

AGENCE FINANCIÈRE DE BASSIN
SEINE - NORMANDIE
10-12, rue du Capitaine-Ménard - 75732 PARIS Cédex 15

SERVICE DE L'AMÉNAGEMENT DES EAUX
DE LA RÉGION PARISIENNE
17, rue de Javel - 75015 PARIS

COMITÉ D'ÉTUDE DE LA NAPPE DES CALCAIRES DE CHAMPIGNY

ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES VILLES NOUVELLES DU SUD-EST DE LA RÉGION PARISIENNE

DÉBITS EXPLOITABLES DANS LA NAPPE DES CALCAIRES DE CHAMPIGNY EN BRIE

Rapport de Fin d'Etude

CI. MEGNIEN
G. BERGER
G. DUERMAEL

J. ARCHAMBAULT
L. BOURGUET
E. DE REYNIES



**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
SERVICE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL
BASSIN DE PARIS**

65, rue du général-Leclerc,
77170 Brie-Comte-Robert - Tél.: (1) 405.27.07

76 SGN 049 BDP



**ÉTUDE ET MISE EN VALEUR
DES EAUX
SOUTERRAINES**

70, rue Mademoiselle,
75015 Paris - Tél.: 734.06.65

R.192 - E.155

Janvier 1976

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
<u>INTRODUCTION - RÉSUMÉ</u>	I à IV
<u>CHAPITRE 1</u> - GÉOLOGIE - HYDROGÉOLOGIE	1
1.1. <u>Géologie</u>	2
1.2. <u>Hydrogéologie</u>	8
<u>CHAPITRE 2</u> - PIÉZOMÉTRIE DE LA NAPPE DU CALCAIRE DE CHAMPIGNY	17
2.1. <u>Rappel des travaux et observations effectuées</u>	18
2.2. <u>Etude de la piézométrie</u>	18
2.3. <u>Conclusions</u>	24
<u>CHAPITRE 3</u> - HYDROCHIMIE	26
3.1. <u>Les isotopes de l'hydrogène et de l'oxygène</u>	28
3.2. <u>La minéralisation en sulfates</u>	32
3.3. <u>La minéralisation en nitrates</u>	34
3.4. <u>Vulnérabilité de la nappe des calcaires de Champigny à la pollution</u>	38
3.5. <u>Conclusions de l'étude hydrochimique</u>	40
<u>CHAPITRE 4</u> - CLIMATOLOGIE - HYDROLOGIE	46
4.1. <u>Pluviométrie - climatologie</u>	47
4.2. <u>Hydrologie des bassins de la Brie et de l'Yerres</u>	49

	<u>Pages</u>
<u>CHAPITRE 5</u> - ESSAI DE BILAN HYDROGÉOLOGIQUE DE LA MAPPE DU CALCAIRE DE CHAMPIGNY	60
5.1. <u>Définition des postes de bilan</u>	61
5.2. <u>Infiltration dans les marnes supragypseuses</u>	62
5.3. <u>Bilan des pertes et résurgences de rivières</u>	64
5.4. <u>Bilan de la nappe du Champigny en Brie</u>	69

<u>CHAPITRE 6</u> - CONCLUSIONS	77
6.1. <u>Perspectives d'exploitation de la nappe</u>	78
6.2. <u>Zones d'exploitabilité préférentielle</u>	83
6.3. <u>Conditions d'exploitation</u>	86

ANNEXES

ANNEXE I - Caractéristiques des zones d'exploitabilité préférentielle

ANNEXE II - Liste des études de la région étudiée

ANNEXE III - Liste des études publiées au cours de l'étude

ANNEXE IV - Cartes A à H.

LISTE DES TABLEAUX DANS LE TEXTE

		<u>Pages</u>
Chap. 1	<u>Tableau n° 1</u> : Forages inventoriés de débit connu	15 - 16
Chap. 2	<u>Tableau n° 2</u> : Fluctuations piézométriques enregistrées	23
Chap. 3	<u>Tableau n° 3</u> : Dosages tritium (UT)	41
	<u>Tableau n° 4</u> :	42
	<u>Tableau n° 5</u> :	43
	<u>Tableau n° 6</u>	44
	<u>Tableau n° 7</u> :	45
} Analyse des éléments majeurs valeurs médianes		
Chap. 4	<u>Tableau n° 8</u> : Pluviométries annuelles en mm	55
	<u>Tableau n° 9</u> : Pluie utile en l/s/km ²	56
	<u>Tableau n°10</u> : Pluie utile par année hydrologique	57
	<u>Tableau n°11</u> : Ecoulements observés en l/s/km ²	58
	<u>Tableau n°12</u> : Années hydrologiques	59

LISTE DES PLANCHES DANS LE TEXTE -----

	<u>Pages</u>
P1. 1 : COUPES N° 1 ET 2	3
P1. 2 : COUPES N° 3 ET 4	4
P1. 3 : BASSIN HYDROLOGIQUE N° 3	22
P1. 4 : BASSIN N° 4 (NORD)	24
P1. 5 : BASSIN N° 4 (SUD)	
P1. 6 : BASSIN N° 5	25
P1. 7 : EVOLUTIONS PIEZOMETRIQUES	
P1. 8 : DOSAGES TRITIUM	29
P1. 9 : DOSAGES 18 O	32
P1. 10 : NO 3 et SO 4	33
P1. 11 : TENEURS EN NITRATES	37
P1. 12 : EVOLUTION PROBABLE EN NO 3	38
P1. 13 : APPORTS PLUVIOMETRIQUES	48
P1. 14 : PLUVIOMETRES ET JAUGEAGES	49
P1. 15 : DEBITS COMPARES - YERRES/SOURCES DE PROVINS	51
P1. 16 : HYDROGRAMME DE L'YERRES A CROSNE	52
P1. 17 : SCHEMA DU BILAN DE LA NAPPE	62

LISTE DES CARTES

EN ANNEXE IV

Carte A : Schéma de répartition des aquifères de la Brie.

Carte B : Epaisseurs mouillées des calcaires de Champigny.

Carte C : Carte des points d'eau.

Carte D : Piézométrie de nappe basse - Octobre 1973 -

Carte D bis : Piézométrie de nappe haute - Mars 1974 -

Carte E : Variations de niveau piézométrique entre Octobre 1973 et Mars 1974.

Carte F : Nitrates en NO_3

Carte G : Carte des prélèvements.

EN POCHETTE

Carte H : Schéma d'exploitabilité au 1/100.000e

INTRODUCTION - RESUME

L'Agence Financière de Bassin Seine-Normandie et le Service Régional d'Aménagement des Eaux de la Région Parisienne ont décidé, avec l'aide financière de la Compagnie Générale des Eaux et de la Société Lyonnaise des eaux et de l'Eclairage, de mettre en oeuvre une étude détaillée de la nappe des Calcaires de Champigny en Brie.

Cette étude a été confiée conjointement au BURGEAP et au Service Géologique National (B.R.G.M.) à la suite d'une proposition commune effectuée en mars 1972.

Les travaux se sont déroulés sur les trois années 1973-1974-1975 de façon à permettre d'observer les phénomènes naturels sur une période hydrologique suffisamment longue (mars 1973-mars 1975). Ils ont été contrôlés régulièrement par un groupe de travail réuni par le Directeur technique des études qui en a suivi l'évolution et orienté les différentes phases prévues initialement.

Au total, 18 notes techniques ont été rédigées ainsi que deux rapports concernant les deux premières années de travaux.

Le rapport final a été exposé dans ses grandes lignes au Comité directeur le 11 décembre 1975.

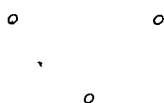
L'ensemble formé par les Calcaires de Champigny, le Calcaire de Saint-Ouen et parfois les Calcaires lutétiens contient une nappe régionale puissante appelée "Nappe des Calcaires de Champigny", au sens large; cette nappe est surtout développée sous le plateau de Brie entre les vallées de la Seine et la Marne. C'est une des nappes les plus importantes de la Région parisienne et, malgré sa productivité élevée, elle reste encore peu exploitée.

L'étude hydrogéologique en était délicate parce que, d'une part le système aquifère est compliqué du point de vue stratigraphique et lithologique et que, d'autre part, le système hydrologique lui-même est complexe : la plus grande partie de l'alimentation est liée à des engouffrements de type karstique et les exutoires de la nappe sont mal connus.

Après un premier repérage sur le terrain des zones absorbantes, il a été entrepris une série de jaugeages volants poursuivie sur deux ans, destinée à déterminer les apports ainsi faits à la nappe. Dans le même temps, il a été effectué une étude piézométrique complète permettant de déterminer les limites des bassins d'alimentation et les directions générales d'écoulements dans l'aquifère.

Parallèlement, il a été décidé d'orienter les travaux d'hydrochimie vers la détermination des relations de la nappe avec les cours d'eau, vers l'étude de la dilution des apports annuels dans les réserves et vers la détection des pollutions éventuelles.

L'étude réalisée a montré que l'on avait affaire à une nappe extrêmement importante : les 2000 km² des bassins étudiés fournissent en année moyenne environ 5 m³/s auxquels il convient d'ajouter les 0,9 m³/s déjà prélevés par les captages existants.



Le cadre géologique et hydrogéologique général est décrit dans le chapitre premier : l'ensemble aquifère qui comprend les Calcaires de Champigny au sens strict, le Calcaire de Saint-Ouen, les Sables de Beauchamp et le Lutétien, forme un empilement de couches qui subissent dans l'espace de grandes variations de faciès et d'épaisseur.

La nappe, très généralement libre et dont la surface piézométrique se situe dans le Calcaire de Champigny est épaisse de 20 à 60 mètres selon les endroits.

Son toit géologique, relativement protecteur, est constitué par les marnes supragypseuses, épaisses de 20 à 30 mètres, qui sont surmontées par la nappe du Calcaire de Brie d'où provient une certaine alimentation.

Son mur est constitué par l'Yprésien argilo-sableux en direction duquel existe un débit de "fuite" limité, de l'ordre de 200 l/s pour l'ensemble de la région.

La piézométrie est étudiée dans le chapitre 2.

Par son faible gradient habituel, elle confirme la puissance de l'aquifère et montre son homogénéité à grande échelle.

Les apports de la pluie et les infiltrations de rivières parviennent à un aquifère fissuré et se diluent dans une quantité d'eau en place très importante dont l'écoulement général se fait d'Est ou Ouest.

Si l'on élimine les secteurs marginaux Nord et Sud qui correspondent à des zones de faciès marneux ou peu épais, l'écoulement de la plus grande partie de la nappe s'effectue dans sa partie centrale, où elle se divise en deux branches : l'une aboutit aux sources de la vallée de la Basse-Yerres, l'autre au Synclinal de la région de Melun où elle rejoint la Seine, sans qu'il y ait manifestation de sources visibles, malgré l'arrivée d'un flux de plusieurs m³/s.

Sauf à l'aplomb immédiat des pertes de rivières, les variations piézométriques saisonnières de la nappe sont relativement faibles et les fluctuations causées par les infiltrations d'eaux de rivières sont totalement amorties à proximité des exutoires : les écoulements y sont donc très régularisés.

L'étude hydrochimique traitée dans le chapitre 3 a permis de mettre en évidence, par des méthodes isotopiques que les réserves régulatrices interannuelles sont de l'ordre de 2 milliards de m³, c'est-à-dire que la ressource disponible correspond sensiblement à une surface de 2000 km², recouverte d'une tranche d'eau d'un mètre, 8% seulement de cette tranche d'eau (8 mm) étant renouvelés chaque année par les apports saisonniers.

L'étude de la composition chimique et isotopique des eaux de la nappe des Calcaires de Champigny confirme l'importance de l'alimentation, qui se fait à partir des pertes de rivières.

Il n'a pas été détecté de pollution importante dans l'aquifère, mais il faut considérer que la maille de recherche était assez large. Par contre, le problème hydrochimique le plus important semble être l'existence d'une minéralisation en nitrates qui s'accroît dans le temps : certains captages ont été abandonnés en Brie à la suite de leur excès en nitrates et certaines sources de la ville de Provins arrivent en limite des teneurs acceptables.

La solution à apporter à ce problème des nitrates (qui n'est d'ailleurs pas particulier à la Brie) constitue peut être le seul préalable important à la mise en exploitation intensive de cette nappe à des fins d'AEP.

L'étude climatologique et hydrologique du chapitre 4 a montré que la période d'étude 1973-74 a été sur le plan pluviométrique très légèrement supérieure à la moyenne (1961-1974).

Les débits des Sources de Provins, jaugés depuis 20 ans, ont fourni par ailleurs, malgré leur forte régularisation, un point de référence intéressant pour l'estimation des ressources disponibles.

L'essai de bilan hydrogéologique, développé dans le chapitre 5 a été basé principalement sur 2 années complètes de jaugeages volants calés sur les hydrogrammes des stations régulières de Courtomer et Crosne. Les résultats ont été comparés au débit des Sources de Provins.

L'interprétation des jaugeages a permis de mettre en évidence le détail de l'alimentation de la nappe. On peut déterminer entre 65 et 75% l'alimentation provenant directement des pertes de rivières, le reste de l'alimentation étant le résultat d'une percolation de la nappe des Calcaires de Brie à travers la couverture constituée par les Marnes vertes et supragypseuses.

Au total, étant fortement tributaires des eaux superficielles les apports peuvent présenter d'assez grandes variations en fonction des années plus ou moins sèches ou plus ou moins humides : la fourchette du bilan peut varier en effet entre 3 et 8 m³/s selon les années. On a retenu comme débit sûrement exploitable, (en plus des 0,9 m³/s actuellement prélevés) l'apport minimum probable de l'année la plus sèche de la période 1960-74, soit 3 m³/seconde, mais l'exploitation pourra très probablement atteindre le débit moyen interannuel : 5 m³/seconde.

Les possibilités d'exploitation de la nappe du Calcaire de Champigny sont examinées dans le 6ème et dernier chapitre.

Après avoir rappelé que les débits disponibles sont très régulés aux exutoires, que les réserves profondes de la nappe sont considérables et que la vulnérabilité de la nappe aux pollutions reste malgré tout limitée à certains secteurs sensibles, il est apparu nécessaire de présenter un schéma d'exploitabilité de la nappe sous forme d'une carte de synthèse permettant de localiser rapidement les zones les plus riches de l'aquifère et les moins vulnérables à la pollution.

Cette carte met en opposition les zones peu perméables ou d'épaisseur mouillée réduite, et les zones favorables, c'est-à-dire comportant à la fois des épaisseurs importantes d'aquifère et une bonne alimentation.

Dans ces dernières zones, ont été suggérés des secteurs préférentiels pour créer éventuellement de nouveaux champs captants.

Toutefois, la mise en exploitation intensive de cette nappe à des débits de plusieurs mètres cube-seconde posera d'abord le problème de la recherche de points favorables à l'obtention de débits unitaires élevés : des reconnaissances poussées comportant de la géophysique et de nombreux sondages paraissent absolument indispensables.

L'étude prévisionnelle des réponses de la nappe à une exploitation intensive s'imposera également : il est en effet à prévoir que l'influence d'un champ captant pourra se répercuter à plusieurs dizaines de kilomètres et modifier sensiblement les directions actuelles des écoulements souterrains.

Des simulations sur modèle mathématique seront donc nécessaires pour connaître à l'avance les interactions des captages et les conséquences des prélèvements sur la circulation des eaux souterraines et sur les débits des eaux de surface.

CHAPITRE 1

GÉOLOGIE - HYDROGÉOLOGIE

Le présent chapitre résume et synthétise, du moins en ce qui concerne la géologie, les résultats présentés dans le rapport " Etude géologique et structurale du réservoir aquifère de la nappe des Calcaires de Champigny en Brie " (Cl. MEGNIEN), 73 SGN 289 BDP.

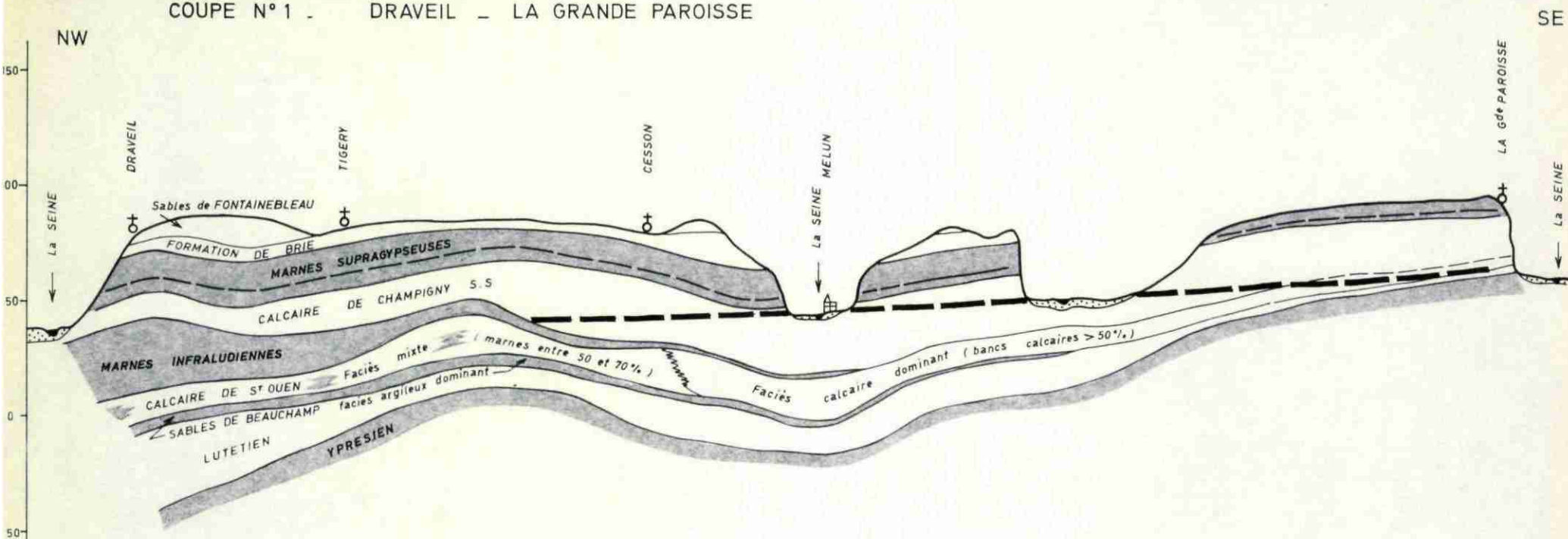
La nappe qui fait l'objet de cette étude intéresse non seulement les Calcaires de Champigny au sens strict , mais aussi les Calcaires de St-Ouen et les Calcaires lutétiens, notamment lorsque leur faciès est lacustre.

L'extension verticale maximale de la nappe est donc limitée à la partie inférieure par l'Yprésien argilo-sableux et à la partie supérieure, par les Marnes supragypseuses. Entre ces deux limites, les terrains subissent de très importantes variations de faciès et d'épaisseurs, variations qui sont mises en évidence par les cartes structurales annexées au rapport cité plus haut et résumées sur les quatre coupes géologiques jointes au présent rapport.

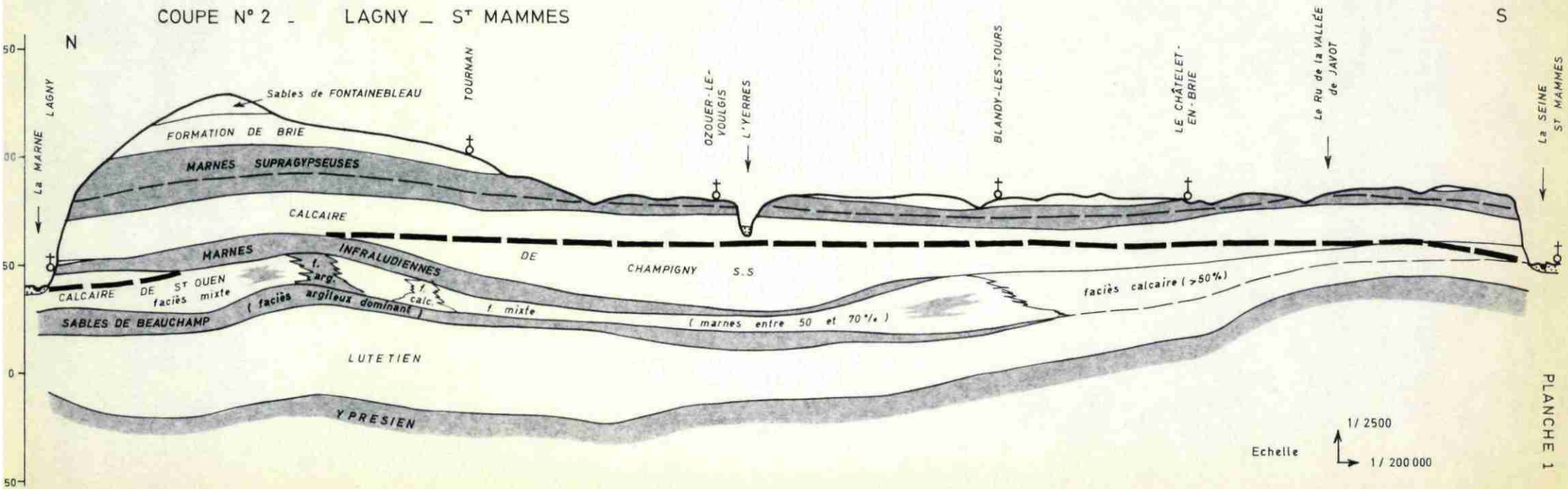
11 - GEOLOGIE

La constitution du plateau comporte une série marneuse de couverture (Marnes vertes et supragypseuses) qui repose sur une série à dominante calcaire formant l'ossature du plateau (Ludien, Bartonien - Lutétien) recouvrant une série argilo-sableuse de base (Yprésien).

COUPE N° 1 - DRAVEIL - LA GRANDE PAROISSE



COUPE N° 2 - LAGNY - ST MAMMES



Echelle
 1 / 2500
 1 / 200 000

Les caractères géologiques dominants résultent de l'existence d'une polarité constante dans l'évolution des faciès, lesquels, du Nord-Ouest au Sud-Est, évoluent d'un caractère marin vers un caractère lagunaire, les faciès lagunaires passant à des faciès lacustres. Parallèlement, on observe, selon la même direction, une réduction de la puissance des différents niveaux.

Nous examinerons successivement

- la morphologie au toit de la série argilo-sableuse de base (Yprésien)
- l'extension et les faciès des niveaux qui peuvent constituer des cloisonnements dans le grand ensemble aquifère de l'Eocène moyen et supérieur (" aquitardes ")
- les variations de faciès des horizons " aquifères ".

111 - Structure du Toit de l'Yprésien

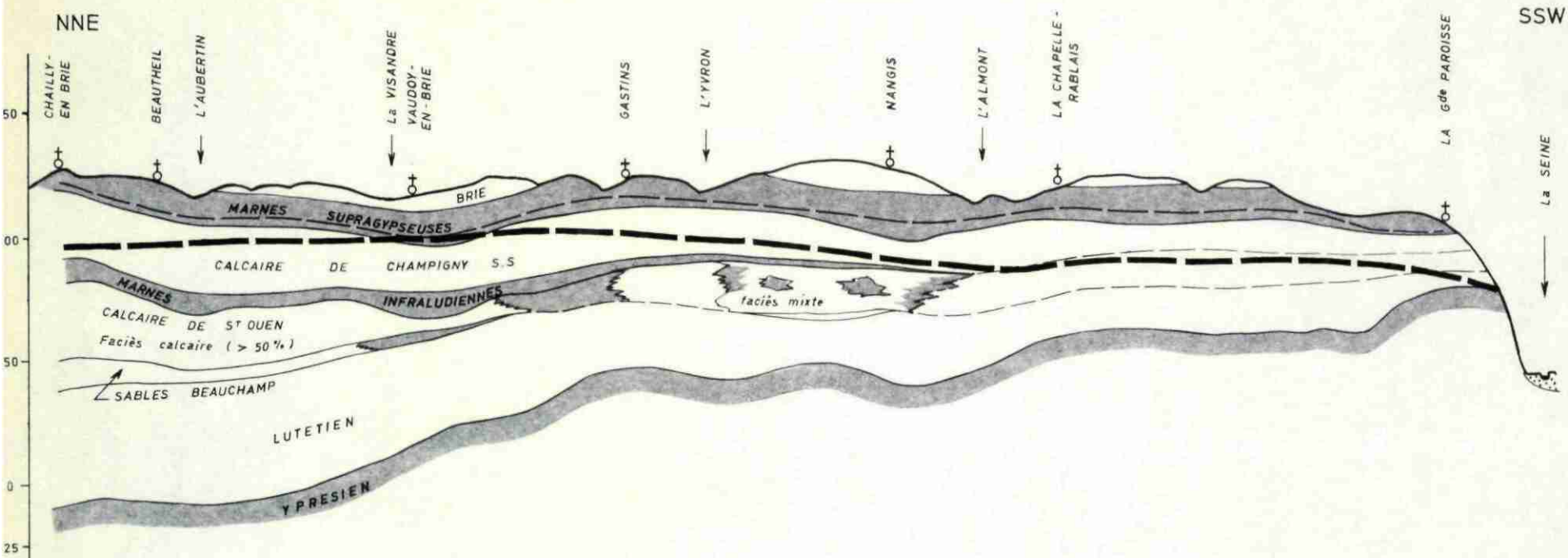
Le toit de l'Yprésien dessine une immense cuvette ouverte vers l'Ouest. L'axe de la dépression est allongé selon une direction Coulommiers-Pezarches-Fontenay-Trésigny-Brie-Comte-Robert-Draveil, mais il présente trois diverticules: l'un vers Melun; l'autre vers Villeneuve-St-Georges et le troisième vers Chelles et Paris-St-Denis. Cette dépression structurale place le toit de l'Yprésien sous le niveau de la mer dans la partie occidentale de la Brie, les points les plus bas étant situés à Lésigny (-51 m) et à Draveil (-43 m).

Au Sud-Est d'une ligne la Ferté-Gaucher-Fontainebleau, la structure se relève assez brutalement et le style des déformations change nettement. Les pendages qui, dans la partie nord-ouest, étaient en moyenne de 5 pour mille, passent à des valeurs de 15 à 20 pour mille. Mais, ce qui est le plus caractéristique c'est la présence de dômes séparés par des zones basses étroites.

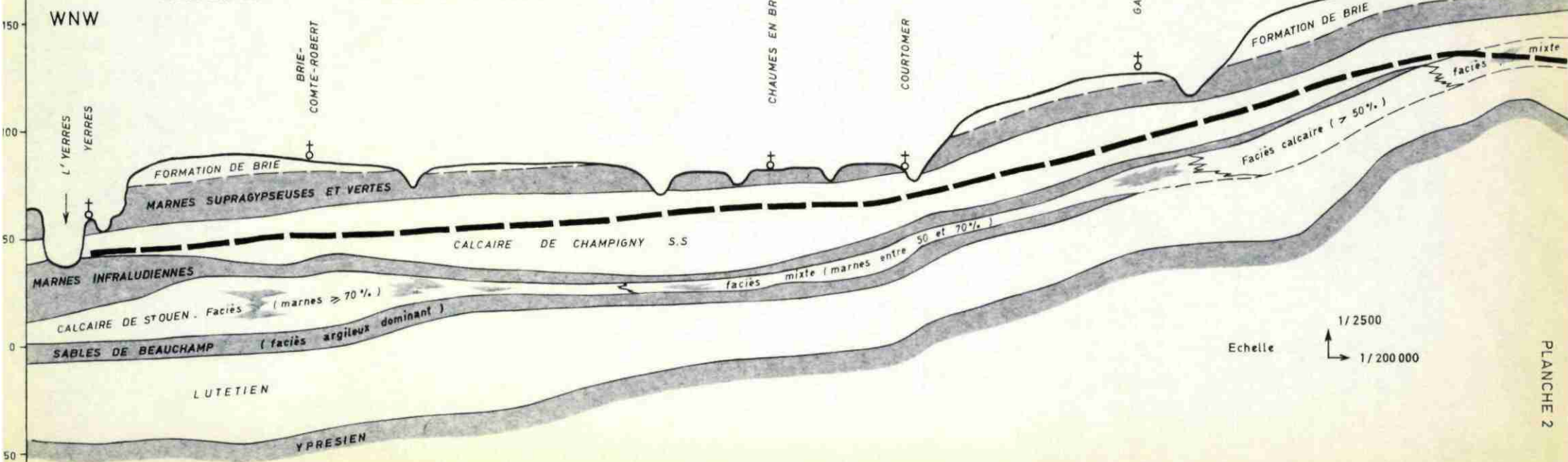
Enfin, à la limite orientale de la Brie, les couches se relèvent assez rapidement avec un pendage de l'ordre de 10 pour mille. Cette structure est coupée transversalement d'ondulations assez régulières d'orientation générale E-W (ESE-WNW à ENE-WSW). Les rides sont séparées par des dépressions structurales allongées. L'amplitude de ces ondulations transverses provoquent des dénivellations de l'ordre d'une cinquantaine de mètres si on les examine selon un plan méridien.

La connaissance de cette morphologie est primordiale, car, à quelques variations près, les formations sus-jacentes présentent les mêmes caractéristiques.

COUPE N° 3 CHAILLY - en - BRIE - LA GRANDE PAROISSE



COUPES -N°4 YERRES - CHENOISE



Echelle 1/2500
1/200 000

112 - Extension et faciès des niveaux qui peuvent constituer des cloisonnements dans le grand ensemble aquifère de l'Eocène moyen et supérieur

Ces formations sont représentées, de bas en haut, par

- le niveau des Sables de Beauchamp
- les faciès marneux du " Calcaire de St-Ouen "
- les marnes infra-ludiennes.

1121 - Le niveau des " Sables de Beauchamp " sépare l'horizon aquifère du Lutétien, de l'horizon éventuellement aquifère du Calcaire de St-Ouen sus-jacent.

La limite d'extension de cette formation dessine une ligne orientée globalement SW-NE, du CHATELET-en-Brie à MONTMIRAIL, ligne qui se révèle très sinueuse dans le détail.

Le faciès à dominante sableuse (qui donne son nom à la formation) n'intéresse pratiquement que le bassin du Grand Morin et la tête du Bassin de l'Yerres (en amont de ROZAY).

Les faciès argileux séparent donc les aquifères du Lutétien et du Calcaire de St-Ouen sous la plus grande partie du Bassin de l'Yerres.

Le toit du niveau de Beauchamp présente des caractères morphologiques voisins de ceux des structures déjà étudiées (Yprésien) avec en particulier une longue ligne synclinale COULOMMIERS-MELUN.

1122 - Niveau des Calcaires de St-Ouen

Bien que composé, d'une façon générale d'une alternance de calcaires compacts blancs ou rosés avec des marnes blanches ou brunes magnésiennes, le Calcaire de St-Ouen peut, suivant les régions, présenter une dominante calcaire très marquée avec l'apparition de grès, bancs lithographiques à silexites, soit au contraire ne montrer que des faciès très marneux (les silex se trouvent alors dans des marnes).

Dans l'ensemble, on peut constater que les faciès marneux, les plus fréquents, ont été rencontrés au Nord-Ouest de la Brie: entre COULOMMIERS et LAGNY, et entre l'Yerres et la Marne, à l'Ouest d'OZOIR-la-Ferrière. Localement, ils ont été rencontrés au Nord de NANGIS (GRANDPUITS), au Nord de ST-HILLIERS (VILLARS) et au Nord de DONNEMARIE-en-Monthois (LEUDON). Les faciès calcaires dominants sont plutôt représentés vers l'Est et le Sud-Est de la Brie, à partir d'une ligne LA FERTE-sous-Jouarre, LA FERTE-GAUCHER, ROZAY-en-Brie, NANGIS et MELUN.

Lorsque le niveau de St-Ouen présente un faciès marneux, il

sépare l'aquifère du Lutétien (surmonté du niveau de Beauchamp également aquifère lorsqu'il est sableux) de celui du Champigny.

Les irrégularités des dépôts lacustres de St-Ouen se retrouvent également dans les variations rapides d'épaisseur. Les puissances maximales se rencontrent entre la basse vallée du Petit Morin et la vallée de la Marne, les épaisseurs minimales, inférieures à 10 mètres, se trouvant réparties dans deux zones distinctes, d'une part dans la zone occidentale de la Brie, d'autre part à l'approche de la cuesta sud de l'Ile-de-France.

1123 - Les Marnes infra-ludiennes

Ce sont des marnes ou argiles magnésiennes blanchâtres, grisâtres ou marbrées avec passage d'argiles sépiolitiques brun-verdâtre et niveaux de marnes crèmes plastiques ou indurées. Vers le centre de la Brie, les marnes sont plus carbonatées et présentent des rognons calcareux et des petites passées de calcaire.

Dans la majeure partie de la Brie, les sondages rencontrent, sous le Calcaire de Champigny, les marnes " infra-ludiennes " et une carte de leur extension et de leur puissance a déjà été établie.

Leur limite sud d'extension forme une ligne très festonnée, MELUN-NANGIS-PROVINS-VILLIERS-St-Georges-VILLENEUVE-la-Lionne. L'avancée, vers le Sud, de ce faciès est plus prononcée que pour le niveau des Sables de Beauchamp, et on note la présence de témoins isolés comme à MONTEREAU (295.1.65).

On distingue la présence de deux domaines où les marnes sont particulièrement puissantes: d'une part, la zone située au Nord du Grand Morin; d'autre part, celle située à l'Ouest de la Brie dans la zone de confluence de l'Yerres avec la Seine. Dans la première de ces zones, les marnes atteignent 15 à 20 m de puissance dès qu'apparaissent les premiers indices de gypse; dans la seconde, l'épaississement des marnes se fait très rapidement dans la basse vallée de l'Yerres, puisque sur 4 kms seulement, elles passent de 5 à 23 m de puissance.

113 - Variations de faciès des horizons aquifères

Ces variations apparaissent :

- dans le Lutétien
- dans le Calcaire de St-Ouen
- dans le Calcaire de Champigny.

1131 - Variations de faciès dans le Lutétien

11311- Passage des faciès marins aux faciès lacustres

Lorsque le Lutétien disparaît sous la Brie à partir de la vallée de la Marne et de celle du Petit Morin, il est encore représenté par des faciès marins et lagunaires qui se présentent en deux masses lithologiques différentes. A la base, des faciès marins représentés par des sables grossiers coquilliers surmontés de bancs de calcaire grossier à Miliolites (10 - 20 m); au sommet, les Marnes et Caillasses, à tendance lagunaire, composées d'une alternance de calcaires plus ou moins siliceux avec des marnes et argiles blanchâtres, vertes ou brunes (15-30 m).

Lorsque le Lutétien réapparaît sur la cuesta au Sud de la Brie, il est représenté par des faciès continentaux lacustres appelés, d'une façon un peu trop générale, " Calcaires de Provins ": calcaires blancs compacts à Limnées et Planorbis, avec parfois des niveaux de marnes ou d'argiles vertes, intercalés comme à St-NICOLAS où il totalise plus de 18 m.

On voit donc que, sous la Brie, se produit un changement de faciès majeur.

La limite tracée à partir des coupes de sondages montre que l'extension marine du Lutétien s'avance finalement assez loin dans la Brie et s'arrête, en moyenne, à une dizaine de kilomètres seulement de la cuesta sud de l'Ile-de-France.

11312 - Faciès gypseux

Dans le Nord-Ouest de la Brie, le niveau des Marnes et Caillasses (sommet du Lutétien) contient très fréquemment des bancs de gypse dont l'importance avait été sous-estimée. Ces évaporites sont particulièrement épaisses dans la région de BRIE-COMTE-ROBERT (où les sondages pétroliers ont signalé la présence de 3 bancs de gypse totalisant 6 m d'épaisseur) et de NOISY-le-Grand. En suivant géographiquement l'extension de ce gypse, on peut tracer une limite actuellement connue, passant par LAGNY, ROZAY-en-Brie et DRAVEIL.

11313 - Faciès marneux

En quelques points isolés, mais surtout au Sud-Ouest de la Brie, on note d'importantes passées marneuses et argileuses qui intéressent surtout le niveau des Marnes et Caillasses, mais qui peuvent également intéresser le niveau des Calcaires grossiers qui se présentent alors sous forme de marnes finement sableuses; les faciès marneux semblent accompagner la réduction d'épaisseur du Lutétien vers le Sud à proximité du passage aux faciès lacustres.

1132 - Variations de faciès dans le Calcaire de St-Ouen

Les faciès marneux étant au moins autant développés, dans cette formation, que les faciès aquifères, nous avons décrit ces variations dans le cadre des " aquitardes " (§ 112).

1133 - Variations de faciès dans le Calcaire de Champigny

Le niveau de Champigny se présente le plus souvent sous forme d'un calcaire compact, siliceux, mais on y rencontre également des niveaux moins compacts: calcaires marneux jaunâtres, marnes blanchâtres à rognons calcaires ou même des marnes blanches crayeuses et poudreuses.

A l'intérieur des Calcaires de Champigny, il est impossible de corrélér des niveaux siliceux ou plus marneux, d'un forage à un autre. Nous avons cependant essayé de voir la répartition statistique de ces niveaux et l'on peut retenir simplement que la partie moyenne de la formation est, en général, plus pauvre en silice et plus riche en niveaux marneux, mais ceci n'a pas de valeur lithostratigraphique.

Au Nord et au Nord-Ouest, le long de la vallée de la Marne, le faciès calcaire fait place au faciès gypseux qui marque ainsi la limite du réservoir (NEUILLY-sur-Marne).

A l'Ouest, on observe un développement des faciès marneux (marnes infra-ludiennes), qui envahissent la formation et constituent un intermédiaire entre le faciès Gypse et le Calcaire de Champigny (DRAVEIL - BONNEUIL)

12 - HYDROGEOLOGIE

121 - Définition des aquifères

La présence ou l'absence de certains niveaux, en particulier les Marnes infra-ludiennes et les "Sables de Beauchamp" ainsi que les nombreuses variations de faciès donnent lieu à de nombreuses possibilités de regroupement - ou de distinction - des ensembles aquifères de l'Eocène moyen et supérieur en Brie. Comme schéma de départ extrêmement simplifié, nous pouvons considérer que la limite d'extension des Marnes infra-ludiennes détermine deux grands ensembles aquifères

- à l'Est et au Sud-Est, un aquifère unique représenté par les calcaires lutétiens, bartoniens et ludiens
- à l'Ouest et au Nord-Ouest, la distinction entre un aquifère supérieur (calcaire de Champigny) et un aquifère inférieur, "Lutétien - Bartonien" pouvant comprendre le niveau de St-Ouen lorsque son faciès est calcaires, le niveau de Beauchamp lorsque son faciès est sableux et le Lutétien, à l'exception des zones où les faciès sont marneux.

A l'intérieur de ce deuxième ensemble, il convient pourtant de distinguer un schéma à 3 aquifères correspondant aux zones où les faciès calcaires du niveau de St-Ouen sont "encadrés" par les marnes infra-ludiennes et le niveau de Beauchamp sous faciès argileux.

Pour essayer de représenter en un seul document la complexité du réservoir multicouche, nous avons dressé une carte qui met en évidence tous les schémas possibles de répartition des aquifères (carte A), mais il est apparu nécessaire de simplifier ce document en dressant une deuxième carte (carte B) issue de la précédente, et limitée à la représentation des épaisseurs mouillées

- . épaisseur mouillée du Calcaire de Champigny (sensu stricto) sur la zone à deux aquifères
- . épaisseur mouillée de l'ensemble calcaire de l'Eocène moyen et supérieur lorsque les marnes infra-ludiennes font défaut

122 - Epaisseurs mouillées des aquifères

1221 - Epaisseurs mouillées de l'aquifère unique

La piézométrie étant relativement "calme" en comparaison des ondulations structurales, les courbes des épaisseurs mouillées s'ajustent sur les dépressions du substratum représenté ici par l'Yprésien :

- en bordure de la cuesta de l'Ile de France, le relèvement de l'Yprésien et la faible épaisseur des calcaires déterminent des hauteurs mouillées très modestes,
- l'épaisseur mouillée augmente vers le Nord-Ouest et atteint des valeurs très importantes dans les synclinaux de l'Yprésien (à l'Ouest de VILLIERS et au Sud de NANGIS où elles dépassent 50 m). Par contre, on observe une lame beaucoup plus mince à l'aplomb du dôme observé sur l'Yprésien à SAINT-HILLIERS.

1222 - Epaisseurs mouillées du Calcaire de Champigny (sensu stricto)

L'épaisseur noyée du Calcaire de Champigny très faible à proximité de la limite d'extension des Marnes infraludiennes, augmente vers le Nord, jusqu'à une ligne MOISSY-TOUQUIN (qui correspond d'ailleurs à un axe synclinal du substratum marneux) où l'on observe des maxima de 30 m, puis diminue jusqu'à une ligne grossièrement parallèle au cours de la Marne, où elle devient nulle.

On notera 3 zones de "surépaisseurs mouillées" :

- l'une au Nord-Ouest de ROZAY ; à ce niveau, la nappe est d'ailleurs captive sous les marnes supragypseuses (30 m),
- la seconde près de la confluence de l'Avon et de l'Yerres (30 m également),
- la troisième enfin, au Nord de MELUN selon l'alignement de l'axe synclinal déjà signalé (20 m).

123 - Caractéristiques hydrodynamiques des aquifères (1)

1231 - Transmissivités

La détermination de la transmissivité des aquifères est rendue très difficile pour un certain nombre de raisons :

- la qualité des pompages d'essai, seul outil permettant d'effectuer les calculs, est le plus souvent très médiocre

(1) Un tableau joint (n° 1) récapitule alphabétiquement les communes du plateau briard sur le territoire desquelles sont implantés des puits ou forages. La deuxième colonne donne l'indice de classement BRGM des ouvrages, la troisième leur utilisation : adduction d'eau potable (AEP), agriculture (Agr) industrie (Ind), abandon (Ab). La quatrième colonne donne le débit maximum connu des ouvrages et la cinquième la transmissivité de l'aquifère obtenue à partir d'essais.

- la plupart des forages recoupent les 2 aquifères (Champigny s.s. et Saint-Ouen-Lutétien) et il est impossible de distinguer la transmissivité de chaque horizon,
- la répartition spatiale des ouvrages permettant les calculs est très inégale : la densité est très serrée à l'Ouest de la Brie, moyenne au centre et très dispersée à l'Est,
- par ailleurs, il semble que les valeurs très fortes côtoient des valeurs faibles : ce phénomène est dû très vraisemblablement au caractère semi-karstique des aquifères calcaires, favorisant la fissuration sous les axes de thalwegs.

Nous avons pu calculer à partir de pompages d'essai, 87 valeurs de transmissivité sur l'ensemble du territoire de la Brie ; mais nous avons considéré pouvoir utiliser des valeurs découlant de pompages d'essai sommaires, n'ayant fourni comme données que le débit de l'ouvrage et le rabattement correspondant ; ces valeurs (Q/Δ) sont au nombre de 89.

Nous avons essayé de classer ces valeurs par zones de densité d'ouvrages, et en distinguant les transmissivités des chiffres Q/Δ .

Le tableau suivant indique le nombre d'ouvrages concernés :

Origine des valeurs	Zones	Zone ouest	Zone centre	Zone est
		forte densité	moyenne densité	faible densité
T		48	32	7
Q/Δ		38	30	21
<u>TOTAL</u>		<u>86</u>	<u>62</u>	<u>28</u>

L'examen des diagrammes effectués par zone amène les remarques suivantes :

- la répartition des transmissivités calculées et des Q/Δ s'effectue exactement dans les mêmes tranches, ce qui signifie que les valeurs de Q/Δ peuvent être considérées comme représentatives et intégrées dans les statistiques de transmissivités

- on observe la présence de deux " familles " de transmissivités

. l'une dans la tranche de $1 \text{ à } 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (1)

. l'autre dans la tranche de $1 \text{ à } 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (2)

- Ces deux familles représentent, dans les régions définies par leur densité d'ouvrages, des pourcentages voisins (par rapport au total des valeurs) à l'exception de la zone est, où la famille (2) est pratiquement absente.

Zones transmissivité	Zone ouest	Zone centre	Zone est
Famille (1) $1 \text{ à } 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	26 %	24 %	46 %
Famille (2) $1 \text{ à } 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$	15 %	17 %	4 %

Par ailleurs, un seul ouvrage a fait l'objet de pompages d'essai spécifiques à chaque aquifère (forage de VERNEUIL l'Etang) et les deux valeurs de T obtenues sont les suivantes:

- aquifère Champigny s.s. = $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
 - aquifère Champigny + St-Ouen = $5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

Il faut considérer en outre que la zone est (faible densité) coïncide globalement avec le secteur à aquifère unique; les faciès du calcaire étant alors plus ou moins homogènes sur toute la hauteur, et du type " Champigny ".

Il n'est pas question d'en conclure que la famille (1) correspond aux Calcaires de Champigny s.s. et la famille (2) à l'ensemble Champigny - St-Ouen - cette hypothèse serait démentie dans un bon nombre de cas où, en particulier, le Calcaire de Champigny s.s. présente des transmissivités très fortes (captages de COMBS -la-Ville) - mais, dans le cadre de la réalisation ultérieure d'un modèle, ce schéma pourrait être envisagé, dans la mesure où il serait proche de la réalité globale, en " lissant " les hétérogénéités de T dues aux circulations karstiques qu'il est impossible de représenter en simulation.

L'exploitation des données nécessaires à la réalisation du modèle conduira d'ailleurs à raisonner en terme de perméabilités, plutôt que de transmissivités.

Les pertes qui se manifestent dans les parties amont des bassins - donc à l'Est - ont une grande importance car elles alimentent la nappe au niveau de l'aquifère unique, et participent donc, par écoulement souterrain, à une partie de l'alimentation de l'aquifère St-Ouen - Lutétien.

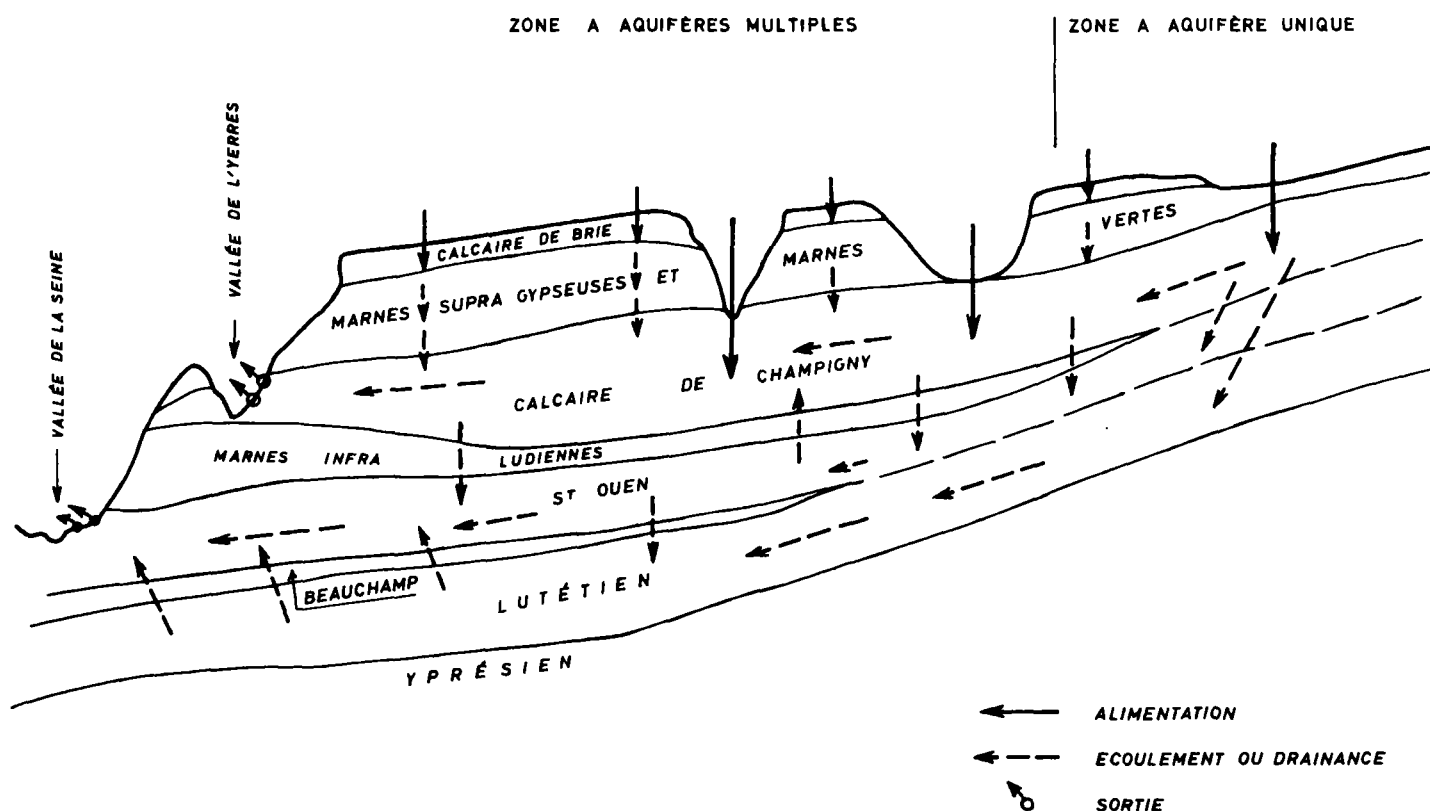
Les pertes qui se manifestent dans la partie centrale de la Brie vont exclusivement à la nappe du Calcaire de Champigny s.s., la nappe de St-Ouen-Lutétien étant alors alimentée par drainance à travers les marnes infra-ludiennes.

Il va sans dire que cette représentation est très schématique, la réalité étant beaucoup plus complexe en raison

- du caractère marneux souvent prononcé du Calcaire de St-Ouen
- du caractère argileux des Sables de Beauchamp dans le Sud-Ouest de la Brie.

Les résurgences des rivières (Yerres en particulier) s'observent dans le bief aval et ne s'effectuent qu'au détriment de la nappe du Champigny s.s., l'exutoire de la nappe du St-Ouen - Lutétien étant constituée par les cours d'eau importants (Marne et Seine) au niveau du Calcaire de St-Ouen: l'examen des piézométries comparées - hélas impossible faute de points de mesures - des nappes de St-Ouen et du Lutétien ferait apparaître sans aucun doute une drainance verticale de la nappe du Lutétien vers celle du St-Ouen.

Le schéma hydrogéologique pour le bassin de l'Yerres peut alors s'établir ainsi:



1232 - Coefficients d'emmagasinement

Nous ne possédons que très peu de valeurs du coefficient d'emmagasinement (S).

Ces valeurs sont comprises entre 0,1 % et 0,2 %. (état semi-captif)
entre 2 % et 8 % (état libre).

Ce paramètre ne sera d'ailleurs pas utilisé dans la première phase de réalisation du modèle mathématique puisque cette phase dite " de calage " sera effectuée selon un type de modèle permanent; les coefficients d'emmagasinement seront intégrés au moment du passage en modèle transitoire.

124 - Alimentation de la nappe

L'extension des Marnes vertes et supra-gypseuses sur la quasi-totalité de la Brie n'interdit cependant pas une certaine alimentation directe de la nappe par les eaux météoriques. On peut admettre, en effet, que l'eau contenue dans le Calcaire de Brie sus-jacent peut traverser ces marnes à la faveur de dolines ; en outre, à proximité des vallées, les marnes peuvent se réduire à quelques éboulis sur le Calcaire de Champigny, et, là encore, certains volumes d'eau peuvent rejoindre la nappe.

Le calcul du bilan sur quelques bassins versants s'étendant uniquement sur ces marnes fait apparaître la nécessité de prendre en compte une certaine alimentation au travers des marnes: il s'agirait alors d'un phénomène de drainance. Différents calculs effectués dans le cadre du chapitre consacré au bilan conduisent à estimer que cette drainance pourrait être comprise entre 0,5 et 1,5 l/s/km². La superficie d'extension des marnes vertes et supra-gypseuses étant de l'ordre de 2000 km², le débit d'alimentation de la nappe de Champigny par l'intermédiaire des marnes serait compris entre 1 et 2 m³/s.

Cependant les différentes observations et interprétations concernant les débits des rivières ont fait apparaître que le mode principal d'alimentation de la nappe était constitué par des pertes directes des rivières lorsque celles-ci coulent directement sur les calcaires.

Il est important de noter que, si des zones de pertes ont pu être localisées dans certains biefs du cours des rivières, celles-ci perdent en réalité sur la quasi-totalité de leur longueur, à l'exception des biefs aval (COMBS-la-Ville - confluence pour l'Yerres) où des résurgences se manifestent.

L'examen d'un diagramme débits/bassins versants avec quelques séries de jaugeages synchrones " en long " fait apparaître nettement ces pertes; en ce qui concerne le bassin de l'Yerres, les pertes importantes se situent

- d'une part, à l'amont de la station 180 (NESLES-la-Gilberde : B.V. : 216 km²)
- d'autre part, entre les stations 230 et 331.

Ce schéma appelle les remarques suivantes:

- l'alimentation des aquifères de St-Ouen et du Lutétien est mixte:

. par les pertes des rivières dans la zone à aquifère unique, puis écoulement dans les couches des aquifères. Il faut cependant noter que la zone à aquifère unique n'intéresse qu'une très faible partie du bassin de l'Yerres

. par drainance à travers les Marnes infra-ludiennes (Champigny - St-Ouen) et à travers le niveau de Beauchamp (St-Ouen - Lutétien).

- Localement et plus précisément à l'amont des zones à faciès marneux du niveau de St-Ouen, la drainance peut s'effectuer du St-Ouen vers le Champigny: ce phénomène est vérifié par les piézométries comparées des deux aquifères.

- Enfin, les résurgences de la basse vallée de l'Yerres ne s'effectuant qu'aux dépens de la nappe du Champigny s.s., les prélèvements qui affecteront exclusivement cet aquifère auront une incidence directe sur les débits de l'Yerres: si l'on veut par contre, préserver des débits minimaux dans ce cours d'eau, il faudra s'adresser aux aquifères inférieurs, ce qui impliquera nécessairement l'exploration de ces niveaux dans le domaine de l'hydrodynamique.

*

*

*

COMMUNES DE LA BRIE

FORAGES INVENTORIES DE DEBIT CONNU

Communes	n° BRGM	Utilisa- tion	Débit ma- ximum con- nu m³/h	Transmis- sivité calculée 10-3 m²/s	Communes	n° BRGM	Utilisa- tion	Débit ma- ximum con- nu m³/h	Transmis- sivité calculée 10-3 m²/s
ARGENTIERES	220.8.9	AEP	30		COURTOMER	221.5.6	AEP	10	0,65
BAILLY CARROIS	259.2.5	AEP	72		LA CROIX EN BRIE	259.2.43	AEP	90	
BANNOST	221.8.17	Agr	110			259.3.8	?	11	0,27
	221.8.19	AEP	170	4,4	CUCHARMOY	259.4.7	AEP	14	
BEAUCHERY	222.6.9	AEP	11		DAGNY	221.4.7	AEP	105	2,5
BERNAY VILBERT	221.5.4	AEP	52	3,8	DONTILLY	259.7.10	AEP	50	
BETON BAZOCHES	222.1.4	AEP	13	0,3	ECHOUBOULAINS	259.5.16	AEP	20	
BLANDY LES TOURS	258.3.4	AEP-Ab	22			259.5.23	AEP	30	
BOISSISE LA BERTRAND	258.1.4	AEP-AB	52	2,6	LES ECRENNES	258.8.12	AEP-Ab	12	6,3
	258.1	AEP				258.8.18	AEP	12	
	258.1.2	Ind	8		EVRY - GREGY/YERRES	220.6.80	AEP	16	
	258.1.62	Ind	28			220.6.86	AEP	204	52
BOISSISE LE ROI	258.1.3	AEP-Ab	33	3,5		220.6	AEP	0	
	258.1.63	AEP	380			220.6.73	REC	9	
	258.5.9	AEP	35		FEROLLES ATTILLY	220.2.98	REC	28	16
BOISSY SAINT LEGER	220.1.63	Agr	17			220.2.104	AEP	36	
BOMBON	258.4.5	AEP-Ab	16		FONTAINE LE PORT	258.7.37	AEP	38	
BOUSSY ST ANTOINE	220.5.42	AEP	290	6,8	GASTINS	221.6.5	AEP	11	
BRIE COMTE ROBERT	220.5.35	AEP	96		GRANDPUITS	259.1.36	REC	17	21
	220.5.81	AEP	88	32		259.1.48	Ind	259	8,8
	220.2.2	Agr	10	> 5		259.1.49	Ind	172	1,9
	220.6.2	Agr	30	>80	GRETZ ARMAINVILLIERS	220.3.14	AEP	18	2,8
	220.6.41	Ind	80			220.3.15	AEP	150	12
	220.6.47	Ind	15			220.3.22	Ind	35	
	220.6.87	Agr	8		GRISY SUISNES	220.6.3	AEP	43	
CERNEUX	222.2.17	Agr	7			220.6.44	AEP	220	30
	222.2.18	Agr	40			220.2.16	Agr	36	
	222.2.19	AEP	16			220.2.26	Agr	120	
CESSON	258.1.60	AEP	210			220.6.26	Rec	82	22
CHALAUTRE LA GRANDE	260.3.5	AEP	7			220.6.27	Rec	50	2,5
CHALAUTRE LA PETITE	260.1.8	AEP	65			220.6.28	Rec	82	14
CHAMPEAUX	258.4.7	AEP	10	2		220.6.40	Agr	50	66
LA CHAPELLE GAUTHIER	259.1.8	AEP	7	1,4		220.6.85	AEP	168	
	259.1.7	Agr	8		GUIGNES	220.8.20	AEP	163	94
LA CHAPELLE RABLAIS	259.2.54	AEP	48		HAUTEFEUILLE	221.2.9	AEP	10	
CHARTRETTES	258.6.57	AEP	157	17	HERICY	258.7.13	AEP	280	67
CHATEAUBLEAU	259.3.9	AEP	12	2,8	LA HOUSSAYE EN BRIE	221.1.13	AEP	177	55
LE CHATELET EN BRIE	258.8.11	AEP	12		LECHELLE	260.2.8	Rec	8	
	258.8.19	AEP	?			260.2.52	AEP	126	
	258.4.6	Agr	11	2	LESIGNY	220.2.25	AEP	?	
CHATRES	220.4.1	AEP	25	1,7		220.1.26	AEP	80	
CHAUMES EN BRIE	220.8.1	AEP	16			220.1.36	AEP	230	
	220.8.3	AEP	7			220.2.28	AEP	51	0,7
	221.5.5	Agr	7	0,8		220.2.31	AEP	8	
CHENOISE	221.8.7	Ind	25			220.2.92	AEP	5	
	221.8.8	AEP	6			220.2.93	AEP	30	
	221.8.9	Ind	35			220.2.94	AEP	8	
CHEVRY COSSIGNY	220.2.7	AEP	42	5,8		220.2.95	AEP	9	
	220.2.3	Ind	65			220.2.99	AEP	40	
COMBS LA VILLE	220.5.5	AEP	180	140		220.1.66	AEP	60	3,4
	220.5.44	AEP	360 et 400	62	LEUDON EN BRIE	222.1.6	AEP	30	
	220.5.80	AEP	200	70	LIEUSAIN	220.5.10	Ind	240	7,2
	220.5.84	AEP	200	100		220.5.11	Ind	22	
COUBERT	220.7.4	AEP	30			220.5.12	Ind	102	
	220.6.83	Ind	29		LIMOGES FOURCHES	220.6.6	AEP	23	0,8
COURPALAY	221.5.8	AEP	15			220.6.39	Ind	130	12
COURTACON	222.1.5	AEP	45		LIVRY SUR SEINE	258.2.1	AEP	25	42
						258.6.77	AEP	90	13
						258.6.98	AEP	250	20
						258.6.113	AEP	250	71
						258.6.114	AEP	160	19

Communes	n° BRGM	Utilisa- tion	Débit ma- ximum con- nu m³/h	Transmis- sivité calculée 10 ⁻³ m²/s
LIZINES	259.4.8	AEP	9	0,6
LOUAN	222.7.5	AEP	11	
MANDRES LES ROSES	220.1.73	Agr	68	
	220.1.74	Agr	185	
MAROLLES EN BRIE	220.1.3	AEP	5	0,17
MAUPERTHUIS	221.2.10	?	7	
LE MEE SUR SEINE	258.2.12	AEP	970	100
	258.2.92	AEP	630	100
MOISENAY	258.3.14	AEP	82	
MOISSY CRAMAYEL	220.5.23	AEP	27	
	220.5.43	AEP	150	
	220.5.61	Ind	30	
	220.5.31	Agr	55	
	220.6.15	Agr	65	
MONTCEAUX LES PROVINS	222.3.1001	AEP	20	
MONTEREAU SUR LE JARD	258.2.4	Ind	72	1,7
	258.2.5	AEP	15	0,9
	220.6.22	Ind	8	
	220.6.23	Ind	40	2,4
	220.6.24	Ind	28	2,4
	220.6.25	Ind	40	
MORMANT	269.1.47	AEP	320	3,2
NEUFMOUTIERS EN BRIE	220.4.10	AEP	35	1,7
OZOIR LA FERRIERE	220.2.10	Agr	30	35
	220.2.19	AEP	60	
	220.2.101	Ind-Ab	2	
	220.2.29	AEP	7	
	220.2.100	Ind-Ab	ε	
OZOUER LE REPOS	221.5.12	Inu	7	0,9
	259.1.53	Ind	200	
	259.1.62	Ind	200	60
	259.1.66	Ind	255	19
OZOUER LE VOULGIS	220.7.1	AEP	29	5,3
COURQUETAINE	220.7.7	AEP	33	6,2
	220.7.29	AEP	200	10
NANGIS	259.2.6	Ind	21	
	259.2.7	Ind	20	14
	259.2.19	AEP	100	3,6
	259.2.36	Ind	178	
	259.2.52	AEP	92	
PAMFOU	258.8.17	AEP	39	
	258.8.16	Agr	1	0,03
PONTAULT COMBAULT	184.6.3	AEP	49	40
	184.6.4	AEP	24	3,5
PONTCARRE	184.7.20	AEP	7	
PRESLES EN BRIE	220.3.2	AEP	11	2,4
PROVINS	260.1.45	AEP	80	
	260.1.60	Ind	120	
QUIERS	259.1.54	Ind	80	
	259.1.60	Ind	25	
REAU	258.1.5	Agr	5	0,4
	258.2.143	Agr	120	
ROISSY	184.6.2	AEP	240	4
	184.6.73	AEP-Ab	14	0,5
	184.6.74	AEP-Ab	ε	
ROUILLY	260.1.19	AEP	11	
ROZAY EN BRIE	221.5.13	AEP	33	0,2
	221.5.22	AEP	550	18
RUBELLES	258.2.97	AEP	185	25
RUPEREUX	222.5.8	AEP	12	
SAMOREAU	258.7.14	AEP	144	
SANCY LES PROVINS	222.2.4	AEP	14	

Communes	n° BRGM	Utilisa- tion	Débit ma- ximum con- nu m³/h	Transmis- sivité calculée 10 ⁻³ m²/s
SANTENY	220.1.4	?	14	
	220.1.64	Ind	55	
SAVIGNY LE TEMPLE	258.1.6	AEP	120	84
SAVINS	259.8.6	AEP	4,5	
SEINE PORT	258.1.9	AEP-Ab	28	2,1
	258.1.10	AEP-Ab	20	4,2
	258.1.43	AEP	170	
	258.1.11	?	18	
	258.1.38	Ind	103	4,5
SOIGNOLLES EN BRIE	220.7.2	AEP	30	
	220.6.74	Ind	36	
	220.7.3	Ind	60	
SAINT AUGUSTIN	221.2.19	Ind	40	
SAINTE COLOMBE	260.1.12	?	11	
SAINT JUST	221.7.8	AEP	6	0,15
SAINT LOUP DE NAUD	259.4.12	AEP	162	
	259.4.13	AEP	252	
	259.4.14	AEP	54	
	259.4.15	AEP	72	
TOURNAN EN BRIE	220.3.4	AEP	54	1,1
	220.3.27	AEP	171	39
VALENCE EN BRIE	259.5.17	AEP	22	
	259.5.22	Agr	0,2	
VARENNES JARCY	220.5.41	AEP	350	
	220.5.45	AEP	198	
	220.5.67	AEP	216	28
VAUDOY EN BRIE	221.7.16	AEP	15	
VAUX LE PENIL	258.2.9	AEP	30	
	258.2.8	AEP	6	0,2
	258.3.12	Agr	130	
	258.3.10	Ind-Ab	30	
VERNEUIL L'ETANG	220.8.18	AEP	31	2,2
	220.8.22	AEP		7,6 Ch
				130 SO
VERNOU LA CELLE SUR SEINE	294.4.84	AEP	?	10
	294.4.127	AEP	100	
VIEUX CHAMPAGNE	259.3.23	AEP	50	
VILLEGRUIS	222.7.4	AEP	14	
VILLENEUVE LES BORDES	259.6.8	AEP	30	
	259.6.33	AEP	2	
VILLIERS ST GEORGES	222.6.11	AEP	18	
VULAINES	259.4.11	AEP	14	
VULAINES SUR SEINE	258.7.87	AEP	200	
	258.7.88	AEP	120	

CHAPITRE 2

PIÉZOMÉTRIE DE LA NAPPE DU CALCAIRE

DE CHAMPIGNY

2.1. RAPPEL DES TRAVAUX ET OBSERVATIONS EFFECTUES

2.1.1. Inventaire (cf. carte C)

Un premier inventaire réalisé de janvier à avril 1973 a permis de sélectionner parmi 630 points inventoriés , près de 400 points d'eau permettant la mesure des niveaux.

2.1.2. Mesures régulières

Parmi ces 400 points d'eau , 49 ont fait l'objet de mesures régulières au cours des deux premières années de l'étude :

- . 10 limnigraphes posés en avril 1973
- . 9 limnigraphes posés en mars 1974
- . 10 points relevés hebdomadairement
- . 20 points relevés mensuellement

L'ensemble de ces mesures a été rassemblé sur bordereaux, en vue d'un traitement informatique ultérieur.

2.1.3. Relevés synchrones

Deux relevés synchrones ont été effectués l'un en basses eaux de la nappe (octobre 1973) , l'autre en période de hautes eaux (mars 1974) (ils sont présentés cartes D et D bis).

2.1.4. Nivellement de précision

En plus des 114 points nivelés lors d'études antérieures (BRGM 1964) le nivellement de précision effectué au titre de cette étude a porté sur 80 points d'eau et permet de connaître au centimètre près les cotes de la nappe sur les points considérés.

2.2. ETUDE DE LA PIEZOMETRIE

Sans revenir sur le détail de ce qui a été exposé déjà dans les notes techniques 3 (août 1973) et 13 (octobre 1974) il est nécessaire de rappeler les points suivants :

2.2.1. Précision des cartes

Les cartes piézométriques hautes et basses eaux (présentées au 1/100.000 avec la NT 13) et reprises au 1/200.000 dans le présent rapport final font ressortir les directions d'écoulement majeur qui sont désormais suffisamment connues, même si, dans le détail le compartimentage de la nappe et la répartition des points de mesure peut laisser subsister certaines indéterminations locales sur le tracé exact des isopièzes.

2.2.2. Délimitation de bassins (cartes D et D bis)

Ces cartes piézométriques ont permis de tracer des "lignes de courant limite" et de délimiter ainsi en Brie occidentale 7 bassins distincts sur lesquels a porté l'étude de bilan du chapitre 5 (1).

La superficie de ces bassins varie peu au cours des saisons, à l'exception de celles des bassins 3 et 4, en limite desquels se produit un phénomène curieux :

. en période de basses eaux (octobre 1973) la partie amont du bassin de l'Yerres et de la Visandre s'écoule en direction de Melun et appartient ainsi au bassin n° 4.

. en période de hautes eaux (mars 1974) , les pertes qui se produisent dans l'Yerres moyenne créent un "bulbe piézométrique" sous l'Yerres ; la présence de ce bulbe oblige à s'écouler vers le Nord pendant l'hiver, au profit du bassin 3, les apports souterrains en provenance de la Visandre et de la Haute Yerres.

Il a naturellement été tenu compte de cette particularité dans l'établissement du bilan de ces deux bassins.

(1) Cette délimitation et la numérotation des bassins sont différentes de celle adoptée dans la NT 13 , en particulier le bassin n° 2 de cette note a été scindé en 2 bassins numérotés 2 et 3.

Les bassins hydrogéologiques finalement retenus sont les suivants du Nord au Sud :

n°	Nom du bassin	Direction d'écoulement	superficies Km2		
			moyenne	Htes eaux	Basses eaux
1	de Lagny	N-NO	110	110	110
2	du Morbras	O	270	274	263
3	Tournan-Brie	O	477	587	367
4	Nangis Melun	SO	854	744	964
5	Chatelet Val.Javot	O	168	176	160
6	Champagne S/seine	NO	41	45	37
7	de Corbeil	O	59	59	59
Totaux Brie Occidentale			1979	1995	1960 *
A rattacher à la Brie Orientale	8	l'Aubetin	NNO	250	

2.2.3. Analyse bassin par bassin

L'analyse des cartes piézométriques bassin par bassin permet de faire des observations qui seront à rapprocher de l'étude du bilan qui fait l'objet du chapitre n° 5.

2.2.31 Le bassin 1 : la nappe qui se situe dans les marnes infra-gypseuses (Le Champigny est dénoyé) ou dans le Saint-Ouen peu calcaire , est très mal définie faute de points en nombre suffisant; la médiocre perméabilité de l'aquifère conduit à un gradient élevé entre la limite Sud du bassin (cote 40 à 70) et la Marne entre 30 et 40 NGF.

Les ressources de ce bassin, faute de pertes de rivières, sont très limitées.

2.2.32 Le bassin 2 : débutant sous le coteau qui borde le grand Morin à l'Ouest, la nappe s'écoule dans le calcaire de Champigny, assez perméable, avec un faible gradient jusqu'au droit de l'isopièze 50, vers Pontault Combault; à l'aval , la remontée des marnes infraludiennes à la faveur de l'anticlinal de Champigny "bloque" la nappe dans des terrains de perméabilité plus médiocre. Faute de pertes de rivières dans ce bassin, les ressources en sont limitées à l'apport d'infiltration au travers des marnes supragypseuses.

2.2.33 Le bassin 3 : limité au Sud en hiver par le gonflement périodique dû aux pertes de l'Yerres, ce bassin prend naissance dans la haute vallée de la Visandre. Il bénéficie des pertes de la Visandre, de la haute Marsange et de la basse Yerres.

* erreurs de planimétrie = de l'ordre de 2%.

En étiage, ce bassin, plus réduit, est limité entre Touquin et Coubert, par une ligne de courant passant au Nord de Fontenay Trésigny.

La nappe s'écoule d'Est en Ouest dans le Calcaire de Champigny avec un faible gradient.

Comme dans le bassin 2, la nappe vient buter à l'aval contre les marnes infragypseuses. La section de passage ainsi rétrécie, il se produit deux phénomènes :

- . l'accroissement du gradient dans la zone aval.
- . l'existence de résurgences dans la basse Yerres, d'ailleurs captées en partie par la SLEE. Le reste des ressources non captées de ce bassin s'écoule souterrainement au sein du Lutétien calcaire (environ 700 l/s) ; le reste (500 l/s environ) s'écoule superficiellement et maintient les étiages de la basse Yerres.

2.2.34 Le bassin 4 : c'est le bassin le plus important, en superficie comme en ressources; bien que les pertes hivernales de la Visandre ne lui profitent pas, il bénéficie des pertes importantes de l'Yvron, de l'Yerres moyenne et surtout de l'Almont.

La nappe s'écoule d'abord d'Est en Ouest jusque vers Ozouer, puis bifurque vers le Sud-Ouest pour déboucher en Seine entre Seine-Port et Livry.

L'amincissement de la zone perméable, dans la partie Sud, jouxtant le bassin 5, se traduit entre Blandy et Bonbon par un gradient d'écoulement plus élevé.

2.2.35 Le bassin 5 : la nappe s'étale, avec un faible gradient entre la Chapelle Gauthier et Pamfou. La diminution de l'épaisseur aquifère entraîne un accroissement du gradient vers l'aval. Les ressources de ce bassin, dépendent des pertes de la vallée Javot et du Chatelet, non jaugées.

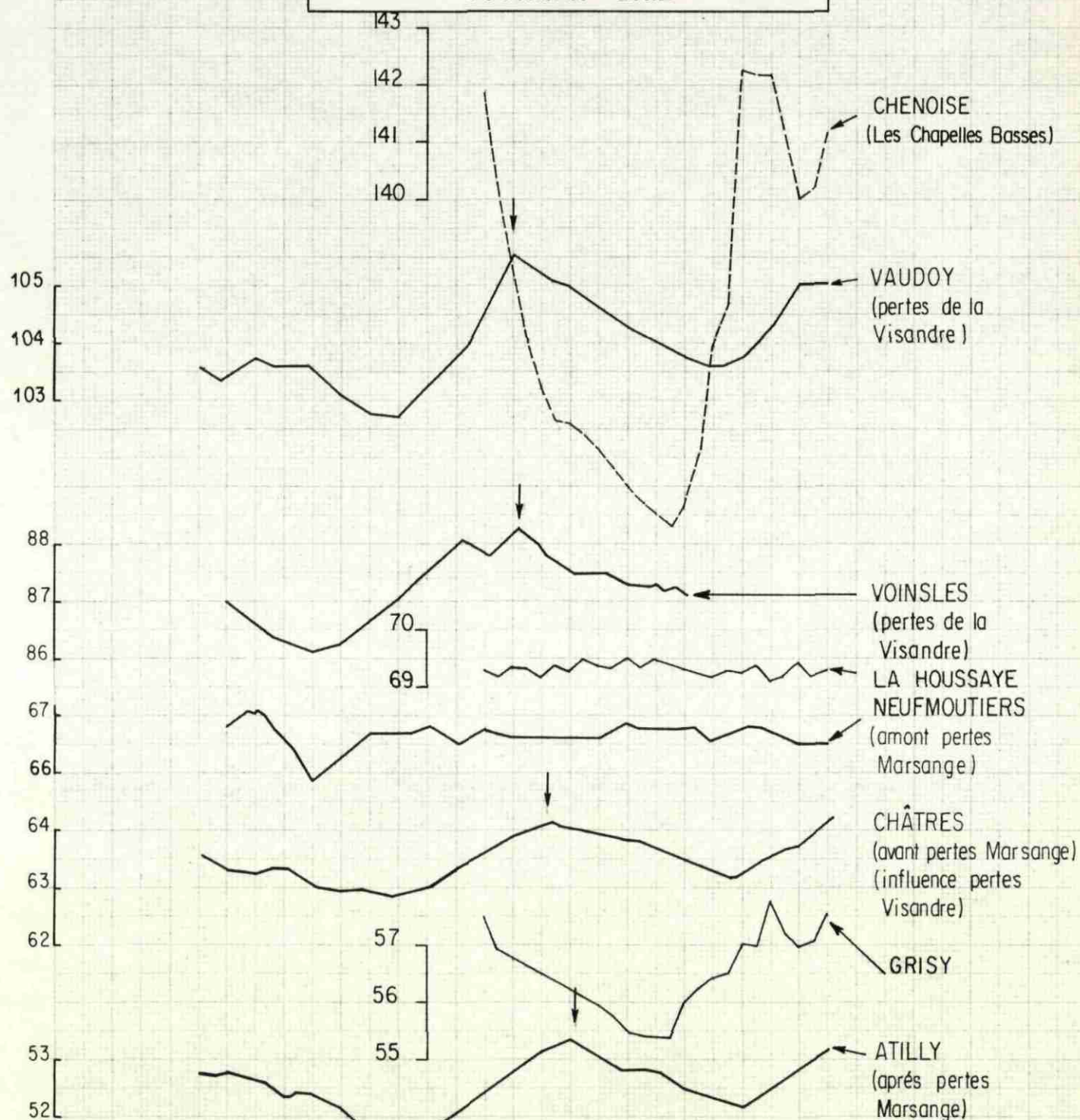
2.2.36 Le bassin 6 : dans ce bassin Sud, très marginal, le relèvement des couches vers le Sud, la disparition des horizons de Saint-Ouen et Beauchamp, le faciès marneux du Lutétien, l'absence de pertes de rivière, font que la nappe, très mince, y est peu exploitable. La piézométrie y est donc mal connue et imprécise, les ressources en sont, de toutes façons, limitées.

2.2.37 Le bassin 7 : ce bassin, axé sur Corbeil, qui s'ouvre en triangle sur la Seine, montre un écoulement divergent entre les deux zones d'écoulement convergent du bassin 3 au Nord et du bassin 4 au Sud.

Cette structure particulière, n'est pas due au hasard, mais résulte du dénoyage du Champigny par la présence de l'anticlinal de Corbeil. La surface de la nappe se situe de ce fait dans les marnes infragypseuses, et l'essentiel du débit souterrain doit transiter dans le Lutétien.

BASSIN HYDROLOGIQUE N°3

TOURNAN - BRIE



Exutoire Seine cote 30 NGF à 13 km

M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M
1973 1974 1975

2.2.38 Le bassin 8 nous en parlerons pour mémoire :

La nappe, alimentée par les pertes de l'Aubetin à l'amont de la station 80, est drainée vers l'aval par cette rivière dans laquelle on note des fortes résurgences. Une partie des pertes de l'amont pourrait profiter aux Sources de la Voulzie (?), le reste des apports de ce bassin s'écoule finalement vers le Nord au profit du bassin du grand Morin et n'intéresse pas la Brie Occidentale.

2.2.39 Sources de Provins (pour mémoire)

Le bassin des sources de Provins limite à l'Est le bassin 4. Il est ouvert vers le Sud sur les 3 groupes des sources de Provins, entièrement captées pour la ville de Paris ; d'après la piézométrie mise à jour leur bassin versant souterrain serait de 241 km², ce qui permet de leur attribuer un débit spécifique moyen sur 13 ans de 5 l/s/km².

2.2.4. Analyse des fluctuations saisonnières (tableau n° 2)

La carte d'égale variation de niveau entre l'étiage d'octobre 1973 et les hautes eaux de mars 1974 (carte E et le tableau n° 2) démontrent à l'évidence l'influence prépondérante des pertes de rivières dans l'alimentation de la nappe :

fluctuation de + 3 à + 4m dans la zone de l'Yerres et de la Visandre
+ 3 à + 5m dans la zone de l'Almont
+ 2 à + 3m dans les zones de la vallée Javot et de l'Yvron,

tandis que loin des rivières, les fluctuations dépassent rarement 1 mètre.

L'analyse détaillée des fluctuations saisonnières, enregistrées sur limni-graphes ou par relevés réguliers est présentée sur les planches n° 3, 4, 5 et 6, sur lesquelles on les a regroupées d'amont en aval par zones d'écoulement (1)

2.2.41 Dans le bassin 3 les pertes de la Visandre (pl.3) sont sensibles à Voinsles en avril et Châtres en mai. Les pertes de la Marsange se font sentir à Atilly en juin. La carte d'égales variations (carte E) montre que les fluctuations à proximité des exutoires de la basse Yerres sont faibles, ce qui signifie que les apports y sont sensiblement régularisés (ce point est important car le bilan est très variable selon la saison).

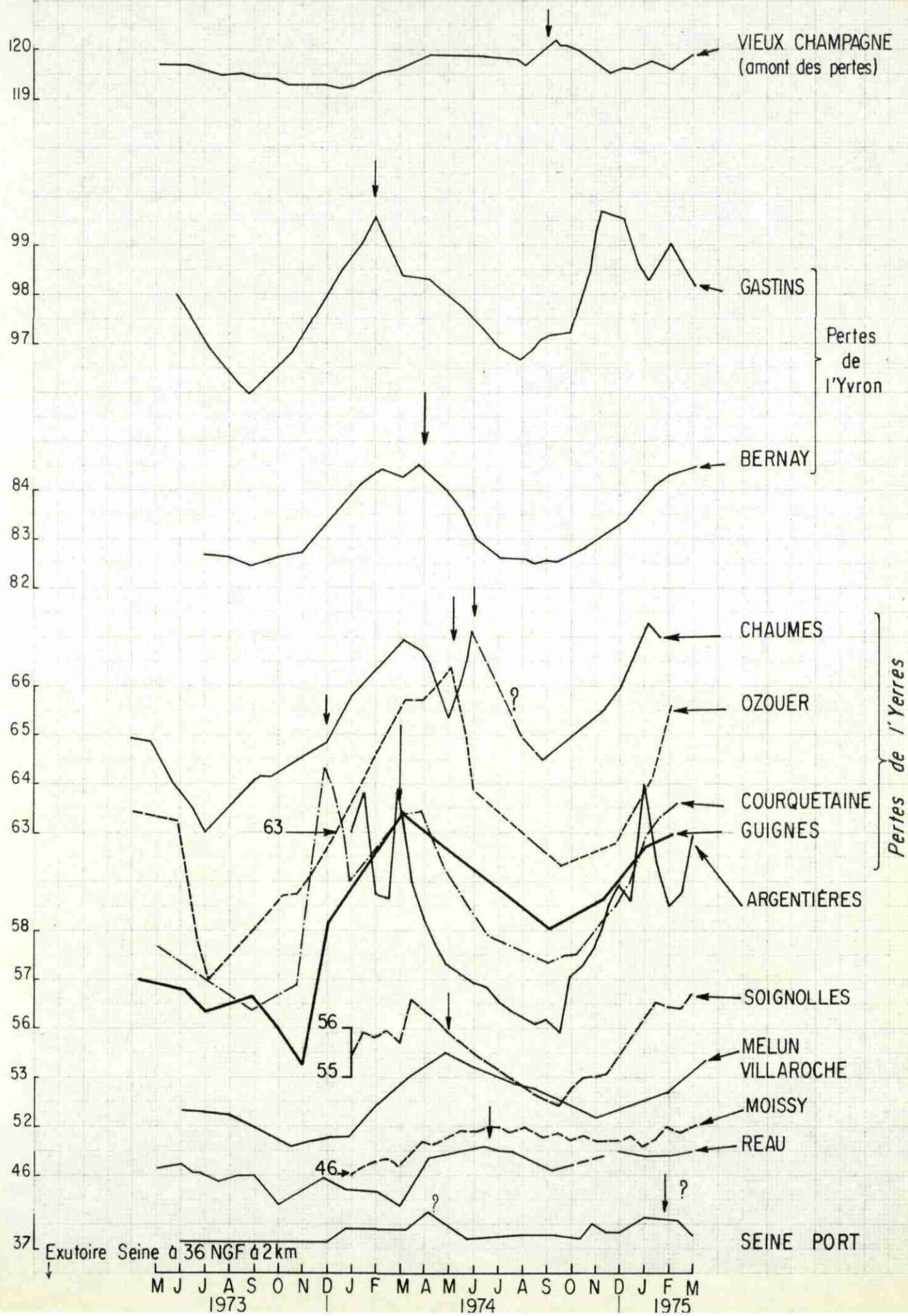
La zone du "plateau" de Brie , qui ne reçoit que des infiltrations au travers des marnes supragypseuses ne montre (Neufmoutiers, Hautefeuille) que des fluctuations inférieures au mètre.

(1) Il n'existe pas de relevés réguliers sur les deux bassins Nord n° 1 et 2, de médiocres ressources au demeurant (cf.bilan).

FLUCTUATIONS PIEZOMETRIQUES ENREGISTREES

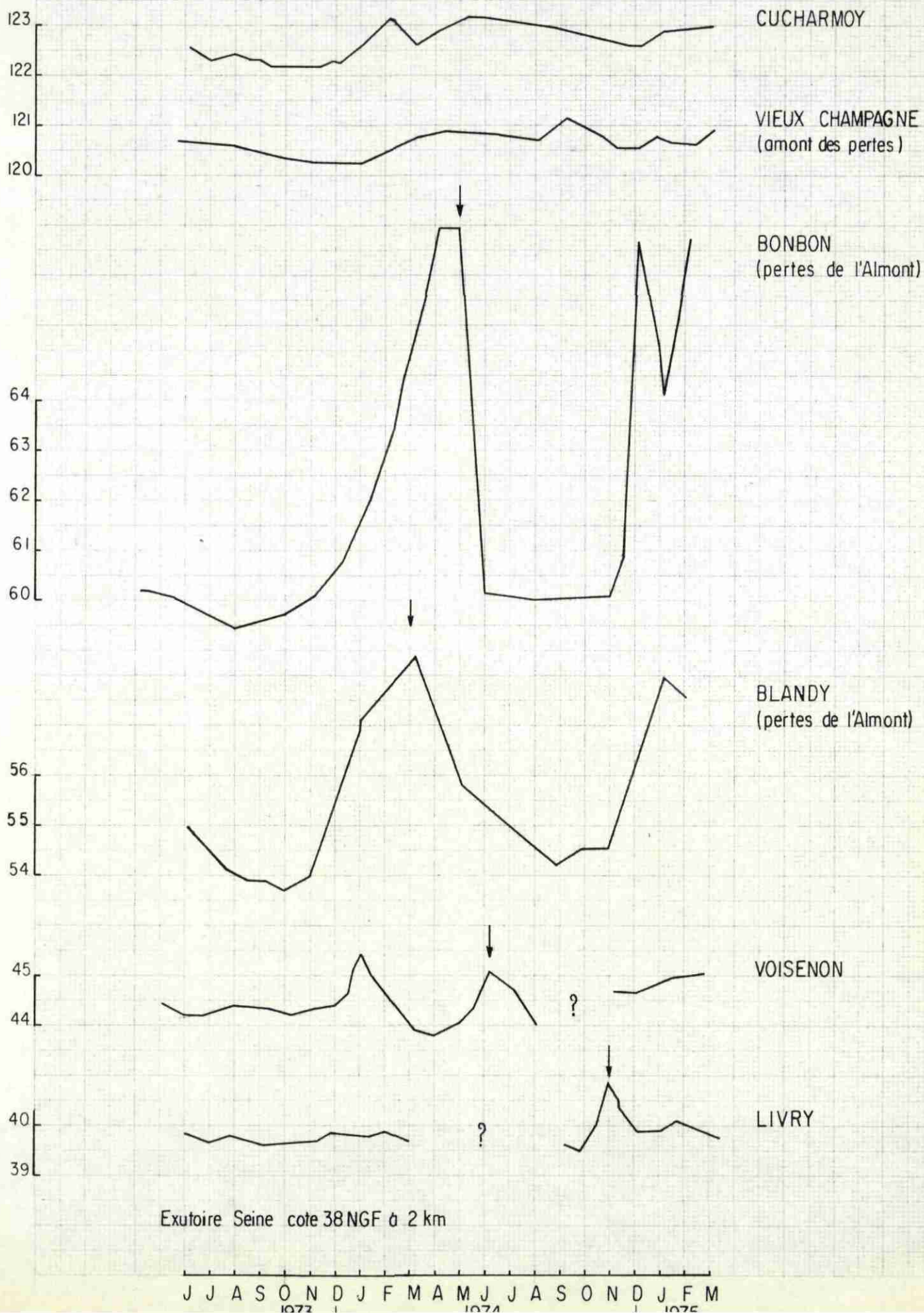
Zones	Planche limnig.	Nom du limnigraphe	Ecart Oct.73 Mars.74	Ecart maxi	Date du maxi	Observations
Bassin hydro. n° 3 Tournan Brie		Vaudoy Voinsles Neuf Moutiers Châtres Atilly	1,50 1,50 0,30 0,7 0,5	2,8 2,1 11 1,2 1,6	4/74 4/74 7/73 5/74 6/74	Effet des pertes Visandre " " " " " Bassin amont pas de pertes. Effet retardé pertes Visandre Effet retardé pertes Marsange
Bassin hydro. n° 4 Nangis Melun (Tube de courant Nord)		Cucharmoy Vieux Champagne Gastins Bernay Chaumes Ozouer Courquetaine Guignes Melun Vill. Réau Seine Port	0,5 0,3 2,0 1,8 2,7 4,0 3,6 4,4 1,2 0 0,3	1,0 0,9 3,6 2,0 4,0 6,50 5,0 5,0 1,9 1,1 0,6	5/74 9/74 2/74 4/74 6/74 5/74 12/73 3/74 5/74 6.7/74 4/74	Infiltration directe sur Champ. Infiltration à travers MSG Effet pertes de l'Yvron " " " " Effet pertes Yerres moyenne " " " " Effet Puits <u>Yerres et Marsange</u> " " " " Effet retardé puits Yerres " " " " Effet très amorti des puits
Bassin hydro n° 4 Nangis Melun (Tube de courant Sud)		Cucharmoy Vieux Champagne Bombon Blandy Livry	0,5 0,3 5,2 4,7 0,2	1,0 0,9 8 4,7 1,2	 5/74 3/74 11/74	Pour mémoire (cf.ci-dessus) Pertes de l'Almont " " " Effet amorti des pertes de l'Almont.
Bassin hydro n° 5 Le Chatelet		La Chapelle Pamfou Le Chatelet	2,8 3,2 0,3	3 (3,4 (6,5 2,0	3/74 3/74 1/75 6/73	Pertes de l'Almont Pertes de vallée Javot Pertes de vallée Javot Effet amorti pertes Almont et vallée Javot
De Plateaux à distance des pertes		Leudon Haute feuille Lieuxaint	0,5 0,3 ?	1,50 0,90 0,5	6/73 6/74 5/74	
Pertes de L'Aubetin et du bassin de Ronds		Rupereux Sancy Chenoise	3,6 3,7 1,3	4,6 5,0 (3,5 (5,3	4/74 4/74 4/74 2/75	Pertes de l'Aubetin (Pertes haut Yvron (

BASSIN N°4 **NANGIS - MELUN** **(Ligne de courant nord)**



BASSIN N°4

(Tube de courant sud)



2.2.42 Dans le bassin 4 , la planche 4 met en évidence :

- l'influence sous le plateau, à distance de toutes pertes d'une alimentation très régulière au travers des marnes supragypseuses (Vieux Champagne) et décalée dans le temps (point haut en septembre 1974) de plusieurs mois par rapport aux saisons pluvieuses.
- l'influence des pertes de l'Yvron (2 à 3,5m) à Bernay et Gastins (maximum en février et avril)
- l'étalement progressif d'un "bulbe injecté" vers l'aval, et la régularisation presque totale du niveau (donc du débit écoulé) près des exutoires (Melun, Villaroche, Reau, Seineport)
- la planche 5 permet des observations en tous points analogues, et montre que les fortes pertes de l'Almont induisent à Bonbon un gonflement saisonnier de 8 mètres (et 4,70 à Blandy) qui est presque totalement "étalé" à l'exutoire (Livry et Voisenon)

2.2.43 Dans le bassin 5 (pl. 6)

On notera à Pamfou l'effet des pertes de la vallée Javot ,
à La Chapelle, l'effet sur le bassin 5 des pertes de l'Almont.

Comme ci-dessus on observera la régularisation du niveau vers l'aval
au Chatelet, situé à 4km de l'exutoire Seine.

2.2.44 La planche 7 enfin, réunit 2 familles de courbes bien distinctes :

- les courbes d'évolution "tranquille" de la nappe sous les plateaux (Leudon, Hautefeuille, Lieusaint, Cucharmoy, Vieux Champagne)
- les courbes d'évolution dans les zones d'affleurement du Champigny en Brie orientale (Rupereux, Sancy les Provins, Chenoise).

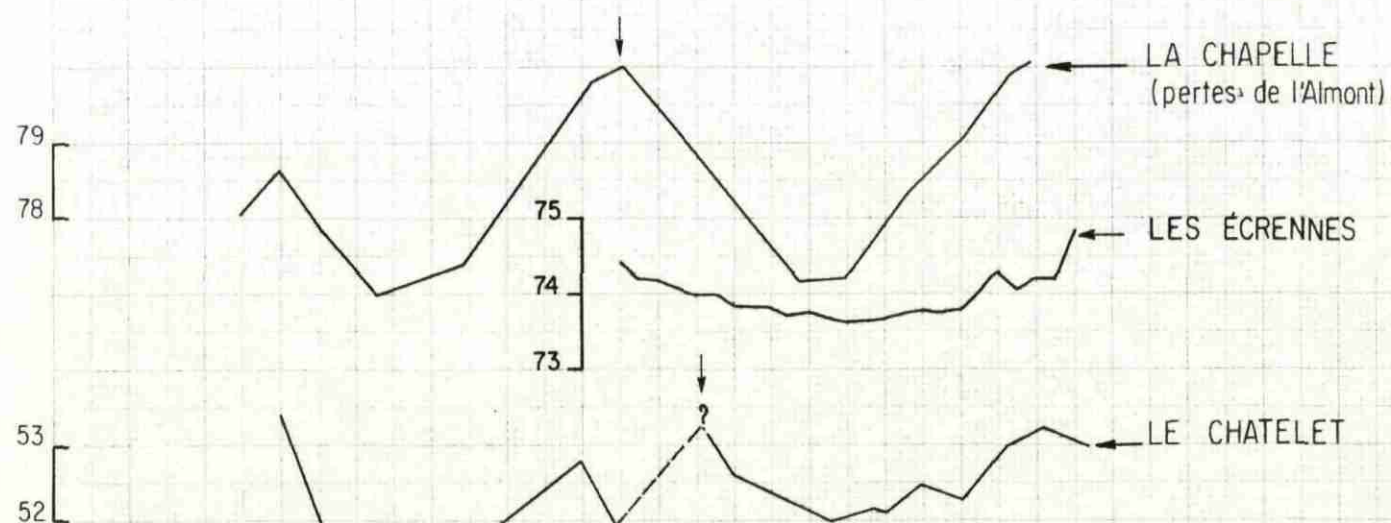
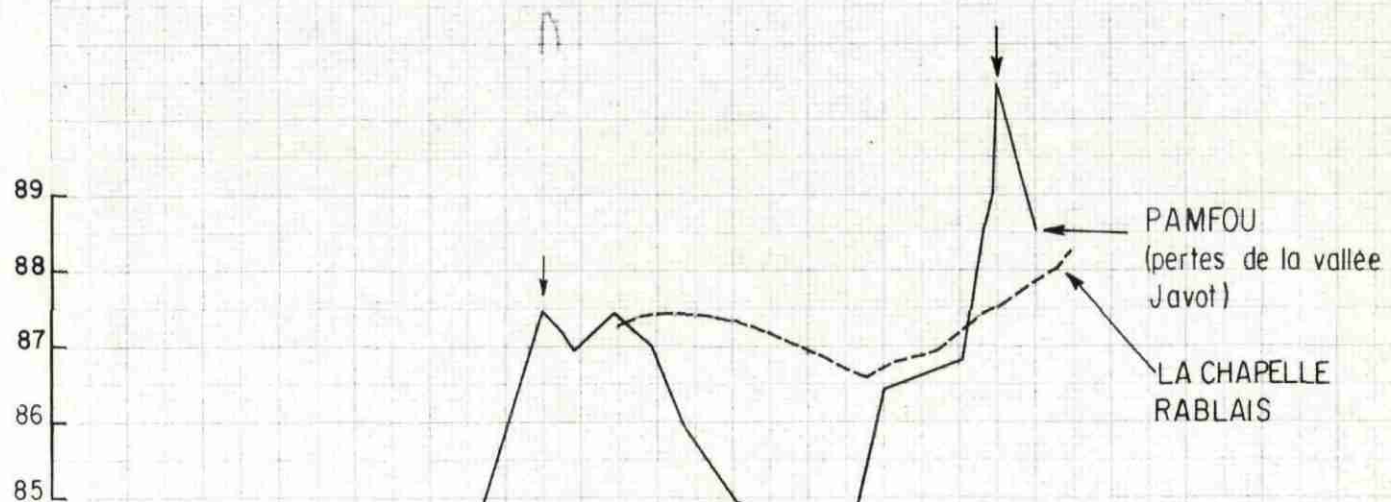
2.3. CONCLUSIONS

De tout ce qui précède, il est essentiel de retenir les points suivants :

2.3.1. L'essentiel des fluctuations notées dans la nappe du calcaire de Champigny en Brie occidentale est à attribuer aux pertes qui se produisent dans le lit de la plupart des rivières du secteur.

2.3.2. L'alimentation de la nappe par percolation lente au travers des marnes supragypseuses est peut-être la cause des légères fluctuations que l'on observe sur les limnigrammes en dessous des plateaux (Cucharmoy, vieux Champagne)

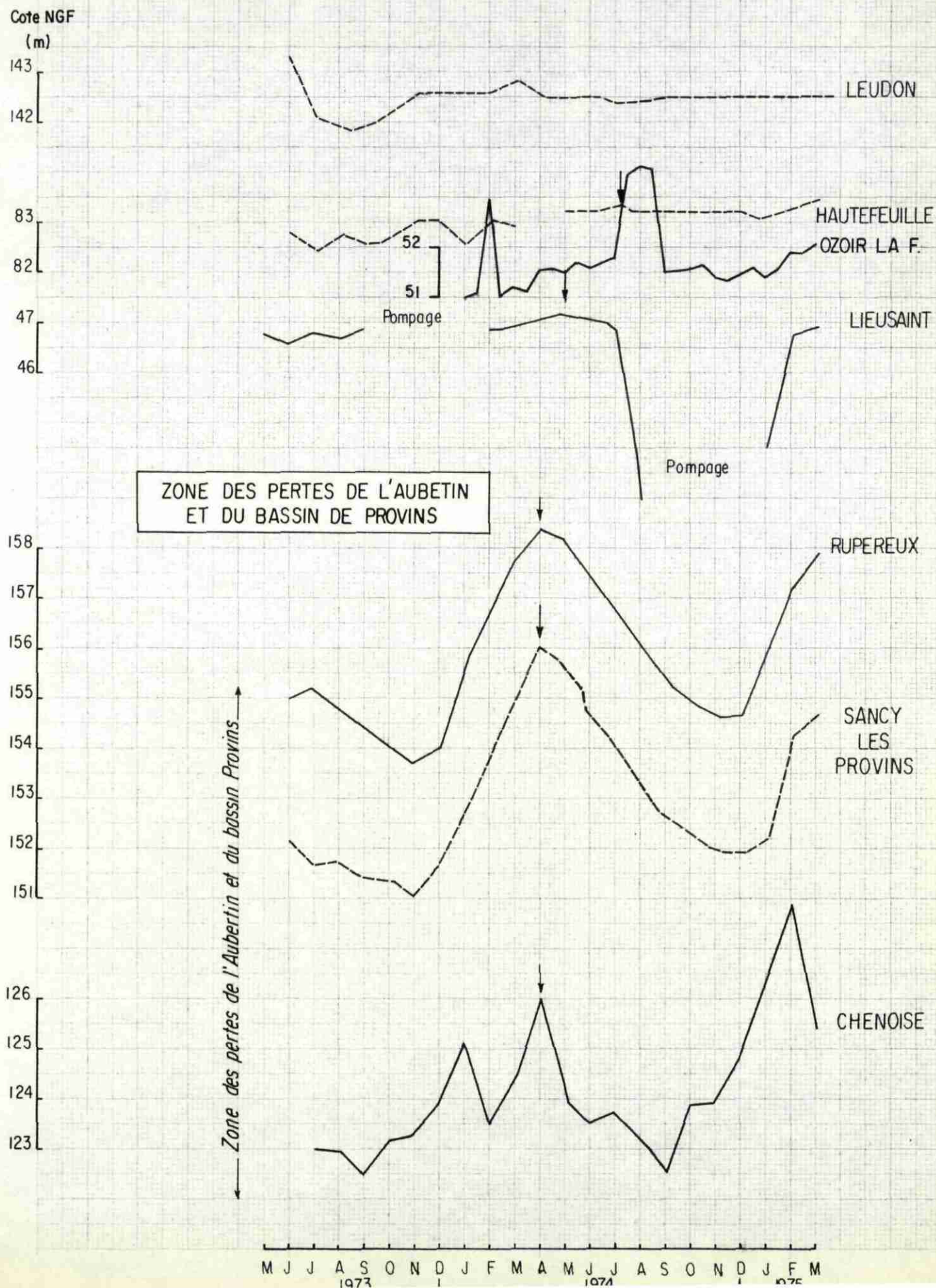
BASSIN N°5



43 Exutoire Seine cote 43 NGF à 4km

A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M
1973 1974 1975

EVOLUTION PIÉZOMÉTRIQUE SOUS LES PLATEAUX A DISTANCE DES PERTES



Ces fluctuations paraissent décalées de 5 à 6 mois par rapport à la période de pluie efficace (octobre à mars).

2.3.3. Il est possible de délimiter des zones d'écoulement souterrain sur lesquelles on a réalisé l'étude du bilan ci-après.

2.3.4. Malgré les fortes fluctuations saisonnières dues aux pertes des rivières plus intenses en hiver qu'en étiage, on observe dans la nappe sur les relevés piézométriques respectifs, un étalement progressif de ces fluctuations, qui se traduit notamment près des exutoires par une régularisation presque totale des écoulements souterrains.

Cette dernière remarque est fondamentale car elle permet d'espérer grâce à cette régularisation, pouvoir capter le débit moyen de la nappe, à condition de disposer les captages à proximité de ses exutoires.

2.3.5. A l'exception du secteur de Rozay, la nappe du calcaire de Champigny est libre sur toute la surface de la Brie occidentale. A l'époque des relevés (octobre 73 - mars 1974) elle se situait de 5 à 15m sous le fond des rivières et ne les alimentait que dans la zone de résurgence de la basse Yerres, et à proximité des exutoires Seine et Marne.

*

*

*

CHAPITRE 3

HYDROCHIMIE

A la suite des premiers travaux de terrain, et après consultation des directeurs de l'étude, il a été décidé d'orienter les travaux d'hydrogéochimie vers trois objectifs principaux :

1. - étudier les relations possibles des nappes entre elles et avec les cours d'eau,
2. - étudier la dilution des apports annuels dans la nappe des Calcaires de Champigny,
3. - détecter les pollutions de la nappe.

Les points 1 et 2 ont fait l'objet d'une étude complète sur le plan hydrochimique et isotopique ; le point n° 3, initialement très complet, a été réduit pour des raisons financières à deux tournées comportant chacune une vingtaine de prélèvements seulement. C'est-à-dire que l'on a cherché simplement à avoir quelques éléments statistiques sur la pollution.

Pour les détails concernant les prélèvements, les analyses effectuées et les méthodes utilisées, nous invitons le lecteur à consulter les notes techniques n° 15 et 17. Nous n'exposerons dans ce chapitre que les résultats les plus significatifs apportés par les éléments chimiques ou isotopiques considérés comme représentatifs :

- Les isotopes de l'hydrogène et de l'oxygène
- La minéralisation en sulfates
- La minéralisation en nitrates

et nous traiterons de la vulnérabilité de la nappe aux pollutions.

On voudra bien trouver ci-joint en annexe les tableaux récapitulatifs des principales valeurs médianes obtenues.

3.1. LES ISOTOPES DE L'HYDROGENE ET DE L'OXYGENE

3.1.1. HYDROGENE DE MASSE 3 : TRITIUM

3.1.1.1 Le tritium dans la pluie

Le tritium n'est présent d'une façon naturelle dans l'atmosphère qu'à une dose très faible qui est de 1 ou 2 unités tritium (UT).

A la suite des explosions thermo-nucléaires, les pluies ont marqué dans la Région parisienne des activités qui ont atteint 5 à 8.000 UT vers les années 1954 - 1963. La dispersion atmosphérique et la décroissance exponentielle de l'activité (période du tritium 11 ans), ont amené les eaux de pluie en 1969 et 1970 vers une fourchette assez basse de 100 à 300 UT. A partir des années 1971 et jusqu'en 1974, on note en certains points de la Région parisienne, et notamment à Brie-Comte-Robert, un regain d'activité tritium, pouvant présenter quelques pics supérieurs à 1.000 UT. Le graphique de la planche 8 donne les activités tritium de l'eau recueillie à Brie depuis 1968 (crédits du Ministère de l'Industrie). On notera une légère baisse en tritium au deuxième semestre 1974 et en 1975. Le cycle récent, 1971-1974, est un indicateur précieux qui a permis le marquage des eaux.

3.1.1.2 Le tritium dans les eaux de rivière

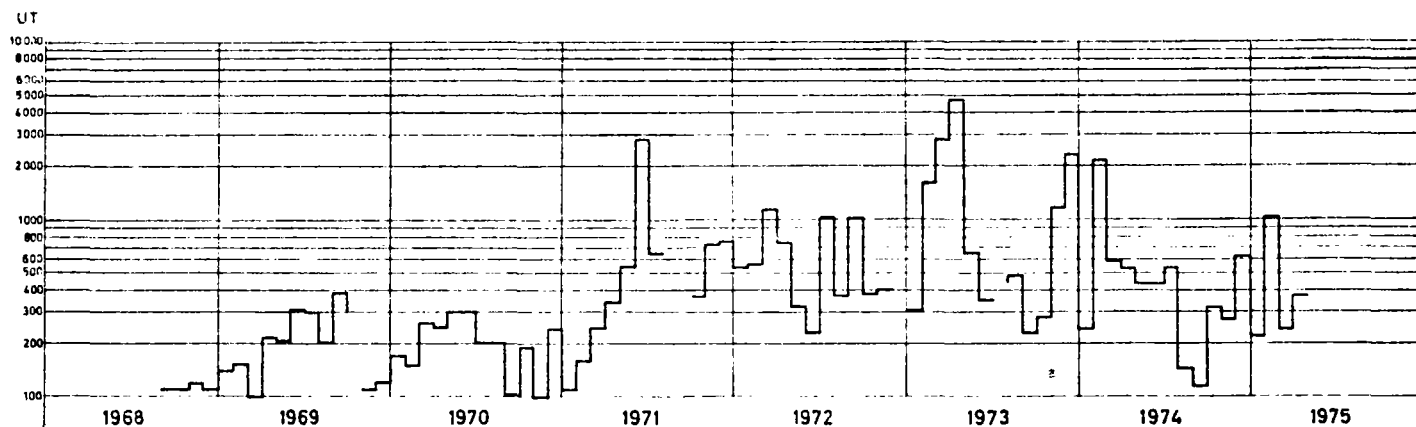
Les activités tritium n'ont été déterminées que sur des prélèvements effectués en décembre 1974 et février 1975, sur le cours de l'Yerres, d'une part à Courtomer, et d'autre part à Crosne.

	Décembre 1974	Février 1975
COURTOMER	391 UT	199 UT
CROSNE	376 UT	271 UT

Pour les dates considérées, c'est-à-dire en période de crue, il est difficile de faire une corrélation entre les activités tritium de l'eau de rivière et celles de l'eau de pluie, ces dernières étant respectivement de 600 - 700 UT et de 200 - 300 UT, on peut cependant affirmer que l'eau analysée comporte une part importante d'eau plus ancienne d'origine souterraine.

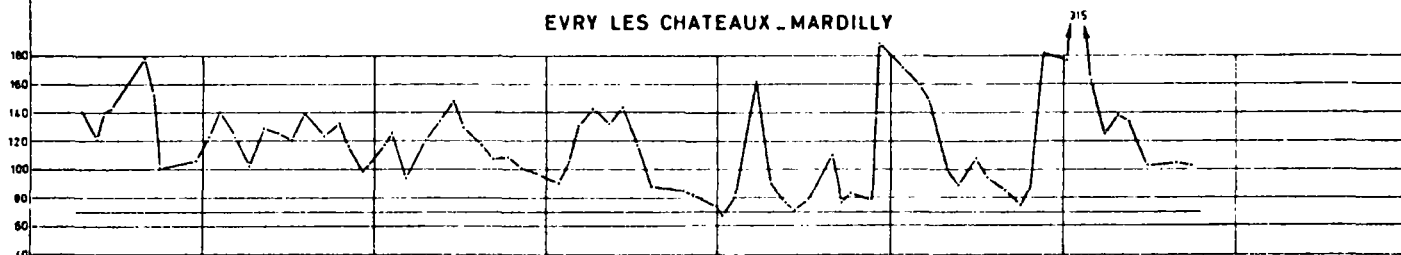
DOSAGES TRITIUM

EAUX DE PLUIE A BRIE-COMTE-ROBERT

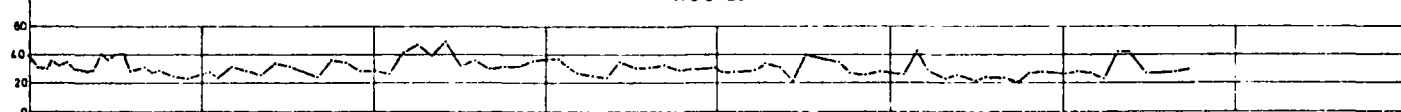


EAUX DE LA NAPPE DES CALCAIRES DE CHAMPGNY

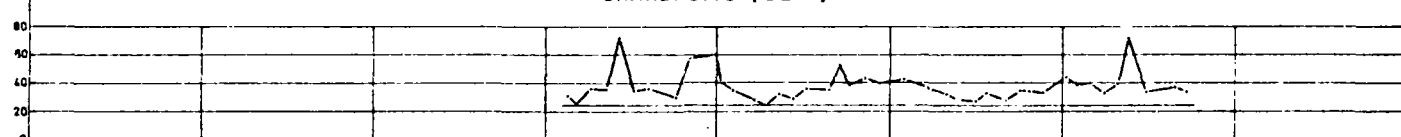
EVRY LES CHATEAUX - MARDILLY



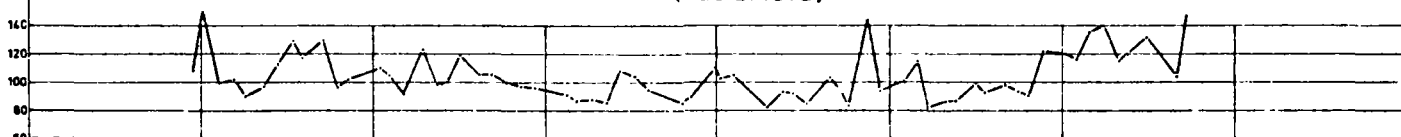
ROUILLY



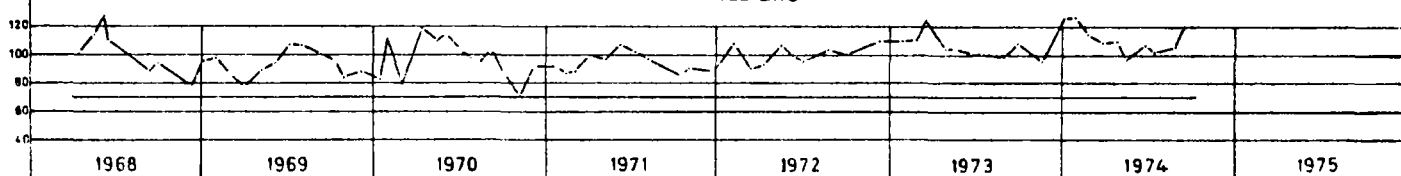
GRANDPUITS (SEIF)



BRIE (ROSIERISTE)



SAINT-HILLIERS



3.1.1.3 Le tritium dans la nappe des Calcaires de Brie

Les activités tritium ont été déterminées sur les quatre sources témoins du Calcaire de Brie. En décembre 1974, les activités étaient de 60 et 90 UT en zone de culture directe sur les limons reposant sur le Calcaire de Brie, et seulement de 40 UT dans les zones recouvertes par des Sables de Fontainebleau, il semble donc que le renouvellement des eaux soit plus rapide en l'absence de couverture sableuse.

3.1.1.4 Le tritium dans la nappe des Calcaires de Champigny

Sur crédits du Ministère de l'Industrie, le B.R.G.M. a suivi depuis 1968 5 ouvrages aux Calcaires de Champigny, dont les graphiques sont présentés planche 8. Si on considère les variations de ces points, on constate qu'il existe une activité tritium minimale qui n'est atteinte qu'une ou deux fois sur 6 années d'observations.

Nous considérerons cette activité minimale, comme représentative des réserves régulatrices de la nappe : on note des valeurs de 20 à 22 UT à Nangis (S.E.I.F.) : zone protégée par les marnes supragypseuses, et à Rouilly (Source du bassin de Provins). L'activité par contre est de 70 à 80 UT à Saint-Hilliers (zone karstique entre les bassins de Provins et de l'Aubetin), ainsi qu'à Mardilly et au Villé (zone des pertes et des résurgences de l'Yerres).

Si pour les quatre dernières années, on compare les pics d'activité tritium de la nappe à ceux de la pluie, on peut apprécier la quantité d'eau apportée à l'aquifère lors des cycles saisonniers. La loi des mélanges permet d'obtenir le tableau suivant :

	Taux de renouvellement saisonnier
Evry-les-Châteaux	11 %
Résurgences du Villé	5,2 %
Saint-Hilliers	4,8 %
Nangis S.E.I.F.	4 %
Rouilly, source Ville de Paris	2 %

Les données de base ci-dessus ont été complétées par une quinzaine de prélèvements effectués en décembre 1974 et février 1975 (voir tableau n°3 en annexe).

Captage en vallée	321 UT	Appel d'eaux superficielles
Brie Lycée agricole de Sansalle		important (40 - 50 %)

Sources hautes captées par la S.L.E.E.	)	Eaux des réserves mélangées
(Le Villé)	)	à des apports d'eaux superficielles plus ou moins lointains :
Sources hautes de l'Auxence	) 115 à 150 UT	Le Villé : 10-15 %
(Meigneux)	)	Meigneux : 20-25 %
Captages de plateau		
S.E.I.F.		
Villeneuve les Bordes		
Le Châtelet	30 à 40 UT	Eaux des réserves régulatrices
Rouilly		
St-Loup-de-Naud		
Sources basses ou captages de base de la nappe		
Donnemarie-Bécherelles	18 UT	
Saint-Just	7 UT	Eaux des réserves profondes
Jouy-le-Châtel	≤ 1 UT	

3.1.2. OXYGENE DE MASSE 18 : ^{18}O

Les teneurs en isotope 18 de l'oxygène sont rapportées en millième par rapport à la valeur moyenne de cet isotope dans l'oxygène de l'eau de mer : $\delta^{18}\text{O}/1.000$.

3.1.2.1 Eaux de pluie

Les teneurs en ^{18}O de l'eau de pluie sont mesurées à Brie depuis 1972, d'une part sur des prélèvements mensuels de janvier 1972 à avril 1975, d'autre part sur des prélèvements hebdomadaires de mai 1974 à mars 1975. La valeur moyenne est de $-6,7 \delta^{18}\text{O}$ avec des écarts de l'ordre de $\pm 5,7 \delta^{18}\text{O}$ sur les valeurs hebdomadaires et $\pm 3,9$ sur les valeurs moyennes mensuelles (planche 9).

3.1.2.2 Eaux de rivière

Les teneurs en oxygène 18 ont été effectuées sur des prélèvements mensuels de mars 1973 à avril 1975, à Courtomer et Crosne. Les valeurs moyennes sont respectivement $-6,3$ et $-6,6$ avec des écarts de l'ordre de $\pm 0,6$.

Au cours de cette période, on a observé une similitude entre les fluctuations en oxygène 18 de l'eau de pluie, avec celles de l'eau de l'Yerres, le déphasage étant en général inférieur à un mois.

3.1.2.3 Nappe des Calcaires de Brie

Les teneurs en oxygène 18 ont été effectuées sur les quatre sources précédemment citées, de décembre 1973 à avril 1975. Les valeurs moyennes de cette période sont de - 6,6 à - 6,7 avec des écarts de l'ordre $\pm 0,2$ à $\pm 0,4$.

De même que pour les eaux superficielles, on observe une similitude entre les fluctuations de l'oxygène 18 de l'eau de pluie avec celles de l'eau de la nappe des Calcaires de Brie, le déphasage étant inférieur au mois.

3.1.2.4 Nappe des Calcaires de Champigny

La planche 9 permet de comparer directement les teneurs en ^{18}O de l'eau de pluie et celles de la nappe des Calcaires de Champigny dans la zone des résurgences (Puits du Rosiériste). On constate que le déphasage est inférieur à un mois, mais surtout que les rapports d'amplitude sont sensiblement de 1 à 20, ce qui correspond au taux de renouvellement moyen de 7,5 %.

Ces valeurs sont très proches de celles déterminées par l'étude précédente concernant le tritium.

En plus du Puits du Rosiériste, trois points ont été suivis dans la nappe des Calcaires de Champigny ; près des zones des émergences de l'Yerres, le point "Brie S.N.C.F." et deux sources émergeant du bassin de Provins "Donnemarie-Bécherelles" et "Saint-Loup-de-Naud".

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

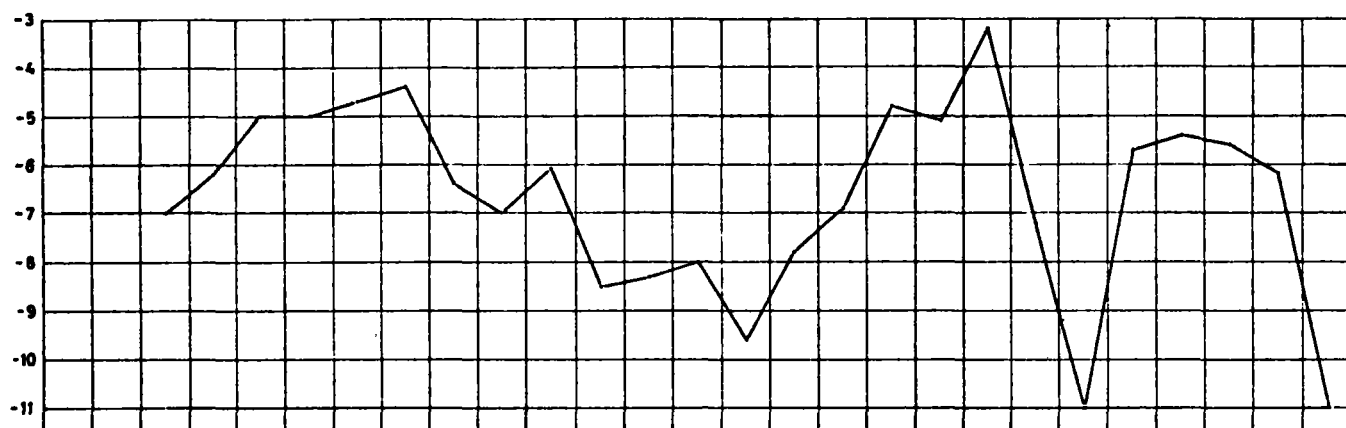
^{18}O	Émergences de l'Yerres		Émergences de Provins	
	Brie Rosiériste	Brie SNCF	Donnemarie-Bécherelles	Saint-Loup-de-Naud
Valeurs moyennes	- 6,6	- 6,75	- 7,3	- 6,65
Écart maximal par rapport à la moyenne	$\pm 0,3$	$\pm 0,35$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
Différence été 1974 - automne 1974	0,6	0,6	0,6	1
Différence correspondante de la pluie	8	8	8	8
Taux de renouvellement	7,5 %	7,5 %	7,5 %	12,5 %

On voit donc que dans la basse vallée de l'Yerres, l'étude des teneurs en ^{18}O amène à considérer un taux de renouvellement de la nappe compris entre 4,5 et 7,5 %, tandis que pour Provins, il s'établit entre 7,5 et 12,5 %. La source de Saint-Loup-de-Naud qui a le taux de renouvellement le plus élevé correspond peut-être à la partie supérieure de la nappe.

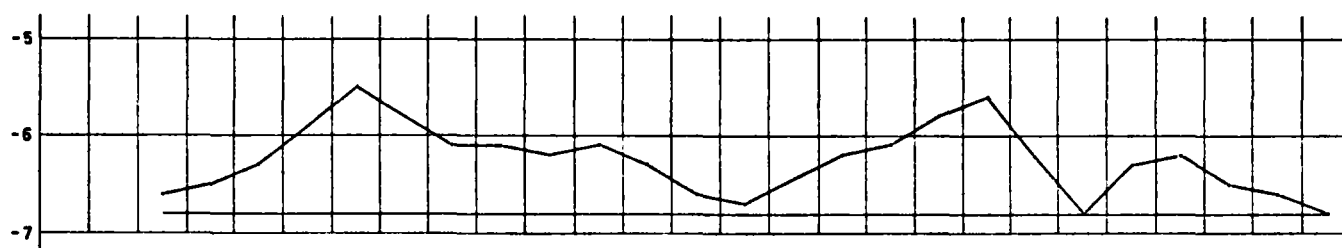
DOSAGES 180

8180

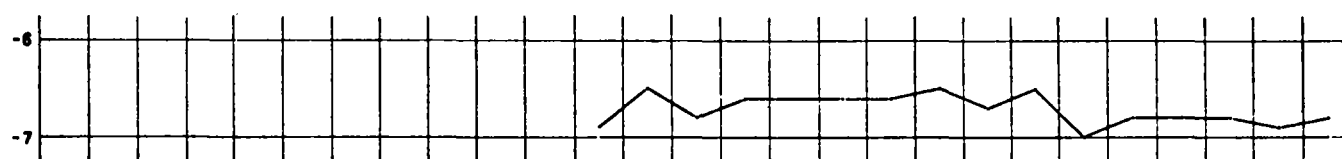
EAUX DE PLUIE - BRIE COMTE ROBERT



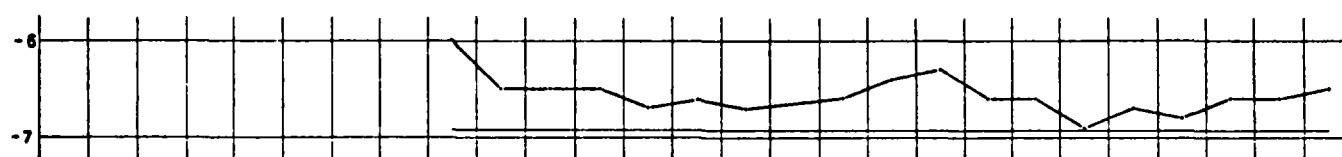
EAUX SUPERFICIELLES - YERRES - COURTOMER



NAPPE DES CALCAIRES DE BRIE - BASSIN DE L'ALMONT - BOMBON (Le Charnois)



NAPPE DES CALCAIRES DE CHAMPIGNY - BASSE-YERRES - BRIE COMTE ROBERT (Rosieriste)



J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M
 1973 1974 1975

3.2. LA MINERALISATION EN SULFATES - Pl. 10

3.2.1 Les sulfates dans la pluie

Sur 10 échantillons d'eau de pluie recueillis à Brie, les teneurs en sulfates sont remarquablement élevées, puisqu'elles atteignent une valeur médiane de 13 mg/l. L'augmentation spectaculaire des teneurs en sulfates de la zone nord de l'Europe occidentale (moitié nord de la France, Angleterre, Allemagne, et Pays scandinaves) a été décrites dans de nombreuses publications météorologiques et elle est due à la pollution atmosphérique par les fumées provenant de la combustion du charbon et du fuel lourd.

Il est évident que si l'on considère que l'évapotranspiration représente environ les 2/3 de la pluie, la concentration finale des eaux de ruissellement et d'infiltration sera de l'ordre de 40 mg/l de SO_4 .

Les teneurs en isotope ^{34}S du soufre dans les sulfates de l'eau de pluie ont été déterminées sur 4 échantillons. Elles varient entre -1,4 et + 3,0 $\delta^{34}\text{S}$.

3.2.2 Les eaux de rivière

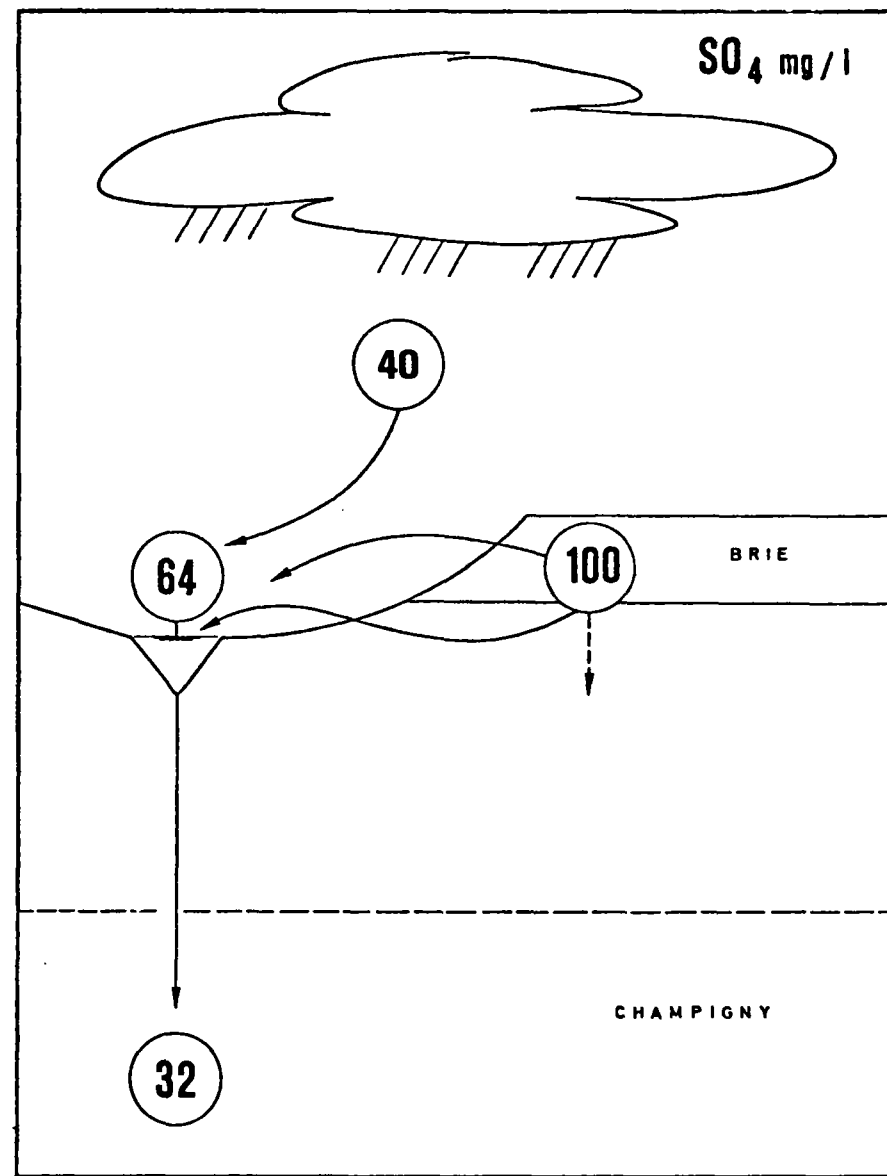
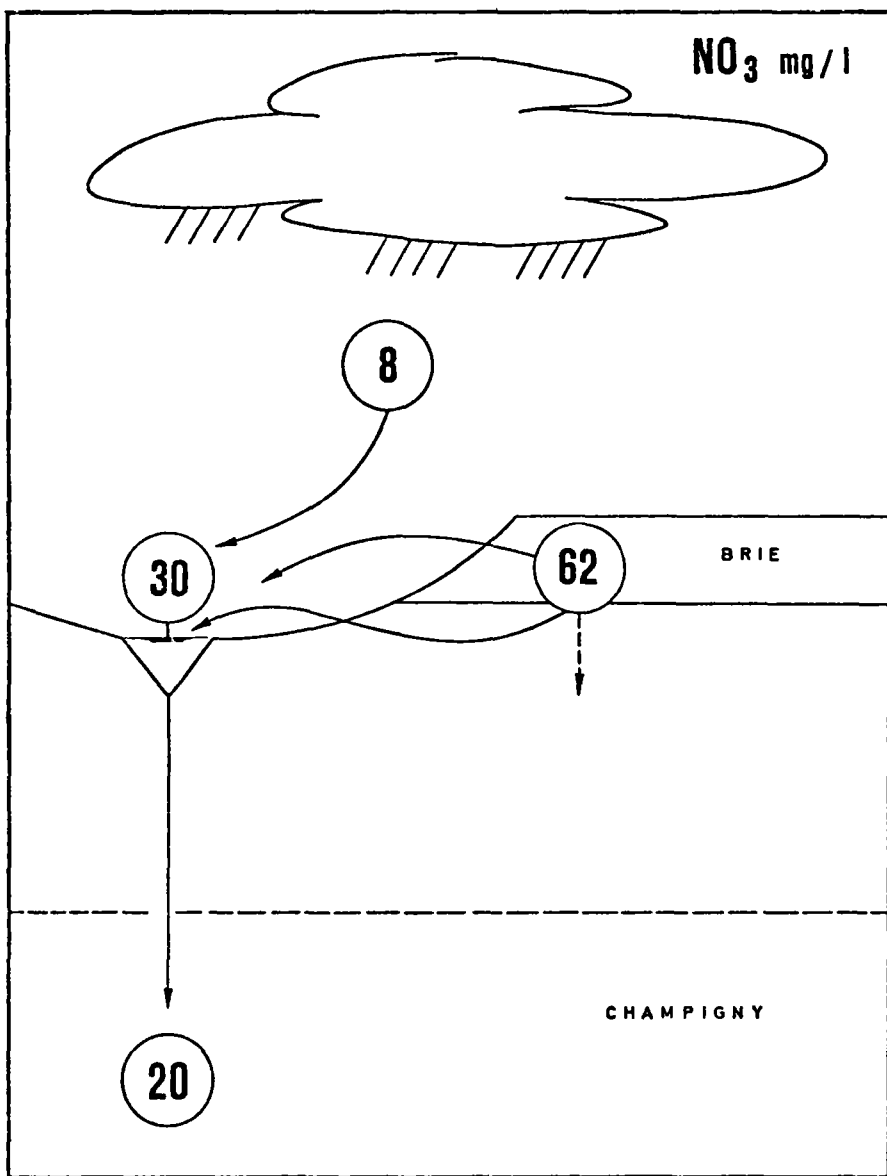
Les analyses effectuées à Courtomer et à Crosne sur les eaux de l'Yerres présentent des variations importantes (note technique n° 15) autour d'une valeur médiane qui est de 64 mg/l de SO_4 pour Courtomer et de 84 mg/l pour Crosne. On doit donc considérer que même à Crosne les eaux de ruissellement ont une teneur en sulfates bien supérieure à celle de l'eau de pluie, même après prise en compte de l'évapotranspiration. Il y a donc un apport complémentaire.

Trois analyses isotopiques du ^{34}S seulement ont été réalisées sur les eaux de rivière en 1974. Il a été obtenu + 6 $\delta^{34}\text{S}$ à Courtomer et + 9 à Crosne, et + 10,7 dans le ru d'Avon (21 janvier 1975).

3.2.3 Nappe des Calcaires de Brie

Du point de vue hydrochimique, la nappe des Calcaires de Brie est caractérisée par une teneur élevée du taux de sulfates : sur une vingtaine de sources analysées à l'automne 1973, la valeur médiane est de l'ordre de 100 mg/l de SO_4 , entraînant une dureté élevée (35 à 40°).

Les sources de la nappe de Brie, suivies régulièrement ont donné des valeurs médianes assez différentes selon les zones considérées.



Dans les régions de culture intensive, les teneurs en sulfates sont très élevées (Bombron : 130 mg/l ; Champeaux : 124 mg/l), tandis qu'à Fontenay-Trésigny et Rozay-en-Brie les médianes sont plus faibles (Fontenay-Trésigny : 52 ; Rozay : 60).

Dans la totalité de la minéralisation sulfatée, de la nappe des Calcaires de Brie, il est difficile de faire la part des origines de la minéralisation. Il y a au moins trois origines différentes :

- les sulfates contenus dans le réservoir aquifère (les coupes géologiques montrent parfois la présence de petits cristaux de gypse dans les marnes intercalées au sein des Calcaires de Brie),
- les sulfates apportés par l'eau de pluie, et qui ne sont pas négligeables,
- enfin les sulfates apportés indirectement par les engrais artificiels (super-phosphates, sulfates de potassium et d'ammonium).

Nous avons indiqué dans la note technique n° 15 qu'une série d'analyses effectuée sur les engrais minéraux montrait des teneurs isotopiques en ^{34}S de 7 à 10 ‰.

Cinq déterminations de l'isotope 34 du soufre ont été effectuées sur les eaux de la nappe des Calcaires de Brie, les résultats varient entre 8,4 et 11,1 ‰ ^{34}S , on constatera que ces valeurs, bien que peu nombreuses, sont assez proches de celles des engrais, on ne peut cependant conclure pour le moment, sans avoir la composition isotopique du troisième élément, qui est celui des sulfates pré-existants dans la roche, mais qui devrait être, par analogie avec les gypses ludiens mieux connus, de l'ordre de + 15 à + 22 ‰ ^{34}S .

3.2.4 Nappe des Calcaires de Champigny

Les analyses effectuées en décembre 1973 sur 23 forages en exploitation ont donné une valeur médiane de 34 mg/l de SO_4 . La tournée d'octobre 1974 a permis de calculer une médiane de 29 mg/l.

Les variations saisonnières des teneurs en sulfates de la nappe présentent un certain rapport de co-variance avec les teneurs en nitrates, ce qui laisse supposer des cycles géochimiques assez voisins. Les teneurs en sulfates élevées sont toujours accompagnées d'une teneur plus forte en calcium, et magnésium, d'où une dureté élevée des eaux.

On peut considérer, en effet, que lorsque le titre hydrotimétrique d'une eau dépasse 40°, c'est que la teneur en SO_4 est au moins supérieure à 100 mg/l. Ceci permet de mieux interpréter la carte hydrochimique de la dureté totale de la note technique n° 15 et de considérer que les zones de dureté élevée de la nappe du Champigny correspondent à des apports plus importants en sulfates : moyenne vallée de l'Yerres, haut bassin de la Vissandre, hauts bassins de la Voulzie et du Durteint.

Les teneurs isotopiques en soufre 34 ont été dosées sur 25 prélèvements effectués sur les eaux de la nappe des Calcaires de Champigny. La valeur médiane est de + 7,8 ‰ ^{34}S , 50 % des valeurs étant comprises entre + 5,5 et + 8,5 ‰ ^{34}S .

On notera que cette valeur est très différente de celle des eaux de pluie, mais par contre voisine des valeurs médianes connues dans les engrais.

3.3. LA MINERALISATION EN NITRATES - Planche 10

3.3.1 Les nitrates dans la pluie

Sur 10 échantillons d'eau de pluie recueillie à Brie, les teneurs en nitrates ont une valeur médiane de 2,6 mg/l, mais il faut tenir compte aussi des apports en azote constitués par l'ammoniac dont la teneur médiane pour la même période est de 1,6 mg/l de NH_4 , qui en s'oxydant donneront 5,5 mg/l de NO_3 . La valeur totale de l'azote exprimée en NO_3 a donc une valeur de l'ordre de 8,1 mg/l d'eau de pluie. Cependant il n'est pas possible de considérer que cette valeur est concentrée de l'ordre de 3 fois par évapotranspiration. L'ammoniac est en effet libéré en grande partie par cette dernière et les nitrates de la pluie sont souvent consommés directement par la surface foliaire des végétaux.

On peut donc au maximum considérer que seules les teneurs en NO_3 peuvent être concentrées, on a alors une teneur médiane de 7,8 mg/litre.

3.3.2 Les eaux de rivière

Les analyses ont été effectuées de mars 1973 à septembre 1974.

Sur les analyses de l'eau de l'Yerres prélevée à Courtomer, c'est-à-dire avant les principales zones d'engouffrements, la teneur médiane en NO_3 sur 15 analyses est de 29 mg/l (une valeur sur deux étant comprise entre 22,5 et 33 mg/l). A Crosnes, c'est-à-dire après les résurgences, sur 16 valeurs, la teneur médiane en NO_3 est de 25,5 mg/l (une valeur sur deux étant comprise entre 20 et 28 mg/l).

Nous avons montré dans la note technique n° 15 que les variations dans le temps des teneurs en nitrates entre les deux points ci-dessus présentaient entre elles une assez bonne corrélation.

Les valeurs les plus fortes se situent pendant les périodes de crue de décembre 1973 à avril 1974. La valeur la plus forte a été relevée à Courtomer en décembre 1973 avec 70 mg/l de NO_3 .

L'alimentation en nitrates des eaux de l'Yerres se fait vraisemblablement par le lessivage des terres sur lesquelles ont été répandus des engrais. La concordance d'un jaugeage et d'une analyse chimique a permis d'évaluer à 130 tonnes la quantité de nitrates, en NO_3 , évacuée à Crosnes dans la seule journée du 21 mars 1974. Soulignons qu'il s'agit, bien entendu, d'une valeur instantanée.

Le lessivage des nitrates se produit essentiellement en hiver et au printemps, lorsque les engrais répandus en sol nu n'ont pas encore eu le temps d'être rixés ou utilisés par la végétation. Il y a donc là non seulement une perte financière du point de vue agricole, mais une pollution de rivière particulièrement dangereuse, lorsqu'il y a possibilité de communication avec les nappes aquifères. On constate en effet, comme nous allons le voir, que les nappes du Brie et du Champigny sont enrichies en nitrates.

3.3.3 Nappe des Calcaires de Brie

Les captages de Bombon et de Champeaux, situés dans des zones de culture intensive présentent des teneurs élevées en nitrates :

- Bombon médiane 63 mg/l
- Champeaux " 62 mg/l

Lorsque la nappe du Calcaire de Brie est plus profonde et qu'elle est protégée en surface par des sables de Fontainebleau, la teneur médiane en nitrates descend à 39 mg/l. Il est certain que dans ce dernier cas, la zone non saturée étant plus épaisse, les racines des plantes ont la possibilité de mieux récupérer l'azote dénutriant.

3.3.4 Nappe des Calcaires de Champigny

3.3.4.1 Valeurs moyennes

Les teneurs en nitrates de la nappe des Calcaires de Champigny ont été effectuées sur 23 prélèvements provenant de forages d'alimentation en eau potable en exploitation, à deux époques : décembre 1973 et octobre 1974.

Pour la première série, la teneur médiane est de 20 mg/l en NO_3 (une analyse sur deux comprise entre 13 et 31 mg/l). La seconde série a donné des résultats sensiblement équivalents : valeur médiane 19 mg/l en NO_3 (une valeur sur deux comprise entre 13,5 et 32 mg/l). Ces deux séries d'observation sont du plus haut intérêt car elles montrent que d'une façon statistique, malgré le petit nombre de mesures, on peut constater que la nappe des Calcaires de Champigny n'a pas dans son ensemble atteint un taux de minéralisation critique et que seuls quelques points ont un excès de nitrates.

En tout cas, on note avec intérêt que la nappe des Calcaires de Champigny est moins minéralisée en nitrates que la nappe des Calcaires de Brie et que les eaux de l'Yerres.

Les émergences de la basse vallée de l'Yerres ont des teneurs en nitrates très variables selon leur position. Les premières émergences représentées par les prélèvements faits sur les puits dits "S.N.C.F." et "Rosieriste" donnent des valeurs médianes en nitrates de 22 et 28 mg/l concordant très bien avec les 22 mg/l en NO_3 du captage S.L.E.E. de Brie P.3. Les captages S.L.E.E. qui sont plus à l'aval présentent une grande dispersion des teneurs médianes en nitrates : 9,5 à 34 mg/l en NO_3 .

3.3.4.2 Répartition géographique

Comme nous l'avons signalé au début de ce chapitre, le nombre de points d'eau analysés (23) n'est pas suffisant pour dresser une carte de répartition des nitrates dans la nappe des Calcaires de Champigny, néanmoins la carte F représente schématiquement les résultats des deux tournées de décembre 1973 complétées par les analyses aimablement fournies par la C.G.E. et la S.L.E.E. Il a été tenu compte également d'analyses disponibles en documentation, réalisées entre 1965 et 1972 par différents laboratoires, dont la station agronomique de Melun, et représentées sur le schéma par une trame.

On notera que les zones les plus minéralisées en nitrates sont surtout localisées :

- dans la vallée de l'Yerres, de la Marsange et de l'Yvron,
- dans le bassin des sources de Provins et de l'Auxence,
- dans la vallée du ru Javot,
- localement dans la région de Nangis.

En fait, d'après les analyses récentes disponibles ou effectuées dans le cadre de cette étude, 4 points d'adductions d'eau potable sur 23 dépassent les normes de 44 mg/l.

3.3.4.3 Evolution des teneurs dans le temps

Le recueil de quelques analyses anciennes ou la comparaison d'analyses faites à différentes époques permet dans certains cas de montrer que des zones bien délimitées, de la nappe des Calcaires de Champigny, manifestent un accroissement des teneurs en nitrates.

Les sources de Provins entre 1909 et 1972

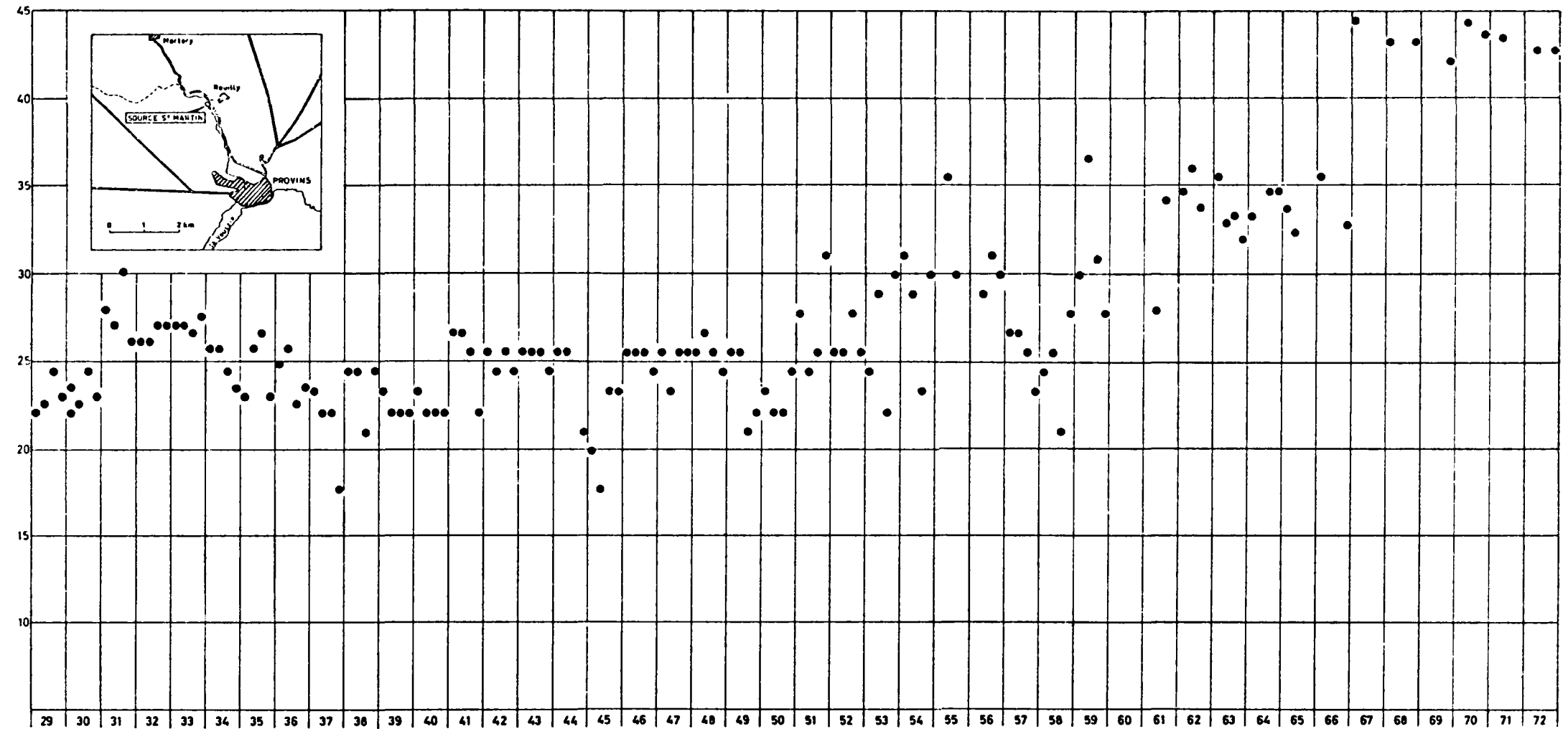
Sur les 9 sources principales qui constituent le groupe de Provins, la teneur moyenne en nitrates était en 1909 de 22 mg/l de NO_3 . En 1972, la teneur moyenne des mêmes sources était passée à 39 mg/l, c'est-à-dire à 5 mg/l seulement sous le seuil de potabilité. L'augmentation des teneurs est surtout sensible depuis une quinzaine d'années.

Source St-Martin

La source St-Martin fait partie des émergences du groupe du Durteint, mais elle est captée par la Ville de Provins. Elle est analysée régulièrement par la station agronomique de Melun. On peut constater sur la planche 11 l'évolution spectaculaire des teneurs qui passent de 25 mg/l de NO_3 en 1930 à 43 mg/l de NO_3 en 1972. Ce graphique est concordant avec les observations précédentes, mais il permet de mieux préciser dans le temps l'évolution des nitrates et d'observer des variations rapides de teneur dans un sens général d'une augmentation.

EVOLUTION DES TENEURS EN NITRATES
BASSIN DE PROVINS
SOURCE SAINT-MARTIN
1929-1972

mg/l



Etude J.P. RADET sur les captages de la région de Melun

Une étude de J.P. RADET en 1973 portant sur 14 captages de la région de Melun a permis de comparer les teneurs en NO_3 en 1968 et 1973. Pendant cette période, un captage a montré une baisse des teneurs, un autre est resté constant mais par contre, 12 autres ont présenté une hausse importante, la teneur moyenne de ces 12 forages qui était de 12,3 mg/l en 1968 est passée à 21,3 mg/l en 1973.

L'augmentation des teneurs en nitrates a contraint à abandonner l'exploitation de Bombon et d'Ozouer-le-Voulgis.

3.3.4.4 Probabilité d'évolution de la nappe dans les 10 ans à venir

Les jaugeages effectués en Brie et l'étude du bilan ont montré que la nappe des Calcaires de Champigny était alimentée pour sa plus grande part par les eaux d'infiltration des rivières.

Du point de vue hydrochimique, nous avons vu que les eaux de surface étaient plus minéralisées que celles de la nappe. Il est donc inévitable que progressivement, on assiste à une évolution dans le temps des teneurs moyennes en nitrates de la nappe.

Si l'on considère que par suite de la crise économique, la quantité d'engrais utilisée restera sensiblement la même, on prendra comme hypothèse une teneur moyenne constante de 30 mg/l de NO_3 pour les eaux de surface.

On peut alors, en adoptant un taux de renouvellement annuel de la nappe de 5 % sous les plateaux et de 10 % dans les zones karstiques ou les vallées, faire une estimation de l'évolution dans le temps de la minéralisation sous la forme :

$$Y_{n+1} = x \% (X - Y_n) + Y_n$$

$x \%$ = taux de renouvellement de la nappe,

X = teneur des apports en eau de surface = 30 mg/l,

Y_n = teneur de la nappe des Calcaires de Champigny de l'année n , avec pour $n = 0$
 $Y_0 = 20$ mg/l.

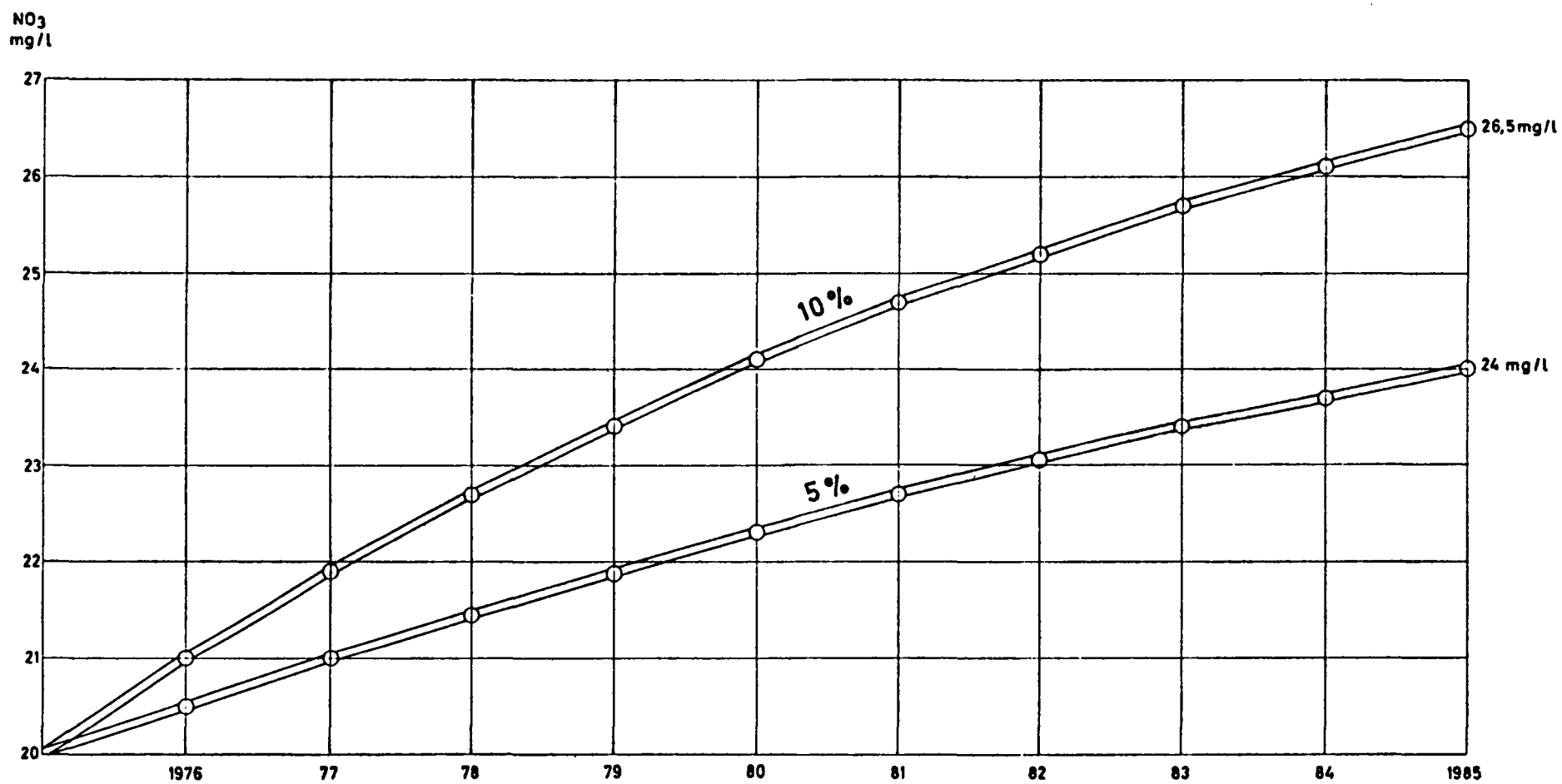
Le graphique de la planche 12 illustre les évolutions probables obtenues.

Pour un taux de renouvellement de 10 %, et dans les conditions actuelles, la teneur moyenne en nitrates de l'ensemble de la nappe passera en 1985 à 26,5 mg/l de NO_3 au lieu de 20 actuellement et dans les zones où le renouvellement n'est que de 5 %, la teneur atteindra 24 mg/l. Toutes choses égales par ailleurs, ceci veut

dire qu'un bon nombre de valeurs hautes proches actuellement du seuil de potabilité auront d'ici 1985 franchi cette limite, même sans augmentation de la pollution.

Il n'est donc pas suffisant d'éviter tout apport supplémentaire de nitrates, mais d'agir pour réduire le taux actuel dans les eaux de surface.

EVOLUTION PROBABLE DE LA MINERALISATION MOYENNE EN NO₃



3.4 VULNERABILITE DE LA NAPPE DES CALCAIRES DE CHAMPIGNY A LA POLLUTION

3.4.1 - MESURES EFFECTUEES PENDANT L'ETUDE

Il n'a pas été fait d'étude générale et systématique de la pollution de la nappe des Calcaires de Champigny, cependant deux campagnes ont été réalisées (voir paragraphe spécial concernant les nitrates) :

1. - campagne de 90 points effectués au printemps 1973 lors de l'étude piézométrique.

Ils ne sont pas tous comparables entre eux, étant donné que certains ouvrages étaient en pompage alors que d'autres étaient au repos. Les analyses effectuées sur les teneurs en NH_4 afin de détecter les pollutions d'origine organique ont montré qu'un forage sur quatre avait une teneur en NH_4 supérieure ou égale à 0,5 mg/l, c'est-à-dire susceptible d'être contaminé.

2. - campagne de 23 points de décembre 1973 et octobre 1974.

Les prélèvements effectués sur des forages d'alimentation en eau potable en exploitation ont permis de dénombrer :

- . ammoniac

6 forages avec des teneurs égales ou supérieures à 0,5 mg/l de NH_4 en 1973 et 5 forages en 1974, cependant aucun forage n'a présenté de teneur en NO_2 supérieure à 0,05 mg/l,

- . métaux

aucune pollution métallique en chrome hexavalent n'est apparue, cependant on note quelques teneurs fortes supérieures à 1 mg/l en zinc sur 4 captages en 1973, et sur 2 captages en 1974 ; ainsi que 4 captages ayant des teneurs supérieures à 0,2 mg/l

- . cyanure

Aucun captage n'a présenté de cyanure lors des deux tournées (c'est-à-dire inférieure au seuil analytique de 0,01 mg/l)

- . phénols

Aucune pollution au phénol détectée lors des deux tournées (seuil analytique 0,01 mg/l).

- . détergents anioniques

Sur tous les captages et lors des deux tournées, teneurs inférieures à 0,05 mg/l ABS.

3.4.2 - POLLUTIONS ANTERIEURES

A la demande de l'Agence financière de bassin Seine-Normandie et du S.R.A.E. Région parisienne, le B.R.G.M. a fait en 1969 une étude de la pollution des vallées de

l'Yerres, de la Marsange, du Réveillon et du ru d'Ancoeur (70 SGN 037 BDP). Cette étude avait montré dans cette zone l'existence plus ou moins passagère de pollutions sur une dizaine de captages essentiellement en phénols, détergents et chrome hexavalent. Ce dernier métal, étant localisé dans la vallée de la Marsange, semble avoir disparu depuis.

D'autre part, il faut signaler l'existence d'une pollution assez complexe comportant notamment du méthane dans la région de Moissy-Cramayel - Lieusaint, résultant principalement du rejet d'effluents dans des puits absorbants.

D'une façon générale, il n'a pas été possible dans le cadre de cette étude de contrôler l'état de ces pollutions, mais il est probable qu'il y ait eu un effet de dilution et tout aussi probable également, que d'autres pollutions aient pu se produire ailleurs, et n'aient pu être décelées par la maille de prélèvements adoptée lors de la présente étude.

3.4.3 - CONCLUSIONS

Il est certain que l'alimentation des eaux de la nappe du Calcaire de Champigny dépendant pour une grande part des eaux de surface, les zones d'alimentation rapide comme les gouffres et les vallées sont des secteurs particulièrement vulnérables ; par contre, le taux de renouvellement de la nappe étant rarement supérieur à 10 %, il se produit une dilution importante.

*

*

*

3.5 CONCLUSIONS DE L'ETUDE HYDROCHIMIQUE

1. - La nappe des Calcaires de Champigny est alimentée par les eaux de surface et dans de nombreuses zones, les relations hydrochimiques sont rapides, en général inférieures à 1 mois entre les zones d'engouffrement (Courtommer) et les zones de résurgence (Basse Yerres).
2. - Les différentes méthodes employées concernant la composition isotopique de l'hydrogène et de l'oxygène de l'eau permettent de calculer un taux de renouvellement de la nappe se situant en moyenne entre 5 et 10 %, : 5 % dans les régions de plateaux avec couverture marneuse, 10 % dans les vallées et les zones karstiques.
3. - Le taux de renouvellement permet de calculer le volume global des réserves régulatrices. En effet si l'on adopte une valeur moyenne de 7 %, et un bilan moyen annuel de 5 m³/s (158.10⁶ m³/an) calculé par ailleurs, la valeur R des réserves régulatrices de l'aquifère est :

$$R = 158.10^6 \frac{100 - 7}{7} = 2,1.10^9 \text{ m}^3$$

En supposant que les 2,1 milliards de m³ soient répartis, uniformément sur les 2090 km² du bassin considéré avec une porosité de 5 %, la réserve ainsi calculée correspond à une tranche d'aquifère de 20 m sous le niveau d'étiage annuel.

4. - La nappe en communication rapide avec les eaux de surface est très vulnérable aux pollutions, mais le taux important de dilution explique la fugacité de ces dernières.
5. - Les sulfates proviennent essentiellement de la nappe des Calcaires de Brie, et la composition isotopique du soufre laisse supposer une part non négligeable en provenance des engrais.
6. - Les nitrates constituent cependant à l'heure actuelle la minéralisation la plus dangereuse pour l'exploitabilité de la nappe des Calcaires de Champigny. Certains captages ont été abandonnés à la suite de leur excès en nitrates, et certaines sources de la Ville de Provins arrivent en limite des teneurs acceptables.
7. - Même si l'on supposait bloquée l'évolution des teneurs en nitrates des eaux de surface, on continuerait à observer pendant plusieurs années une montée des minéralisations en nitrates dans la nappe des Calcaires de Champigny, par suite de l'apport constant chaque année en eau de surface plus minéralisée que celle de la nappe.
8. - Il importe donc de prendre dès maintenant des mesures générales et concertées en vue de réduire, dans les eaux de surface, la teneur en nitrates pour faire descendre la valeur médiane de 30 à 20 mg/l de NO₃ environ. Il faut envisager non seulement un traitement des pollutions à la source, mais également surveiller les rejets effectués dans la nappe et réglementer dans certaines zones les conditions d'emploi des engrais azotés.

DOSAGES TRITIUM (UT)

	Décembre 1974	Février 1975
<u>Eaux de surface</u>		
Drainage Avon	158	
Yerres à Courtomer	391	199
Yerres à Crosne	376	271
<u>Eaux des Calcaires de Brie</u>		
Rozay-Vilpré	64	
Fontenay-Trésigny	41	
Mortcerf	44	
Champeaux	95	
Bombon	86	70
<u>Eaux des Calcaires de Champigny</u>		
Brie Sansalle		321
Brie Rosiériste	154	137
Brie SNCF	129	
Brie BRGM	128	122
Meigneux AEP	121	
Meigneux Source St-Jules	114	
Ozouer-le-Voulgis		57
St-Loup-de-Naud	40	49
SEIF		29
Villeneuve-les-Bordes	28	
Le Châtelet	27	
Rouilly	26	34
Donnemarie-Bécherelles	18	
St-Just	7	
Jouy-le-Chatel	≤ 1	≤ 1

ANALYSE DES ELEMENTS MAJEURS - VALEURS MEDIANES

	<u>EAUX DE PLUIE</u>			<u>EAUX DE RIVIERE (YERRES)</u>	
				<u>COURTOMER</u>	<u>CROSNEs</u>
Résistivité	!	9000 - 19000 ohm/cm	!	1520 - 1534	1394
Ca	!	4,0 - 4,4	!	126	128
Mg	!	≤ 0,1	!	4,9 - 5,0	7,4
Na	!	≤ 0,1 - 0,4	!	15,4 - 16,0	29,4
K	!	0,5	!	3,9 - 4,0	6,0
Cl	!	1,7 - 1,8	!	44 - 45	54,0
NO ₃	!	2,2 - 3,0	!	29	25 - 26
SO ₄	!	13	!	64	84
NH ₄	!	1,6	!	0,2	0,3
Dureté	!		!	34 - 36	34 - 35
	!		!		

ANALYSE DES ELEMENTS MAJEURS - VALEURS MEDIANES

NAPPE DES CALCAIRES DE BRIE

		<u>BOMBON - CHAMPEAUX</u>		<u>FONTENAY-TRESIGNY</u>
Résistivité	!	1136 - 1153	!	1586
Ca	!	166 - 167	!	118
Mg	!	9 - 9,3	!	6,3
Na	!	20,3 - 21,6	!	15,7 - 16,2
K	!	14 - 15,7	!	2,1 - 2,2
Cl	!	54 - 55	!	21 - 24
NO ₃	!	60 - 65	!	39
SO ₄	!	128 - 132	!	52
NH ₄	!	0,2	!	0,2 - 0,3
Dureté	!	45,2 - 45,6	!	31,8
	!		!	

ANALYSE DES ELEMENTS MAJEURS - VALEURS MEDIANES

NAPPE DES CALCAIRES DE CHAMPIGNY

23 forages en exploitation

	<u>Décembre 1973</u>	<u>Octobre 1974</u>	<u>Brie SNCF</u>	<u>Brie Rosiériste</u>
Résistivité	1701	1942	1714	1583
Ca	114	113	108	123 - 124
Mg	5,9	5,8	5,5	5,8
Na	11,0	10,9	14,6	14,3
K	2,5	2,5	3,4	3,2
Cl	24,0	25,0	32	36,0
NO ₃	20,0	19,0	22	27 - 28
SO ₄	34,0	29,0	72	64 - 65
NH ₄	0,4	0,4	0,1 - 0,2	0,1
Dureté	31,9	30,9	29,7 - 29,9	33,3 - 33,5

ANALYSE DES ELEMENTS MAJEURS - VALEURS MEDIANES

NAPPE DES CALCAIRES DE CHAMPIGNY

CAPTAGES S.L.E.E. DE LA BASSE YERRES

30.5.1973 - 7.10.1975

	! Brie P3	! Combs P1	! Périgny P3	! St Thibaut P2	! Bréant P6	!
Résistivité	! 1790	! 1560 - 1575	! 2025 - 2055	! 1845 - 1850	! 1535 - 1540	!
Cl	! 30 - 31	! 40	! 25	! 24	! 35	!
NO ₃	! 22	! 34	! 15	! 9,5	! 24	!
S O ₄	! 61 - 67	! 63 - 75	! 44 - 51	! 27 - 37	! 72 - 75	!
NH ₄	! 0	! 0	! 0	! 0	! 0	!
Dureté	! 28,5	! 33 - 33,8	! 25,0	! 29,2	! 36 - 36,2	!
	!	!	!	!	!	!

CHAPITRE 4

CLIMATOLOGIE - HYDROLOGIE

4.1 PLUVIOMETRIE, CLIMATOLOGIE

4.1.1. Stations disponibles

On ne dispose , en Brie, que de 5 stations pluviométriques ONM relevées depuis plus de 10 ans. Encore la station d'Epernay est-elle très excentrique et les stations ONM sont-elles situées en général dans les vallées.

Depuis 1971, divers organismes (SRAE, DDE, DDA) ont implanté un réseau complémentaire de 12 stations; l'ensemble des mesures annuelles en mm est présenté tableau n° 8.

4.1.2. Pluie efficace ou pluie disponible

Afin de procéder aux calculs hydrologiques, les apports pluviométriques efficaces ont été calculés mois par mois pour chaque station, en utilisant une évapotranspiration potentielle déduite des cartes établies par le CREGR d'après la méthode de TURC et publiées dans le Bulletin Technique du Génie Rural n° 60).

On a tenu compte, dans les calculs de la pluie efficace, d'une RFU de 100mm , probablement supérieure à la réalité, pour ne pas risquer de surestimer les apports.

Les tableaux 9 et 10 récapitulent en l/s par km² (1 l/s/km² = 31,5 mm de pluie utile par an) , les apports de la pluie utile pour les années légales et par années hydrologiques (d'octobre à septembre).

4.1.3. Gradient d'altitude

On observera sur ces tableaux (au moins pour les dernières années où l'on dispose de mesures sur des stations d'altitude élevée) qu'il existe un gradient net de pluie avec l'altitude.

La planche n° 13 ci-après , montre les corrélations qui ont pu être établies entre la pluie efficace et l'altitude.

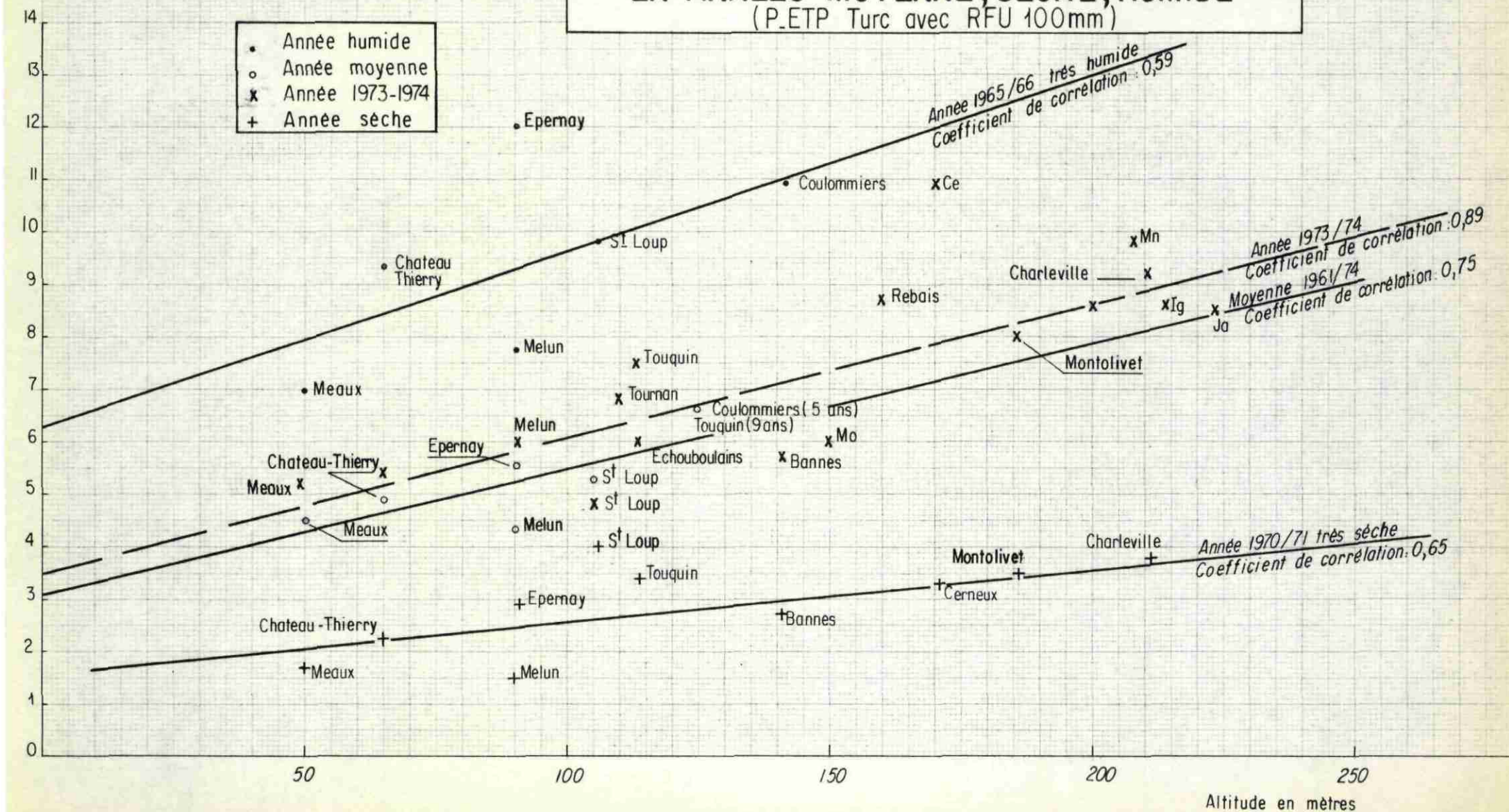
Le gradient, faible (1 l/s/km² pour 100m d'altitude) en année sèche, monte à 3,3 l/s/km² pour 100m en année très humide, il est en moyenne de l'ordre de 2 l/s/km², pour 100m d'altitude.

On remarquera la bonne concordance entre la régression moyenne sur 14 ans pour les stations ONM, et la régression pour la seule année 73/74 (période de l'étude).

Apport pluviométrique efficace en l/s/km²

RELATIONS DES APPORTS PLUVIOMÉTRIQUES EFFICACES AVEC L'ALTITUDE EN ANNÉES MOYENNE, SÈCHE, HUMIDE (P.ETP Turc avec RFU 100mm)

- Année humide
- Année moyenne
- x Année 1973-1974
- + Année sèche



sur la totalité des stations = cette année 73-74 est d'environ 10% supérieure à la moyenne 61-74.

Les stations qui intéressent la zone d'étude sont essentiellement : Melun , Saint- Loup, Touquin et Meaux (ONM) , Tournan, Evry, Echouboulains (réseau complémentaire).

Les données de la pluviométrie utile ont été exploitées dans ce rapport en utilisant la méthode des polygones de Thyssen.

4.1.4. Situation météorologique de l'année hydrologique 1973/74

Le tableau ci-dessous rassemble les apports pluviométriques (P- ETP, avec RFU 100mm) en l/s/km² sur les stations ONM qui encadrent les bassins de l'Yerres et de l'Almont.

Apports en l/s/km ²	Année sèche 62/63	Moyennes 68/74 61/74		3/73 à 2/75	Année hydro. 73/74	Année pluvieuse 69/70
Meaux	0,7	3,92	4,56	5,14	5,20	8,80
Melun	3,1	3,85	4,44	5,57	6,00	8,70
St-Loup	2,1	4,33	5,21	5,32	4,80	8,20
Moyenne	1,96	4,03	4,73	5,34	5,33	8,56
Coefficient 61/74 " 73/74	0,41 0,37		1 0,89		1,13 1	1,81 1,60

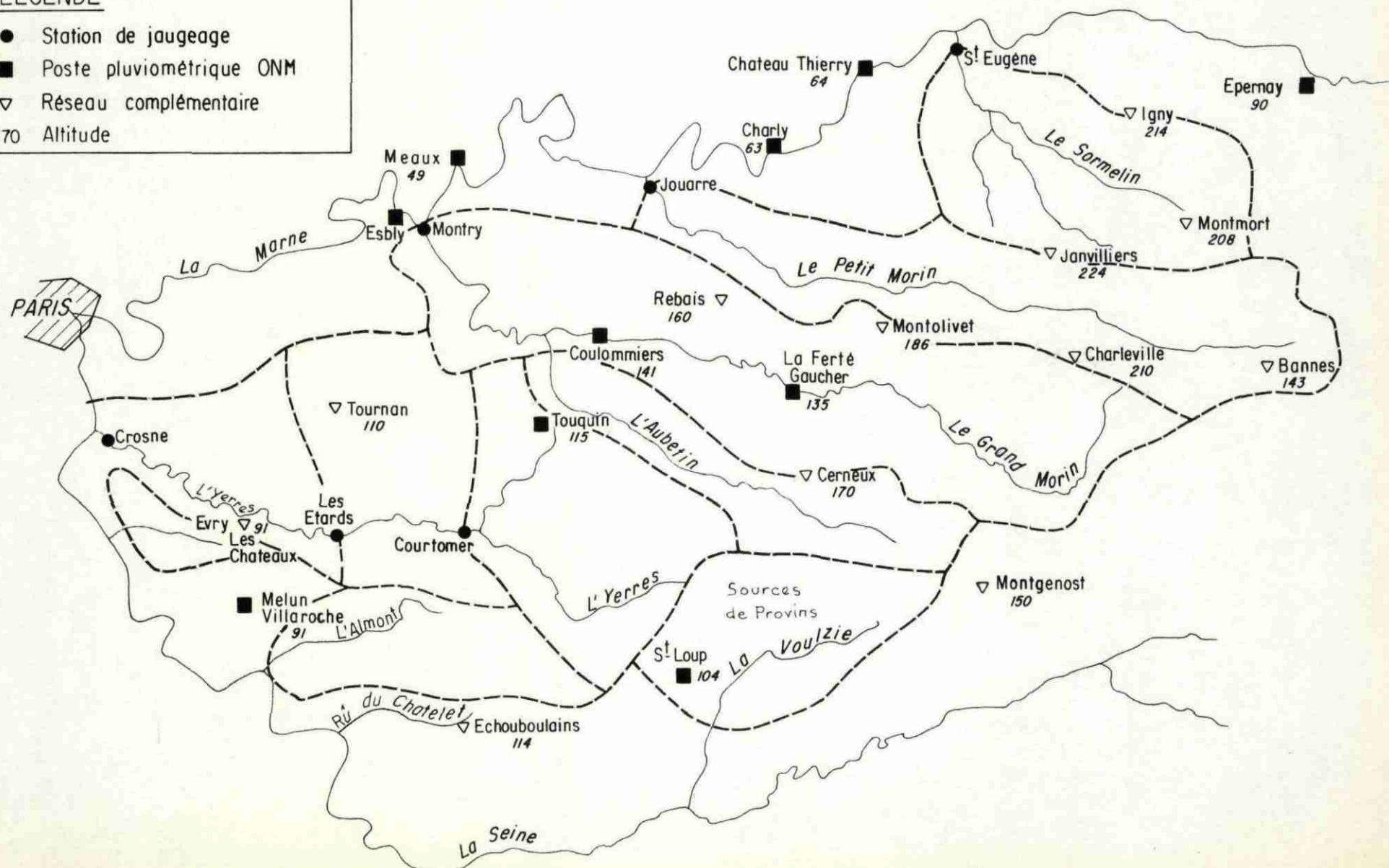
Nous retiendrons qu'en Brie Occidentale l'année hydrologique 73/74 a été de 13% supérieure à la moyenne 1961/74.

Par la suite, nous conserverons comme fourchette d'apports pluviométriques utiles par rapport à l'année 73/74 les coefficients 0,37 pour l'année la plus sèche et 1,60 pour l'année la plus pluvieuse et 0,89 pour l'année moyenne 61/74.

SITUATION DES POSTES PLUVIOMÉTRIQUES ET DES STATIONS DE JAUGEAGE

LÉGENDE

- Station de jaugeage
- Poste pluviométrique ONM
- ▽ Réseau complémentaire
- 170 Altitude



4.2. HYDROLOGIE DES BASSINS DE LA BRIE ET DE L'YERRES

4.2.1. Analyse des écoulements spécifiques moyens en l/s/km² par années hydrologiques (octobre à septembre) cf. tableau n° 12.

Rivière	Station	BV km ²	E c o u l e m e n t s mesurés						Rapport maxi/mini
			61-74 13 ans	68-74 6 ans	71-74 3 ans	73-74 1 an	Maxi annuel	Mini annuel	
Surmelin	St-Eugène	450	5,12	4,78	3,73	4,23	8,3	2,6	3,2
Pet.Morin	Jouarre	610	4,90	4,61	3,50	4,41	7,9	2,4	3,3
Gd Morin	Montry	1190	-	4,77	3,38	4,49	9,2	2,7	3,4
Sources de Provins		241	5,01	5,05	3,94	3,92	6,2	3,6	1,7
MOYENNES			-	4,80	3,64	4,26	7,9	2,8	
Yerres	Courtomer	428	-	2,37	1,32	2,24	6,0	0,7	8,6
Yerres	Crosne	1032	-	-	-	2,10	-	-	-

Ce tableau fait apparaître :

- 1) des débits spécifiques assez homogènes entre les trois stations de l'Est de la Brie (Surmelin, Grand et Petit Morin) et les sources de Provins.
- 2) une grande régularisation des sources de Provins (rapport maxi/mini = 1,7).
- 3) un déficit moyen de l'ordre de 2 l/s/km² sur l'Yerres (à Courtomer comme à Crosne, déficit qui se conserve en période sèche 71-74) par rapport aux stations de l'Est.
- 4) une grande irrégularité dans les apports de l'Yerres selon les années (coeff.maxi/mini = 8,6)

Toutes conditions étant supposées égales par ailleurs, l'Yerres paraît présenter un déficit d'écoulement nettement supérieur aux bassins de l'Est de la Brie et des sources de Provins.

4.2.2. Comparaison des débits spécifiques annuels

Rivières	Ecoulements spécifiques pour les années hydrologiques (l/s/km ²)						
	68/69	69/70	70/71	71/72	72/73	73/74	Moyenne
Surmelin (Dhuis incl.)	5,0	8,3	4,2	3,5	3,5	4,2	4,78
Pet.Morin	5,8	7,8	3,6	3,1	3,0	4,4	4,61
Gd Morin (Montry)	5,7	9,2	3,6	2,7	3,0	4,5	4,77
Sources de Provins	6,2	6,7	5,5	4,3	3,6	3,9	5,03
MOYENNES	5,7	8,0	4,2	3,4	3,3	4,2	4,79

Yerres à <u>Courtomer</u>	2,8	6,0	1,5	0,7	1,0	2,2	2,37
Différence	-2,9	-2,0	-2,7	-2,7	-2,3	-2,0	<u>-2,42</u> =====

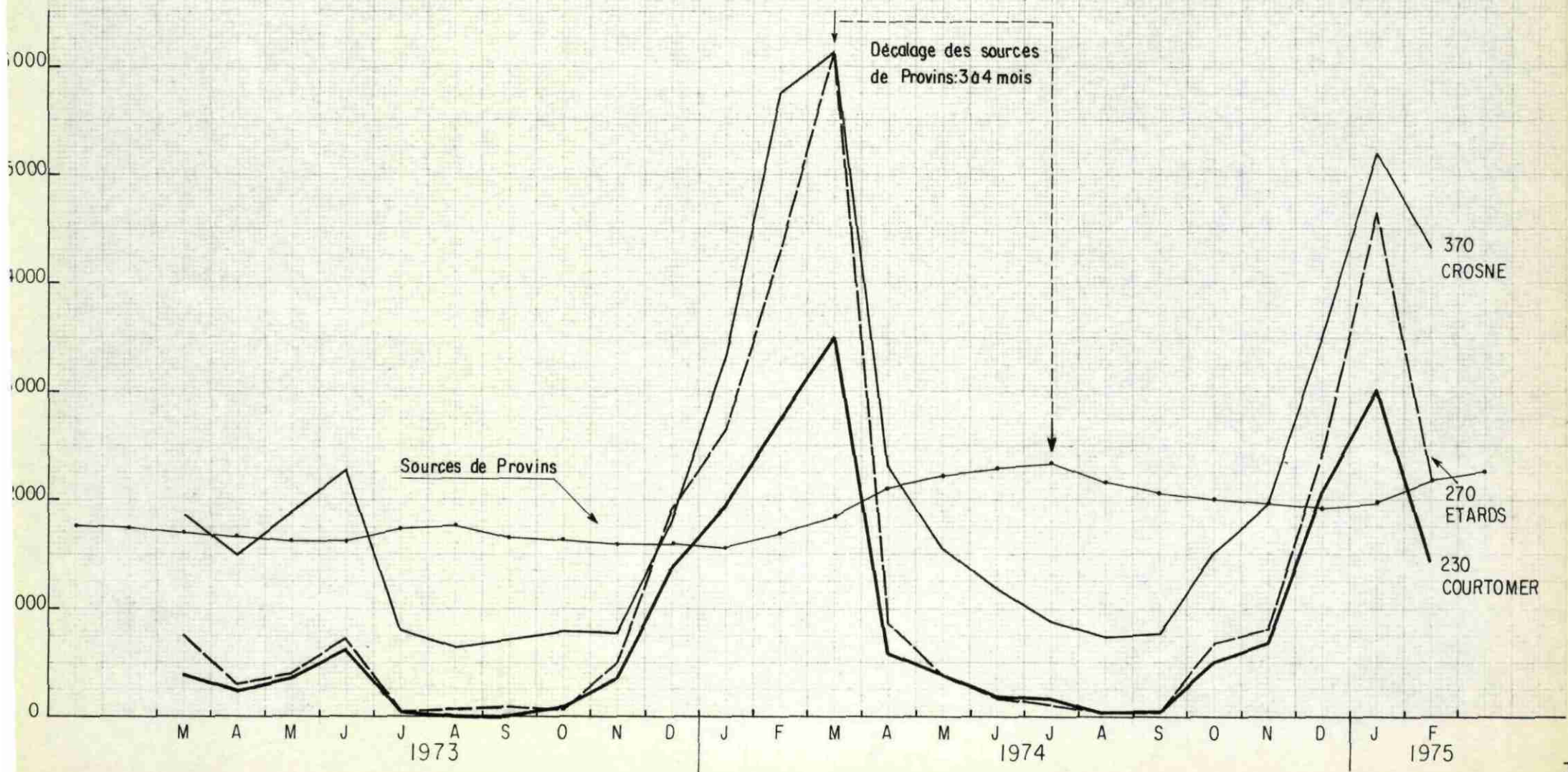
On retrouve ici le déficit moyen de l'Yerres à Courtomer par rapport aux bassins Est de la Brie. Ce déficit varie relativement peu suivant les années : (2,0 à 2,9 l/s/km², avec une moyenne de 2,4 l/s/km²)

4.2.3. Comparaison avec la pluie utile (P.ETP avec RFU 100mm) exprimée en l/s/km²

(Méthode de Thyssen)	68/69	69/70	70/71	71/72	72/73	73/74	Moyenne
Influence de la stat. de Touquin (60%)	2,94	6,36	2,10	1,80	1,92	4,5	3,27
Influence de la stat. de St-Loup (40%)	1,56	3,28	1,60	0,84	1,20	1,92	1,73
Pluie utile résultante	4,50	9,6	3,7	2,6	3,1	6,4	4,98
Ecoulem ^t à <u>Courtomer</u>	2,8	6,0	1,5	0,7	1,0	2,2	2,36
Différence l/s/km ²	-1,7	-3,6	-2,2	-1,9	-2,1	-4,2	<u>-2,6</u> =====
soit en l/s (s/428km ²)	719	1522	930	803	888	1776	1112

Avec quelques différences selon les années, on retrouve par ce calcul un déficit moyen à Courtomer du même ordre de grandeur que ci-dessus.

DÉBITS COMPARÉS DE L'YERRES ET DES SOURCES DE PROVINS



4.2.4. Hydrologie de l'Yerres pour l'année hydrologique 1973-74

Nous avons vu que l'on dispose de jaugeages réguliers sur l'Yerres à Courtomer depuis 6 ans. Depuis 1973, on dispose également de jaugeages à Crosne (1ère CE) et aux Etards (BRGM).

Le tableau ci-dessous présente les bilans de l'année hydrologique 1973/74 à ces trois stations.

a) Déficit d'écoulement d'après la pluie utile sur l'Yerres pour l'année hydrologique 73/74

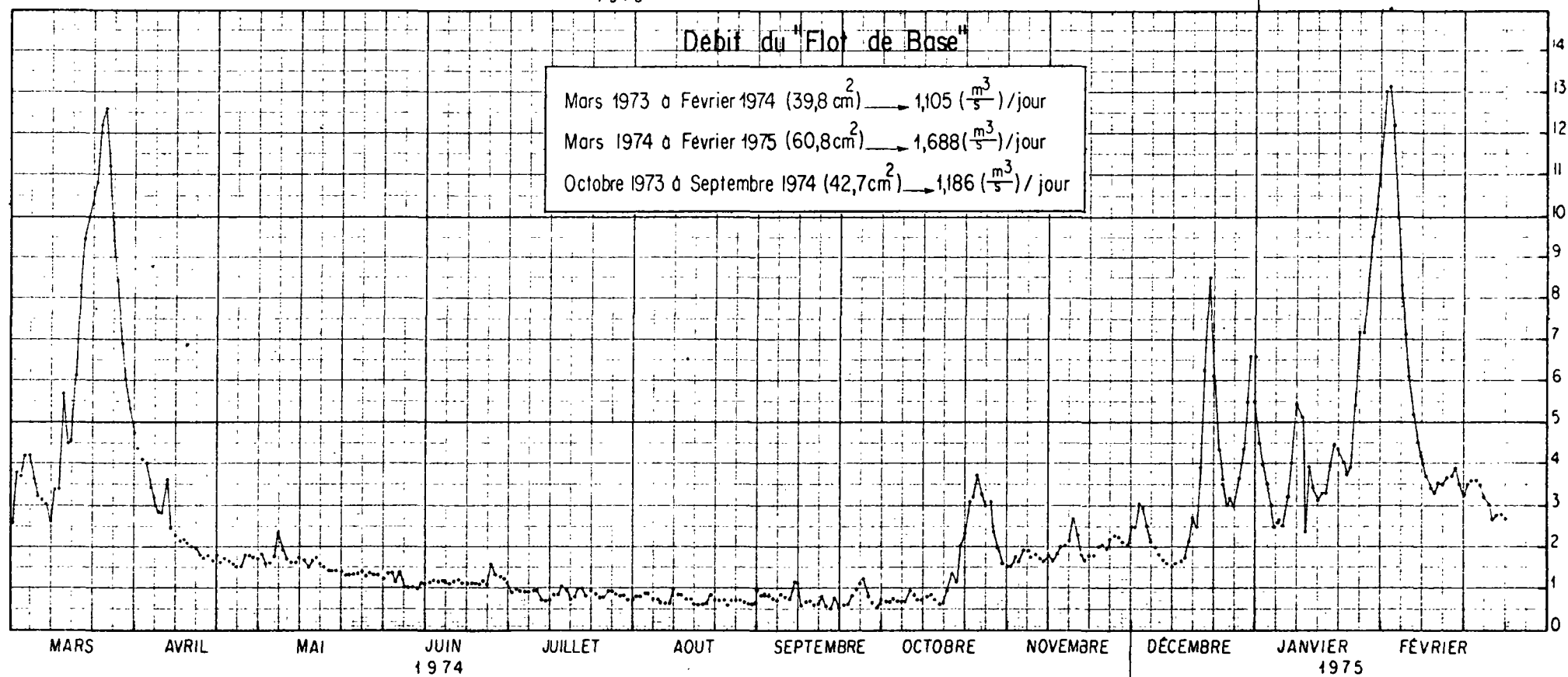
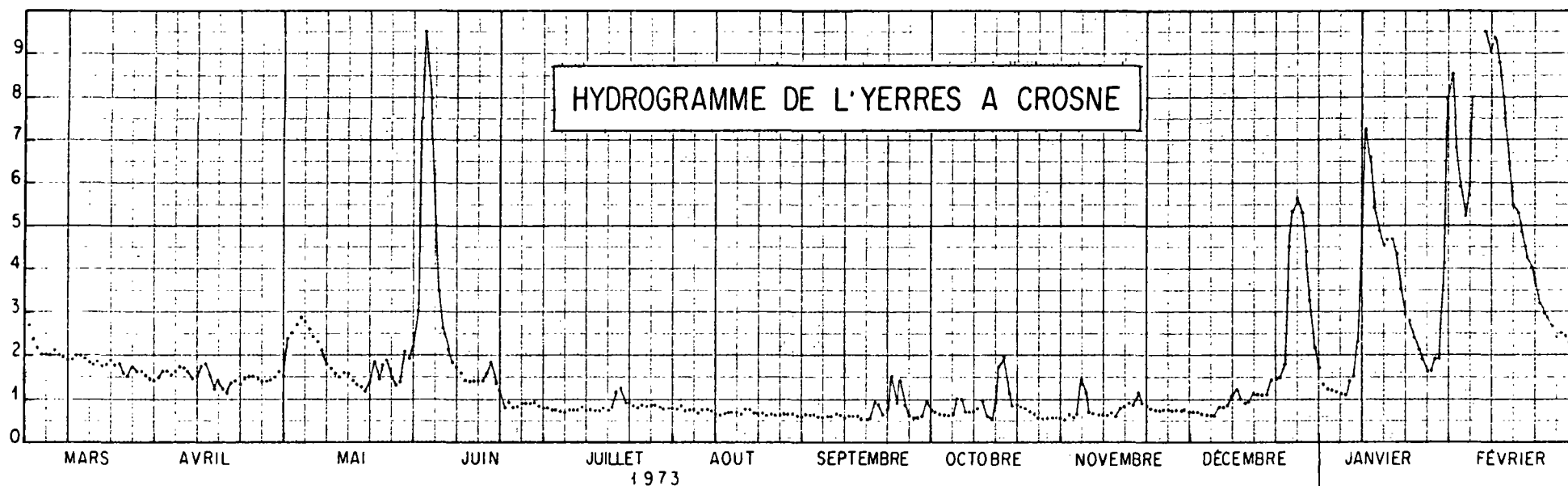
Station de	BV km2	Apport pluviométrique aux stations de	en l/s/km2	Écoulement l/s/km2	Diff. l/s/km2	Dif. l/s	Dif. sous-bassins
Courtomer	427	Touquin x 0,6 St-Loup x 0,4	6,42	2,24	-4,18	-1784	
Les Etards	790	Touquin x 0,5 St-Loup x 0,2 Tournan x 0,3	6,75	1,81	-4,94	-3902	-2118
Crosne	1032	Tournan x 0,4 Melun x 0,1 Touquin x 0,3 St-Loup x 0,2	6,53	2,10	-4,43	-4571	- 398

Le bilan hydrologique global ci-dessus fait apparaître par rapport à la pluie utile un déficit, dû aux pertes du fond de l'Yerres et de ses affluents et qui s'accroît d'amont en aval.

b) Déficit d'écoulement calculé d'après les écoulements des sources de Provins

La planche 15 montre un décalage de 3 mois environ, des débits des sources de Provins par rapport aux écoulements dans l'Yerres. Nous comparerons donc les écoulements d'Octobre 1973-septembre 1974 sur l'Yerres aux écoulements de l'année légale 74 à Provins = 4,2 l/s/km2

Station de	BV km2	Écoulement aux sources Provins en l/s/km2	Écoulement Yerres	Différ. l/s/km2	Différ. l/s	Différ. sous-bassin
Courtomer	427	4,20	2,24	1,96	-836	
Les Etards	790	4,20	1,81	2,39	-1888	-1052
Crosne	1032	4,20	2,10	2,10	-2167	- 279



4.2.5. Analyse de l'hydrogramme de Crosne

La planche n° 16, qui présente l'hydrogramme des valeurs journalières de débit enregistrées à Crosne par la Première Circonscription Electrique depuis mars 1973 permet d'établir le tableau suivant :

à Crosne Années :	Ecoulement superficiel global	Dont "Flot de base" (apport de la nappe du Champigny)
mars 73-fév. 74	1,86m ³ /s	1,10
mars 74-fév. 75	2,50m ³ /s	1,68
oct. 73-sept.74	2,17m ³ /s	1,18

Ce tableau et ceux du paragraphe 4.2.4. permettent enfin d'admettre pour l'Yerres à Crosne le prébilan global suivant en 1973-74.

	d'après sources Provins	d'après pluie utile
Apport pluviométrique probable	4,3 m ³ /s	6,7 m ³ /s
Ecoulement observé	2,2	2,2
(dont résurgences dans la basse Yerres)	(1,18)	(1,18)
Différence au profit de la nappe du Champigny	2,1m ³ /s	4,5m ³ /s

4.2.5. Conclusions provisoires sur l'hydrologie de l'Yerres

L'examen des écoulements à Courtomer pendant 6 ans montre un déficit d'écoulement moyen de 2,4 à 2,6 l/s/km² selon qu'il est calculé par comparaison aux bassins de l'Est ou par référence à la pluie utile.

Pour la seule année hydrologique Octobre 1973-septembre 1974, située dans la période d'étude, le déficit d'écoulement à Crosne s'établit à 4,5 l/s/km² d'après la pluie utile ; par référence aux sources de Provins, le déficit de cette même année ne serait que de 2,1 l/s/km² .

Cette différence importante appelle trois observations :

- . le bassin de Provins a été, en 1973-74, moins arrosé que celui de l'Yerres de 0,3 l/s/km² (6,26 l/s/km² contre 6,53).
- . les bassins de Provins et de l'Yerres sont morphologiquement et géologiquement différents
- . il s'agit dans le cas de l'Yerres d'écoulements superficiels rapides, et d'écoulements souterrains très régularisés dans le cas des sources de Provins.

Nous retiendrons, cependant, à titre provisoire, pour le déficit d'écoulement à Crosne en 1973-74, la "fourchette" de 2,1 à 4,5 l/s par km² soit 2,1 à 4,5 m³/s.

4.2.6. Estimation des déficits d'écoulement moyens et extrêmes de l'Yerres

Revenant au tableau 4.2.3., on peut établir le rapport des déficits d'écoulement au volume des apports à Courtomer.

en l/s/km ²	68/69	69/70	70/71	71/72	72/73	73/74	Moyenne
Apports pluviom. utiles	4,5	9,6	3,7	2,6	3,1	6,4	4,9
Déficit d'écoulement	1,7	3,6	2,2	1,9	2,1	4,2	2,6
Rapport Déficit/apports	0,37	0,37	0,59	0,73	0,67	0,65	0,52

Certes on note une certaine dispersion, et on ignore de surcroît si le rapport déficit/apports noté à Courtomer est applicable à Crosne où l'on n'a que 2 ans de relevés.

Il nous paraît cependant fructueux, de faire dès à présent l'hypothèse que les pertes de l'Yerres sont proportionnelles aux apports pluviométriques utiles ; en effet, d'après la situation pluviométrique de l'année hydrologique 1973/74 dans la période de 14 ans connue (61-74), il est ainsi possible d'avancer la fourchette suivante (cf 4.1.4) des déficits d'écoulement dans le bassin de l'Yerres à Crosne en m³/s.

Années	Coeffic.	Déficit d'apr. pluie utile	probable d'apr. sources Provins
Année 1973-74	1	4,5	2,1
Année moyenne 61-74	0,89	4,0	1,9
Année très sèche 62-63	0,37	1,7	0,8
Année très humide 69-70	1,60	7,2	3,3

Tableau n° 8 -

PLUVIOMETRIES ANNUELLES en mm

Alt.	Stations	1961	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	Moy. 1931-60	Moy. 61-74	Moy. 72-74
49	Meaux	606	529	622	(550)	730	785	624	769	713	633	588	623	674	625	654	648	640
64	Ch. Thierry	598	555	645	431	828	824	(640)	615	661	622	537	521	527	708	592	622	585
90	Epernay	682	530	577	507	870	(740)	746	643	705	730	521	651	654	789	629	667	684
91	Melun Ville	604	569	640	487	795	805	563	675	615	716	503	652	547	692	580	632	630
91	Evry Chx											530	649	564	708			640
104	St-Loup	650	551	676	493	840	850	620	755	678	774	651	608	617	670	662	674	631
110	Tournan											585	(676)	625	757			686
113	Touquin						896	607	820	758	851	553	652	655	717			674
114	Echouboulains												661	676	762			699
143	Bannes											705	708	591	704			667
150	Montgenost												640	619	712			657
160	Rebais												627	720	846			731
170	Cerneux											617	698	841	813			784
186	Montolivet										764	610	656	708	788			717
208	Montmort												746	784	925			818
210	Charleville											695	682	760	787			743
214	Ignny-Comb.												712	737	867			772
224	Janvilliers													725	843			

Tableau n° 9 - PLUIE "UTILE" (P.ETP avec RFU de 100mm) en l/s/km2
(années calendaires)

Alt.	Stations	1961	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	Moyen. 61-74	Moyen. 72-74
49	Meaux	4,8	3,5	0,8	4,3	6,1	8,1	6,5	5,8	5,1	6,1	1,7	2,5	5,0	5,7	4,7	4,4
64	Ch.Thierry	5,0	4,3	1,9	2,2	9,5	9,8	7,9	5,0	3,5	5,7	2,2	2,7	3,7	8,0	5,1	4,8
90	Epernay	7,7	4,5	2,1	3,0	11,1	10,2	9,1	4,7	4,0	5,9	2,9	3,2	5,7	9,3	5,9	6,1
91	Melun Ville	4,6	4,7	3,3	2,3	6,4	8,8	3,7	4,0	4,1	6,8	1,5	2,9	3,9	7,2	4,6	4,7
91	Evry Chx											1,8	3,3	3,1	7,0		4,5
104	St-Loup	6,3	4,8	3,1	2,6	8,7	11,1	4,8	4,6	5,9	6,6	3,3	3,4	3,2	7,1	5,4	4,6
110	Tournan											2,5	3,5	4,7	9,3	-	5,8
113	Touquin						11,5	5,7	7,2	5,7	8,5	2,9	4,1	6,2	7,9	-	6,1
114	Echouboulains												3,7	4,0	9,0	-	5,6
143	Bannes											3,6	4,6	4,0	7,8	-	5,5
150	Montgenost												3,6	4,2	8,0	-	5,3
160	Rebais												3,9	6,4	10,7	-	7,0
170	Cerneux											2,7	5,2	8,8	10,7	-	8,2
	Montolivet										8,0	3,4	4,6	7,5	10,5	-	7,5
208	Montmort												6,2	7,9	13,2	-	9,1
210	Charleville											4,0	5,1	7,7	8,0	-	6,9
214	Ignv Comb.												4,3	7,3	11,7	-	7,8
224	Janvilliers													6,7	11,0	-	-

Tableau n° 10

PLUIE "UTILE" PAR ANNEE HYDROLOGIQUE - (octobre à septembre)

(en l/sec/km2 avec RFU de 100mm)

Alt.	Stations	1961/62	62/63	63/64	64/65	65/66	66/67	67/68	68/69	69/70	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75	Moy. 61/74 13 ans	Moy. 68/74 6 ans	Moy. 71/74 3 ans
49	Meaux	5,2	0,7	2,5	4,5	7,1	6,6	9,3	3,2	8,8	1,7	1,9	2,7	5,2	5,5	4,56	3,92	3,26
64	Ch.Thierry	5,5	0,9	2,9	4,6	9,3	9,3	9,7	1,5	7,6	2,2	2,0	2,7	5,4	7,5	4,86	3,51	3,26
90	Epernay	8,0	0,8	3,7	4,8	11,8	8,1	11,2	1,8	8,1	2,9	2,4	2,9	6,5	9,1	5,61	4,10	3,93
91	Melun V	5,3	3,1	3,4	2,7	7,7	6,2	6,2	2,3	8,7	1,5	2,0	2,6	6,0	6,1	4,44	3,85	3,53
91	Evry											2,4	2,3	5,6	5,5	-	-	3,43
104	St-Loup	7,3	2,1	3,9	3,3	9,7	8,4	7,1	3,9	8,2	4,0	2,1	3,0	4,8	7,5	5,21	4,33	3,30
110	Tournan											2,2	3,4	6,8	8,6	-	-	4,13
113	Touquin						9,0	8,2	4,9	10,6	3,5	3,0	3,2	7,5	8,1	-	5,45	4,56
114	Echouboul.											-	2,8	6,0	9,0			
143	Bannes										2,7	3,9	3,5	5,7	7,6	-	-	4,36
150	Montgenost											(2,5)	3,1	6,0	7,3	-	-	3,86
160	Rebais											2,7	3,1	8,7	9,7	-	-	4,83
170	Cerneux										3,3	3,3	5,1	10,9	9,8	-	-	6,43
186	Montolivet										3,5	3,1	4,5	8,0	9,3	-	-	5,20
208	Montmort											4,6	5,4	9,8	13,0	-	-	6,60
210	Charleville										(3,7)	3,8	4,2	9,2	9,5	-	-	5,73
214	Ignv Comb.											3,1	4,3	8,5	11,7	-	-	5,30
224	Janvilliers											-	-	8,5	11,1	-	-	-

Tableau n° 11 -

ECOULEMENTS OBSERVES en l/s/km², Années légales

BV km ²	NOM	1961	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	Moyen. 61-74	Moyen. 72-74
450	Surmelin (+ Dhuis)	5,2	5,7	3,1	3,5	5,2	7,6	5,6	6,2	5,1	8,2	4,0	3,6	3,6	4,7	5,1	4,0
610	Pet.Morin (Jouarre)	-	4,3	2,8	3,6	5,4	7,7	6,0	6,7	5,9	7,4	3,5	3,2	3,2	5,2	(4,2)	3,9
770	Gd Morin (Pommeuse)									6,6	9,0	5,0	5,5	4,5	6,4	-	5,5
241	Sources Provins	4,9	4,9	3,7	4,1	3,7	6,2	6,6	5,4	5,8	6,6	4,9	4,0	4,4	4,2	4,9	4,1
428	Yerres Courtomer								4,0	2,3	5,7	1,4	0,9	1,1	2,5	-	1,5
55	Ru Hauldres									2,4	5,3	1,5	1,8	2,2	-	-	-
1190	Gd Morin (Montry)							6,0	7,4	5,8	8,7	3,4	3,0	3,5	4,9	-	3,8
1032	Yerres (Crosnes)														2,3		

Tableau n° 12

- ANNEES HYDROLOGIQUES (octobre à septembre)

Ecoulements observés en l/s/km²

Stations	61/62	62/63	63/64	64/65	65/66	66/67	67/68	68/69	69/70	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75	Moyen. 61/74	Moy. 68/74	Moyen. 71/74
Surmelin *	6,3	2,6	4,1	3,5	8	6,5	6,9	5,0	8,3	4,2	3,5	3,5	4,23		5,12	4,78	3,73
Pet.Morin	4,48	2,42	3,88	3,88	7,86	6,3	7,31	5,79	7,76	3,63	3,12	2,97	4,41		4,90	4,61	3,50
Grd Morin Pommeuse	Pertes de l'Aubetin								9,3	5,25	5,15	4,25	5,54				
Sources Provins s/241km ²	4,95	3,91	3,86	3,82	5,68	6,37	6,24	6,18	6,74	5,54	4,31	3,58	3,92		5,01	5,05	3,94
Yerres (Courtomer)								2,8	6,0	1,46	0,72	1,01	2,24		-	2,37	1,32
Ru des Mauldres								2,41	6,6	1,60	1,49	2,17	-				
Yvron								2,25	6,3		Abandonné en 71						
Grand Morin à Montry							7,6	5,66	9,2	3,6	2,7	2,97	4,49		-	4,77	3,38
Yerres à Crosnes													2,1				

* y compris 0,5 l/s/km² prélevés pour les sources de la Dhuis.

CHAPITRE 5

ESSAI DE BILAN HYDROGEOLOGIQUE
DE LA NAPPE DU CALCAIRE DE CHAMPIGNY

5.1. DEFINITION DES POSTES DU BILAN (1)

Effectuer le bilan hydrogéologique de la nappe du Calcaire de Champigny en Brie occidentale nécessite de connaître, calculer ou estimer :

5.1.1. Les entrées dans la nappe

1.11. Percolation de la nappe du Calcaire de Brie vers la nappe du Champigny au travers des marnes supragypseuses.

1.12. Pertes d'écoulement dans le lit des rivières (Yerres Almont etc).

5.1.2. Les sorties de la nappe

1.21. Résurgences de la nappe dans les rivières (basse Yerres)

1.22. Prélèvements par pompages

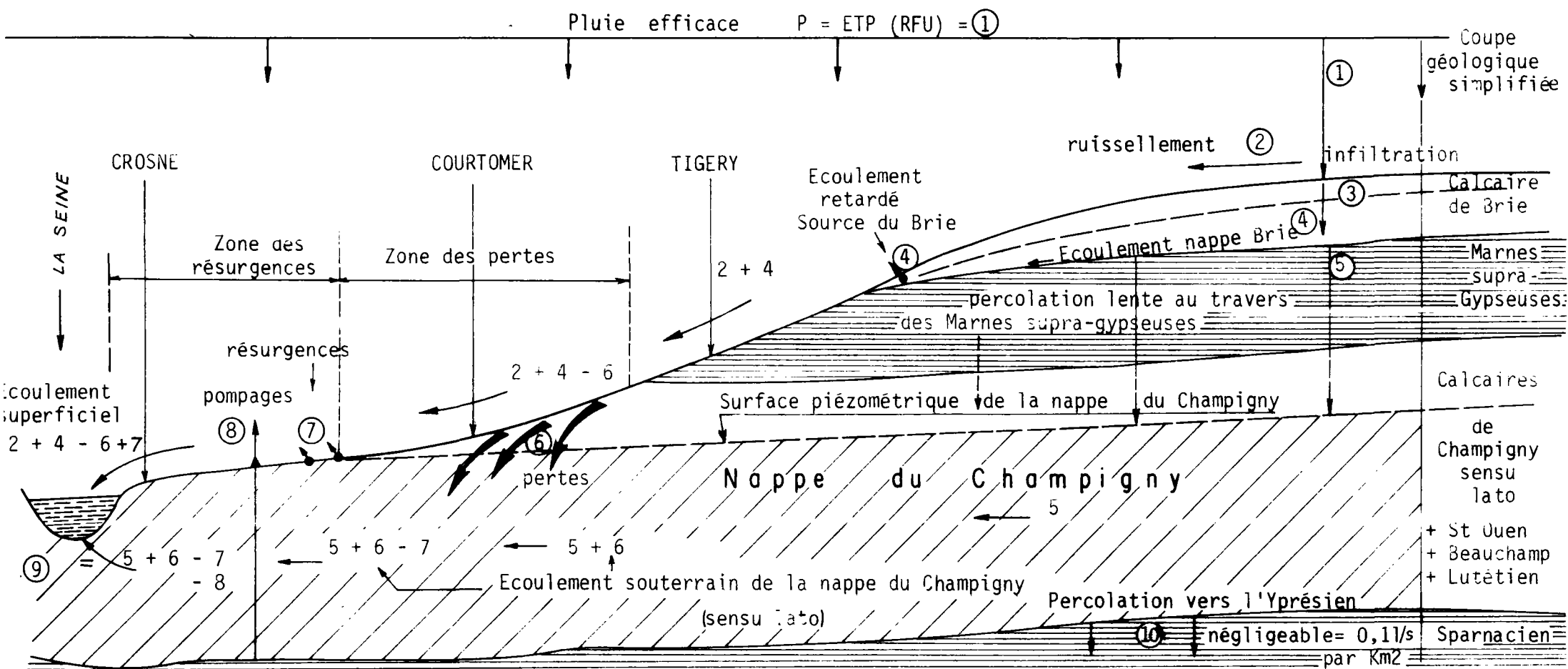
1.23. Fuites per descensum vers les niveaux aquifères sous-jacents (cf. NT 6 janvier 1974, 74 BDP 05 BRGM).

Dans le présent chapitre après avoir estimé par diverses voies les apports probables au travers des marnes supragypseuses, nous présenterons l'étude des pertes et résurgences effectuée à l'aide de jaugeages volants (2 ans de mesures). La synthèse du bilan sera faite par sous-bassins hydrogéologiques en tenant compte des 5 postes décrits ci-dessus.

Des "fourchettes" de bilans probables en année sèche, moyenne et pluvieuse sont finalement proposées à partir de deux voies d'approche différentes : par la méthode hydrométrique basée sur les jaugeages, et par une méthode fondée sur les écoulements connus aux Sources de Provins.

(1) Le présent chapitre reprend les principales conclusions de la note N.T. 18 " Essai de bilan hydrogéologique de la nappe du calcaire de Champigny " BURGEAP - Décembre 75.

SCHEMA EXPLICATIF DU BILAN DE LA NAPPE DE CHAMPIGNY-EN-BRIE



5. 2. INFILTRATION DANS LES MARNES SUPRAGYPSEUSES

5.2.1. Bassin occidental du rû des Hauldres à Tigery

On dispose, dans l'Ouest de la Brie, de jaugeages réguliers pendant 5 ans sur le Rû des Hauldres, ce bassin étant constitué par des calcaires de Brie et la station située sur les Marnes supra-gypseuses.

Débits en l/s/km ²	68/69	69/70	70/71	71/72	72/73/	Moyenne
Pluie utile à Melun	2,3	8,7	1,5	2,0	2,6	3,4
Ecoulem ^t Rû des Hauldres	2,4	6,6	1,6	1,5	2,2	2,8
Différence	+0,1	-2,1	+0,1	-0,5	-0,4	-0,6

Nous émettons l'hypothèse qu'il s'infiltre en moyenne dans le bassin du Rû des Hauldres, 0,5 l/s/km² au travers des marnes supragypseuses, en provenance de la nappe du Calcaire de Brie, et en direction de la nappe du Calcaire de Champigny.

5.2.2. Les jaugeages volants de 73-74

Parmi les bassins hydrologiques du bassin de l'Yerres, qui firent l'objet pendant 2 ans de jaugeages volants mensuels par les soins du BRGM, nous avons choisi ceux d'entre eux dont la station de jaugeage était située géologiquement sur les marnes supragypseuses et qui pouvaient être considérés comme exempts de pertes.

On a calculé mois par mois les débits moyens mensuels probables en se référant à la date des mesures et à l'hydrogramme de Courtomer (méthode explicitée plus loin).

Au total sur l'année hydrologique 73.74, on note en l/s/km² :

	Pluie utile	Ecoulem ^t	Différence	Observations
Station 140	7,5 (a)	5,9	-1,6	(a) Touquin
Station 200	6,4 (b)	5,9	-0,5	(b) 0,6 Touquin + 0,4 St-loup
Réveillon 360	6,2 (c)	5,2	-1,0	(c) <u>Tournan + Evry</u> 2
Morbras 500	6,8 (d) (Tournan)	7,6	+0,8	Rejets de Roissy, et bassin hydrolog. du Brie + étendu

Si l'on exclut la station 500 (Le Morbras, pour laquelle l'excédent observé provient du fait que le bassin versant hydrologique est plus étendu que le bassin topographique du fait du pendage S.O. du Calcaire de Brie, on constate, sur les 3 autres bassins a priori non suspects de pertes, un déficit de l'ordre de 0,5 à 1,5 l/s par km² que l'on peut attribuer à la filtration ("drainance") d'une partie de la nappe du Brie vers celle du Champigny au travers des marnes supragypseuses.

On a vu qu'une telle filtration est possible, au travers de 20m de marnes supragypseuses, si leur perméabilité verticale est de l'ordre de 10^{-9} m/s seulement (NT 7, nappe du Calcaire de Brie, éléments sur les communications avec la nappe du Calcaire de Champigny).

Il est clair par ailleurs que ce phénomène est certainement plus complexe qu'une simple filtration, du fait du jeu de certaines dolines et des déversements de la nappe du Brie sur les versants, là où les marnes ont été amincies et disloquées par l'érosion.

5.2.3. Conclusions

Observant que le déficit d'écoulement sur des petits bassins pour lesquels la station de jaugeage est située sur les marnes supragypseuses s'établit entre 0,5 et 1,5 l/s/km², nous avons retenu pour les estimations du bilan hydrogéologique une "percolation" au travers des marnes supragypseuses, sur l'ensemble de la Brie, de 0,75 l/s/km².

5.3. BILAN DES PERTES ET RESURGENCES DE RIVIERES

5.3.1. Exposé général - Principes de la méthode

Le calcul des pertes et résurgences le long des rivières de la Brie a été réalisé au moyen d'une méthode qui consiste à comparer mensuellement à chaque station de mesure le débit moyen mensuel écoulé, au débit qui se serait probablement écoulé si le lit de la rivière était parfaitement imperméable.

Basée sur des jaugeages volants journaliers (mais calée sur 3 stations d'enregistrement continu) cette méthode a nécessité 2 types de calculs :

- . Le premier vise à corriger les valeurs de jaugeages volants journaliers pour en déduire des valeurs probables de débits moyens mensuels correspondants.
- . Le second, destiné à attribuer chaque mois au bassin versant "ajouté" entre 2 stations, un débit spécifique d'apport moyen déduit de "bassins témoins" non suspects de pertes.

On remarquera d'emblée que la méthodologie employée ne fait aucunement appel à l'analyse pluviométrique : elle est strictement "hydrométrique" ; cela permettra de vérifier la cohérence des résultats obtenus avec un autre calcul, fondé cette fois sur la pluie efficace.

5.3.2. Données de base

5.3.21 On dispose, en Brie occidentale de 3 stations de jaugeages réguliers par lecture journalière d'une échelle limnigraphique.

- CROSNE (1ère Circonscription Electrique)
- COURTOMER (S.R.A.E.)
- LES ETARDS (B.R.G.M.)

Seules les deux premières sont jaugées pour la totalité de la période d'étude qui couvre 2 ans de mars 1973 à février 1975 (Les Etards depuis juillet 1973).

5.3.22 Il a été réalisé par ailleurs dans le cadre de cette étude et par les soins du BRGM, une série de jaugeages volants, groupés chaque mois sur 3 à 5 jours, sur 46 stations (résultats dans la note technique 14, Données hydrométriques).

On a retenu pour cette étude, en plus de Courtomer et Crosne :

- 5 stations sur l'Aubetin
- 1 station sur l'Almont (aval)
- 15 stations sur le bassin de l'Yerres

5.3.3. Correction des jaugeages journaliers - débits moyens mensuels

Les jaugeages volants réalisés par le BRGM un jour par mois sur chaque station (en général entre le 15 et le 25 de chaque mois) sont évidemment différents, sauf cas exceptionnels, du débit moyen mensuel correspondant, écoulé à cette station.

Afin de les corriger, dans toute la mesure du possible, pour obtenir une estimation de ce débit moyen mensuel, on a utilisé les débits enregistrés à la station régulière de Courtomer.

Chaque mesure ponctuelle de jaugeage volant a donc été multipliée par un coefficient correcteur qui n'est autre que le rapport du débit moyen mensuel de la station de Courtomer, au débit de cette station mesuré le même jour que la mesure volante à corriger.

Cette correction, au demeurant la seule qui puisse être effectuée, n'est pas exempte de critiques : nous en avons fait deux :

a) - la station de Courtomer est située dans une zone de pertes : pour que le coefficient $\frac{Q_{\text{mensuel}}}{Q_{\text{journalier}}}$ mesuré à Courtomer soit applicable aux autres stations, il faut que le volume des pertes avant Courtomer soit proportionnel au débit écoulé ; nous avons tenté de vérifier ce point en étudiant la corrélation linéaire entre les débits moyens mensuels observés à Courtomer, et la somme algébrique des pertes et résurgences (calculées plus loin) à l'amont de cette station pour les 24 mois de l'étude ; la corrélation pertes/débit ainsi obtenue est très satisfaisante : $r=0,94^{(1)}$

b) - si l'on peut admettre que les coefficients correcteurs définis ci-dessus à Courtomer peuvent être assez valablement appliqués aux stations du bassin de l'Yerres situées à proximité, il est probablement plus aléatoire de les appliquer au bassin de l'Aubetin ou à celui de l'Almont par exemple ; on n'a pourtant pas d'autre alternative.

Toutefois, la partie aval du bassin de l'Yerres et le Réveillon sont beaucoup plus régularisés que la partie amont : on a donc choisi d'appliquer aux stations 331 et 360 (et à celles-là seulement) des coefficients correcteurs basés sur la station régulière de Crosne.

Il a donc été possible par le biais de ces coefficients correctifs, d'obtenir, à partir de jaugeages "volants" effectués un jour chaque mois, des estimations de la valeur moyenne probable du débit du mois correspondant pour chacune des stations d'étude.

Enfin, certaines mesures de crues manquent sur certains bassins : elles ont été restituées par corrélation statistique avec les stations les plus proches (corrélations Coyne et Bellier, étude en cours).

(1) La régression s'écrit en l/s/moyens mensuels :

$$Q_{\text{Pertes}} = 1,7 Q_{\text{Courtomer}} - 160$$

5.3.4. Apports des bassins additionnels = Bassins témoins

Afin d'apprécier mois par mois les apports probables des bassins versants additionnels, il était nécessaire de choisir des bassins témoins de référence qui ne soient suspects (1), ni de pertes, ni de rejets, et situés de manière relativement centrale dans la zone d'étude.

On a donc étudié par corrélation statistique (portant sur les valeurs brutes des jaugeages volants), les débits jaugés sur toutes les stations a priori non suspectes de pertes puisque géologiquement situées sur les argiles vertes ou les marnes supragypseuses.

Cette analyse statistique, portant par corrélation croisée sur les stations suivantes :

130 - 140 - 150 - 200 - 280 - 310 - 330 - 500

a conduit aux résultats du tableau 5.

Après avoir éliminé :

- les bassins suspects de rejets : 330 (rejets de Brie-Comte-Robert)
- les bassins suspects de pertes : 150 (pertes en hiver dans les puits perdus)
310 lit perméable (?)
- le bassin 280 de jaugeage difficile à cause de turbulences dans l'écoulement.
- le bassin 500, dont le bassin souterrain (nappe du Brie) est plus grand que le bassin topographique, en raison de la pente du calcaire de Brie vers le S.O. dans ce secteur.
- le bassin 130, inclus dans le bassin 140,

On a retenu finalement comme bassins témoins les 2 bassins 140 & 200 qui montrent une bonne corrélation et des débits écoulés dans le rapport des bassins versants topographiques ($\pm 10\%$ près).

Afin de s'assurer de la validité de ce choix, et des coefficients de correction adoptés, on a étudié enfin les corrélations des 24 débits moyens mensuels sur les trois stations régulières (Crosne, Etards, Courtomer) et les bassins témoins 140 et 200.

Les coefficients des corrélations obtenues (0,86 à 0,98) sont satisfaisants.

Notons enfin que pour la partie aval du bassin de l'Yerres on a adopté les apports calculés sur la station du Pevillon également non suspecte de pertes, mais plus régularisée que les stations 140-200.

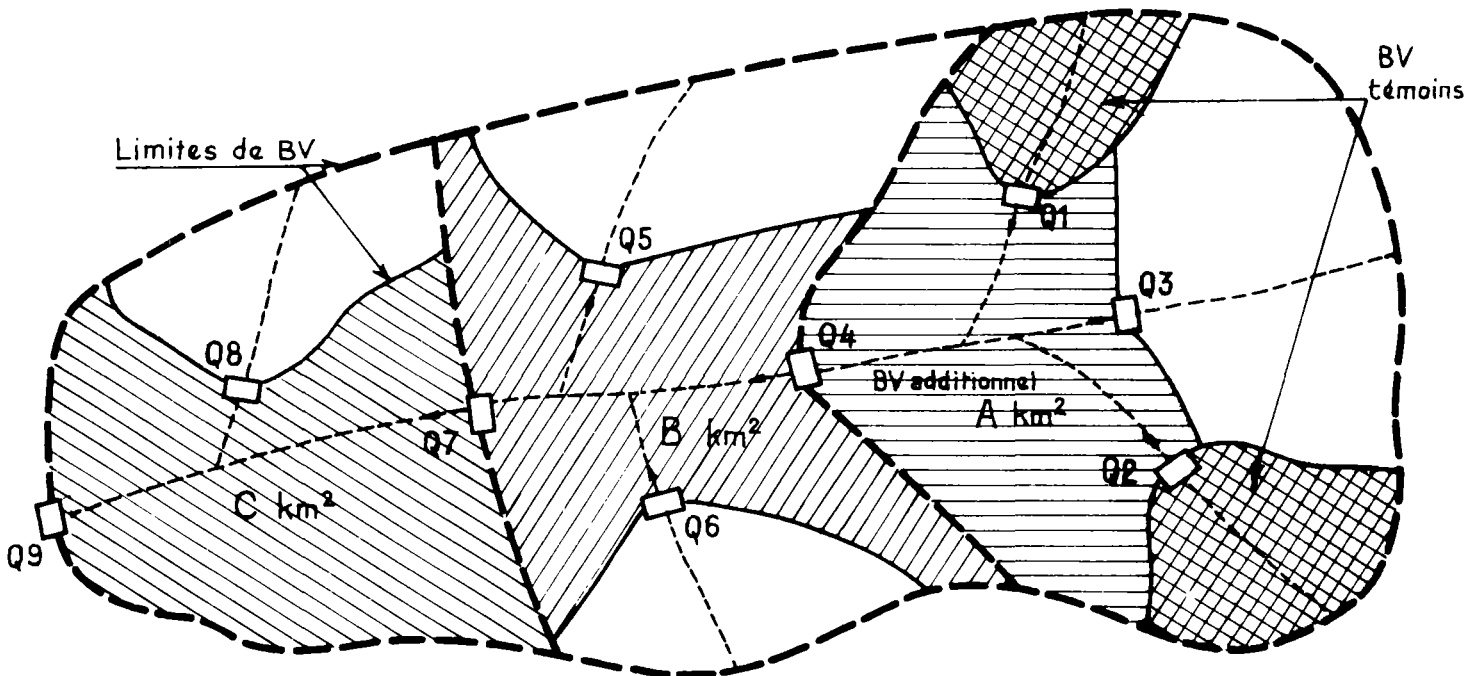
(1) à l'exception de la percolation au travers des marnes supragypseuses, estimées plus haut (entre 0,5 et 1,5 l/s/km²) à 0,75 l/s/km²

5.3.5. Exposé de la méthode des bassins additionnels

Les bassins témoins, non suspects de pertes définissent chaque mois un apport spécifique mensuel Q_s en l/s/km² (tableaux dans NT.18)

En chaque station de jaugeage, on compare donc chaque mois le débit moyen mensuel de la station (jaugeages volants corrigés) à la somme :

- . des débits moyens mensuels corrigés des stations amont s'il en existe.
- . et des apports moyens du bassin versant additionnel :



On effectue chaque mois, la différence des débits moyens mensuels par exemple:

$$Q_4 - (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_s \times A) = Q_{PRI} = \text{somme algébrique des pertes moins les résurgences à l'amont de station } Q_4$$

si $Q_{PRI} > 0$ les résurgences l'emportent sur les pertes

si $Q_{PRI} < 0$ les pertes l'emportent sur les résurgences

si $Q_{PRI} = 0$ le bassin est équilibré

de proche en proche, et d'amont en aval, on a aussi :

$$Q_7 - (Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_s \times B) = Q_{PRI2}$$

$$Q_9 - (Q_7 + Q_8 + Q_s \times C) = Q_{PRI3}$$

Ces calculs, effectués tronçon par tronçon, et d'amont en aval, permettent d'apprécier mois par mois, puis en moyenne sur diverses périodes, les relations rivière-nappe.

5.3.6 Conclusions

A l'exception du bassin de l'Yerres à l'amont de la station 180 (qui paraît d'ailleurs à peu près équilibré sur 2 ans) et de la zone de l'Yerres aval (entre station 331 et Crosne) où l'on note des résurgences d'ailleurs bien connues (zone des captages SLEE), tous les bassins amont sont sujets à pertes.

Les pertes se produisent en règle générale, toute l'année mais elles sont plus importantes (5 à 10 fois en moyenne) en hiver/printemps qu'à l'étiage. Ceci est logique si l'on observe que les gouffres situés dans le cours des rivières sont plus noyés en crue qu'à l'étiage.

Par ordre de pertes annuelles moyennes décroissantes, on a :

- . l'Yerres moyenne(entre 180 et 331) 1150 l/s
- . l'Almont 1100 l/s
- . la Marsange 800 l/s
- . l'Yvron 600 l/s
- . la Visandre 450 l/s
- . le Breon 200 l/s
- . le Rû d'Avon ~ 50 l/s

5.3.7 Pertes prévisionnelles selon les années

En supposant que les pertes et les résurgences dans les rivières sont à peu près proportionnelles aux apports pluviométriques utiles on peut enfin établir l'estimation prévisionnelle suivante pour l'année moyenne (61-74), l'année la plus sèche (62/63) et l'année la plus humide (69/70) de la période.

Tableau des Pertes prévisionnelles globales moyennes en l/s

YERRES et ALMONT	1973/74	Moyenne 61/74	En année sèche 62/63	En année humide 69/70	Moyenne génér. arrondie pour le bilan hydro.
Coefficient	1	0,89	0,37	1,60	
Visandre	597	531	220	955	500
Yvron	669	595	247	1070	600
Bréon	234	208	87	374	200
Rû d'Avon	71	63	26	113	50
Marsange	916	815	339	1465	800
Yerres entre 180 & 331	1262	1123	466	2019	1150
Almont	1324	1178	490	2118	1100
Total des pertes Yerres + Almont	5073	4513	1875	8114	4400
- Résurgences Yerres aval	-531	-472	-196	- 849	-500
Bilan global (apport au Champigny)	4542	4041	1679	7265	3900

5. 4. BILAN DE LA NAPPE DU CHAMPIGNY EN BRIE OCCIDENTALE (cf. planche n° 17)

5.4.1. Délimitation de la zone de calcul du bilan

Afin d'effectuer le bilan de la nappe du Calcaire de Champigny en Brie occidentale, nous délimiterons comme suit la zone de calcul :

- 5.4.11. Limites amont : Les limites du bassin versant de l'Yerres et de l'Aubetin, hydrogéologiques et topographiques coïncident à très peu près. L'Aubetin sera exclu des calculs : les pertes sur cette rivière profitent au bassin du Grand Morin et n'intéressent pas la Brie occidentale.

On prendra également comme limite Sud, la limite du BV des sources de Provins (unité isolée particulière). On inclura par contre dans la Brie occidentale le rû du Chatelet et la vallée Javot sur lesquels on ne dispose pas de jaugeages, mais pour lesquels on appréciera les apports par comparaison avec les pertes sur l'Almont, l'Yvron et la Visandre.

- 5.4.12. Limites aval : La Seine jusqu'au confluent de la Marne,
La Marne du confluent de la Seine à la limite du bassin du Grand Morin.

5.4.2. Limites des bassins hydrogéologiques

Dans le cadre ainsi défini, l'examen des cartes piézométriques établies en octobre 1973 et mars 1974 permet de définir les 7 bassins suivants, délimités par des lignes de courants de l'écoulement souterrain dans la nappe du Champigny : cf. cartes D et Dbis.

Les limites des bassins hydrogéologiques varient peu entre nappe haute (mars) et nappe basse (octobre) sauf pour les bassins 3 et 4. Nous avons vu, dans l'étude piézométrique, que le gonflement noté en hiver sous l'Yerres moyenne par les pertes du cours moyen de l'Yerres, détournait vers le Nord, au profit du bassin 3, les débits infiltrés dans le haut bassin de l'Yerres (essentiellement la Visandre) qui appartient au bassin 4 en étiage !

Pour tenir compte du retard à l'écoulement souterrain des crues (1 à 2 mois d'après les enregistrements limnigraphiques), nous avons donc pour ces 2 bassins, les plus importants, découpé l'année en 2 périodes de 6 mois :

Décembre à Mai : hiver-printemps = crues
Juin à Novembre : été-automne = étiage

Liste des Bassins hydrogéologiques (cf. carte H)

Bassin n°	NOM	Description-Observation	Superficie km ²
1	de Lagny	Nord de la Brie, bordé par la Marne, bassin marginal	110
2	de Morbras	de Villeneuve-le-Comte à Sucy-en-Brie (pas de pertes)	270
3	Tournan-Brie	Ce bassin s'étend jusqu'à la Visandre en hiver. Il est limité à Touquin en étiage. Il bénéficie d'une partie des pertes de la Marsange et de la basse Yerres	587 (hiver) 367 (étiage) (moyenne 477)
4	Nangis-Melun	Ce bassin, le plus important, bénéficie des pertes de l'Yerres et de l'Almont. Sa limite avec le précédent varie avec la saison : en étiage en hiver	(moyenne 854) 964 744
5	Chatelet Vallée Javot	Ce bassin méridional bénéficie des pertes, non jaugées, du rû du Chatelet et de la vallée Javot	168
6	Hericy	Ce bassin en limite Sud de la Brie, est situé dans une zone où la nappe du Champigny est très mince	41
7	Corbeil	Situé sur l'anticlinal de Corbeil, ce bassin présente un écoulement divergent vers la Seine	59
Brie Occidentale		Superficie totale	1979
8	L'Aubetin	Ecoulement vers le bassin du Grand Morin	250

5.4.3 Mode de calcul du bilan

Nous avons calculé les apports probables bassin par bassin, compte tenu :

5.4.31 des apports par percolation lente au sein des marnes supragypseuses
Les apports étant estimés compris entre 0,5 et 1,5 l/s/km², on a adopté pour le bilan prévisionnel 0,75 l/s/km² de débit moyen probable, en toute saison.

5.4.32 des apports par pertes de rivières : (méthode des BV additionnels)

On a tenu compte (notamment pour les bassins 3 et 4)

- de l'époque (étiage ou crue) où elles se produisent
- de leur localisation sur le bassin.

Lorsqu'une zone de pertes se situe à cheval sur 2 bassins (cas de la Marsange et de la basse Yerres entre stations 270 et 331) on a supposé qu'elles étaient proportionnelles à la longueur de la zone de perte intéressant chaque bassin.

Les pertes de la vallée Javot et du rû de Chatelet ont été estimées par comparaison avec celles de l'Almont de l'Yvron et de la Visandre, au prorata des superficies de leurs bassins versants.

5.4.33 des prélèvements moyens effectués sur chaque bassin (période 73-74)

5.4.34. des résurgences actuelles : essentiellement dans la basse Yerres, entre la station 331 et Crosne, au détriment du bassin n° 3.

Les sommations étant faites pour l'année moyenne probable, on a, pour estimer les apports par les rivières en année sèche et année pluvieuse, appliqué aux apports moyens les coefficients 0,4 et 1,8.

Le tableau ci-après présente les résultats bassin par bassin ;

Nota : De même qu'on a estimé puis tenu compte des apports probables au travers des marnes supragypseuses, il y a lieu en principe de tenir compte des fuites profondes au bénéfice de la nappe du Sparnacien-Yprésien.

Ces fuites ont été estimées (note technique n° 6 janvier 1974 = relation entre la nappe du Calcaire de Champigny et celle de l'Yprésien, 74 BDP 05 BRGM) à 0,1 l/s/km², soit 200 l/s sur l'ensemble de la Brie ; elles restent inférieures à la fourchette de débits proposée ci-après.

5.4.4. RECAPITULATION DES RESSOURCES

Ressources disponibles en l/s d'après méthode hydrométrique (compte-tenu des prélèvements actuels)				
n° bassin	Année moyenne	Année très sèche	Année très pluvieuse	Prélèvements actuels (déduits)
1	70	70	70	10
2	160	160	160	40
3	680 (1)	240	1320	420
4	3240	1390	5530	400
5	475	255	765	20
6	110	55	180	10
7	30	30	30	15
Total	4765	2200	7985	915
8 Aubetin	445 (1)	240	555	35

On observera que les deux bassins les plus riches sont le 3 et le 4; avec avantage au bassin 4 qui, bien qu'il ne bénéficie pas des pertes d'hiver sur la Visandre, profite de la quasi totalité des pertes de l'Yerres moyenne, du Bréon et de la Marsange, ainsi que de la totalité des pertes de l'Almont.

Les fluctuations saisonnières des apports approchés dans les tableaux précédents pour les bassins 3 et 4 sont sans importance majeure pour l'exploitation du fait de la régularisation des apports par la nappe qui apparaît nettement sur les limnigrammes situés à proximité des exutoires.

Les ressources du bassin 3 pourraient être majorées du volume des résurgences de la basse Yerres, si les pompages pratiqués à l'amont tarissaient ces résurgences à supposer qu'il soit sanitairement pensable d'assécher l'Yerres à Crosne en étiage.

(1) Sans compter les résurgences captables de la Basse Yerres (500 l/s) et de l'Aubetin (380 l/s).

5.4.5. "FOURCHETTES" RETENUES - BILAN FINAL PROPOSE

A l'issue de ce long exposé qui a certainement mis à l'épreuve la patience du lecteur, il importe de proposer un bilan final prévisionnel pour les 1980 km² de la nappe du Champigny en Brie occidentale.

Or, nous avons déjà fait remarquer que le déficit d'écoulement à Crosne, de l'Yerres, principal fournisseur d'eau à la nappe de Champigny, était sensiblement différent selon qu'on calculait ce déficit par référence aux sources de Provins ou à la pluie utile tombée sur le bassin.

Dans le souci de tenir compte de cette observation, il nous est donc apparu nécessaire de reprendre le bilan global de l'ensemble des 7 sous-bassins hydrogéologiques, et de proposer finalement des "fourchettes" de débits probablement disponibles tant en année moyenne (61-74) que pour les années les plus sèches et les plus pluvieuses de la période.

La démarche finale adoptée est explicitée par les quatre tableaux récapitulatifs ci-après A,B,C,D et le tableau 5.4.4. de la page précédente.

Ce sont les fourchettes de l'année moyenne du tableau D qui ont finalement été reportées sur la carte H.

BILANS DES RESSOURCES EN BRIE OCCIDENTALE (1980km²)

TABLEAU A

I. Par la méthode des B.V. additionnels, en m³/s

Année hydrogéologique de référence	1973/74	A n n é e s		
		Moy	sèche	Pluvieuse
Coeff.	1	0,9	0,4	1,6
Apports MSG s/1980km ² (0,75) +	1.5	1.5	1.5	1.5
Pertes mesurées (tableau 4) +	5.0	(4.5)	(2.0)	(8.0)
" estimées (V.Javot + Chatelet) +	0.3	0.2	0.1	0.5
Resurgences (B.Yerres) -	0.5	0.4	0.2	0.8
Totaux disponibles avant = pompages	<u>6,3</u>	<u>5,8</u>	<u>3,4</u>	<u>9,2</u>
Pompages actuels	0,9	0,9	0,9	0,9
Disponible après pompage =	5.4	4.9	2.5	8.3

TABLEAU B

 II. D'après débits spécifiques sources Provins (en m³/s)
 (Décalage 3 mois = année légale)

Année légale de référence	1974	A n n é e s		
		Moy.	sèche	Pluvieuse
Débits spécifiques l/s/km ²	4.2	4.9	3.7	6.6
Coeff.	1	1.2	0.8	1.6
Apport s/1980km ² +	8.3	9.7	7.3	13.0
Ecoulement { Yerres -	2.2	(2.6)	(1.8)	(3.5)
Superficiels { Almont -	0.5	0.6	0.4	0.8
{ V.Javot (est) -	0.3	0.4	0.2	0.5
Totaux disponibles avant = pompage	<u>5,3</u>	<u>6,1</u>	<u>4,9</u>	<u>8,2</u>
Totaux disponibles après = pompages actuels	4.4	5.2	4.0	7.3

La comparaison des totaux disponibles avant pompages de ces deux tableaux montre que, pour l'année moyenne, comme pour l'année sèche, la valeur minimale de la "fourchette" est fournie par la méthode hydrométrique, tandis que pour l'année pluvieuse, cette valeur minimale est fournie par les sources de Provins, très régularisées.

Cela peut s'écrire sous forme du tableau ci-après :

En année :	moyenne	sèche	pluvieuse
Les ressources disponibles calculées par la méthode hydrométrique représentent les valeurs	minimales	minimales	maximales
Les ressources déduites de l'écoulement des sources de Provins représentent des valeurs	maximales	maximales	minimales
qui sont dans les rapports suivants avec les précédentes	6,1/5,8 = 1,05	4,9/3,3 = 1,44	8,2/9,2 = 0,89

On peut en déduire les fourchettes suivantes de ressources globales avant prélèvements :

TABLEAU C	Sèche		Moyenne		Pluvieuse	
	Mini 1	Maxi 1,44	Mini 1	Maxi 1,05	Mini 0,89	Maxi 1
Bassin n°1	80 *	(80)	80 *	(80)	(80)	80*
2	200 *	(200)	200 *	(200)	(200)	200*
3	660 *	950	1100 *	1155	1150	1740 *
4	1790*	2570	3640 *	3800	5200	5930 *
5	275*	395	495 *	520	700	785 *
6	65*	95	120 *	130	170	190 *
7	45*	(45)	45 *	(45)	(45)	45 *
Totaux Brie Occidentale	3105	4345	5680	5930	7945	8880
Soit en m3/s	3,1 à 4,3		5,6 à 5,9		7,9 à 8,9	
Bassin Aubetin n° 8	275*	396	480*	504	525	590 *
soit en m3/s	0,25 à 0,4		0,48 à 0,5		0,5 à 0,6	

(entre parenthèses, valeurs estimées sans application de coefficients).

BILAN PREVISIONNEL FINAL

Enfin en déduisant les prélèvements actuels, bassin par bassin, il vient le tableau final D des ressources disponibles et l'état actuel des prélèvements (en l/s) :

TABLEAU D

Ressources disponibles en années :	Sèche		Moyenne		Pluvieuse	
	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi
Bassin n° 1	70	(70)	70	(70)	(70)	70
2	160	(160)	160	(160)	(160)	160
3	240	530	680	735	1130	1320
4	1380	2160	3190	3370	4800	5440
5	255	375	475	500	680	765
6	55	85	110	120	160	180
7	30	(30)	30	(30)	(30)	30
Total Brie Occident.	2190	3410	4715	4985	7030	7965
Soit en m3/s	2,2 à 3,4		4,7 à 5,0		7,0 à 8,0	

Aubetin n° 8 l/s	240 à 360	445 à 470	490 à 555
------------------	-----------	-----------	-----------

En rappelant que l'on a en outre la possibilité de capter, en plus, les résurgences suivantes (en l/s) :

en années	sèche	moyenne	Pluvieuse
Dans le bassin n°3 (Basse-Yerres)	200	500	850
Dans le bassin n° 8 (bas Aubetin)	200	430	900

CHAPITRE 6

CONCLUSIONS

EXAMEN DES POSSIBILITES D'EXPLOITATION
DE LA NAPPE

L'étude analytique de la nappe des Calcaires de Champigny nous a conduit à traiter dans des chapitres différents les aspects hydrogéologiques les plus variés. Il convient donc de les synthétiser et de les résumer de façon pratique, de manière à ce que l'essentiel des connaissances acquises sur la nappe profite à sa gestion et en permette le cas échéant une exploitation accrue.

Après avoir rappelé les débits globalement disponibles dans cette nappe, et examiné sa vulnérabilité aux pollutions, ce chapitre présente un schéma de répartition dans l'espace des contraintes hydrogéologiques et sanitaires et esquisse une réflexion sur les perspectives d'exploitation intensive de la ressource.

6.1. PERSPECTIVES D'EXPLOITATION DE LA NAPPE

6.1.1. Rappel des débits de la nappe

Dans la région étudiée, dont la superficie est de l'ordre de 2.000 km² (bassins de l'Aubetin et des sources de Provins exclus), la nappe du Calcaire de Champigny sensu lato reçoit les apports de percolation de la nappe du Calcaire de Brie au travers des marnes supragypseuses, et les pertes de l'Yerres, de l'Almont, du ru de Châtelet et de la vallée Javot.

Après un parcours souterrain variable, cette eau aboutit, en presque totalité à la Seine entre Champigny au Nord et Héricy au Sud.

Le bilan hydrogéologique global de cette zone tel qu'il a été établi au chapitre 5 conduit à la fourchette suivante, en année moyenne :

	<u>Mini</u>		<u>Maxi</u>
- Pertes des rivières	4,6	à	4,9 m ³ /s
- Alimentation de la nappe au travers des formations recouvrant les Calcaires de Champigny (0,75 l/s/km ²)	1,5	-	1,5 m ³ /s
Alimentation totale	6,1	à	6,4 m ³ /s
dont il convient de déduire les prélèvements actuels, environ	0,9	à	0,9
soit un débit moyen "disponible" de :	5,2	à	5,5 m ³ /s

se décomposant comme suit :

4,7 à 5,0 m³/s débit souterrain

0,5 m³/s de résurgences dans la basse vallée de l'Yerres.

Si l'alimentation de la nappe est bien proportionnelle à la pluie efficace (chapitre 5) on peut admettre les valeurs extrêmes suivantes pour les apports de la période 1961-1974 :

2,2 à 3,4 m³/s en année très sèche (1962-1963)

7 à 8 m³/s en année très pluvieuse (1968-1969)

On peut affirmer, en toute première analyse qu'il est possible d'exploiter au minimum (1), l'apport minimum de l'année la plus sèche soit 2,2 m³/s (2).

L'essentiel de ces apports se concentre dans deux sous-bassins : près du tiers du total aboutit à la Seine entre Soisy et Limeil-Brévanne (basse Yerres) et près des deux tiers entre Seine-Port et Chartrettes (région de Melun).

On note tout de suite l'importance d'une telle ressource dans l'environnement immédiat de la capitale (Brie-Comte-Robert et Melun se trouvent respectivement à 22 et 38 km à vol d'oiseau des boulevards de ceinture), en remarquant que la nappe de l'Albien fournit moins de 1 m³/s, que celle du Lutétien-Sparnacien peut donner au maximum 3 m³/s (dont 2,5 sont actuellement exploités) ou que le projet de Montereau, dans la Craie et les alluvions de la Seine est prévu en première phase pour 3,2 m³/s (7 m³/s par la suite).

Reste à savoir dans quelles conditions (débit unitaire et nombre d'ouvrages, répercussions hydrodynamiques, qualité de l'eau à long terme) des débits de cette importance seraient exploitables sous le plateau de Brie.

6.1.2. Réserves, régularisation, débit disponible

Les caractéristiques du système aquifère sont telles que les ressources nouvelles effectivement mobilisables ne se limitent pas aux 2,2 m³/s que représente l'apport minimum estimé de l'année la plus sèche connue sur la période 1961-1974, en effet :

61.21 Les réserves profondes sont considérables

L'étude hydrochimique (chapitre 3) du présent rapport a montré que l'apport 4 à 5 m³/s de l'année 1973-1974, proche de la moyenne, avait renouvelé 5 à 10 % des réserves de la nappe.

(1) En plus des 0,9 m³/s déjà exploités.

(2) La prise en compte d'autres bassins, situés plus à l'Est, ferait apparaître des ressources supplémentaires exploitables dans des conditions analogues, en rapport avec les superficies intéressées.

Si l'on adopte le chiffre de 8 % en moyenne, on en déduit que les réserves sont de 1,5 à 2 milliards de m³ (1), chiffre qui correspondrait à une porosité utile de 2 à 3 %, tout à fait admissible pour ce réservoir, sur une hauteur aquifère moyenne d'une trentaine de mètres.

La capacité de régularisation est donc considérable, ce qui introduit une grande sécurité dans les évaluations précédentes.

61.22 Le débit est parfaitement régularisé aux exutoires

En dépit des nombreux témoins de dissolution de la roche que l'on rencontre en Brie (dolines, gouffres absorbants etc.), aucune émergence de type "vaclusien" n'y a jamais été mise en évidence et l'on peut penser que les circulations karstiques y sont limitées dans le temps comme dans l'espace.

De fait, l'examen des limnigrammes, relevés pendant deux ans au cours de la présente étude (chapitre 2) montre que s'il y a bien en période de crue, des phénomènes d'engouffrement de cours d'eau, l'onde de crue que ces pertes induisent dans la nappe, s'étale et s'atténue quelques mois dans le sens de l'écoulement.

Ces "ondes de crues" successives, dont l'amplitude au droit des pertes de rivières atteint 5 m (Yerres) voire 8 m (Ru du Châtelet, Almont) sont, à très peu près, parfaitement régularisées par la nappe lorsqu'elle parvient à ses exutoires souterrains, en Seine après seulement 10 à 20 km de parcours souterrain.

La variation du gradient piézométrique à l'amont des exutoires étant presque insensible entre les hautes et les basses eaux de la nappe, les variations saisonnières du débit évacué en Seine sont sans aucun doute très faibles.

L'importance de la régularisation saisonnière naturelle et celle des réserves incitent à penser que l'on pourrait exploiter en permanence un débit nettement supérieur au module de l'année très sèche (3 m³/s), et très probablement l'apport moyen : 5 m³/s.

6.1.3. Facteurs pouvant modifier la capacité d'exploitation. Relation de la nappe et des cours d'eau.

Une exploitation intensive de la nappe ne peut être envisagée sans prendre en compte ses interférences avec les cours d'eau :

- Avec la Seine tout d'abord : l'exploitation poussée de certains secteurs proches de la Seine pourrait provoquer l'inversion du gradient hydraulique naturel.

Ce phénomène peut être suivant les cas, recherché ou combattu. Cela dépend des buts poursuivis, de la qualité de l'eau de Seine dans le bief considéré, de l'action épuratrice du filtre naturel interposé : alluvions ou formation calcaire elle-même.

(1) $4 \text{ à } 5 \text{ m}^3/\text{s} \times \frac{100}{8} \times 31,5 \cdot 10^6 \text{ sec} = \underline{1,5 \text{ à } 2 \text{ milliards de m}^3}.$

Eviter cet effet peut amener à limiter les prélèvements ; utiliser la réalimentation induite permettrait au contraire d'augmenter la capacité d'exploitation de la nappe.

- Avec les cours d'eau du plateau et éventuellement l'Yerres : les objectifs de débit et de qualité de l'Yerres ne sont pas encore définis. On sait par ailleurs que l'on envisage d'y créer des retenues de loisirs.

Il va de soi que l'on touche ici à un problème dont les paramètres sont interdépendants : des pompages importants peuvent diminuer le débit de la basse Yerres (secteur des résurgences) ; à l'amont, la création de retenues tendra à accroître les pertes et à suralimenter la nappe (1) ; la remise en eau des biefs qui s'assèchent en étiage accentué pourrait être envisagée soit par l'intermédiaire de retenues soit également par pompage dans la nappe, comme cela est pratiqué sur certaines rivières de la Craie en Angleterre.

Toute politique d'exploitation de la nappe doit donc être ordonnée en fonction d'un aménagement hydraulique d'ensemble, et vice-versa.

De même, il est clair, compte tenu des pertes du cours d'eau, que la politique d'exploitation de la nappe est également liée à la politique de l'assainissement à mener dans la région.

6.1.4. Qualité des eaux et vulnérabilité de la nappe

Les chenaux et conduits karstiques sont quand même relativement rares par rapport à la masse de l'aquifère, et le milieu perméable est en fait essentiellement constitué de moyennes et petites fissures.

La grande surface de contact, ainsi créée, conduit à une certaine épuration. Mais ce qui semble le plus important, c'est la très grande dilution que subit un éventuel polluant dans la masse considérable constituée par l'aquifère.

A cette dilution de volume, on peut ajouter une dilution dans le temps qui résulte de l'écoulement complexe dans des réseaux de strates ou de fissures ayant leur propre vitesse de transfert.

On a constaté en effet, que la plupart des pollutions accidentelles présentaient un taux de décroissance très rapide.

Enfin, la distance parfois considérable entre les zones d'alimentation et les zones de résurgence accroît le temps pendant lequel peut s'effectuer l'autoépuration.

Il est certain que les zones les plus vulnérables sont constituées essentiellement par les pertes de rivières et les gouffres.

(1) On peut même imaginer de créer des ouvrages de retenue ayant notamment ou essentiellement pour fonction l'alimentation artificielle de la nappe et l'accroissement des prélèvements d'eau souterraine.

Sous les plateaux, la nappe aquifère est bien protégée par un recouvrement de 20 à 25 mètres de terrains très peu perméables. Or près de 90 % de la surface de la Brie est protégée de cette manière.

Il suffirait donc dans beaucoup de cas de réduire la pollution en équipant de stations d'épuration les agglomérations des vallées.

6.141 Pollution chimique

Par suite du taux élevé de dilution, de manière générale, la minéralisation de la nappe des Calcaires de Champigny est moins élevée que celle des eaux de surface.

Il n'a pas été détecté au cours de cette étude, de pollution importante dans l'aquifère, en dehors d'une minéralisation très sensible en nitrates.

Les surveillances hydrochimiques effectuées sur les sources de Provins par la Ville de Paris ont permis de mettre en évidence une augmentation régulière du taux de nitrates depuis 1909. A cette époque, les neuf sources principales du groupe de Provins avaient une teneur moyenne de 22 mg/l de NO_3 . En 1972, la teneur moyenne des mêmes sources était passée à 39 mg/l ceci sans variation appréciable de débit (débit moyen : 1,2 m³/s).

Sur le plateau lui-même, les minéralisations en nitrates marquent également une évolution. D'après une étude de la S.E.M., couze forages qui titraient en moyenne 12,3 mg/l en 1968, sont passés à une moyenne de 21,3 mg/l en 1973.

Deux forages d'alimentation en eau potable ont dû être abandonnés et actuellement sur 23 adductions d'eau potable contrôlées dans le cadre de cette étude, quatre ouvrages supplémentaires devraient être abandonnés pour des teneurs en nitrates dépassant les normes de potabilité (44 mg/litre).

Les eaux de surface qui drainent le plateau de Brie sont plus minéralisées en moyenne, que les eaux de la nappe des Calcaires de Champigny et présentent en hiver et au printemps des teneurs particulièrement élevées et irrégulières, attribuées au lessivage des engrais sur sol nu avant le démarrage de la végétation.

Les eaux de surface alimentant pro-parte la nappe des Calcaires de Champigny, il faut s'attendre dans l'ensemble à une augmentation progressive du taux moyen en nitrates.

Ce problème des nitrates ne se pose cependant pas avec plus d'acuité en Brie que dans beaucoup d'autres régions françaises de culture intensive. Il est certain qu'il importe de dégager à l'échelon national des solutions dont la Brie pourrait bénéficier, mais sur le plan régional des mesures pourraient être prises pour réduire et contrôler en accord avec les différentes administrations, les modalités d'emploi des engrais azotés, de façon à mieux adapter la fertilisation au type de culture.

Une politique menée en ce sens verrait sans doute se produire des résultats assez rapides et positifs, étant donné la grande solubilité des nitrates. Une telle action pourrait être non seulement démonstrative, mais particulièrement utile pour une nappe aquifère d'une telle importance et située aux portes de Paris.

6.2. ZONES D'EXPLOITABILITE PREFERENTIELLE

6.2.1. Principes

Il importe de souligner d'abord, qu'à l'exception des zones marginales du Nord, (où les faciès deviennent marneux), et du Sud (où l'épaisseur aquifère est réduite) et sous réserve naturellement des variations locales de transmissivité du Calcaire de Champigny, liées à sa fissuration, la quasi totalité de la zone centrale de la Brie occidentale est favorable à la création de captages nouveaux.

Il est cependant nécessaire de préciser les zones les meilleures : l'intérêt d'une carte de synthèse comme celle qui est présentée (carte H) est de fournir aux utilisateurs une orientation générale concernant les zones plus ou moins favorables aux captages, ainsi que les zones plus ou moins vulnérables aux pollutions.

6.2.2. Critères d'exploitabilité (carte H)

La zone considérée a été volontairement limitée au secteur compris entre la Seine, la Marne et l'Aubetin, car les éléments disponibles présentent une faible densité au Nord de cette rivière.

On a distingué : (1)

6.2.21 Zone de faciès défavorables

La zone de faciès défavorable couvre le Nord de la Brie au-delà d'une ligne allant de Pontault-Combault à Mauperthuis (vallée de l'Aubetin), et à l'Ouest d'une ligne Pontault-Combault, Villecresnes, Epinay-sous-Sénart, Tigery, Savigny-le-Temple.

Cette zone est caractérisée par un épaississement considérable des marnes infraludiennes au détriment des Calcaires de Champigny. Les Calcaires de Saint Ouen sous-jacents sont, en général, peu productifs et le Lutétien gypsifère donne des eaux séléniteuses.

6.2.22 Zone d'épaisseur mouillée réduite

Cette zone, limitée à la bordure orientale et sud de la Brie, en deçà d'une ligne passant par Vulaines-sur-Seine, Féricy, les Ecrennes, la Chapelle-Rablais, Vieux-Champagne, Bezalles, Villiers-Saint-Georges, n'intéresse que les faciès lacustres lutétiens-bartoniens, lorsque les épaisseurs mouillées sont inférieures à une vingtaine de mètres en moyenne.

Cette région peu favorable à des captages par puits ou forages possède cependant de nombreuses sources de déversement sur la cuesta de l'Ile de France.

(1) A l'intérieur d'une zone bien définie, favorable ou non, il faut considérer que l'on essaye de représenter la tendance à la fois de caractère général et de caractère statistique. Ceci veut dire que, ponctuellement, un ouvrage pris au hasard ne reflètera pas forcément le caractère favorable ou non du zoning. Il faudra tenir compte du type d'ouvrage réalisé, de son mode d'exécution et de son équipement ainsi que des variations rapides de la perméabilité de l'aquifère, particulièrement hétérogène en domaine carbonaté.

Le Bassin de Provins, par exemple, peu productif lorsqu'il s'agit d'ouvrages isolés n'en constitue pas moins le bassin d'alimentation des sources de la Ville de Paris ($1,2 \text{ m}^3/\text{s}$).

6.2.23 Zones déjà exploitées

En dehors du bassin des sources de Provins, situé hors de la zone du bilan et déjà exploité au maximum, on a noté le cône de rabattement créé par les implantations industrielles de la zone Nangis-Grandpuits.

Nous avons tenu compte, pour mémoire, des captages S.E.M. de Melun et ceux de la S.L.E.E. en basse-Yerres, mais, le rabattement correspondant à ces ouvrages reste limité.

Il faut signaler cependant l'existence de très nombreux ouvrages au Nord de l'Yerres, dans le bassin du Réveillon, dont les conséquences sur la nappe ne sont pas encore connues.

6.2.24 Zones vulnérables à la pollution

Nous avons considéré comme zones vulnérables à la pollution :

- les sections de cours d'eau temporaires alimentant directement la nappe des Calcaires de Champigny par des lits poreux ou des infiltrations plus ou moins diffuses ;
- des gouffres absorbants susceptibles de conduire des pollutions à la nappe, soit naturellement, soit par rejets.

Inversement, apparaissent ainsi sur la carte les régions où la nappe des Calcaires de Champigny est protégée par une couverture épaisse de Marnes vertes et supragypseuses et où la présence de gouffres est exceptionnelle.

6.2.25 Zones favorables

Les zones favorables ont été déterminées à l'aide de la piézométrie et de la lithologie. On a constaté, en effet, que les forages productifs se situaient dans des zones bien alimentées, ayant une épaisseur mouillée importante d'au moins quarante mètres. En zone centrale, on a distingué un secteur d'aquifère mouillé plus puissant, comportant notamment plus de quinze mètres de Calcaire de Champigny ss : zone moyenne de l'Yerres et bassin de Melun.

Cependant ces caractères déterminants dans les grandes lignes, ont été corrigés ou aménagés dans le détail pour tenir compte localement de certains résultats expérimentaux.

Entre les zones favorables définies ci-dessus et les zones peu favorables énumérées précédemment s'étend sur quatre à cinq kilomètres de large une zone intermédiaire laissée en blanc sur la carte.

D'autre part, nous avons fait figurer, par un liseré, les zones de la nappe de Champigny situées en bordure de Seine, susceptibles d'être temporairement surexploitées grâce à une réalimentation induite à partir du fleuve.

6.2.3. Résultats : Zones d'exploitabilité préférentielle

Le schéma à 1/ 100.000 de la carte H intitulée "Exploitabilité - Bilan" montre que la majeure partie des apports souterrains de la nappe à la Seine aboutit au Nord-Ouest dans la basse vallée de l'Yerres et au Sud, dans la région de Melun.

Il résulte de cette disposition naturelle que les débits disponibles les plus importants sont évidemment situés dans la partie aval des bassins hydro-géologiques les mieux alimentés par les pertes de rivières, à savoir :

- le bassin n° 4 de Melun-Nangis,
- le bassin n° 3 de l'Yerres Moyenne

Afin d'aller plus avant dans la définition des zones les plus favorables, on a donc cherché, suivant les principes énoncés en 6.2.1. à distinguer dans la nappe différents secteurs :

1) La zone de la basse-Yerres :

Il transite dans ce secteur, 1100 à 1200 l/s en moyenne, dont 500 l/s forment les résurgences de la basse-Yerres et 600 à 700 l/s s'écoulent souterrainement.

Les débits unitaires des forages de la région (S.L.E.E.) sont de l'ordre de la centaine de m³/h.

2) La zone de Melun Chartrettes

Il transite, entre Seine-Port et Chartrettes un débit souterrain moyen probable de l'ordre de 3 m³/seconde, à la faveur du synclinal de Melun.

La ville nouvelle de Melun Sénart, qui doit se développer au N.O. de Melun est directement intéressée par ce secteur dans lequel des débits excellents ont été obtenus ponctuellement à Noisement, Marché-Maraais et Livry.

3) La zone de Rozay-en-Brie et Touquin

Bien que située assez haut dans le bassin, cette zone d'aquifère très épais, voit transiter un débit moyen probable de l'ordre de 500 l/s et présente un grand intérêt pour l'alimentation en eau des zones à urbaniser dans la couronne orientale de la Région parisienne.

4) La zone de Guignes

Situé dans une zone de pertes de la vallée de l'Yerres, le secteur de Guignes offre des possibilités de ressources aquifères dans les Calcaires de Saint-Ouen (100 - 150 m³/h). Sans liaison directe avec les eaux de surface, cet aquifère offre une protection relative aux pollutions. Néanmoins, cette zone sera à contrôler du point de vue hydrochimique avant tout captage.

Les caractéristiques de ces zones (rappelons-le non limitatives) sont détaillées en annexe.

6.3. CONDITIONS D'EXPLOITATION

Les principaux problèmes de la mise en exploitation intensive de la nappe du Calcaire de Champigny en Brie pour des débits importants se ramènent à deux points fondamentaux :

- la recherche de points favorables à l'obtention de débits unitaires importants, pour limiter le nombre de captages,
- l'étude prévisionnelle du comportement de la nappe, soumise à une exploitation (de plusieurs $\text{m}^3/\text{seconde}$?).

6.3.1. Débits unitaires et types de captages

Les zones favorables qui ont été déterminées sur la carte de synthèse doivent permettre d'envisager des débits unitaires de l'ordre de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ en moyenne pour tenir compte d'un pourcentage d'insuccès statistique, consécutif à la répartition irrégulière des perméabilités, même dans les zones favorables.

On peut envisager d'augmenter la productivité moyenne des ouvrages définitifs en faisant précéder leur réalisation de sondages de reconnaissance en faible diamètre accompagnés d'essais hydrologiques ou géophysique in situ.

Dans ce dernier cas, on peut espérer tabler sur une moyenne de 150 à 200 mètres cube heure avec un certain pourcentage d'ouvrages à plus fort débit. Il suffirait alors d'une vingtaine de puits pour capter $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

La configuration géologique et topographique amène à considérer en Brie deux types d'ouvrage :

- des puits situés dans les vallées, en général peu profonds et assez productifs, mais vulnérables à la pollution,
- des ouvrages situés sur les plateaux devant avoir près de 80 mètres de profondeur de façon à pénétrer de 30 à 40 mètres dans l'aquifère. Ce sont des ouvrages plus onéreux que les précédents tant pour leur exécution que pour la hauteur manométrique de refoulement. Par contre, ils présentent l'avantage d'être beaucoup moins sensibles à la pollution.

6.3.2. Comportement de la nappe sous l'effet de l'exploitation

Certes, la mise en exploitation intensive de la nappe du Calcaire de Champigny à des débits de plusieurs m^3/s posera des problèmes spécifiques tels que :

- maintien du débit sanitaire des rivières de la Brie,
- influence des pompes nouveaux entre eux et avec les captages actuels.

L'influence d'une exploitation intensive, notamment à l'étiage, sur le débit des rivières (Almont et Yerres), du moins dans la partie aval de leur cours, qui est alimentée par la nappe du Calcaire de Champigny, posera le problème du maintien d'un certain débit sanitaire.

Beaucoup d'autres facteurs devront être pris en compte dans le détail, en vue des implantations : habitat, risques locaux de contamination, profondeur de la nappe sous le sol, indices de surface éventuellement favorables (dolines), grosse productivité de certains ouvrages incitant à accroître l'espacement, etc. L'échelonnement éventuel dans le temps des prélèvements envisagés est également un des facteurs importants du programme d'implantation.

Les indications précédentes (pl. H) doivent permettre aux utilisateurs de connaître les possibilités en différents points de la nappe aquifère des ouvrages de complément.

D'après le bilan établi, la mise en exploitation d'un débit supplémentaire de l'ordre de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ dans la basse-Yerres et de l'ordre de $3 \text{ m}^3/\text{s}$ dans la zone de Melun ne devrait pas modifier fondamentalement la piézométrie d'ensemble et surtout les différentes zones d'écoulement souterrain actuel.

Cependant, les répercussions possibles à distance doivent être étudiées et la répartition des besoins peut être différente. Il faudrait donc pouvoir simuler sur un modèle les prélèvements envisagés.

Etant donné les transmissivités, en moyenne élevées, de l'aquifère, et la piézométrie caractérisée par un faible gradient, il est à prévoir que l'influence d'un champ captant pourra se répercuter à plusieurs dizaines de kilomètres de distance.

Il paraît donc souhaitable de faire précéder le programme d'exploitation systématique de la nappe de l'exécution d'un modèle mathématique intégrant toutes les données acquises et simulant diverses hypothèses de prélèvement dans tel ou tel secteur. Il devrait ainsi être possible de déterminer avec une certaine précision dans quelle mesure les pompes envisagés risquent d'affecter les captages actuels et l'écoulement de la nappe.

*

*

*

ANNEXES

A N N E X E _ I

CARACTERISTIQUES DES ZONES D'EXPLOITABILITE PREFERENTIELLE

- 1. ZONE DE LA BASSE YERRES

1.1 Lithologie des aquifères

Champigny : calcaire

Saint-Ouen : faciès mixte (30 à 50 % de bancs calcaires)

Lutétien : calcaire ; proximité de la limite d'extension de la zone de gypse dans les Marnes et Caillasses.

1.2 Epaisseurs mouillées

Champigny : de 5 à 15 mètres

Saint-Ouen : de 5 à 9 mètres

Lutétien : de 25 à 35 mètres

1.3 Paramètres hydrodynamiques

Les valeurs de transmissivité obtenues dans ce secteur sont très hétérogènes (de 5.10^{-2} m²/s à 6.10^{-4} m²/s) : il semble cependant que les chiffres les plus intéressants aient été observés à proximité immédiate du thalweg de l'Yerres.

La transmissivité moyenne déduite du bilan serait de l'ordre de 3.10^{-2} m²/s dans ce secteur.

1.4 Morphologie structurale

Marnes infraludiennes : dépression longitudinale alignée sur la vallée de l'Yerres

Sables de Beauchamp : synclinal de l'Yerres

Yprésien : flanc sud du synclinal Tournan-Brunoy

1.5 Piézométrie

Ici encore l'amorce d'un axe de drainage vers l'Ouest-Nord-Ouest et l'espacement des courbes isopièzes peuvent être considérés comme des indices favorables.

1.6 Débits actuellement disponibles

Les débits qui transitent dans cette zone (déduction faite de 350 l/s captés par la S.L.E.E.) sont en moyenne de l'ordre de 700 l/s, auxquels s'ajoutent les 500 l/s qui ressortent en résurgences dans la basse Yerres, soit 1,2 m³/s au total.

- 2. ZONE DE MELUN - CHARTRETTES

2.1 Lithologie des aquifères

Champigny : calcaire

Saint-Ouen : faciès à dominante calcaire (plus de 50 % de bancs calcaires)

Lutétien : calcaire

2.2 Epaisseurs mouillées

Champigny : de 15 à 20 mètres
 Saint-Ouen : de 5 à 15 mètres
 Lutétien : de 20 à 30 mètres

2.3 Paramètres hydrodynamiques

Là encore, les résultats sont très hétérogènes : des transmissivités de l'ordre de 10^{-1} m²/s, ont été observées à proximité de la ville de Melun ; par contre, à Aubigny, on a enregistré une valeur de 9.10^{-4} m²/s.

La transmissivité moyenne déduite du bilan, serait de l'ordre de 10^{-1} m²/s.

2.4 Morphologie structurale

Marnes infraludiennes : axe synclinal Nord-Sud
 Sables de Beauchamp : axe du synclinal Coulommiers-Melun
 Yprésien : synclinal de Melun

2.5 Piézométrie

La densité des points d'observations est insuffisante pour déceler d'éventuels axes de drainage : le gradient hydraulique est moyen (1 pour mille environ).

2.6 Débits probablement disponibles

Entre Seine-Port et Chartrettes, un débit moyen de 3 m³/s s'écoulerait en Seine, en plus des quelques 150 à 200 l/s actuellement prélevés par la Société des Eaux de Melun à Noisement et Marché-Maraais.

- 3. ZONE DE ROZAY-EN-BRIE - TOUQUIN

3.1 Les caractéristiques lithologiques des aquifères sont à dominante calcaire :

- . Champigny s.s. sous faciès calcaire habituel
- . Saint-Ouen sous faciès calcaire dominant (les bancs de calcaire représentant plus de 50 % de l'épaisseur de la formation)
- . Lutétien calcaire, à la limite de l'extension du gypse dans le niveau des Marnes et Caillasses.

3.2 Les épaisseurs mouillées des aquifères y sont importantes :

Champigny s.s. : de 20 à 25 m
 Saint-Ouen : 15 m environ
 Lutétien : 45 m environ

3.3 Paramètres hydrodynamiques

Nous ne possédons aucune valeur de transmissivité dans cette région seul un très récent essai effectué sur un puits par l'entreprise Aurele, réalisateur de l'ouvrage, a permis d'évaluer la transmissivité de $1,8.10^{-2}$ m³/s, la valeur de Q/Δ donnant alors le chiffre de $2,4.10^{-2}$ m³/s/m

3.4 Morphologie structurale

Au mur du niveau de Champigny s.s. (Marnes infraludiennes) la structure est synclinale (axe La Ferté-Gaucher - Vallée de l'Yerres).

Structure également synclinale au niveau des Sables de Beauchamp (mur de l'aquifère de St-Ouen), liée à l'axe Coulommiers-Melun.

Enfin, dépression également très marquée au niveau de l'Yprésien.

3.5 Piézométrie

Bien qu'aucun axe de circulation préférentielle n'apparaisse dans le tracé des courbes piézométriques, le gradient hydraulique faible est un indice de conditions favorables.

3.6 Débits probablement disponibles

En se limitant aux apports des pertes de la Visandre en hiver, cette zone paraît alimentée par environ 500 l/s en débit moyen.

- 4. ZONE DE GUIGNES

4.1 Lithologie des aquifères

Champigny : calcaire
 Saint-Ouen : faciès mixte (calcaire représentant entre 30 et 50 % de la puissance de l'horizon)
 Lutétien : calcaire (absence de gypse dans les Marnes et Caillasses).

4.2 Epaisseurs mouillées

Champigny : 30 m environ
 Saint-Ouen : 5 m environ
 Lutétien : 35 m environ

4.3 Paramètres hydrodynamiques

Une transmissivité de $9.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ a pu être observée à proximité immédiate de la zone proposée. Toutefois, cette valeur concerne l'ensemble des aquifères du Ludien et du Bartonien, un essai sur le Ludien seul ayant donné une faible transmissivité. D'une manière générale, les ouvrages de cette région n'ont donné que des débits limités dans le Ludien, la quasi-totalité des ressources étant fournie par le Bartonien sous-jacent (par ailleurs, il s'avère que la teneur en nitrates des eaux est beaucoup plus forte dans le Ludien que dans le Bartonien).

4.4 Morphologie structurale

Marnes infraludiennes : dépression très nettement marquée
 Beauchamp : axe du synclinal Coulommiers-Melun
 Yprésien : axe du synclinal Coulommiers-Melun

4.5 Piézométrie

Esquisse d'un axe de drainage vers l'Ouest-Sud-Ouest et isopièzes très espacées.

ANNEXE IILISTE DES ETUDES CONCERNANT LA REGION ETUDIEE

RAPPORTS B.R.G.M.

- (1) D.S.G.R. 63 A 11
du 24 mai 1963
Synthèse hydrogéologique provisoire et état de la documentation sur la feuille topographique MELUN par Cl. MEGNIEN - G. RAMPON - M. TURLAND.
- (2) D.S.G.R. 63 A 16
du 17 juin 1963
Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques NANGIS - PROVINS et synthèse hydrogéologique provisoire par Cl. MEGNIEN - G. RAMPON - M. TURLAND avec la collaboration de Cl. CAVELIER.
- (3) D.S.G.R. 63 A 21
du 25 août 1963
Etude hydrogéologique préliminaire sur la région de NANGIS (Seine-et-Marne) par Cl. MEGNIEN en collaboration avec G. RAMPON.
- (4) D.S.G.R. 64 A 28
du 11 mai 1964
Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques COULOMMIERS - MONTMIRAIL et synthèse hydrogéologique provisoire par Cl. BRICON, et G. RAMPON.
- (5) D.S.G.R. 64 A 29
du 11 mai 1964
Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques ROZAY - ESTERNAY et synthèse hydrogéologique provisoire par G. RAMPON.
- (6) D.S.G.R. 64 A 39
du 7 août 1964
Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique LAGNY et synthèse hydrogéologique provisoire par G. RAMPON avec la collaboration de M. PINELLI.
- (7) D.S.G.R. 64 A 41
du 28 août 1964
Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique BRIE-COMTE-ROBERT et synthèse hydrogéologique provisoire par Cl. MEGNIEN et M. PINELLI.
- (8) D.S.G.R. 64 A 56
du 4 décembre 1964
Problèmes hydrogéologiques concernant la raffinerie de l'UNION GENERALE des PETROLES à NANGIS (Seine-et-Marne) par Cl. MEGNIEN

- (9) D.S.G.R. 65 A 93
du 25 novembre 1965
Etude hydrogéologique de la région de SOIGNOLLES-EN-BRIE et EVRY-LES-CHATEAUX par Cl.MEGNIEN - G. RAMPON - B STANUDIN.
- (10) D.S.G.R.67 A 22
du 18 avril 1967
Rapport sur les possibilités aquifères du champ captant de LIVRY-SUR-SEINE (Seine-et-Marne) par Cl. MEGNIEN.
- (11) D.S.G.R.67 A 32
du 2 juin 1967
Rapport sur les possibilités d'alimentation en eau souterraine de l'usine d'Engrais de l'Ile de France près de GRANDPUITS (Seine-et-Marne) par Cl.MEGNIEN et G. RAMPON.
- (12) D.S.G.R.67 A 54
du 2 octobre 1967
Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques MONTMIRAIL - MONTMORT - ESTERNAY - SEZANNE (Marne) et description hydrogéologique provisoire par G. DUERMAEL - Cl.MEGNIEN P.MORFAUX - G.PICOT et G. RAMPON.
- (13) D.S.G.R.67 A 77
du 15 décembre 1967
Atlas des nappes aquifères du District de la Région de Paris par le Service Géologique Régional Bassin de Paris - Publication Préfecture de la Région Parisienne B.R.G.M. 1er semestre 1970.
- (14) D.S.G.R.67 A 76
du 6 décembre 1967
Etude de la nappe du Calcaire de Champigny en Brie par Cl.MEGNIEN - G. RAMON - M. TURLAND.
- (15) 68 SGL 50 BDP
du 18 avril 1968
Alimentation en eau souterraine de l'usine d'Engrais de l'Ile de France à GRANDPUITS (Aube et Marne) par Cl. MEGNIEN et G. RAMPON.
- (16) 68 SGL 73 BDP
du 10 juin 1968
Résultats géologiques des campagnes de forages d'implantation de l'usine d'Ingrais de l'Ile de France à GRANDPUITS (Seine-et-Marne) et compte rendu des essais de débit du forage F.3 bis par G. RAMPON.
- (17) 68 SGL 178 BDP
du 6 novembre 1968
Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur les feuilles topographiques PROVINS - ROMILLY - SERGINES - ESTISSAC (Aube et Marne) et description hydrogéologique provisoire par G. DUERMAEL - P. MORFAUX - G. PICOT.
- (18) S.G.R. B.D.P. 671
Etude de prébilan de la nappe du Calcaire de Champigny " Bassin versant de l'Yerres " du 8 février 1967.

- (19) D.S. 63 A 127 d.'octobre 1963
La pollution des eaux souterraines par M. ALBINET
- (20) 70 SGN 37 BDP de janvier 1970
Etude hydrogéologique des vallées de l'Yerres, de la Marsange, du Réveillon, du Ru d'Ancoeur - Seine-et-Marne (Gouffres en Brie) par G. BERGER - G. RAMPON avec la collaboration de J. GREFFARD et G. MARQUET.
- (21) 72 SGN 42 BDP de janvier 1971
Rôle de la première nappe aquifère souterraine dans les inondations périodiques qui affectent la commune de Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne) par le Service Géologique Régional Bassin de Paris.
- (22) BRICON (C1) (1962) Sur l'extension des Glaises vertes et des Marnes supragypseuses (Sannoisien et Ludien) dans le Sud du Bassin de Paris.
Mémoire B.R.G.M. n° 28, tome I, p. 47, (1964).
- (23) BRICON (C1) (1962) Sur quelques faciès du Calcaire de Brie en Seine-et-Marne.
Mémoire B.R.G.M. n° 28, tome I, p. 59 (1964).
- (24) RAMPON (G) (1966) La nappe des Calcaires de Champigny
Bull. B.R.G.M. (1967) n° 4, p. 73.
- (25) SOYER (R) (1962) Notes géologiques et hydrogéologiques (feuille BRIE-COMTE-ROBERT au 1/50.000).
Bull. serv. Cart. géol. Fr. (1963), n° 273, t.LIX, p.21

AUTRES RAPPORTS

- (26) B.C.E.O.M. Etudes sur les possibilités d'implantation d'industries polluantes dans le District de la Région de Paris
15 décembre 1963
- (27) Agence Financière de Bassin " Seine Normandie" Monographie des bassins versants de l'Essonne, l'Orge, la Bièvre et l'Yerres - 1D.07 novembre 1966
- (28) " " " Assainissement du bassin de l'Yerres - étude préliminaire
2D.02 février 1968
- (29) BURGEAP Etude pour l'alimentation en eau de Pontault-Combault
R. 234 - 1957
- (30) BURGEAP Etude pour l'alimentation en eau du domaine de Sansalle à Brie-Comte-Robert - R. 249 - 1959
- (31) BURGEAP Données pour l'exploitation de la nappe du Calcaire de Champigny au Sud de Paris - R. 374 Décembre 1964.
- (32) BURGEAP Ressources en eau du Calcaire de Champigny dans la région Seine-Port - Melun - R. 31 septembre 1969
- (33) Ministère de l'Equipement Plans directeurs d'urbanisme intercommunal.
- (34) J. GUILLON
S. RAYON Etude piézométrique et hydrochimique de la nappe du Calcaire de Champigny - rapport de stage, élèves ingénieurs E.N.S.G. - août 1964.
- (35) FLON (H) L'eau dans le département de Seine-et-Marne - Bull. Inst. Nat. d'Hygiène, t. 7, n° 4, p. 888-914 - 1962
- (36) Agence Financière de Bassin " Seine-Normandie" Monographie du Bassin de la Seine et de ses affluents de Montereau à Paris - zone 9. 1D.28 juillet 1967.
- (37) BURGEAP Projet d'étude de la nappe du calcaire de Chamnionv en Brie - R.80 - 1972.

ANNEXE III

LISTE DES ETUDES PUBLIEES AU COURS DE

RAPPORTS

Alimentation en eau potable des villes nouvelles du Sud-Est de la région parisienne.

Estimation des débits exploitables dans la nappe des Calcaires de Champigny en Brie

Première phase : 73 SGN 342 BDP (octobre 1973)

Alimentation en eau potable des villes nouvelles du Sud-Est de la région parisienne.

Estimation des débits exploitables dans la nappe des Calcaires de Champigny en Brie.

Deuxième phase : 75 SGN 045 BDP (février 1975)

NOTES TECHNIQUES

- NT. n° 1 : Premiers résultats de l'étude géologique et structurale du réservoir aquifère de la nappe des calcaires de Champigny en Brie.
par Cl. MEGNIEN Septembre 73
- n° 2 : Données préliminaires sur l'hydrologie de la Brie
par E. de REYNIES Août 1973
- n° 3 : Inventaire des points d'eau et relevés périodiques
par E. de REYNIES Août 1973
- n° 4 : Relations entre eaux superficielles et eaux souterraines
par G. BERGER et G. RAMPON Sept 1973
- n° 5 : Hydrochimie par C. BERGER - G. RAMPON et E. de REYNIES Sept. 1973
- n° 6 : Relations entre la nappe des Calcaires de Champigny et celle de l'Yprésien
par G. BERGER et G. RAMPON Janv. 1974
- n° 7 : Nappe du "Calcaire" de Brie - Eléments sur les commentaires avec la nappe des Calcaires de Champigny
par J. ARCHAMBAULT et E. de REYNIES Avril 1974

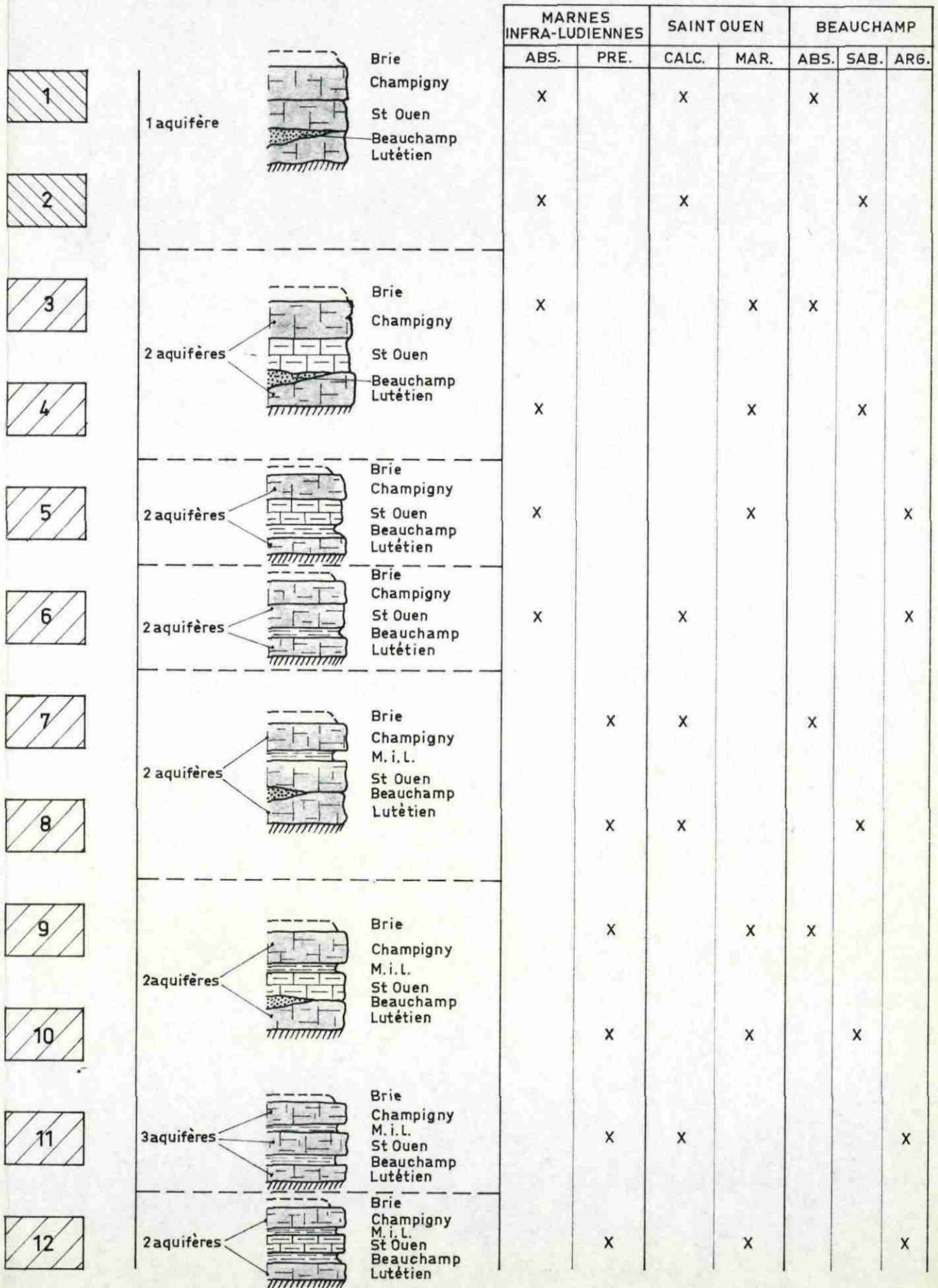
NOTES TECHNIQUES (suite)

- NT. n° 8 : Observations sur les premiers résultats hydrochimiques
par G. BERGER et Cl. MEGNIEN Juil. 1974
- n° 9 : Données hydrométriques de Mars 1973 à Avril 1974 et observations
sur les premiers résultats
par G. BERGER, Ch. FREY et Cl. MEGNIEN juin 1974
- n° 10 : Nivellements en Brie
par E. de REYNIES Oct. 1974
- n° 11 : Forages - Piézomètres en Brie
par E. de REYNIES Oct. 1974
- n° 12 : Eléments nouveaux sur l'hydrologie de la Brie
par L. BOURGUET Oct. 1974
- n° 13 : Piézométrie
par E. de REYNIES et L. BOURGUET Oct. 1974
- n° 14 : Données hydrométriques Mars 1973 - Octobre 1974 et observations
sur les premiers résultats
par G. BERGER, J. CAMPINCHI, Cl. MEGNIEN Janv. 1975
- n° 15 : Observations chimiques des eaux de la Brie
par G. BERGER, B. BOSCH, AMARCE, Cl. MEGNIEN janv. 1975
- n° 16 : Aménagement des stations de jaugeages en Brie Juil. 1975
- n° 17 : Observations chimiques des eaux de la Brie -
Résultats complémentaires
par G. BERGER et Cl. MEGNIEN Déc. 1975
- n° 18 : Essai de bilan hydrogéologique de la nappe
des calcaires de Champigny
par L. BOURGUET Déc. 1975

ANNEXE IV

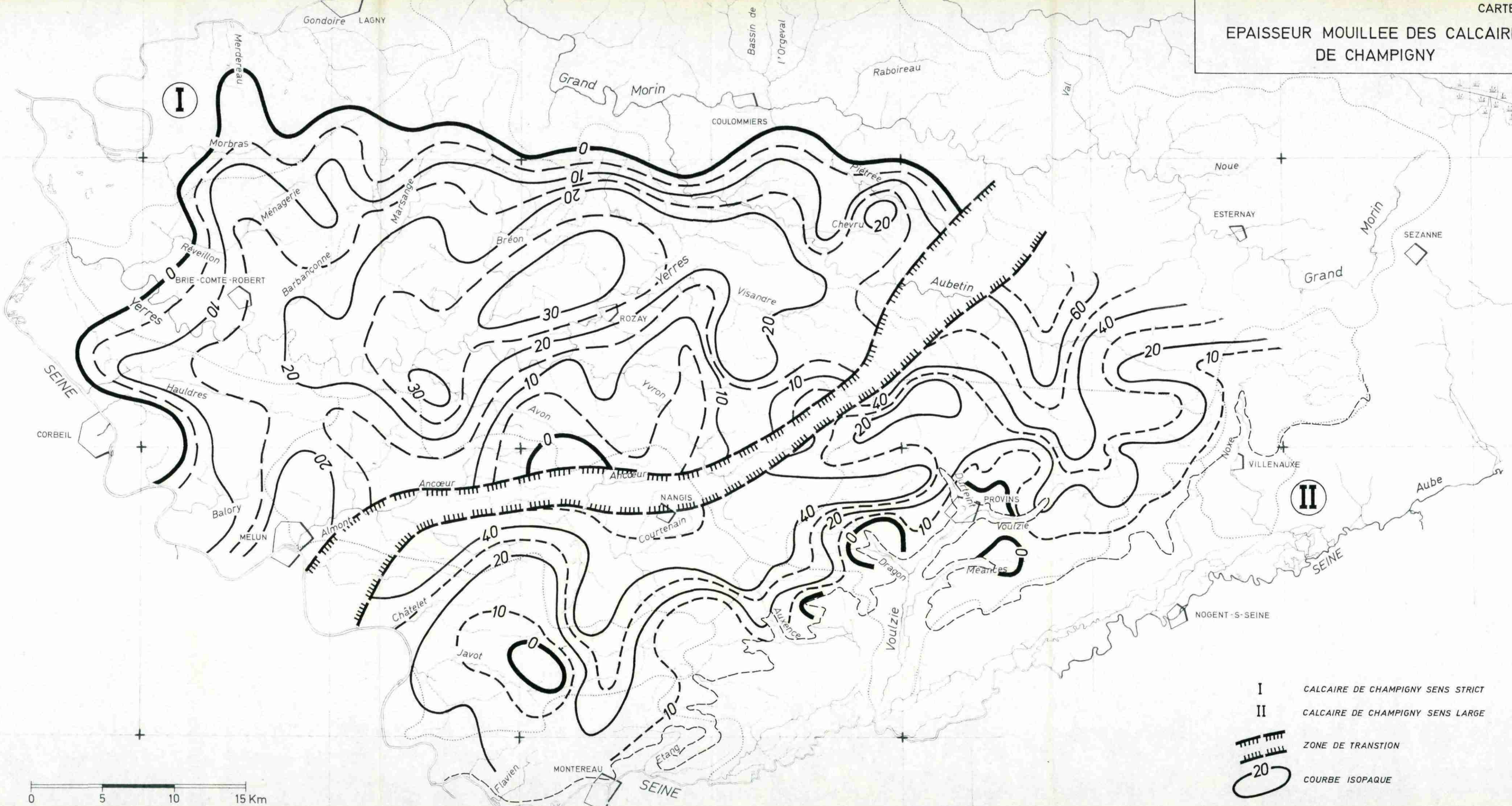
CARTES A A H

SCHÉMA DE RÉPARTITION DES AQUIFÈRES DE LA BRIE

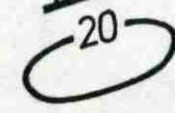


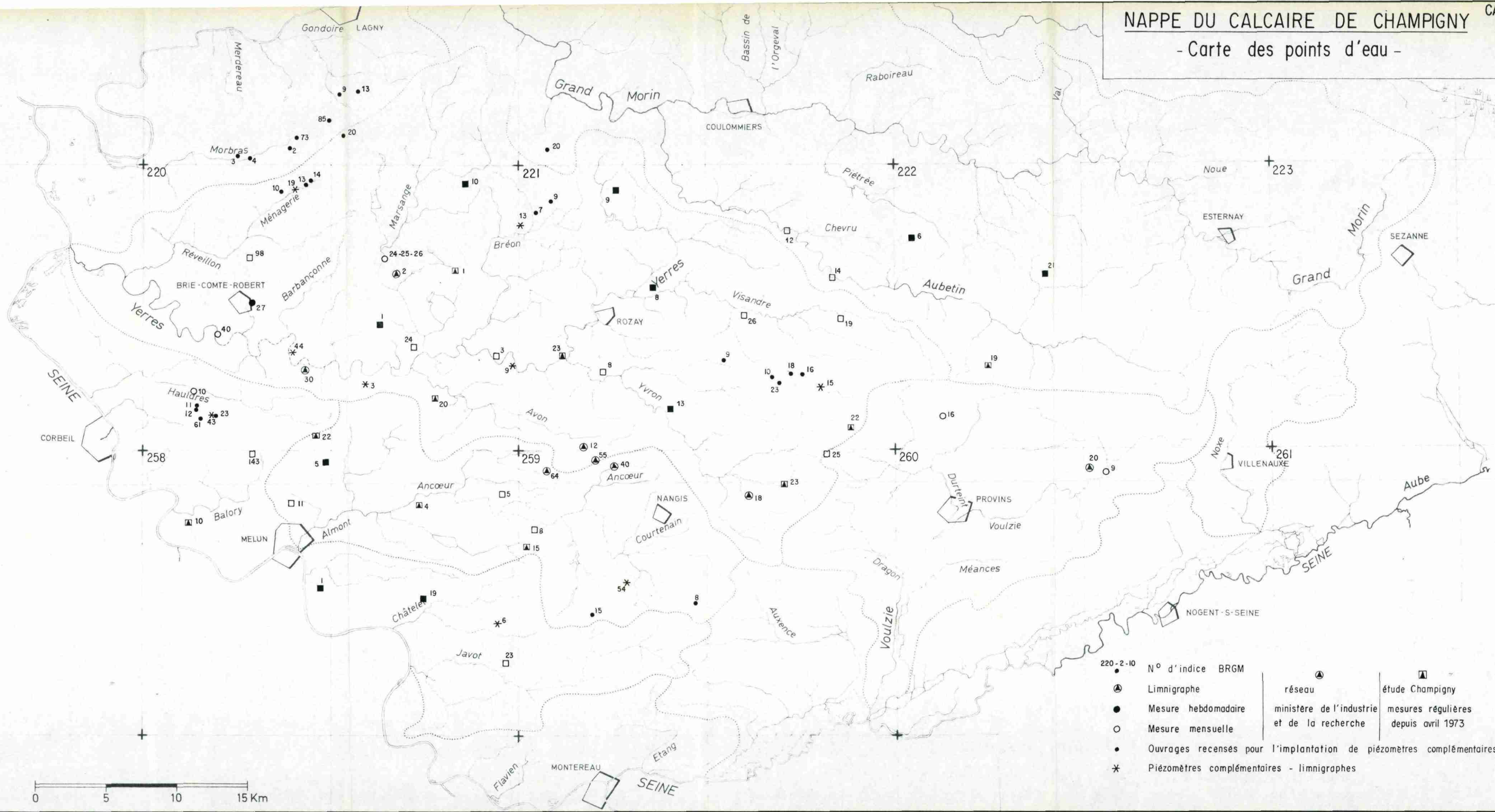
Echelle : 1 / 200 000

EPAISSEUR MOUILLEE DES CALCAIRES
DE CHAMPGNY



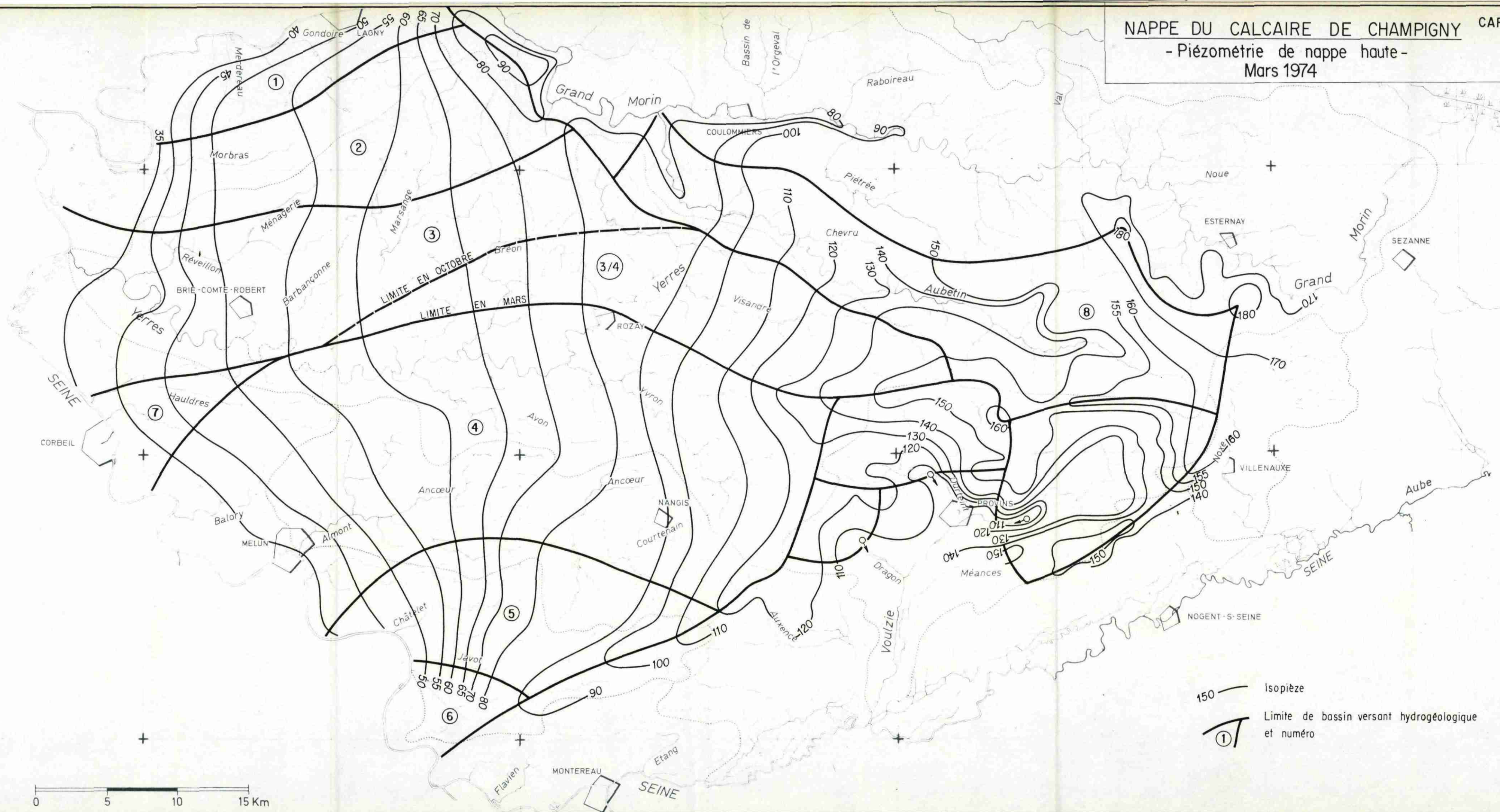
I CALCAIRE DE CHAMPGNY SENS STRICT
II CALCAIRE DE CHAMPGNY SENS LARGE

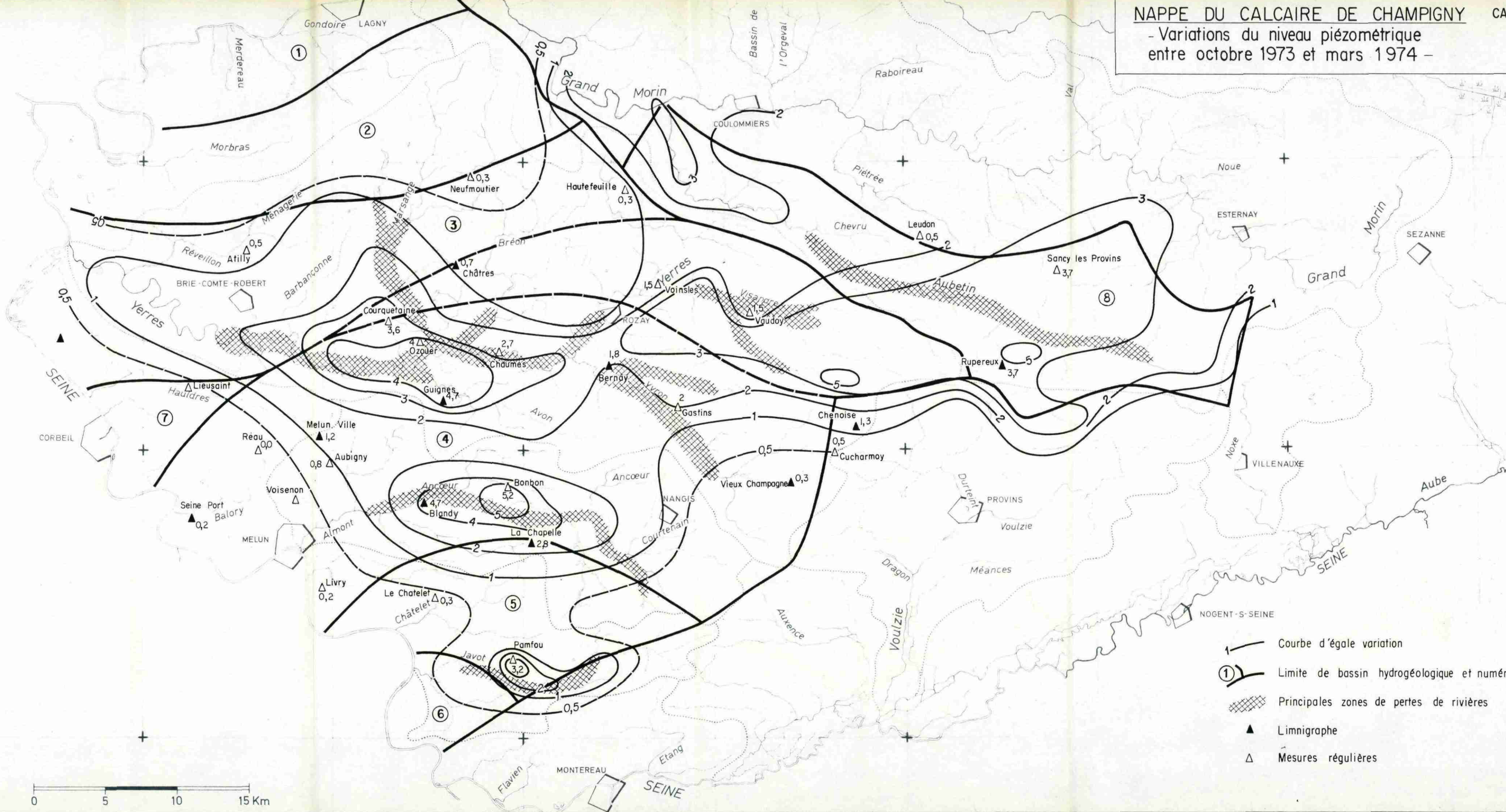
 ZONE DE TRANSTION
 COURBE ISOPAQUE



- | | | | |
|----------|--|--|---|
| 220-2-10 | N° d'indice BRGM | réseau | étude Champagne |
| ▲ | Limnigraphe | ministère de l'industrie
et de la recherche | mesures régulières
depuis avril 1973 |
| ● | Mesure hebdomadaire | | |
| ○ | Mesure mensuelle | | |
| • | Ouvrages recensés pour l'implantation de piézomètres complémentaires | | |
| * | Piézomètres complémentaires - limnigraphes | | |

- Piézométrie de nappe haute -
Mars 1974





- Courbe d'égale variation
- ① — Limite de bassin hydrogéologique et numéro
- ▨ Principales zones de pertes de rivières
- ▲ Limnigraphe
- Δ Mesures régulières



NITRATES EN NO₃



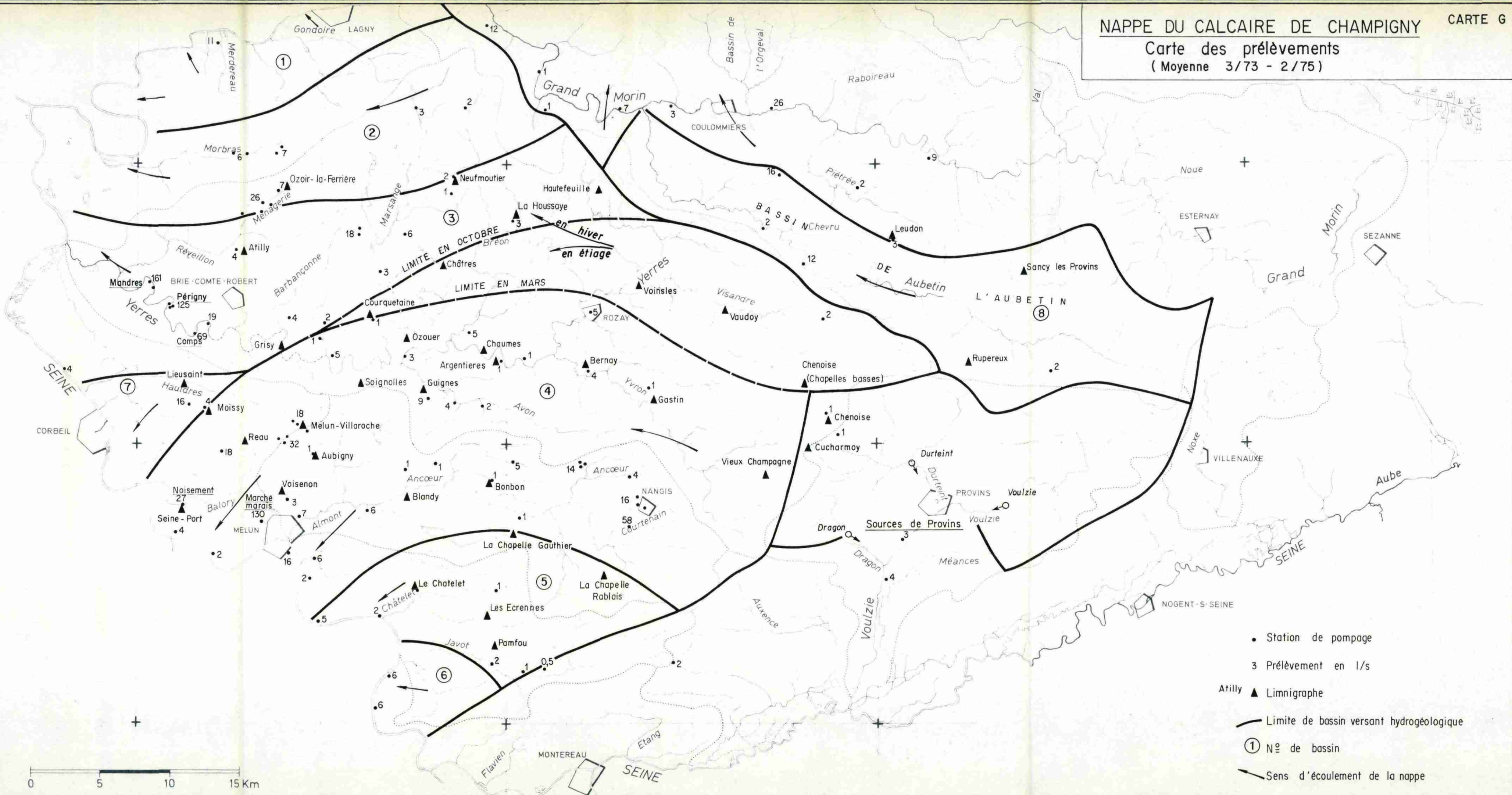
Echelle : 1 / 200.000



- 0 à 20 mg/l
- 21 à 30
- 31 à 40
- 41 à 60

Captage 1973 Captage 1974 Captage abandonné

Carte des prélèvements
(Moyenne 3/73 - 2/75)



0 5 10 15 Km

SCHEMA D'EXPLOITABILITE

ECHELLE : 1 / 100 000

0 1 2 3 4 5 km

