



R 32543 CHA 4S 91

**GROUPEMENT DES PRODUCTEURS DE GRANULATS
DE LA PLAINE DU PERTHOIS**

**MODELISATION HYDRODYNAMIQUE DE L'INFLUENCE
DES EXPLOITATIONS DE GRANULATS SUR LA NAPPE
DU PERTHOIS (MARNE)**

R. PANEL

MAI 1991

BRGM - CHAMPAGNE-ARDENNE

13, boulevard Général-Leclerc - 51100 Reims, France
Tél.: (33) 26.47.93.40 - Télécopieur : (33) 26.40.13.64

MODELISATION HYDRODYNAMIQUE DE L'INFLUENCE

DES EXPLOITATIONS DE GRANULATS SUR LA NAPPE DU PERTHOIS (MARNE)

	Pages
RESUME	
INTRODUCTION	
1 - DOMAINE ETUDIE	1
2 - RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	2
3 - CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE DU PERTHOIS	4
3.1.- RESERVOIR	4
3.2.- SUBSTRATUM	4
3.3.- SURFACE PIEZOMETRIQUE	4
3.4.- ALIMENTATION	5
3.5.- FLUCTUATIONS PIEZOMETRIQUES	5
3.6.- CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES	5
3.7.- QUALITE DES EAUX	6
3.8.- EXPLOITATION DE LA NAPPE DU PERTHOIS	6
4 - GRAVIERES DU PERTHOIS	6
5 - MODELE HYDRODYNAMIQUE DE LA NAPPE DU PERTHOIS	7
5.1.- MAILLAGE	9
5.2.- LIMITES DU MODELE	9
5.3.- DONNEES A INTRODUIRE DANS LE MODELE	10
5.3.1.- EPAISSEURS	10
5.3.2.- PERMEABILITES	10
5.3.3.- DEBITS LIMITES	10
5.3.4.- CHARGES HYDRAULIQUES	10
5.3.5.- ZONES	10
5.3.6.- SUBSTRATUM	12

6 - RESULTATS	12
6.1.- CALAGE	12
6.2.- SIMULATIONS	12
6.2.1.- ETAT A - ABSENCE DE CARRIERES	13
6.2.2.- ETAT B - EXPLOITATION DES CARRIERES AUTORISEES ET EN PROJET EN JUIN 1989	14
6.2.3.- ETAT C - EXPLOITATION DES PROJETS DE CARRIERES APPARUS ENTRE JUIN 1989 ET MAI 1990	15
7 - EFFETS COMPLEMENTAIRES ET CONTRE-MESURES	16
CONCLUSION	18

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Situation de l'étude
- Figure 2 : Domaine de l'étude - ORCONTE
Commune concernée entre l'ORCONTE et la MARNE
- Figure 3 : Carte d'inventaire des carrières du PERTHOIS au
17/06/1989 et piézométrie de la nappe du PERTHOIS.
Etat du 09/06/1989.
- Figure 4 : Variations piézométriques observées à
HALLIGNICOURT. Période 1978-1988.
- Figure 5 : Description de l'aquifère - Construction du modèle
- Figure 6 : Calage
- Figure 7 : Maillage du modèle
- Figure 8 : Restitution de l'état piézométrique de référence
- Figure 9 : Etat original, sans carrières - Piézométrie
calculée
- Figure 10 : Incidence piézométrique globale des carrières
existant en Juin 1989 par rapport à un état
initial simulé sans carrières
Ecart état A/ état de référence (juin 1989)

Figure 11 - Ecart piézométrique consécutif à l'exploitation des carrières autorisées et en projet en Juin 1989 et l'état de Juin 1989.

Ecart état B / état de référence (Juin 1989)

Figure 12 - Ecart piézométrique consécutif à l'exploitation - des carrières autorisées et en projet en Juin 1989

- des projets apparus de Juin 1989 à Mai 1990 par rapport à l'état de référence de Juin 1989

Ecart état C / état de référence (Juin 1989)

ANNEXES

ANNEXE 1 - TRAVAUX DE SONDAGE ET DE NIVELLEMENT

- Cartes de situation des points nivelés
- Résultats du nivellement
- Coupes des sondages

ANNEXE 2 -

- Carte des exploitations de gravières du PERTHOIS et Surface piézométrique de la nappe du PERTHOIS.

RESUME

Les producteurs de granulats de la Plaine du PERTHOIS réunis en Groupement ont demandé au BRGM Champagne-Ardenne d'élaborer un modèle hydrodynamique de la Plaine du PERTHOIS dans le but de disposer d'un outil permettant d'évaluer les influences individuelles et globales des exploitations de granulats et projets d'exploitation sur la nappe du PERTHOIS.

Le territoire pris en compte couvre environ 64 km² entre l'ORCONTE et la MARNE.

Des travaux de terrain (sondages, levés piézométriques et limnimétriques, nivellement, photographies aériennes) et travaux documentaires ont permis l'acquisition des données nécessaires à la description du réservoir, de sa piézométrie, de ses caractéristiques hydrodynamiques, de son exploitation, de la localisation et de l'extension des carrières d'exploitation achevée, en cours ou en projet.

Sur ces bases, un modèle hydrodynamique fondé sur le logiciel MARTHE du BRGM a été élaboré. Ce modèle comporte 1860 mailles. Ses limites sont représentées par le cours de l'ORCONTE au Nord, de la MARNE au Sud et une courbe piézométrique éloignée à l'Est.

Le calage du modèle a été réalisé sur la base de la cartographie piézométrique établie pour Juin 1989 considérée ensuite comme état de référence.

L'exploitation du modèle a porté sur la simulation de trois états : absence de toute carrière donc état original, après exploitation de toutes les carrières autorisées et en projet en Juin 1989, après exploitation de toutes les carrières autorisées et en projet en Mai 1990. Entre les deux derniers états intervient un ensemble de projets nouveaux aboutissant à la création de 150 hectares de plans d'eau supplémentaires. Après calcul des situations piézométriques résultantes, les modifications provoquées par rapport à l'état de référence sont présentées sous forme de cartes d'écarts piézométriques.

L'équilibre hydrodynamique général de l'aquifère est modifié.

L'aquifère est drainé sur une vaste partie amont et mis en charge sur les 6 à 7 kilomètres d'extension de sa partie aval où se concentrent les carrières en exploitation et en projet. Globalement la mise en charge aval se situe entre 10 et 30 centimètres pour les deux phases d'exploitation à venir. Les captages d'alimentation en eau potable qui sont proches des limites de l'aquifère sont peu perturbés, (maximum à CLOYES-SUR-MARNE : 20 cm d'élévation du niveau d'eau).

La mise à jour des eaux souterraines réalisée par l'exploitation des carrières induit un déficit d'alimentation de l'aquifère de l'ordre de $8 \text{ m}^3/\text{jour}/\text{ha}$. Pour les 150 hectares de plans d'eau nouveaux projetés depuis 1989, le déficit d'alimentation induit pour le secteur concerné et en aval écoulement (10 km²) est en moyenne de 15%.

Diverses mesures destinées à compenser des impacts qui seraient appréciés comme indésirables peuvent être envisagées (colmatage, remblaiement, alimentation provoquée ...). Le modèle hydrodynamique élaboré peut être utilisé pour en étudier les effets.

INTRODUCTION

Le Groupement des Producteurs de granulats de la Plaine du PERTHOIS formé par les entreprises MORONI, Sablières du PERTHOIS, GSM AISNE-MARNE, ZEIMETT Matériaux et LA MARNAISE, a demandé au BRGM Champagne-Ardenne d'élaborer un modèle hydrodynamique de la Plaine du PERTHOIS dans le but d'évaluer les influences individuelles et globales des exploitations de granulats et projets d'exploitation sur la nappe du PERTHOIS.

A la suite de la construction du modèle, celui-ci a été exploité au bénéfice de plusieurs membres du Groupement de Producteurs pour étudier les influences individuelles de chacun des projets d'exploitation présentés par leurs auteurs.

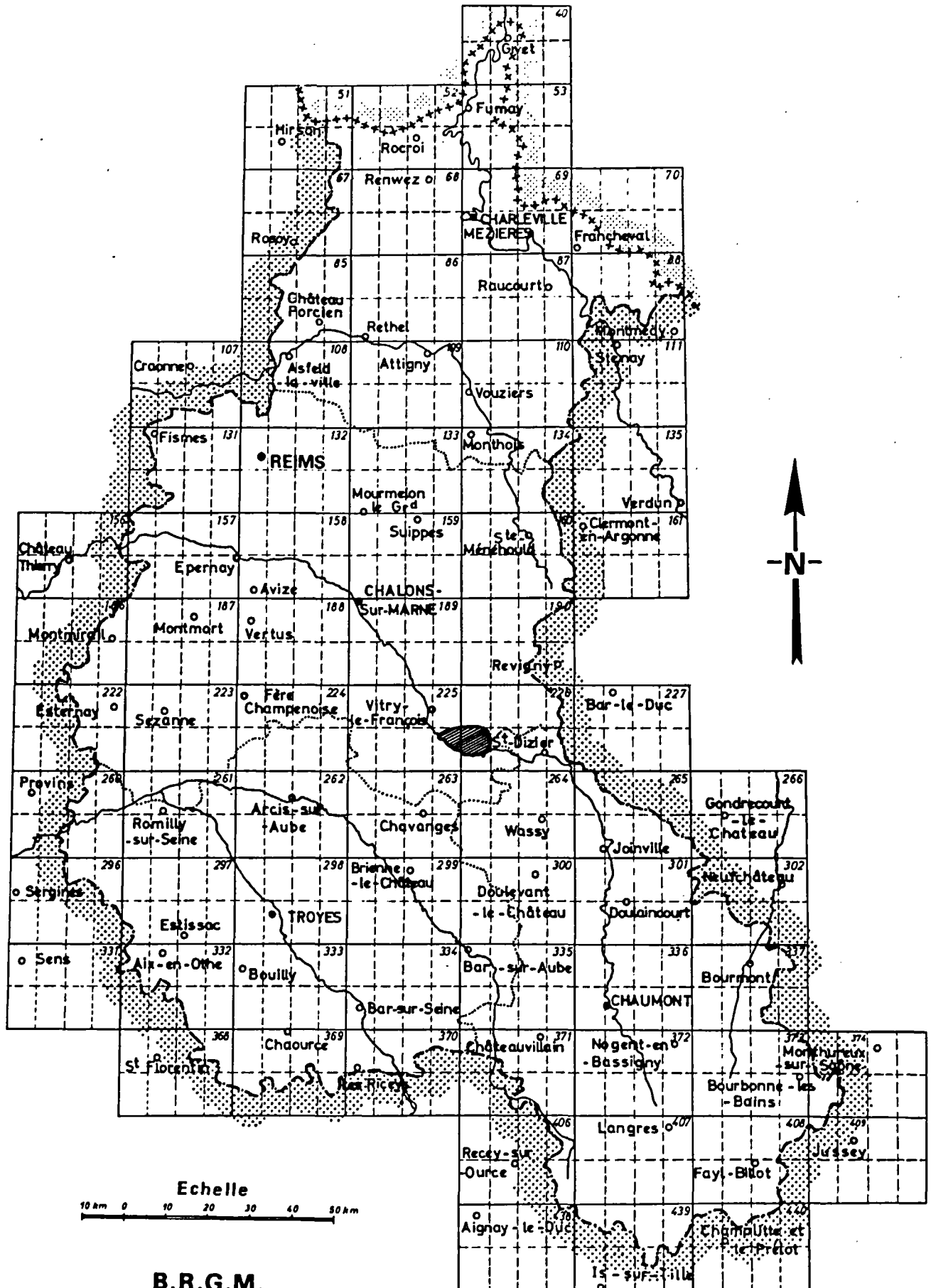
Le présent rapport rend compte de l'élaboration du modèle et de son exploitation pour l'étude des conséquences globales des exploitations en cours et projetées sur le comportement hydrodynamique de la nappe du PERTHOIS.

1 - DOMAINE ETUDIE (figure 1 et 2)

Le secteur étudié et représenté ensuite par le modèle se situe à l'Est du département de la MARNE, entre VITRY-LE-FRANCOIS et SAINT-DIZIER.

Il s'étend sur 15 kilomètres dans le sens Sud-Est / Nord-Ouest et sur 7 kilomètres du Sud-Ouest au Nord-Est entre le cours de la MARNE au Sud et celui de l'ORCONTE au Nord. Sa superficie est d'environ 64 km².

Situation de l'étude.

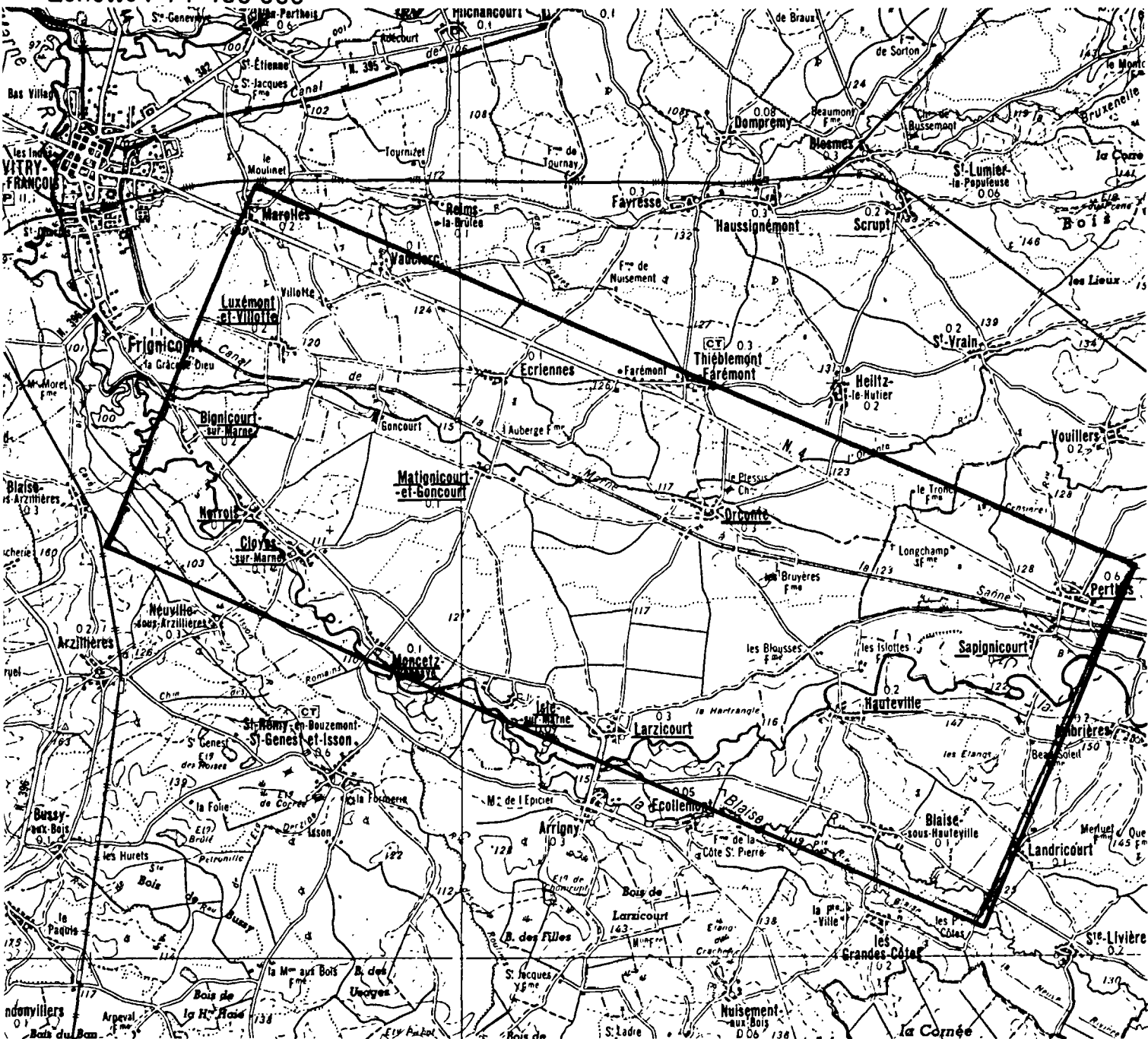


B.R.G.M.

S.G.R. Champagne - Ardenne.

DOMAINE DE L'ETUDE

Echelle : 1 / 100 000 e



ORCONTE

Commune concernée entre l'ORCONTE et la MARNE

Il inclut intégralement ou partiellement le territoire des Communes suivantes; d'Ouest en Est :

- BIGNICOURT-SUR-MARNE
- NORROIS
- LUXEMONT et VILLOTTE
- CLOYES-SUR-MARNE
- MONTCETZ L'ABBAYE
- ECRIENNES
- MATIGNICOURT-GONCOURT
- ISLE-SUR-MARNE
- LARZICOURT
- ORCONTE
- HAUTEVILLE
- SAPIGNICOURT
- PERTHES dans le département de la Haute-Marne.

2. - RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Afin d'acquérir les données nécessaires à l'élaboration du modèle, divers travaux de terrain ont été nécessaires : sondages, levés piézométriques et limnimétriques, nivellement, relevé des carrières par photographie aérienne.

- Près de 100 mètres de sondage équipés en piézomètres ont été réalisés.

- Les opérations de nivellement ont intéressé ces piézomètres, des repères positionnés sur le cours de la MARNE et de l'ORCONTE ainsi que sur de nombreux plans d'eau de carrières. Tous les forages d'alimentation en eau potable du domaine étudié ont également été nivelés.

Au total 11 repères près des cours d'eau

27 piézomètres et forages

30 gravières

ont été nivelés, dont la localisation est indiquée en annexe 1 avec les résultats du nivellement.

Par ailleurs, l'étude a bénéficié des travaux de sondage et nivellement réalisés antérieurement à CLOYES-SUR-MARNE et MONTCETZ-L-ABBAYE pour l'entreprise MORONI.

Les données relatives aux sondages sont également présentées en annexe 1.

Le 9 Juin 1989, l'ensemble des points repérés a fait l'objet des mesures piézométriques et limnimétriques qui figurent au tableau ci-après.

Les données piézométriques acquises ont permis d'établir la carte piézométrique de la figure 3.

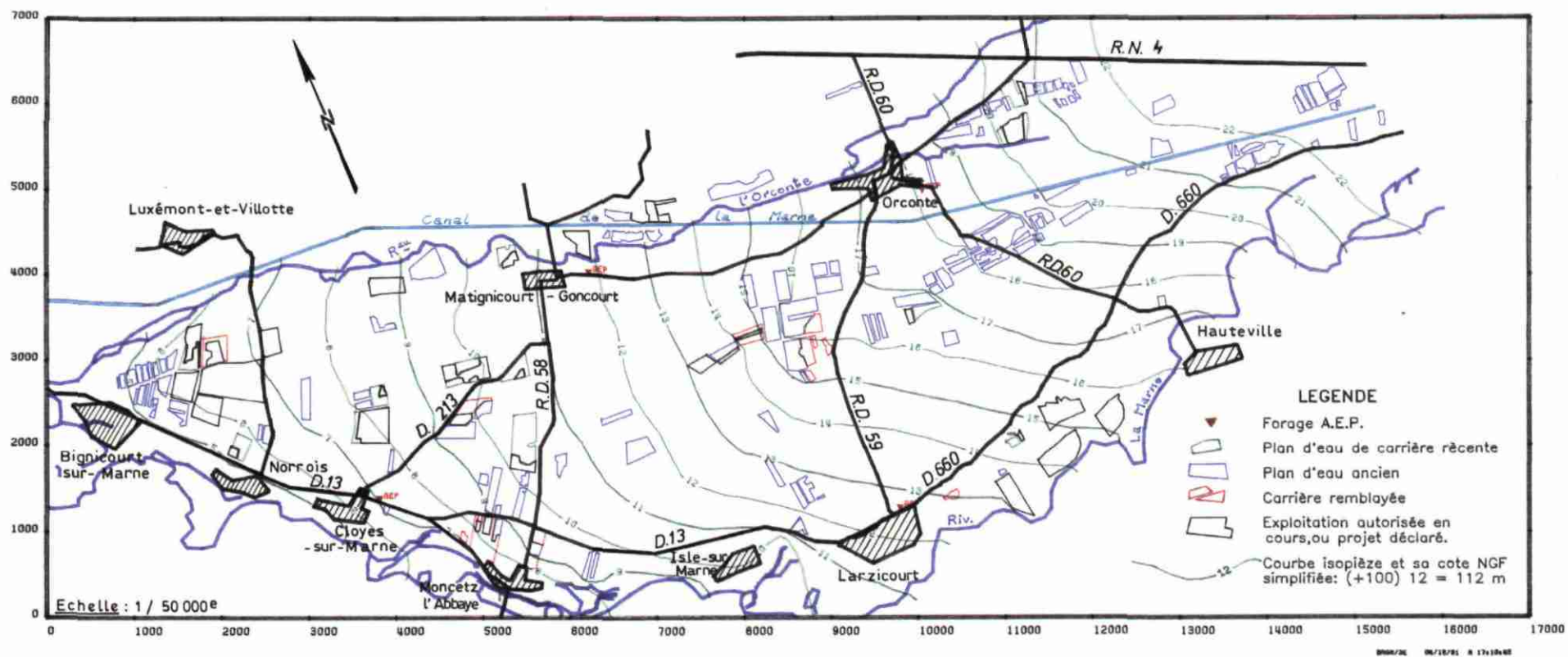
Cette carte à l'échelle 1/50.000 est établie sur un fond simplifié présentant le résultat de l'inventaire des carrières de la plaine du PERTHOIS réalisée le 17 Juin 1989 par photographie aérienne en complément à un inventaire documentaire.

Les limites des autorisations d'exploitation de carrières existantes en Juin 1989 ont été recueillies auprès de la Subdivision de la Direction Régionale de l'Industrie et de la Recherche en charge de l'exploitation des carrières du PERTHOIS..

En outre, les captages d'alimentation en eau potable du domaine étudié ont été situés sur la carte de la figure 3.

Les périmètres de protection rapprochés et éloignés de ces ouvrages figurent sur la carte de l'annexe 2 qui reproduit à échelle réduite et en noir et blanc la carte des gîtes alluvionnaires du PERTHOIS obligamment communiquée par le Service sus-cité.

La piézométrie de la nappe du PERTHOIS a été reportée sur ce document cartographique.



CARTE D'INVENTAIRE DES CARRIERES DU PERTHOIS AU 17/06/1989 ET
PIEZOMETRIE DE LA NAPPE DU PERTHOIS – ETAT DU 09/06/1989

3. - CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE DU PERTHOIS

3.1. - Réservoir

Le réservoir de la nappe du PERTHOIS est constitué par les alluvions anciennes de la MARNE que ce cours d'eau a largement épandu au Quaternaire à son arrivée en Champagne humide entre SAINT-DIZIER et VITRY-LE-FRANCOIS.

Il s'agit d'un matériel alluvial sablo-graveleux calcaire emprunté aux formations jurassiques traversées en amont par la MARNE et mis en place lors de la fonte des glaciers au cours du Quaternaire.

Ces matériaux alluviaux ont une épaisseur comprise entre 1 et 5 mètres. Ils sont recouverts de matériel fin à dominante limoneuse dont l'épaisseur varie de quelques décimètres à plus de 2 mètres par endroits.

3.2. - Substratum

Ces sables et graviers reposent sur une épaisse série argileuse formée des argiles du GAULT d'âge Albien qui atteignent plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

Le toit des Argiles du GAULT qui représente donc le substratum du réservoir de la nappe du PERTHOIS est incliné vers l'Ouest Nord-Ouest selon une pente faible de l'ordre de 1,3 ‰.

3.3. Surface piézométrique

La surface de la nappe du PERTHOIS représentée figure 3 s'établit dans les alluvions sablo-graveleuses ou dans les terrains qui les recouvrent. La nappe est libre en général; elle s'écoule d'Est en Ouest avec un gradient hydraulique moyen de l'ordre de 1,4 ‰.

L'ORCONTE au Nord du domaine étudié et surtout la MARNE au Sud de ce dernier constituent les drains et donc les exutoires de la nappe du PERTHOIS.

L'existence des gravières modifie la piézométrie à leurs abords et donc les écoulements souterrains.

3.4. - Alimentation

L'alimentation de la nappe du PERTHOIS est presque exclusivement assurée par l'infiltration des précipitations efficaces.

Pour des précipitations totales de l'ordre de 800 à 850 mm, la moyenne des précipitations efficaces pour la période Septembre 1979 - Mai 1989 est de 328 mm à SAINT-DIZIER, les extrêmes ayant été de 252 mm en 1986-1987 et de 581 mm en 1982-1983.

3.5. - Fluctuations piézométriques

Les variations de niveau des eaux souterraines dans le PERTHOIS sont suivies par le BRGM en Haute-Marne à HALLIGNICOURT à 4 kilomètres à l'Est du domaine étudié (figure 4).

L'eau est peu profonde, à moins d'un mètre du sol en hautes eaux.

Les fluctuations piézométriques sont saisonnières, calquées sur les variations pluviométriques; hautes eaux en hiver et au printemps, basses eaux en été et à l'automne. Les amplitudes annuelles varient de 1 à 1,4 mètre, sur la période 1978-1988, l'amplitude interannuelle maximale est de l'ordre de 1,5 mètre.

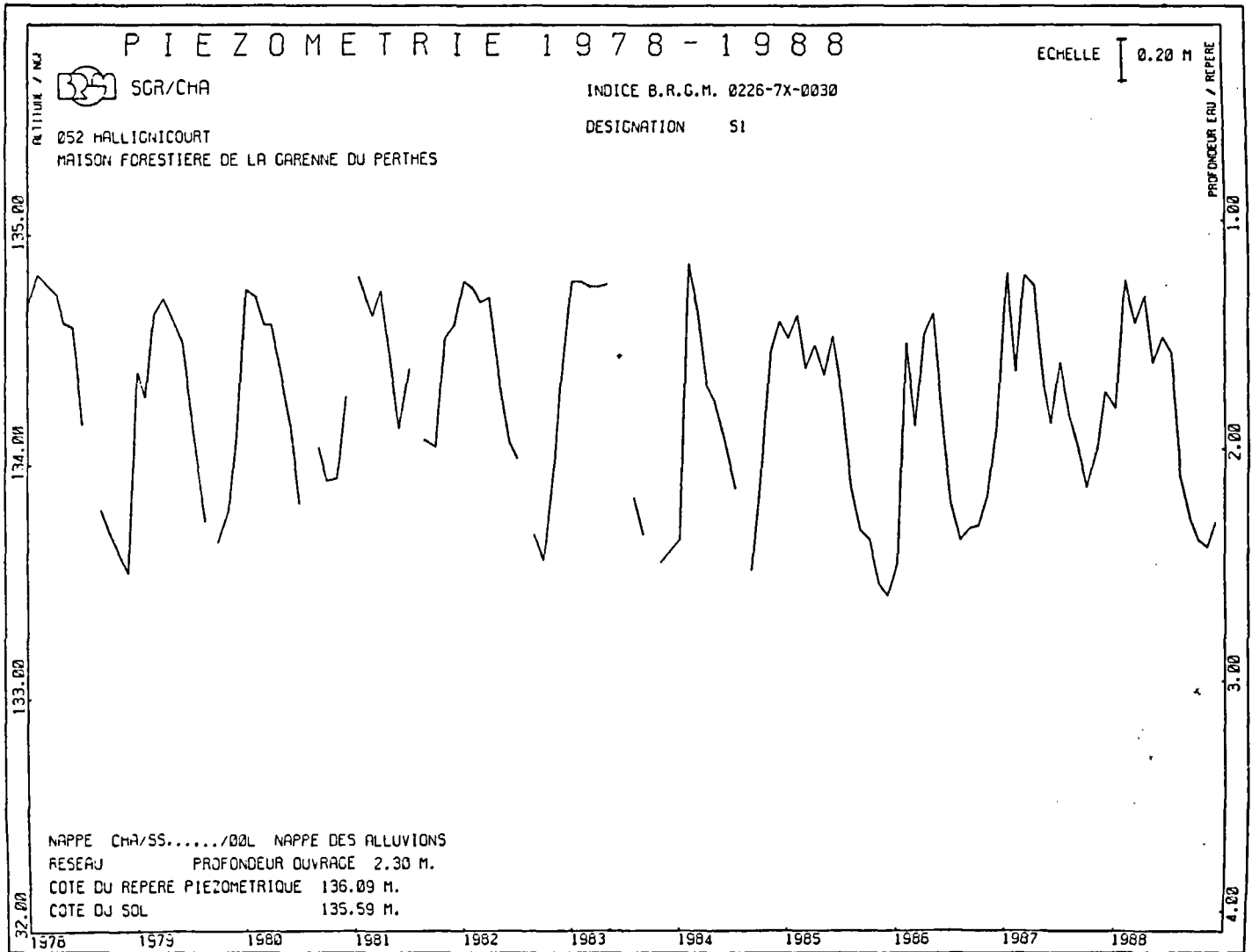
3.6. - Caractéristiques hydrodynamiques.

Les données de pompage accessibles pour le domaine étudié permettent d'évaluer la transmissivité de l'aquifère et connaissant son épaisseur, sa perméabilité. Celle-ci se situe entre 3.10^{-3} et 4.10^{-2} m/s

Le coefficient d'emmagasinement libre n'a pas été évalué dans le domaine étudié en raison du défaut des données nécessaires (pompage avec piézomètre). Il est connu, par ailleurs, dans le PERTHOIS dans le même aquifère et se situe entre 5.10^{-2} et 10^{-1} .

Variations piézométriques observées à HALLIGNICOURT

Période 1978-1988



3.7. - Qualité des eaux

Les eaux de la nappe du Perthois ont une conductivité électrique de l'ordre de 450 μ s/cm ; elles sont donc moyennement minéralisées. Il s'agit d'eaux bicarbonatées calciques moyennement dures (25 d° F). L'ion nitrate y est souvent en concentration élevée, parfois très nettement supérieure au seuil de potabilité (50 mg/l), de même la présence de pesticides en excès a été récemment mise en évidence. Ces observations sont à rapprocher d'une part, de l'activité agricole intense qui se caractérise par des épandages importants d'engrais azotés et produits de traitements sur l'ensemble de la plaine, d'autre part, de la faible profondeur de la nappe et de la perméabilité élevée des formations du sol et du sous-sol qui rendent les eaux souterraines vulnérables aux pollutions.

3.8. - Exploitation de la nappe du PERTHOIS

Quatre forages exploitent les eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable :

- CLOYES-SUR-MARNE	-	Indice de classement national	225-8- 1
- MATIGNICOURT-GONCOURT	"	"	226-5- 7
- ORCONTE	-	"	226-5-11
- LARZICOURT	-	"	226-5-16

Par ailleurs, ces eaux sont exploitées pour l'irrigation. Les ouvrages d'exploitation sont des forages, puits ou même trous d'eau.

4. - GRAVIERES DU PERTHOIS

L'exploitation des alluvions du PERTHOIS remonte à plusieurs décennies. Jusqu'en 1955 elle n'aurait concerné que la partie Est du domaine étudié. Au cours des années 80, elle s'est accélérée. Il en résulte de nombreux plans d'eau. En Juin 1989, on en dénombrait plus de 130. Quelques anciennes gravières ont été remblayées. Les uns et les autres sont identifiés sur la carte de la figure 3 à la suite d'une

exploitation documentaire et d'un inventaire réalisé sur le terrain et par survol de la région. Par ailleurs, sur la figure 3 ont été reportées les limites des exploitations autorisées et en projet connues en Juin 1989.

Les plans d'occupation des sols des Communes du PERTHOIS délimitent enfin les zones où les carrières peuvent être autorisées (cf. annexe 2). Sur la base de cette délimitation, plusieurs projets d'exploitation ont vu le jour courant 1989 et 1990 qui intéressent plus de trois cents hectares.

5. - MODELE HYDRODYNAMIQUE DE LA NAPPE DU PERTHOIS

En hydrogéologie, un modèle mathématique est une représentation d'une nappe d'eau souterraine, comme un modèle réduit. Connaissant les lois fondamentales de l'hydrodynamique, on les applique à tout élément d'aquifère que l'on considère comme homogène.

Après avoir réalisé la description de l'aquifère, celui-ci est virtuellement décomposé en blocs élémentaires carrés ou rectangulaires auxquels correspondront autant de mailles du modèle (figure 5).

A chaque maille du modèle sont affectées les valeurs de divers paramètres nécessaires au calcul des équations de l'hydrodynamique. Outre ses dimensions, chaque maille est caractérisée par une valeur de :

- transmissivité T (produit épaisseur par perméabilité),
- coefficient d'emménagement S ,
- débit prélevé ou injecté,
- infiltration par la pluie efficace,
- charge hydraulique.

Pour résoudre l'équation de l'hydrodynamique, on considère une maille centrale et les quatre mailles voisines Nord, Sud, Ouest et Est.

Si les mailles sont carrées, cette équation en régime permanent décrit le fait que le bilan d'échange est équilibré, c'est-à-dire que la somme algébrique des débits est nulle (figure 6).

En pratique, les calculs se font par approximations successives de manière itérative. Partant d'un état initial des charges hydrauliques dans les mailles, on les recalculé toutes les unes après les autres, plusieurs fois, à partir des charges hydrauliques des mailles voisines en tenant compte des conditions de débit, d'infiltrations et de charges hydrauliques de certaines mailles. On arrête les itérations lorsqu'on obtient une quasi-stabilisation des charges calculées (convergence du modèle).

La première phase dans l'établissement d'un modèle est le calage qui est en fait la phase la plus difficile et la plus délicate.

Si l'on connaît assez bien la géométrie de la nappe, les autres paramètres ne sont connus que ponctuellement. Le calage consiste donc à les ajuster pour reproduire au mieux les niveaux observés en tous points, synthétisés par une carte piézométrique. Une fois le calage terminé, on passe alors à la phase d'exploitation du modèle proprement dite.

Le modèle utilisé ici est le modèle MARTHE mis au point par le BRGM. Il peut fonctionner sur micro-ordinateur compatible IBM PC pour les modèles de moyenne importance. C'est un logiciel de modélisation hydrodynamique en régime permanent et transitoire. Le schéma de résolution utilise la méthode des différences finies avec un maillage parallépipédique irrégulier. Il peut traiter 7000 mailles et présente les caractéristiques suivantes :

- écoulement tridimensionnel,
- maillage rectangulaire irrégulier,
- possibilité de simuler une zone équipotentielle à potentiel inconnu ou variable.
- utilisation des données sous forme de "semis de points",

- possibilité de faire des modifications ou des affectations de paramètres par zones et de réaliser des bilans de débits par zone.

5.1. - Maillage

Le domaine étudié a fait l'objet d'un maillage (figure 7) dont la dimension des mailles varie entre 36 et 300 m. Le modèle utilisé compte au total 1.860 mailles (60 colonnes de 31 lignes).

5.2. - Limites du modèle

Les limites du domaine aquifère représenté doivent constituer un contour fermé. A l'intérieur de ce contour, il ne doit pas y avoir de perméabilité nulle. A l'extérieur, il ne doit pas y avoir de perméabilité positive.

Sur les mailles limites, la perméabilité peut être nulle ou positive :

- perméabilité nulle : limite imperméable
- perméabilité positive : maille à charge imposée.

Les limites à charge imposée sont recherchées prioritairement car elles constituent un facteur de stabilité et donc de fiabilité du modèle.

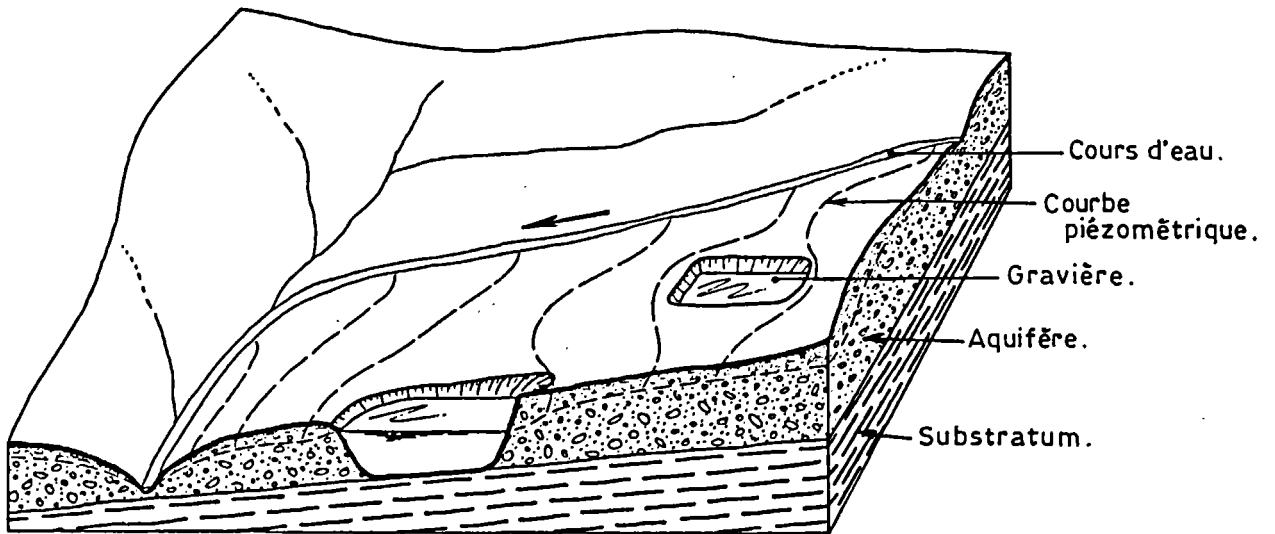
Dans le cas considéré, la limite Nord est constituée par le cours de l'ORCONTE.

La limite Sud est le cours de la MARNE.

La limite Ouest est également une limite à charge imposée qui correspond à une courbe piézométrique choisie suffisamment éloignée.

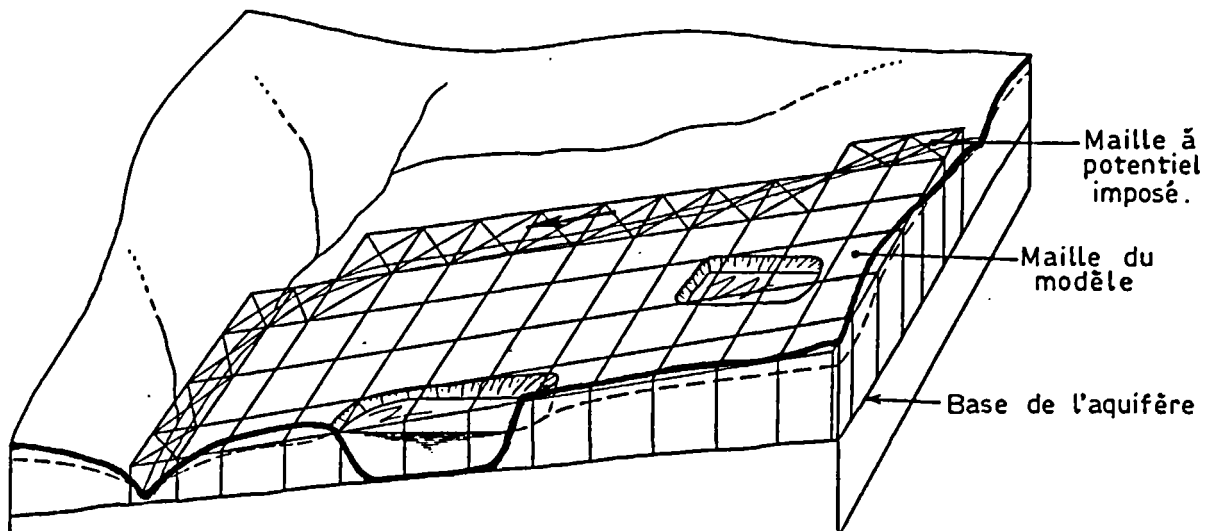
Une fois les limites du modèle définies, il est procédé à l'introduction des données.

DESCRIPTION DE L'AQUIFERE

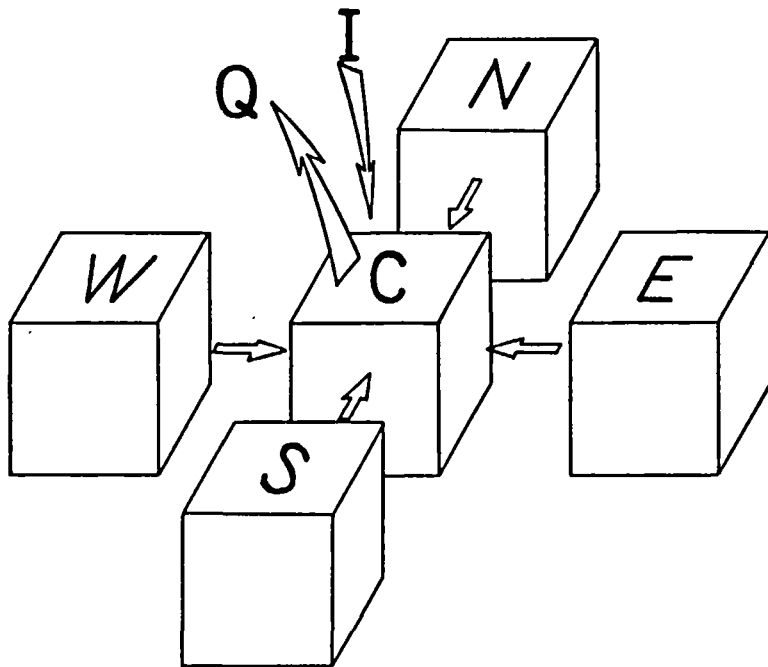
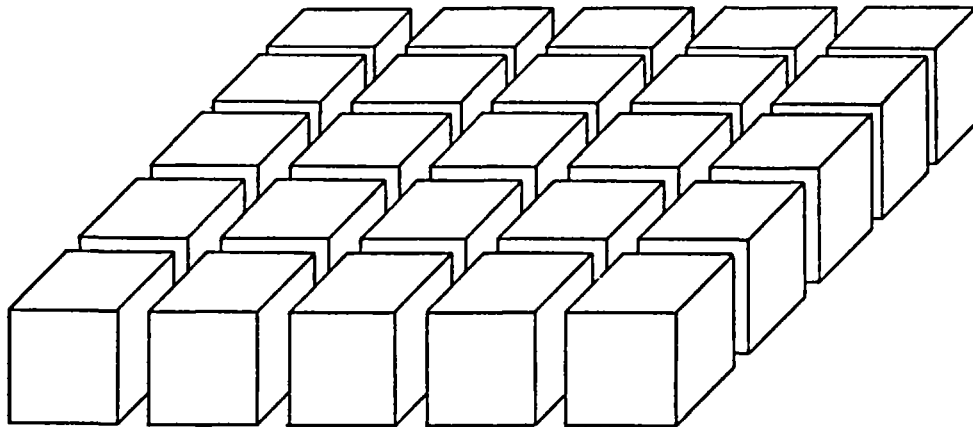


CONSTRUCTION DU MODELE

(Schéma représentatif d'un système aquifère)



C A L A G E



$$Q + I + T_{cN}(H_N - H) + T_{cS}(H_S - H) + T_{cE}(H_E - H) + T_{cW}(H_W - H) = 0$$

5.3. - Données à introduire dans le modèle

Un fichier principal contient plusieurs sous-fichiers qui correspondent successivement aux :

- épaisseurs,
- perméabilités,
- débits limites,
- charges hydrauliques,
- zones
- substratum.

Pour une exploitation en régime transitoire, les coefficients d'emmagasinement doivent être pris en compte de surcroît.

Les données sont introduites par digitalisation et un premier traitement les transforme en série de trois chiffres représentant d'une part, les coordonnées (X,Y) du centre des mailles, d'autre part, la valeur du paramètre considéré.

Le traitement suivant est une interpolation qui permet d'obtenir une série de semis. Le choix de la méthode d'interpolation est laissé à l'utilisateur. Plusieurs options sont disponibles : moyenne, cercles concentriques, linéaire double, méthode de Thiessen.

Un semis est une norme de fichiers autodocumentés pour un champ de valeurs d'espacement correspondant aux noeuds d'un maillage rectangulaire.

Les rectangles sont définis par des lignes et des colonnes de hauteur et de largeur variables. Les fichiers sont autodocumentés par le calcul et l'affichage en clair des coordonnées des centres des mailles sur chaque fichier. Ces coordonnées peuvent en particulier être les coordonnées Lambert. Le fichier est découpé en panneaux de 10 colonnes de large.

L'intérêt du système de semis réside dans le fait qu'on dispose d'une véritable banque de données. Les valeurs d'un champ

peuvent être facilement visualisées. Elles peuvent être complétées ou fusionnées avec d'autres semis. Il est par ailleurs possible de calculer la valeur du champ en un point quelconque d'un semis (en dehors des noeuds) par interpolation double.

5.3.1.- Epaisseur

Le toit est défini par un tableau d'épaisseur en unités de charge. Il constitue une limite étanche impliquant ainsi une mise en charge, ce qui n'empêche pas une alimentation par les pluies.

5.3.2. - Perméabilité

C'est le rapport de la transmissivité à l'épaisseur saturée d'aquifère. On introduit la perméabilité horizontale K_h .

5.3.3. - Débits limites

A l'intérieur du modèle, ils sont positifs pour une injection et négatifs pour les débits sortants (exemple : pompage). Sur les mailles de bordure du modèle, ils sont codés.

5.3.4. - Charges hydrauliques

Les charges hydrauliques sont définies par rapport à une hauteur de référence. Si une maille est en charge, le champ est affecté au centre de la maille. Dans une maille à surface libre, le champ est affecté à mi-hauteur de l'épaisseur d'eau.

5.3.5. - Zones

Il est possible d'introduire ou de modifier des périmètres sur toute une zone du modèle. A chaque maille du modèle est affecté un numéro de zone. On peut définir jusqu'à 49 zones différentes, mais seules les 9 premières reçoivent une pluie efficace. A une zone est affectée une valeur commune de débit, de charge, de perméabilité, etc... On peut ainsi modifier un paramètre pour tout un secteur.

5.3.6. - Substratum

Les cotes du substratum sont en unités de charge et sont définies par rapport à une cote de référence.

6. - RESULTATS

6.1. - Calage

Le calage est l'opération qui consiste à reconstituer par calcul la piézométrie de référence.

Les calculs sont effectués en régime permanent, c'est-à-dire dans un état d'équilibre du système.

La figure 8 présente les résultats du calage. Les piézométries observées et calculées sont cohérentes. Les conditions générales d'écoulement souterrain du Perthois sont bien restituées. Certaines des indentations de la piézométrie observée liées à des choix interprétatifs ne sont pas rendues dans leur détail en raison du domaine représenté (plans d'eau) et des conditions d'interpolation.

6.2. - Simulations

Trois états de la plaine du PERTHOIS vis-à-vis de l'exploitation des carrières ont été simulés :

- Etat A : Absence de carrières donc état original,
- Etat B : Après exploitation de toutes les carrières autorisées et en projet en Juin 1989,
- Etat C : Après exploitation de toutes les carrières autorisées et en projet en Mai 1990.

Par rapport à l'état B, cet état C intègre les projets suivants :

- Entreprise ZEIMET Matériaux à MATIGNICOURT-GONCOURT pour une surface de 47,5 hectares avec création de quatre plans d'eau distincts.

- Entreprise GSM à MATIGNICOURT-GONCOURT pour une surface de 40 hectares (3 plans d'eau à venir).

- Entreprise MORONI à CLOYES-SUR-MARNE et MONTCETZ L'ABBAYE : 32 hectares répartis en trois carrières.

- Entreprise MORONI à BIGNICOURT, NOIRROIS et LUXEMONT et VILLOTTE, surface complémentaire par rapport à l'état B : 36 hectares en quatre carrières.

- Entreprise MORONI à ORCONTE : 9 hectares.

Ces projets d'une surface totale de 164,5 hectares, sont représentés sur les figures 12 et 13 en violet.

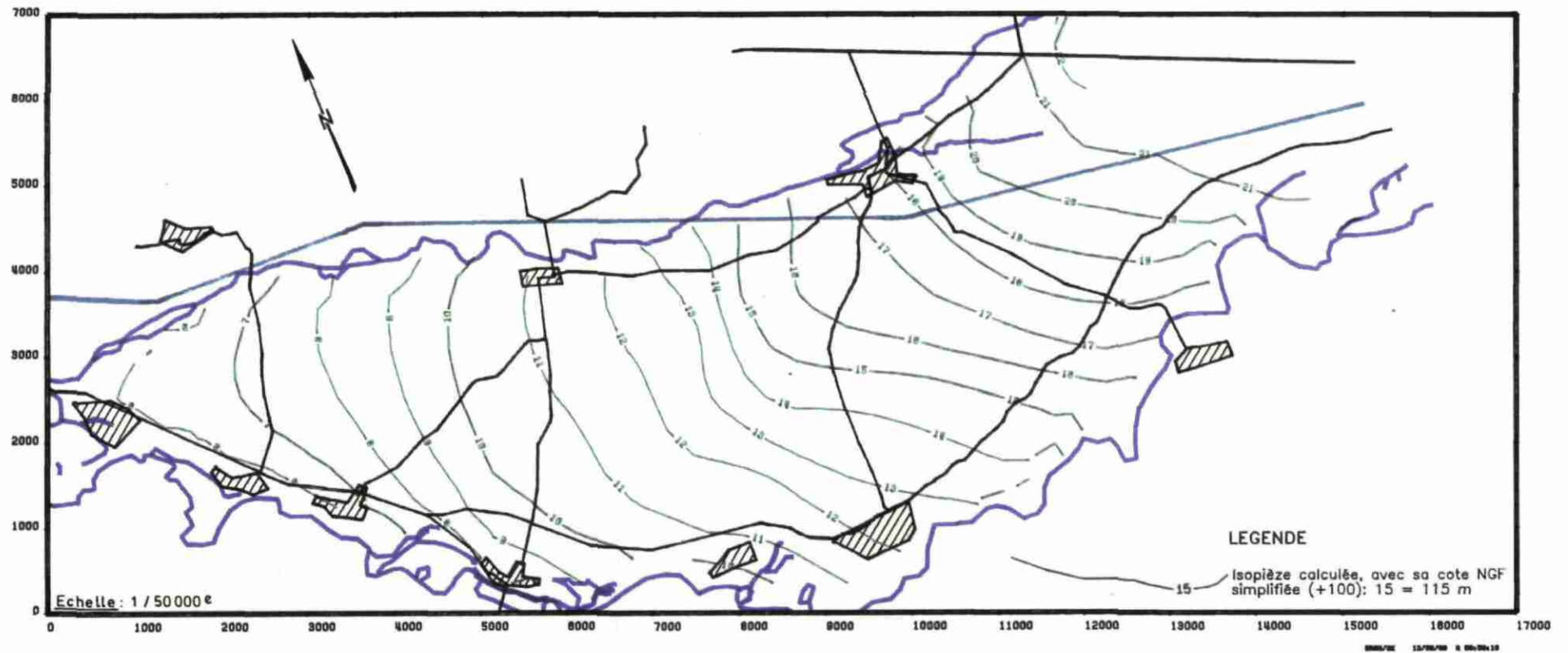
6.2.1. - Etat A - Absence de carrières

Pour chaque état différent considéré, la piézométrie générale résultante est en premier lieu calculée.

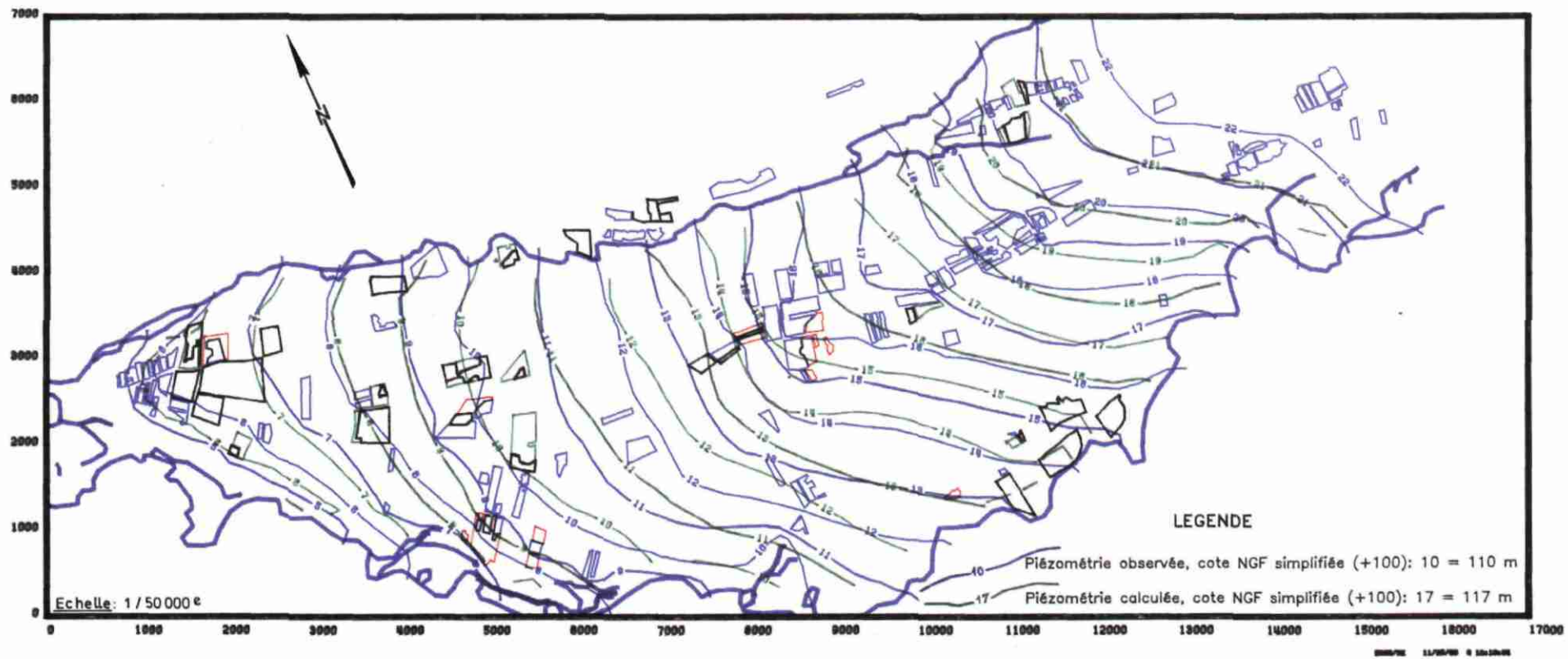
Ainsi pour l'état A, la piézométrie antérieure à toute ouverture de carrières a été reconstituée à l'aide du modèle. Elle est présentée figure 9.

Sa comparaison avec la piézométrie calculée pour l'état de référence de Juin 1989 est représentée sur la figure 10 en termes d'écart piézométriques entre les deux situations.

Cette figure exprime donc l'incidence globale résultant de l'exploitation des matériaux de carrières jusqu'en Juin 1989.



ETAT ORIGINAL, SANS CARRIERES — PIEZOMETRIE CALCULEE



RESTITUTION DE L'ETAT PIEZOMETRIQUE DE REFERENCE

On distingue deux vastes domaines de part et d'autre d'une ligne médiane (courbe o) passant à 500 m à l'Est du forage AEP de MATIGNICOURT-GONCOURT. Vers l'Est, donc en amont hydraulique, la nappe est globalement rabattue avec des maxima localisés atteignant 25 à 35 centimètres.

Inversement vers l'Ouest et en partie aval du PERTHOIS, la nappe est globalement mise en charge avec des maxima de l'ordre de 30 à 35 centimètres.

Les captages d'eau souterraine pour l'alimentation en eau potable (AEP) de MATIGNICOURT-GONCOURT, ORCONTE, LARZICOURT et CLOYES-SUR-MARNE se localisent tous quatre en périphérie du PERTHOIS à faible distance des limites du domaine représenté. Ces limites sont considérées par définition comme stables (potentiel imposé). Il s'ensuit pour les captages des incidences faibles en terme de niveau, rabattement de l'ordre de 10 centimètres à LARZICOURT et mise en charge équivalente à CLOYES-SUR-MARNE. A MATIGNICOURT-GONCOURT et ORCONTE, les effets sont limités à quelques centimètres.

6.2.2. - Etat B - Exploitation des carrières autorisées et en projet en Juin 1989.

Les terrains entrant dans cette catégorie sont représentés en noir sur toutes les figures localisant les exploitations de carrières.

Après calcul de la piézométrie résultante, ses écarts à la piézométrie de l'état de référence de Juin 1989 ont été calculés. Ils sont présentés par la figure 11.

Chaque carrière agit sur la nappe par une action drainante sur son environnement amont et par une mise en charge sur son environnement aval. Ces actions sont prépondérantes dans le sens de l'écoulement des eaux souterraines et d'autant plus prononcées que la carrière est grande et que le réservoir aquifère est moins perméable, d'autant plus étendues que le réservoir aquifère est plus perméable. La figure 11 est l'expression de la combinaison des effets individuels.

Les carrières en cours d'exploitation et en projet en Juin 1989 se localisent pour l'essentiel dans la partie aval de la plaine à l'Ouest du méridien de MATIGNICOURT-GONCOURT. La multiplicité et la dispersion des plans d'eau devant résulter des exploitations considérées permettent aux effets individuels de plusieurs exploitations de rester sensibles d'où le contour heurté des courbes représentatives des écarts piézométriques.

Globalement, cette partie aval accusera par rapport à l'état de référence une mise en charge de un à trois décimètres avec des maxima localisés atteignant 25 à 35 centimètres.

L'action drainante sur la partie amont de la plaine s'accroîtra jusqu'à un peu plus d'un décimètre.

Les effets sensibles sur les points d'eau potable se limitent à une élévation attendue du niveau à CLOYES-SUR-MARNE comprise entre 15 et 20 cms et un abaissement de niveau à LARZICOURT d'environ 5 cms.

6.2.3. - Etat C - Exploitation des projets de carrières apparus entre Juin 1989 et Mai 1990.

La figure 12 présente les écarts piézométriques attendus au terme de ces exploitations futures en comparaison à l'état de référence de Juin 1989.

L'accroissement des surfaces en eau consécutif au passage à ce dernier état est au total de l'ordre de 150 hectares répartis en 15 plans d'eau dont 14 localisés dans le tiers aval de la plaine du PERTHOIS. L'incidence collective de ces prochaines carrières combinée à celle des carrières considérées précédemment se traduit par une extension du domaine drainé de l'ordre de 650 hectares.

Le domaine d'élévation des niveaux de la nappe est restreint en contrepartie. Les mises en charge induites ne croissent pas en raison de la contraction du domaine qu'elles concernent. Celle-ci augmentant les charges hydrauliques aux limites de l'aquifère provoque nécessairement un accroissement du débit de vidange de l'aquifère.

Pour les captages d'alimentation en eau potable, ceux de LARZICOURT et ORCONTE ne sont pas plus influencés qu'auparavant, celui de MATIGNICOURT-GONCOURT le reste peu tout en passant dans le domaine drainé. A CLOYES-SUR-MARNE, l'effet induit globalement est positif en terme de niveau d'eau puisqu'il subit une élévation piézométrique d'une vingtaine de centimètres.

7. - EFFETS COMPLEMENTAIRES ET CONTRE-MESURES

La mise à jour des eaux souterraines que provoque l'exploitation des matériaux de l'aquifère expose par ailleurs la nappe à des pertes d'eau par évaporation. Annuellement les pertes d'un plan d'eau libre sous climat tempéré sont estimées à environ 700 mm, soit 20 m³/jour/ha.

Ces pertes sont légèrement plus élevées que les précipitations moyennes annuelles (650 mm) qui sont donc annulées. Un déficit d'alimentation de l'aquifère en résulte qui équivaut à la hauteur d'eau qui se serait infiltrée en l'absence des carrières, de l'ordre de 300 mm/an ou 8,2 m³/jour/ha.

Pour les 150 hectares de plans d'eau complémentaires projetés depuis Juin 1989, le déficit d'alimentation de l'aquifère peut être évalué à 1.230 m³/jour en moyenne. Ce déficit réparti sur la surface du PERTHOIS directement concerné ou situé en aval (10 kms²) y correspond à un déficit d'alimentation moyen annuel de 15%.

Se surimposant aux effets hydrodynamiques directs considérés antérieurement, ce déficit d'alimentation ne peut être considéré comme négligeable.

Diverses contre-mesures peuvent être envisagées pour restreindre des effets qui seraient appréciés comme indésirables, elles visent à intervenir sur les niveaux piézométriques et (ou) sur l'alimentation, par exemple :

- restreindre les effets hydrodynamiques directs des plans d'eau de carrière en diminuant les vitesses d'écoulement souterrain par une réduction de perméabilité des limites des plans d'eau (colmatage des parois, remblaiement des carrières).

- compenser simultanément les pertes de niveau et les déficits d'alimentation grâce à une alimentation artificielle par l'intermédiaire de gravières à partir de cours d'eau ou mieux, compte-tenu de sa position topographique dans le PERTHOIS, à partir du canal de la MARNE.

Le modèle hydrodynamique élaboré peut être utilisé pour simuler les effets de tels aménagements.

CONCLUSION

Après établissement d'un état piézométrique de référence (Juin 1989), élaboration et calage du modèle sur cette base, les états à venir qui ont été simulés se situent après exploitation de toutes les carrières autorisées et en projet en Juin 1989 et après exploitation de toutes les carrières autorisées et en projet en Mai 1990.

Entre ces deux situations intervient un ensemble de projets nouveaux aboutissant à la création de 150 hectares de plans d'eau supplémentaires. Pour chacune des situations un nouvel équilibre hydrodynamique s'établit avec drainage de l'aquifère sur un vaste domaine amont et mise en charge sur les 6 à 7 kilomètres d'extension de sa partie aval où se concentrent les carrières en exploitation et les projets. Pour les deux états considérés, globalement la mise en charge aval se situe entre 10 et 30 centimètres. Les captages d'alimentation en eau potable étant proches des limites de l'aquifère sont peu perturbés (maximum à CLOYES-SUR-MARNE : 20 cm d'élévation du niveau).

La mise à jour des eaux souterraines réalisée par la création des carrières provoque un déficit d'alimentation de l'aquifère de l'ordre de $8 \text{ m}^3/\text{j}/\text{ha}$. Pour les 150 hectares de plans d'eau nouveaux projetés depuis 1989, le déficit d'alimentation pour le secteur concerné et en aval écoulement (10 km^2) est en moyenne de 15%.

Diverses mesures destinées à compenser des impacts qui seraient appréciés comme indésirables peuvent être envisagées (colmatage, remblaiement, alimentation provoquée...).

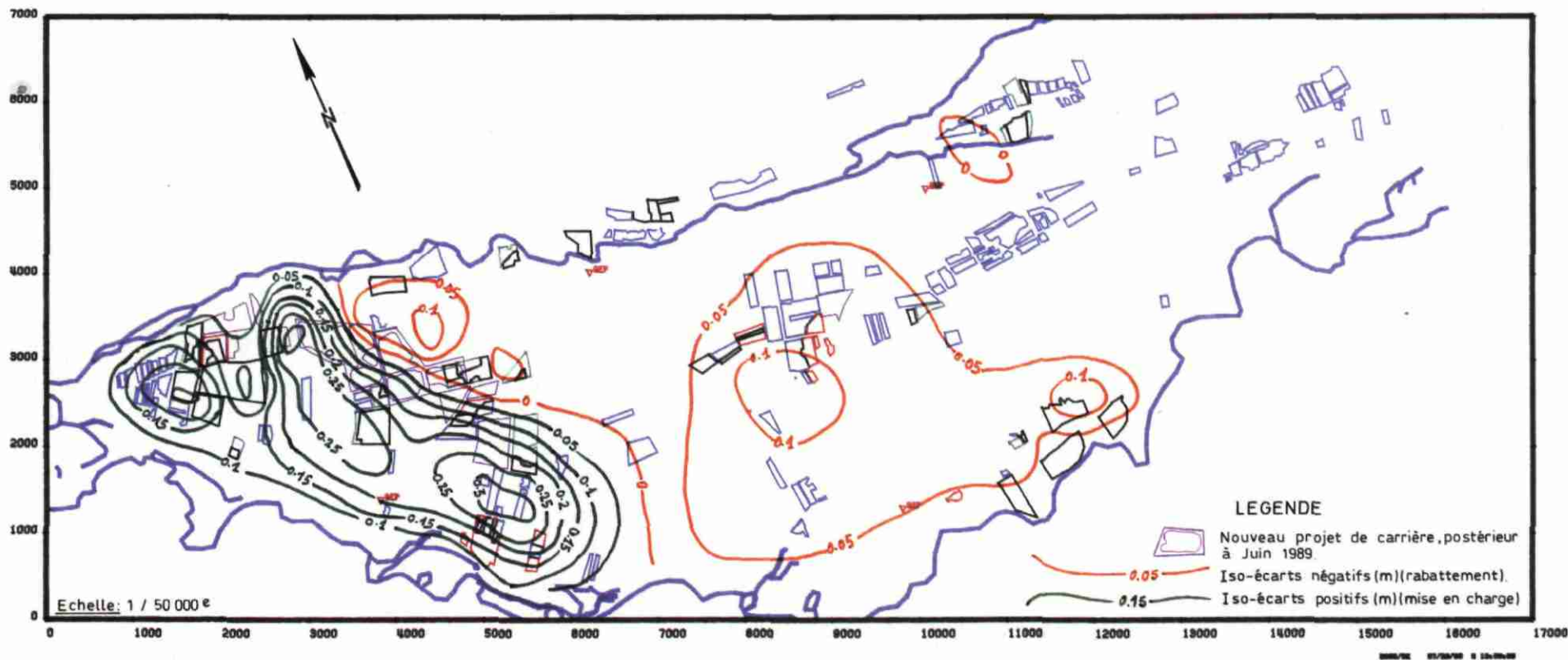
Le modèle hydrodynamique élaboré peut être utilisé pour en étudier les effets.

A N N E X E

A N N E X E 1

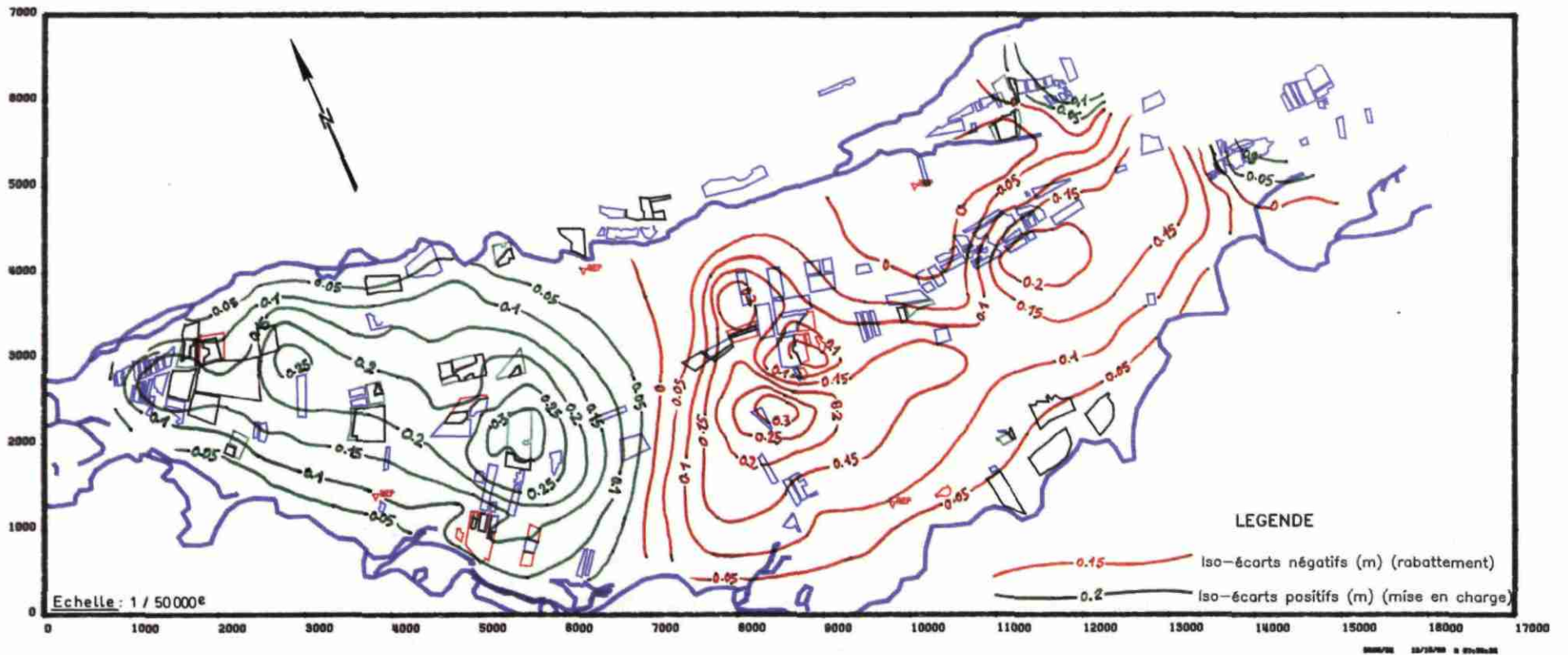
TRAVAUX DE SONDAGE ET DE NIVELLEMENT

- Cartes de situation des points nivelés
- Résultats du nivellement
- Coupes des sondages



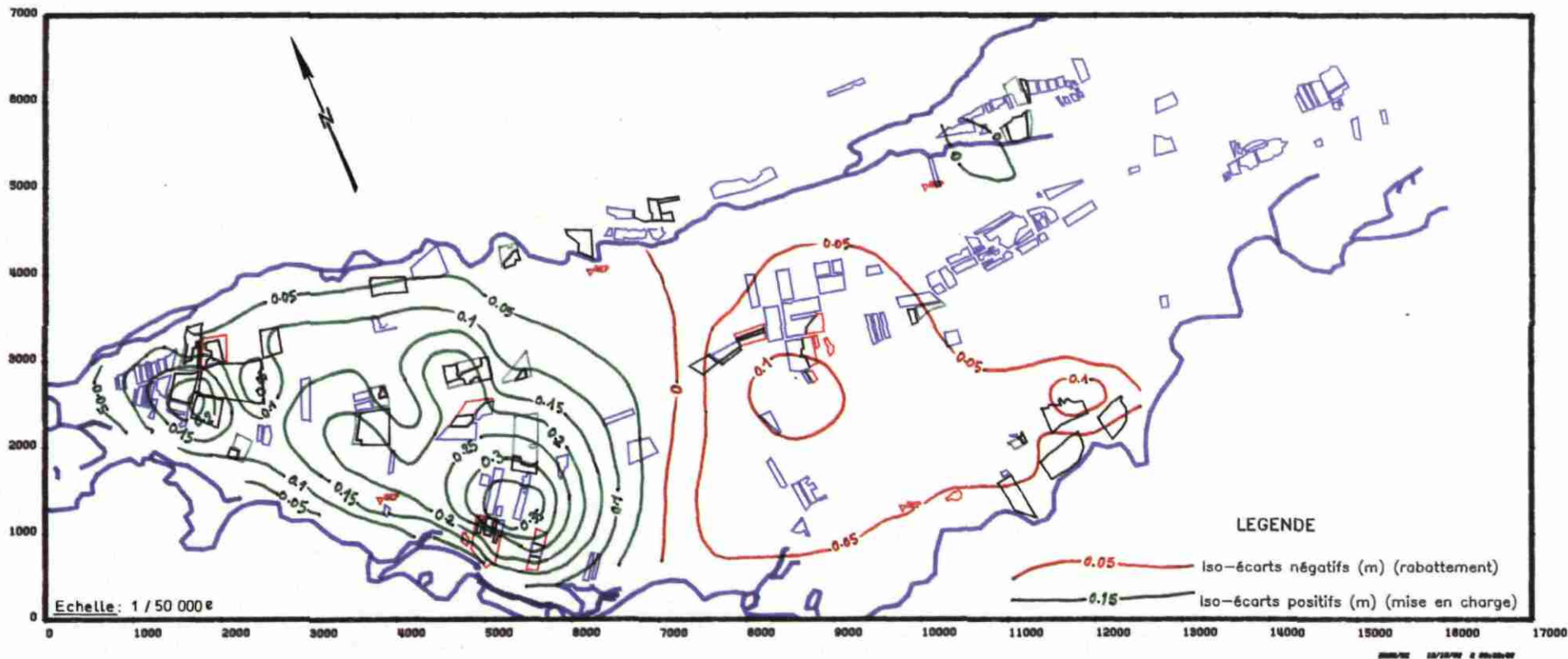
ECARTS PIEZOMETRIQUES CONSECUTIFS A L'EXPLOITATION
 - DES CARRIERES AUTORISEES ET EN PROJET EN JUIN 1989
 - DES PROJETS APPARUS DE JUIN 1989 A MAI 1990
 PAR RAPPORT A L'ETAT DE REFERENCE DE JUIN 1989

Ecarts état C / état de référence (Juin 1989)



INCIDENCE PIEZOMETRIQUE GLOBALE DES CARRIERES
EXISTANT EN JUIN 1989 PAR RAPPORT A UN ETAT INITIAL
SIMULE SANS CARRIERES

Ecarts état A / état de référence (Juin 1989)



ECARTS PIEZOMETRIQUES CONSECUTIFS A L'EXPLOITATION
DES CARRIERES AUTORISEES ET EN PROJET EN JUIN 1989
ET L'ETAT DE JUIN 1989

Ecarts état B / état de référence (Juin 1989)

Résultats des nivellements

POINTS	ALTITUDES (I.G.N. 65 - NORMALES)	SITUATION APPROCHÉE (Tirée de la carte I.G.N.)		Observations
		X	Y	
① - PLAN A Feuille IGN 2915 EST				
P 15	114.04	772.100	111.200	
P 16	114.33	772.100	109.700	
P 17	111.97	771.800	110.600	
P 18	110.60	770.600	111.700	
P 19	110.51	769.800	111.400	
P 20	109.80	769.400	111.900	
P 21	109.42	769.200	111.200	
P 22	110.23	768.700	110.300	
P 23	107.79	766.100	111.100	
F 01	109.34	769.400	111.600	
F 1	109.70	769.600	110.700	
FA	110.03	769.800	110.300	
F 2	111.30	770.800	110.400	
G 14	110.87	772.100	111.400	
G 15	111.25	772.100	110.400	
G 16	111.49	772.000	109.200	
G 17	109.51	771.300	109.300	
G 18	109.36	770.600	111.400	
G 19	106.02	770.200	110.000	
G 20	107.33	768.600	112.200	
G 21	105.72	768.700	110.800	
G 22	106.87	768.300	111.300	
G 23	106.17	768.000	111.800	
G 24	111.58	770.500	109.000	
G 25	108.24	770.900	108.900	
G 26	111.13	771.700	109.800	
P 24G	108.61	770.100	110.800	
R 4	110.36	770.800	112.100	
R 5	103.87	766.800	112.400	
R 6	102.94	767.200	111.700	
R 7	108.82	768.400	110.200	

POINTS	ALTITUDES (IGN 69 - NORMALES)	SITUATION APPROCHÉE (Tirée de la carte I.G.N.)		Observations
		X	Y	
② - PLAN B Feuille IGN 3015 OUEST				
P 3	122.91	779.300	108.600	
P 4	119.71	778.300	107.300	
P 5	116.68	776.800	107.300	
P 6	116.67	777.100	106.800	
P 7	117.69	774.800	110.300	
P 8	116.32	775.400	107.800	
P 11	113.94	772.500	110.400	
P 12	115.20	773.000	109.500	
P 13	113.05	773.300	107.500	
P 9 SP	113.11	773.600	110.200	
G 13 SP	113.68	774.800	107.300	
F 26 SP	113.56	772.500	110.600	
G 1	121.78	779.200	110.600	
G 2	122.86	779.900	110.100	
G 3	121.42	780.400	108.900	
G 4	119.25	777.700	110.800	
G 5	120.26	778.300	109.500	
G 6	118.12	777.300	109.400	
G 7	118.99	777.800	109.000	
G 8	116.62	776.800	108.600	
G 9	116.45	775.900	109.200	
G 10	116.45	775.100	109.700	
G 12	114.01	774.400	108.500	
G 13	113.39	774.700	107.400	
R 1	122.86	778.900	111.500	
R 2	119.30	777.000	110.700	
R 3	114.11	772.900	111.200	
R 8	117.73	775.000	106.000	
R 9	124.49	779.200	107.600	
R 10	120.72	778.400	110.300	
E 1	120.25	777.200	110.200	
E 2	114.78	773.200	110.900	
E 3	116.53	775.400	106.900	
P 1G	120.98	778.500	111.000	
P 2G	119.91	778.100	110.500	
P 10G	113.94	774.200	109.300	
P 14G	111.58	772.500	108.000	

PLAINE DU PERTHOIS
COUPES DES SONDAGES

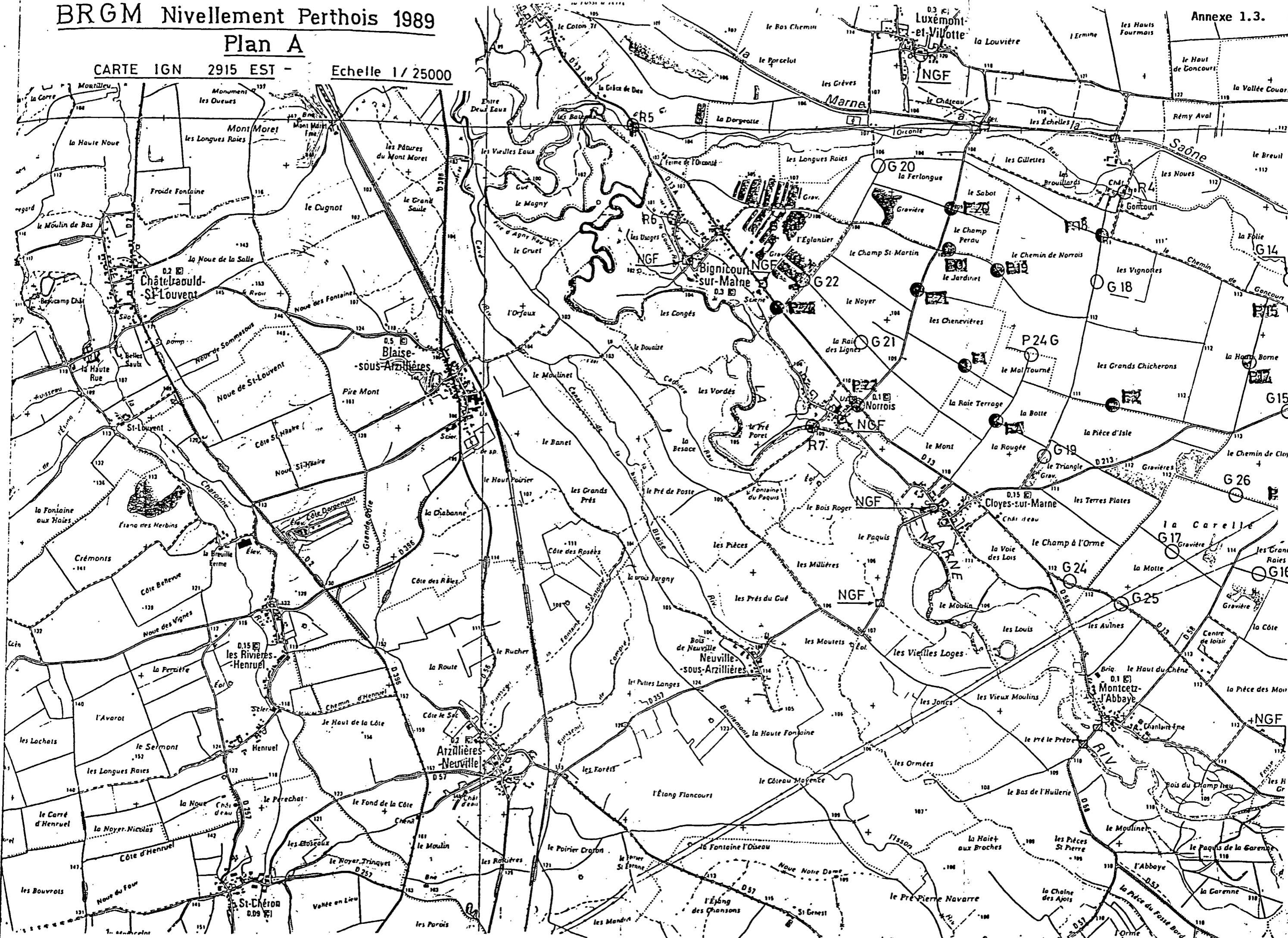
Piézo N°	Profondeur (m)	Matx de couv. (m)	Alluvions (m)	Substratum pfdr (m)	Tubage	Hr. crépinée
P 3	4,75	1,5	3	4,5	4,5	1,2
P 4	4,75	2,25	2	4,2	4,5	1,2
P 5	5,75	C.6+1.1	4,4	5,5	4,5	1,2
P 6	3,9	0	3,25	3,25	3,9	1,2
P 7	6,75	1,5	5	6,5	6,5	1,2
P 8	5,1	0	5	5	4,5	1,2
P 11	5	1,3	3,7	5	4,5	1,2
P 12	4,9	1	3,75	4,75	4,5	1,2
P 13	3,5	2,3	0	3,2	3,5	1
P 14	2,5	0	0	1,6	-	-
P 15	6,75	1,5	5	6,5	6,5	1,2
P 16	5,75	2	3,5	5,5	4,5	1,2
P 18	4,75	0	3,4	4,2	4,5	1,2
P 19	5,5	1,2	3,7	4,9	4,5	1,2
P 20	6	0	5,1	5,0	5,25	1,2
P 21	5,0	0	4,0	5,5	5,5	1,2
P 22	6,75	1,2	5,05	6,25	6,5	1,2
P 23	4,85	1,6	3	4,6	4,5	1,2

BRGM Nivellement Perthois 1989

Plan A

CARTE IGN 2915 EST - Echelle 1/25000

Annexe 1.3.

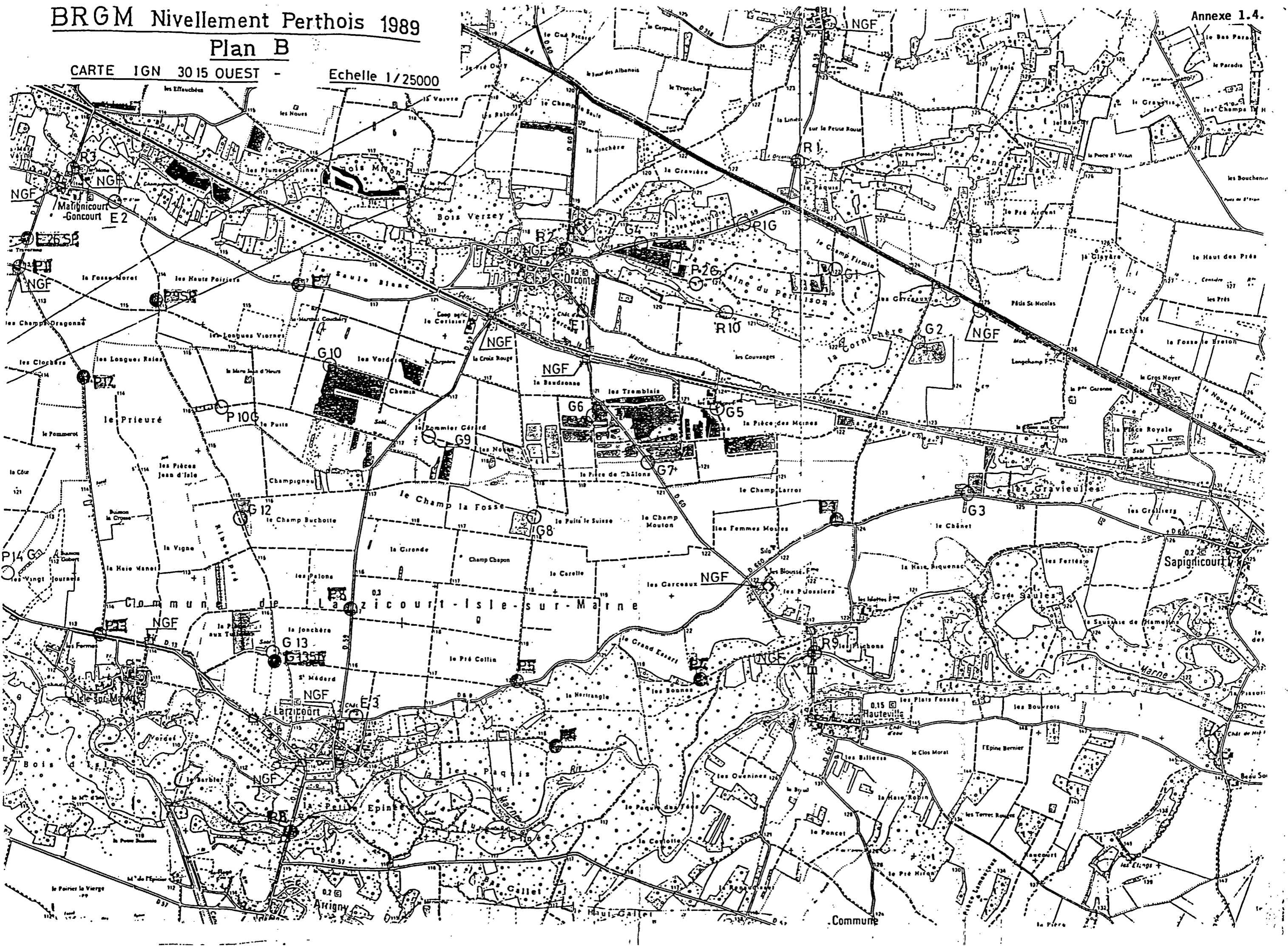


BRGM Nivellement Perthois 1989

Plan B

CARTE IGN 3015 OUEST -

Echelle 1/25000



A N N E X E

A N N E X E 2

Carte des exploitations de gravières du PERTHOIS

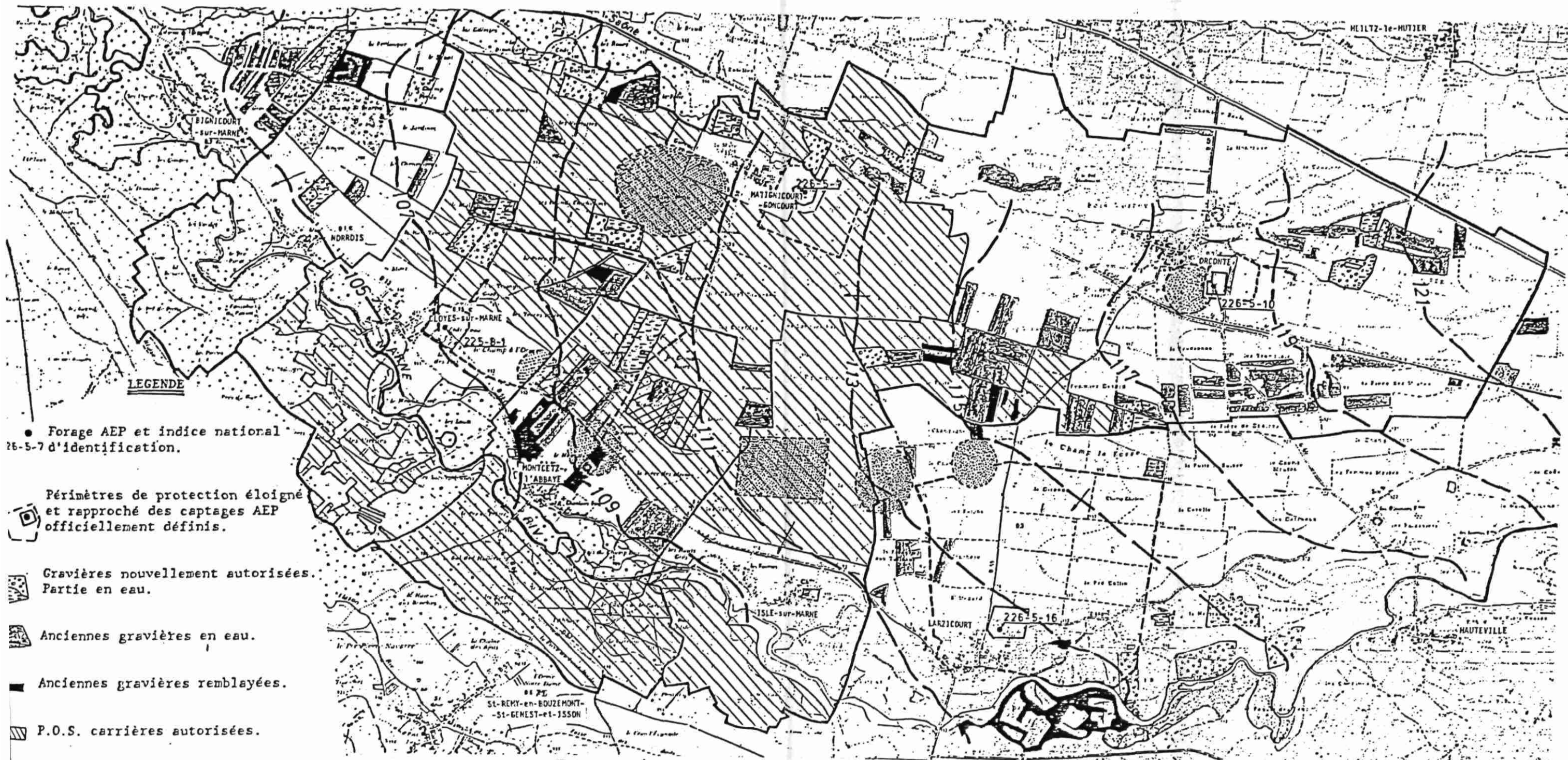
ET

Surface piézométrique de la nappe du PERTHOIS

SITUATION ET ETAT DES EXPLOITATIONS DE GRAVIERES DU PERTHOIS

ET

SURFACE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE DU PERTHOIS



LEGENDE

- Forage AEP et indice national 26-5-7 d'identification.
- Périètres de protection éloigné et rapproché des captages AEP officiellement définis.
- ▨ Gravières nouvellement autorisées. Partie en eau.
- ▩ Anciennes gravières en eau.
- Anciennes gravières remblayées.
- ▤ P.O.S. carrières autorisées.
- Sites préhistoriques ou historiques

Echelle réduite : 1/35700^e

Document original établi par
la DIRECTION REGIONALE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE
de CHAMPAGNE-ARDENNE

EXTRAIT DES CARTES TOPOGRAPHIQUES
DE VITRY-LE-FRANCOIS ET SAINT-DIZIER

Courbe hydroisohypse et sa cote (m NGF)
Situation au 5 juin 1989.