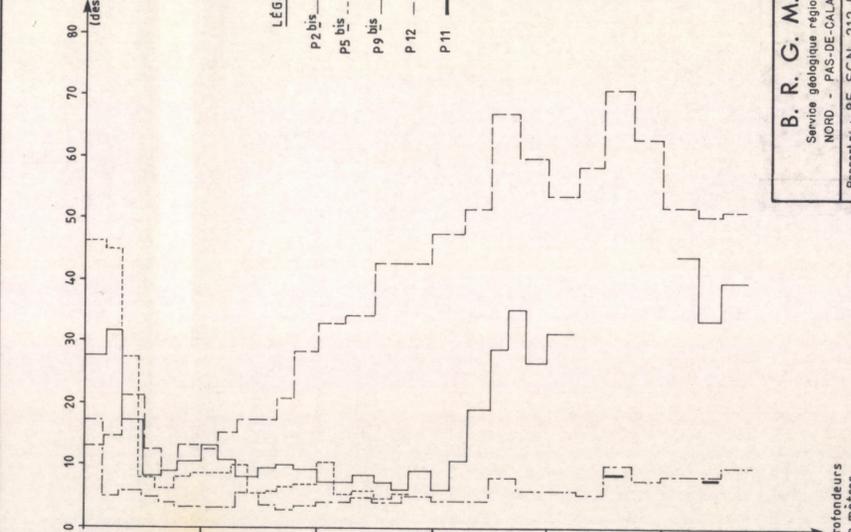
P5 bis

Talweg
Grande culture



P12

Plateau
Bois



LÉGENDE
 P2 bis ———
 P5 bis - - - -
 P9 bis - - - -
 P12 - - - -
 P11 ———

B. R. G. M.
 Service géologique régional
 NORD - PAS-DE-CALAIS
 Rapport n° : 85 SON 212 NPC
 Plan n° :
 Date : 5-06-1985

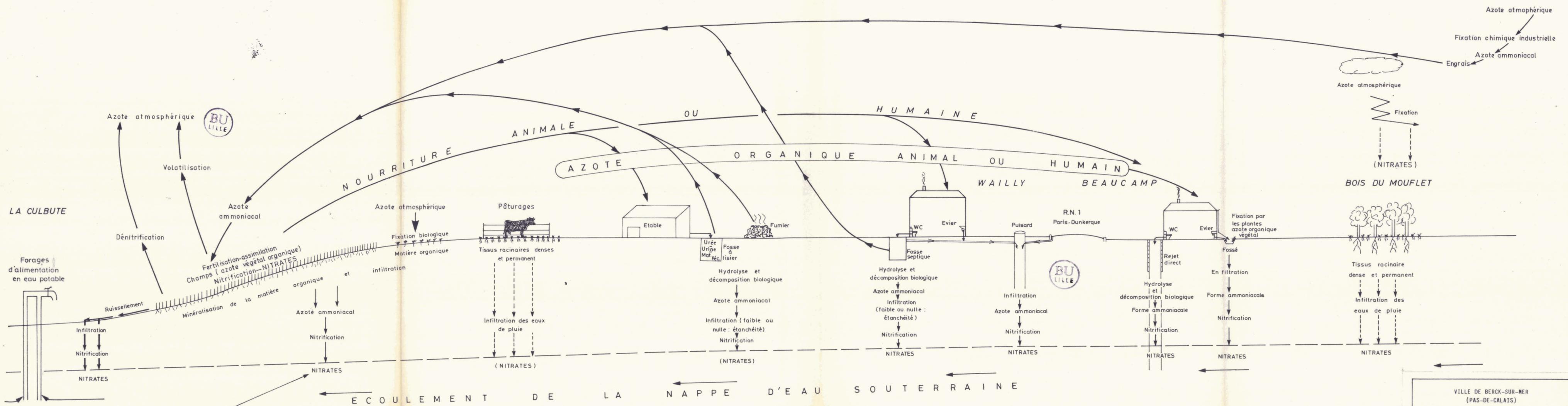
VILLE DE BERCK-SUR-MER
 (PAS-DE-CALAIS)
 CHAMP CAPTANT D'ATIRON-SAIN-ST-JAEST
 ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE
 LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES
 DU CHAMP CAPTANT

SCHÉMA DU CYCLE DE L'AZOTE APPLIQUÉ A LA ZONE D'ETUDE

L'IMPACT AGRICOLE

L'IMPACT URBAIN

L'IMPACT DE LA NATURE



Le détail du cycle pour un champ est présenté en annexe XI

VILLE DE BERCK-SUR-MER (PAS-DE-CALAIS)
 CHAMP CAPTANT D'AIRON-SAINT-VAAST
 ETUDE DES MOYENS DESTINES A REDUIRE LA TENEUR EN NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES DU CHAMP CAPTANT

B. R. G. M.
 Service géologique régional
 NORD - PAS-DE-CALAIS
 Rapport n° 85 SGN 212 NPC
 Plan n°
 Date : 7-06-1985