

VILLE DE VIENNE



31, Rue Jules Guesde
69696 PIERRE BENITE CEDEX
Tél. 72.39.48.48

Document No 19705

Etude hydrogéologique à ESTRABLIN
(Isère)

Captages de GEMENS

Etude N°3898

Juillet-Août 1991

C.P.G.F. HORIZON
Division Lyon Sud-Est
Ferme de la Croix
BP 69
38090 VILLEFONTAINE

Tél : 74.96.42.53
Fax : 74.96.29.35

SOMMAIRE

I	PREAMBULE	Page 1
II	BUT DE L'ETUDE - MOYENS MIS EN OEUVRE	Page 1
III	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	Page 2
IV	RESULTATS DE LA PROSPECTION ELECTRIQUE	Page 4
V	RESULTATS DE LA PROSPECTION ELECTROMAGNETIQUE	Page 7
VI	RESULTATS DE LA PROSPECTION MECANIQUE	Page 8
VII	CONCLUSION GENERALE	Page 10

-oOo-

FIGURES

3898-01	Carte de situation générale
3898-02	Implantation des ouvrages de reconnaissance mécanique et esquisse piézométrique
3898-03	Implantation des mesures électriques
3898-04	Coupes d'interprétation des sondages électriques
3898-05	Implantation et résultats des mesures électromagnétiques

-oOo-

ANNEXES

1	Tableau synthétique des résultats de l'enquête piézométrique
2	Coupes géologiques des piézomètres Aquasondage
3	Principes de la prospection électromagnétique

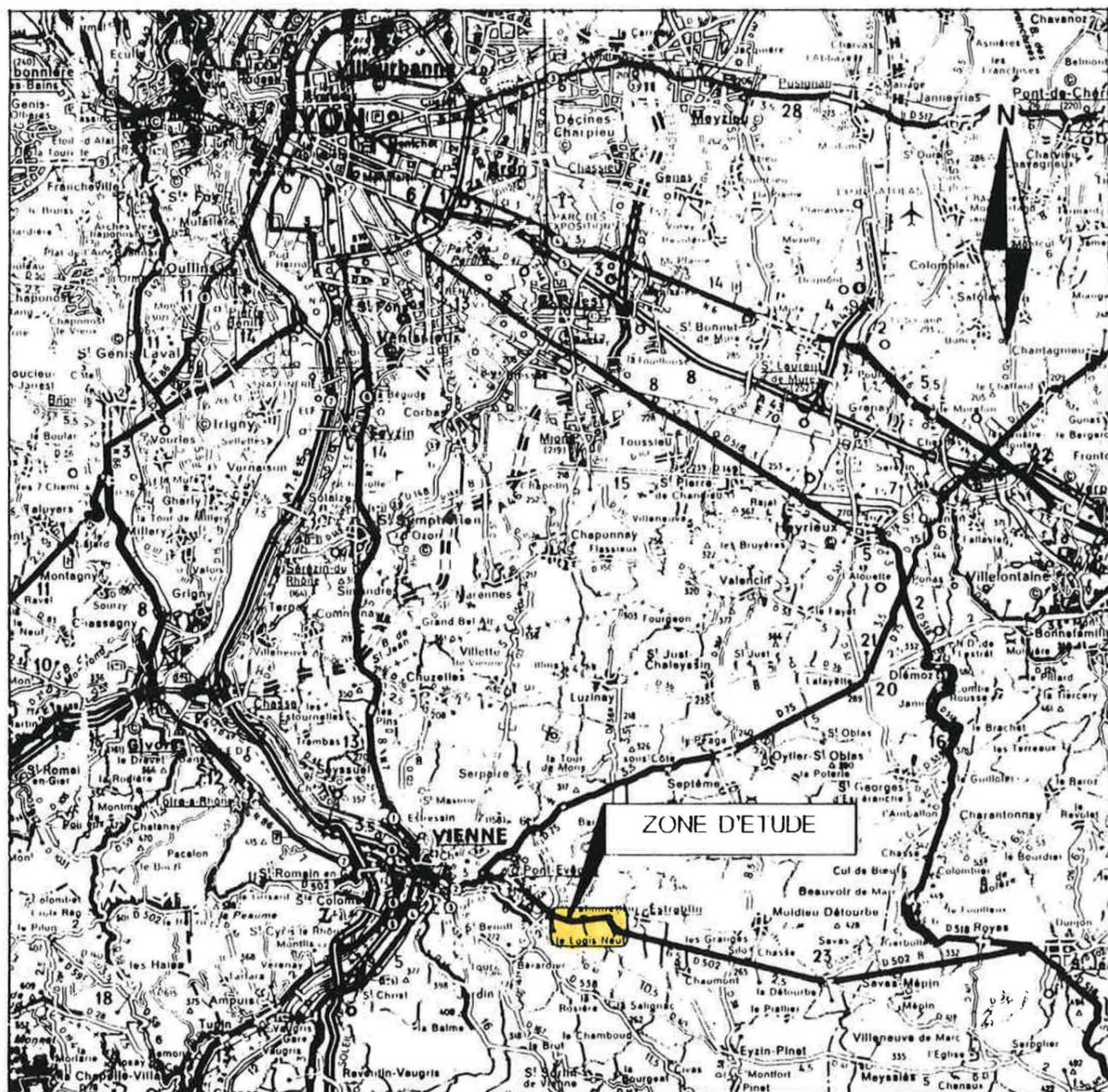
VILLE DE VIENNE

Etude hydrogéologique à ESTRABLIN

Captages de GEMENS (38)

Echelle 1/ 200 000

CARTE DE SITUATION GENERALE



I - PREAMBULE

A la demande de la ville de Vienne, la Compagnie de Prospection Géophysique Française (C.P.G.F.) a réalisé une étude hydrogéologique complémentaire sur la commune d'Estrablin (Isère). (Figure 3898-01).

Les mesures de terrain ont été effectuées par Mademoiselle A. FRANCAIS, géologue. Leur interprétation et la rédaction du présent rapport ont été assurées sous la responsabilité de Monsieur F. LENCLUD, ingénieur hydrogéologue.

-oOo-

II - BUT DE L'ETUDE MOYENS MIS EN OEUVRE

Il s'agissait d'apprécier le degré de vulnérabilité de la nappe et de redéfinir les protections et servitudes autour des captages de Gémens.

Une première phase a consisté à examiner les documents existants : réinterprétation des sondages électriques effectués par la Société l'Eau en 1966, et des essais de pompage.

Une campagne de reconnaissance complémentaire a été réalisée en seconde phase. Elle a été menée de la façon suivante :

- 17 sondages électriques répartis en 4 profils nord/nord-est - sud/sud-ouest ont été réalisés les 24 et 25 juin 1991. Les longueurs de ligne AB sont comprises entre 300 et 600 mètres.
- 4000 points d'électromagnétisme ont été répartis suivant une maille de 50*10 m sur la zone des périmètres de protection et de 100*10 m en amont jusqu'à la route du "Logis Neuf" à "La Coupe". (figure 3898-02).

Le résultat de la prospection électromagnétique devait permettre de mettre en évidence la nature et l'épaisseur de la couverture superficielle sur l'ensemble du périmètre.

- 22 points d'eau ont été répertoriés, avec mesure systématique de la conductivité en $\mu\text{s/cm}$ de la teneur en nitrates en mg/l , et du niveau de l'eau.

Une esquisse piézométrique a pu être dressée, afin de réaliser une interprétation correcte des sondages électriques.

- Enfin, 6 piézomètres ont été réalisés par l'entreprise Aquasondage. Ces piézomètres devaient permettre de recalibrer la reconnaissance géophysique en précisant, sur des points particuliers de la zone, la nature des terrains, la profondeur du substratum imperméable et le niveau de la nappe.

Trois de ces ouvrages ont été équipés de tubes acier, afin de permettre l'installation éventuelle d'un réseau de contrôle de la nappe (limnigraphe, qualité ...).

-oOo-

III - CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

A. CONTEXTE GEOLOGIQUE

La zone d'étude se situe sur les couloirs d'écoulement de la Gère et de la Vésonne, grossièrement orientés est - ouest et dont les alluvions sont constituées par des galets calcaires métamorphiques et éruptifs, emballés dans une matrice sableuse. Leur épaisseur peut atteindre une trentaine de mètres.

De part et d'autre de la vallée, ainsi qu'à l'amont, ces alluvions sont bordées par des moraines du complexe würmien, apparaissant sous forme d'argiles à blocs ou en masses caillouteuses intraglacières.

A l'extrémité ouest du secteur, les bordures sont constituées par des granites à biotite mylonitisés.

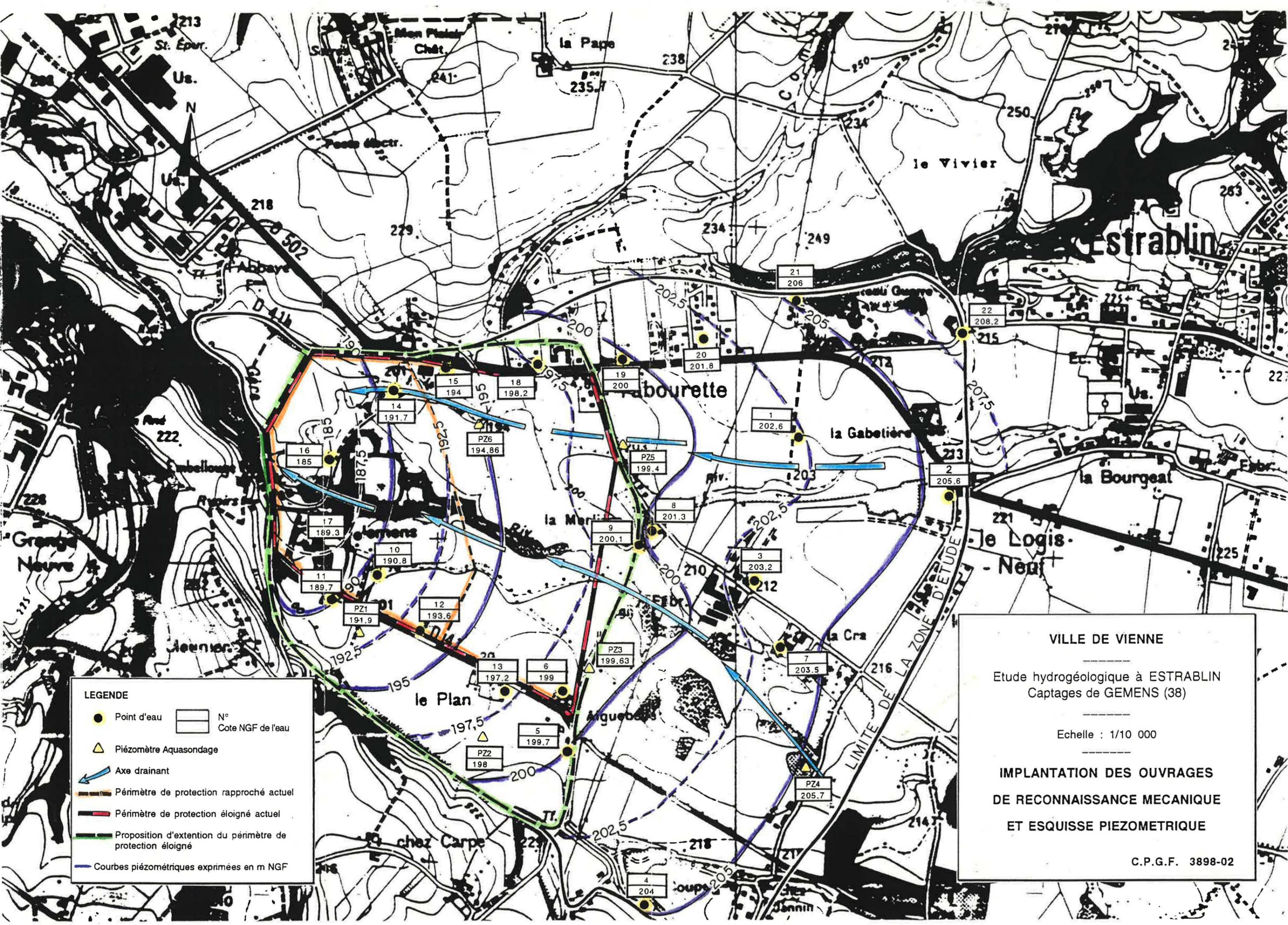
B. LES FORAGES EXISTANTS

Avant la réalisation de la présente étude, la seule coupe géologique précise existant sur le secteur d'étude était celle du forage ayant précédé l'implantation du puits de la station de pompage de Gémens (point d'eau n°16, figure 3898-02).

La description de cette coupe est la suivante :

0	-	2,40 m	Argiles, limons
2,40	-	5,80 m	Galets, graviers et sables argileux
5,80	-	17,80 m	Galets, graviers et sables moyens
17,80	-	19,00 m	Substratum : sables molassiques rouille

Le niveau statique a été mesuré en 1966 à 2,20 m.



LEGENDE

- Point d'eau
- ▲ Piézomètre Aquasondage
- ← Axe drainant
- Périmètre de protection rapproché actuel
- Périmètre de protection éloigné actuel
- Proposition d'extension du périmètre de protection éloigné
- Courbes piézométriques exprimées en m NGF
- N° Cote NGF de l'eau

VILLE DE VIENNE

Etude hydrogéologique à ESTRABLIN
Captages de GEMENS (38)

Echelle : 1/10 000

**IMPLANTATION DES OUVRAGES
DE RECONNAISSANCE MECANIQUE
ET ESQUISSE PIEZOMETRIQUE**

C.P.G.F. 3898-02

Les essais de pompage réalisés sur cet ouvrage permettent d'appréhender une perméabilité des alluvions de l'ordre de 6.10^{-3} m/s.

C. EXPLOITATION DE LA RESSOURCE ET PERIMETRES DE PROTECTION

Les ressources de la station de pompage de Gémens sont actuellement les suivantes:

- Un puits, dont la position est donnée par le point 16 de la figure n°3898-02. Il n'est uniquement utilisé qu'en cas d'appoint.
- Deux ouvrages de captage gravitaire (point d'eau n°17) constituent la principale ressource. Ils fournissent un débit permanent de 300 l/s. En cas de sous-consommation, le trop-plein est déversé dans la Gère.

Les limites actuelles des périmètres de protection éloigné et rapproché sont représentés sur la figure 3898-02.

D. ENQUETE DE TERRAIN

L'esquisse piézométrique (figure 3898-02) de la zone étudiée a été réalisée à partir du levé de 22 points d'eau, avec mesure systématique de la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de la teneur en nitrates en mg/l , les 26 et 27 juin 1991. Elle a été complétée ultérieurement par la mesure du niveau statique sur les 6 piézomètres effectués par la Société Aquasondage en août 1991. Les résultats sont synthétisés dans le tableau de l'annexe 1.

Les cotes mesurées de la nappe varient entre 185 et 205 m NGF. Le gradient caractérisant l'ensemble de la zone a une valeur moyenne de $10^\circ/\infty$. Cependant, on remarque qu'il est légèrement plus fort à l'ouest, au niveau de Gémens, avec une valeur maximale de $20^\circ/\infty$.

Le réseau hydrographique de surface est constitué par la Vésonne et la Gère, dont l'orientation globale est est-ouest. On notera qu'au moment de l'enquête la Vésonne était sèche jusqu'au point coté 203, sous le lieu-dit "La Tabourette". Deux piézomètres ont été réalisés en aval (PZ5 et PZ6) à proximité de la Vésonne, pour apprécier le niveau de l'eau dans la nappe.

A partir de l'esquisse piézométrique, on remarque aisément l'effet drainant de ces deux rivières, bien marqué à l'est du secteur. Celui-ci est très peu visible à l'ouest. On peut également constater que la principale alimentation des captages gravitaires (point d'eau n°17) vient de la Gère, alors qu'il semblerait que le puits (point d'eau n°16) puisse être alimenté par les deux systèmes : Gère et Vésonne.

Les teneurs en nitrates mesurées in situ sont en majorité inférieures au niveau-guide de 25 mg/l , sauf sur les points 2, 6, 10, 13 et 3 où la valeur maximale

mesurée est de 30 mg/l, ce qui reste bien inférieur à la norme de potabilité (50 mg/l). On remarque par ailleurs que les points dépassant le niveau-guide ne sont pas particulièrement regroupés dans un secteur déterminé de la nappe et ne trahissent pas une zone de pollution précise au sein de celle-ci.

La résistivité moyenne de ces eaux est de 1.860 Ω .cm, indiquant ainsi une eau relativement minéralisée.

-oOo-

IV - RESULTATS DE LA PROSPECTION ELECTRIQUE

A. PRINCIPE

La méthode de prospection géoélectrique s'appuie sur la propriété des terrains à conduire le courant électrique selon leur nature. Ainsi, les horizons argileux se traduiront par de faibles résistivités, alors que les formations graveleuses présenteront des résistivités élevées.

De plus, la résistivité de l'eau influe également sur la résistivité des formations aquifères.

B. ETALONNAGE

Dans un premier temps, le forage de reconnaissance précédant l'implantation du puits de la zone de captage de Gémens, a été utilisé comme étalonnage de la prospection réalisée pour cette étude.

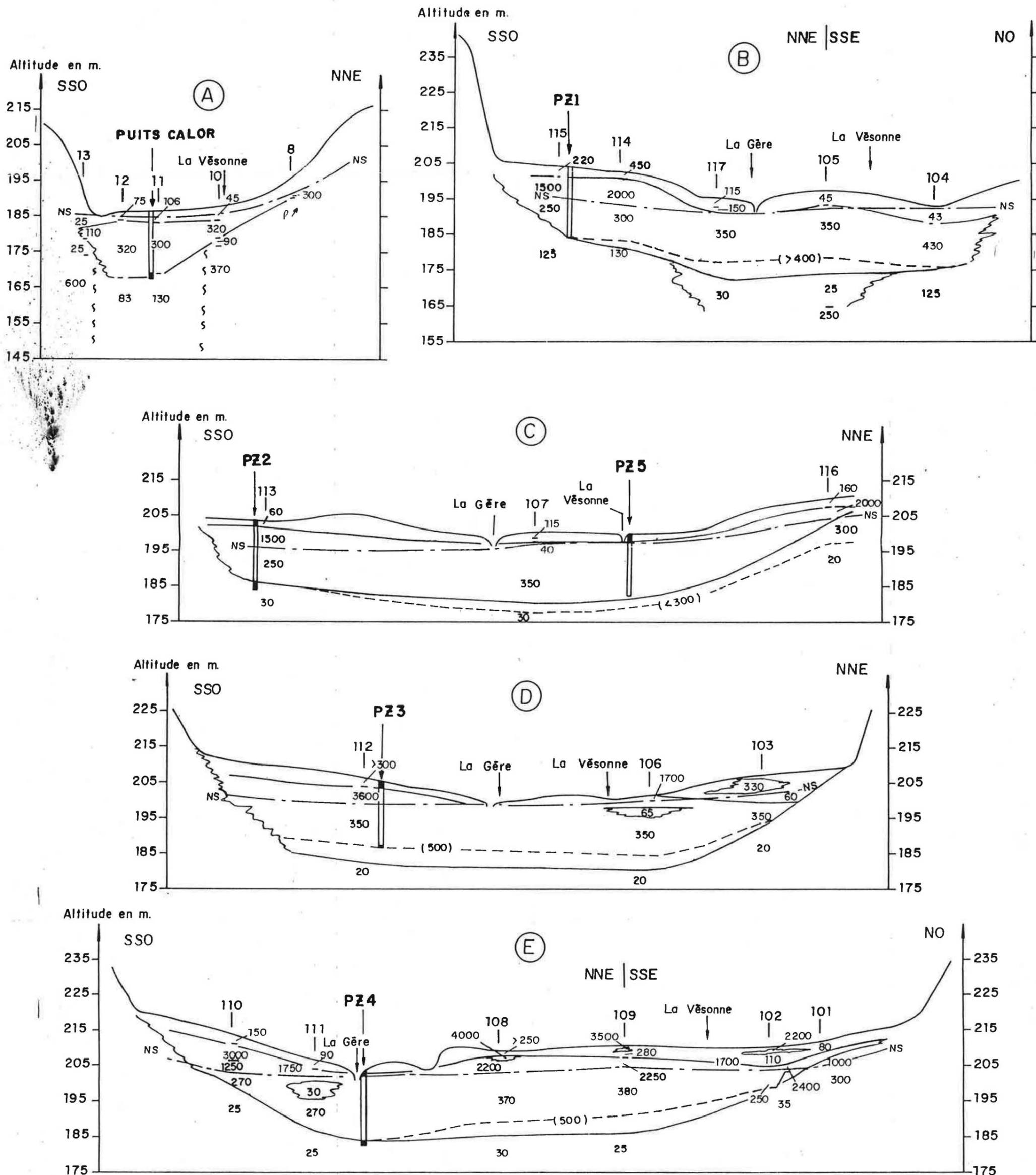
Le sondage électrique n°11, réalisé à proximité du forage, par l'entreprise "L'Eau" en 1966, conduit aux relations terrain-résistivité suivantes :

	Nature des terrains	Résistivités
0 - 2,70 m	Couverture argilo-sableuse	105 Ω .m
2,70 - 18,00 m	Alluvions sablo-graveleuses saturées	300 Ω .m
> 18,00 m	Substratum : sable molassique	130 Ω .m

Etude hydrogéologique à ESTRABLIN

Captages de GEMENS (38)

COUPES D'INTERPRETATION DES SONDAGES ELECTRIQUES



Echelles H. 1/10 000 et V. 1/1 000
 Les résistivités sont exprimées en Ωm

Cet étalonnage a été complété par les coupes géologiques (annexe 2) des piézomètres effectués par la Société Aquasondage en août 1991, permettant ainsi de caractériser les formations non saturées.

On retiendra les éléments fournis par le piézomètre n°2, réalisé à proximité du sondage électrique n°113.

Les relations terrain-résistivité sont les suivantes :

Nature des terrains		Résistivités
0	- 2,00 m	Couverture argilo-sableuse 150 Ω .m
2,00	- 8,40 m	Alluvions non saturées (graviers, galets) 2.200 Ω .m
8,40	- 18,20 m	Alluvions saturées (graviers, galets)- 300 Ω .m
18,20	- 20,00 m	Substratum sablo-argileux 30 Ω .m

Compte-tenu de la résistivité de l'eau ($\rho = 1.860 \Omega$.cm), le facteur de formation des alluvions sous nappe est de 16.

$$F = \rho \text{ alluvions saturées} / \rho \text{ H}_2\text{O} = 300 / 18,6$$

Ceci indique normalement un aquifère de bonnes caractéristiques.

En effet, le facteur de formation traduit dans une certaine mesure la qualité d'un aquifère :

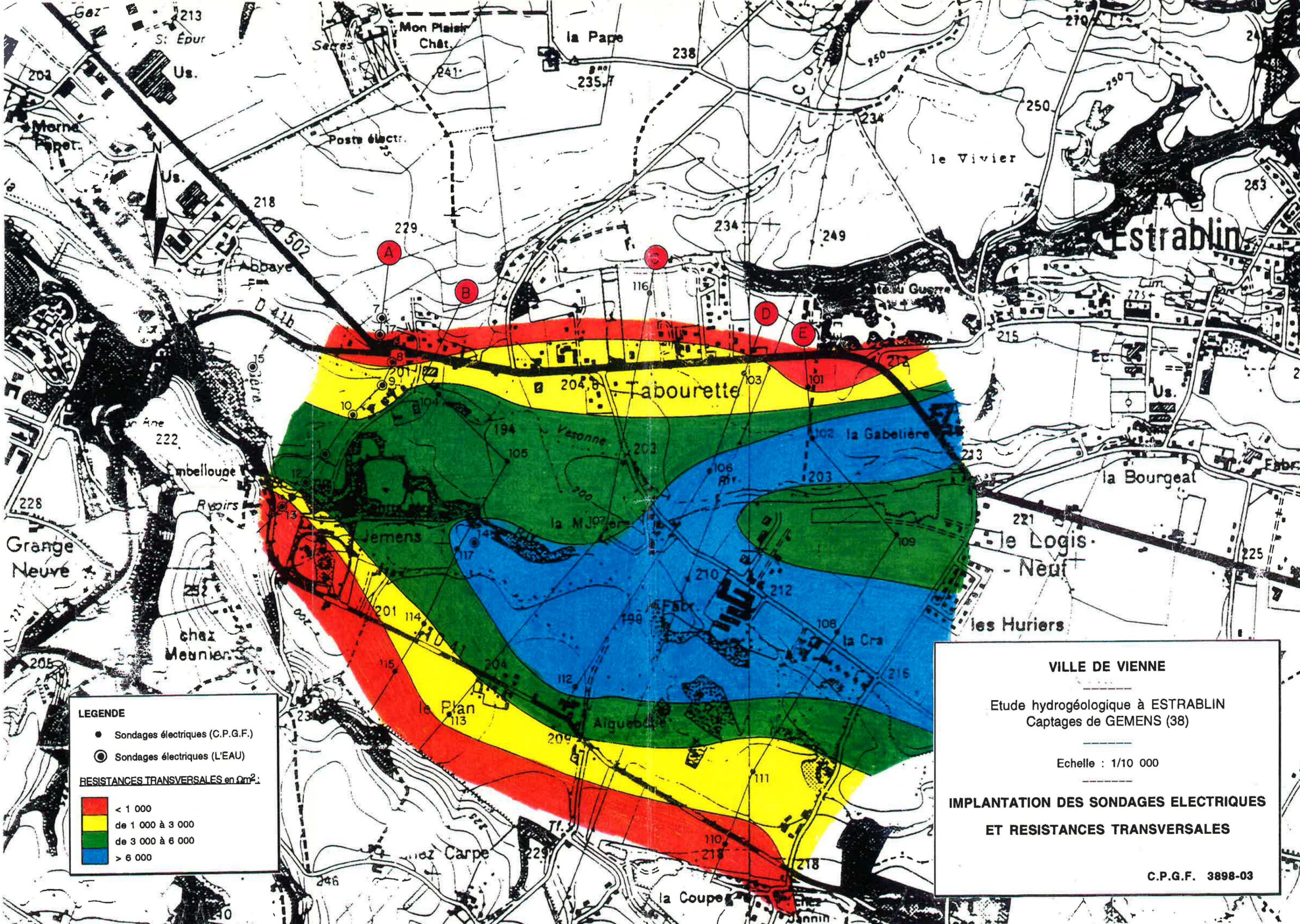
- 0 < F < 10 : mauvais à médiocre
- 10 < F < 15 : moyen
- 15 < F < 20 : bon
- 20 < F < 25 : très bon
- F > 25 : formation indurée

C. DESCRIPTION DES PROFILS

L'implantation des mesures a été reportée sur la figure 3898-03. Quatre profils transversaux nord/nord-est / sud/sud-ouest ont été réalisés et font l'objet de la figure 3898-04.

D'une manière générale, on observe une couverture épaisse de 2 à 5 m, le maximum étant observé sur les sondages n°102 et 103. Cette couverture semble de nature argilo-sableuse (résistivité 45 - 300 Ω .m) et peut présenter des intercalations sableuses hors-nappe (résistivité 330-400 Ω .m), remarquées au droit des sondages n°102, 103, 109 et 114. Celles-ci peuvent être fortement résistantes, notamment sur les sondages n°102 et 109, où les résistivités sont respectivement de 2.200 et 3.500 Ω .m.

Localement, la couverture peut être intégralement sableuse (résistivité de 250-300 Ω .m) ; ceci est constaté au droit des sondages n°112, 108, 114 et 115.



LEGENDE

- Sondages électriques (C.P.G.F.)
- ⊙ Sondages électriques (L'EAU)

RESISTANCES TRANSVERSALES en Ohm²:

	< 1 000
	de 1 000 à 3 000
	de 3 000 à 6 000
	> 6 000

VILLE DE VIENNE

Etude hydrogéologique à ESTRABLIN
Captages de GEMENS (38)

Echelle : 1/10 000

**IMPLANTATION DES SONDAGES ELECTRIQUES
ET RESISTANCES TRANSVERSALES**

C.P.G.F. 3898-03

Les alluvions non saturées dont l'épaisseur varie de 1 à 9 m, sont caractérisées par une résistivité variant de 1.250 à 2.200 $\Omega.m$. Elles peuvent intégrer des lentilles très résistantes ($\rho = 3.500 \Omega.m$), notamment au droit du sondage électrique n°110. Elles sont inexistantes sur le profil A, ainsi que localement au niveau des sondages N°117, 105, 104, 107 et 103.

Les alluvions saturées ont une résistivité homogène de 270 - 350 $\Omega.m$. Au coeur de la vallée, leur épaisseur peut atteindre 23 m.

La cote du substratum s'établit, au coeur de la vallée, vers la cote 175-180 m NGF, au droit des profils C, D et E. Elle plonge ensuite progressivement à partir du profil B pour atteindre la cote 168 m NGF au niveau du profil A, en extrémité ouest du secteur.

D. SYNTHÈSE DES RESULTATS - CARTE DES RESISTANCES TRANSVERSALES

Afin de dégager les secteurs présentant les potentialités les plus intéressantes, on a choisi de présenter les résultats de la prospection électrique sous la forme de carte de résistances transversales (produit de l'épaisseur e par la résistivité ρ des horizons résistants saturés).

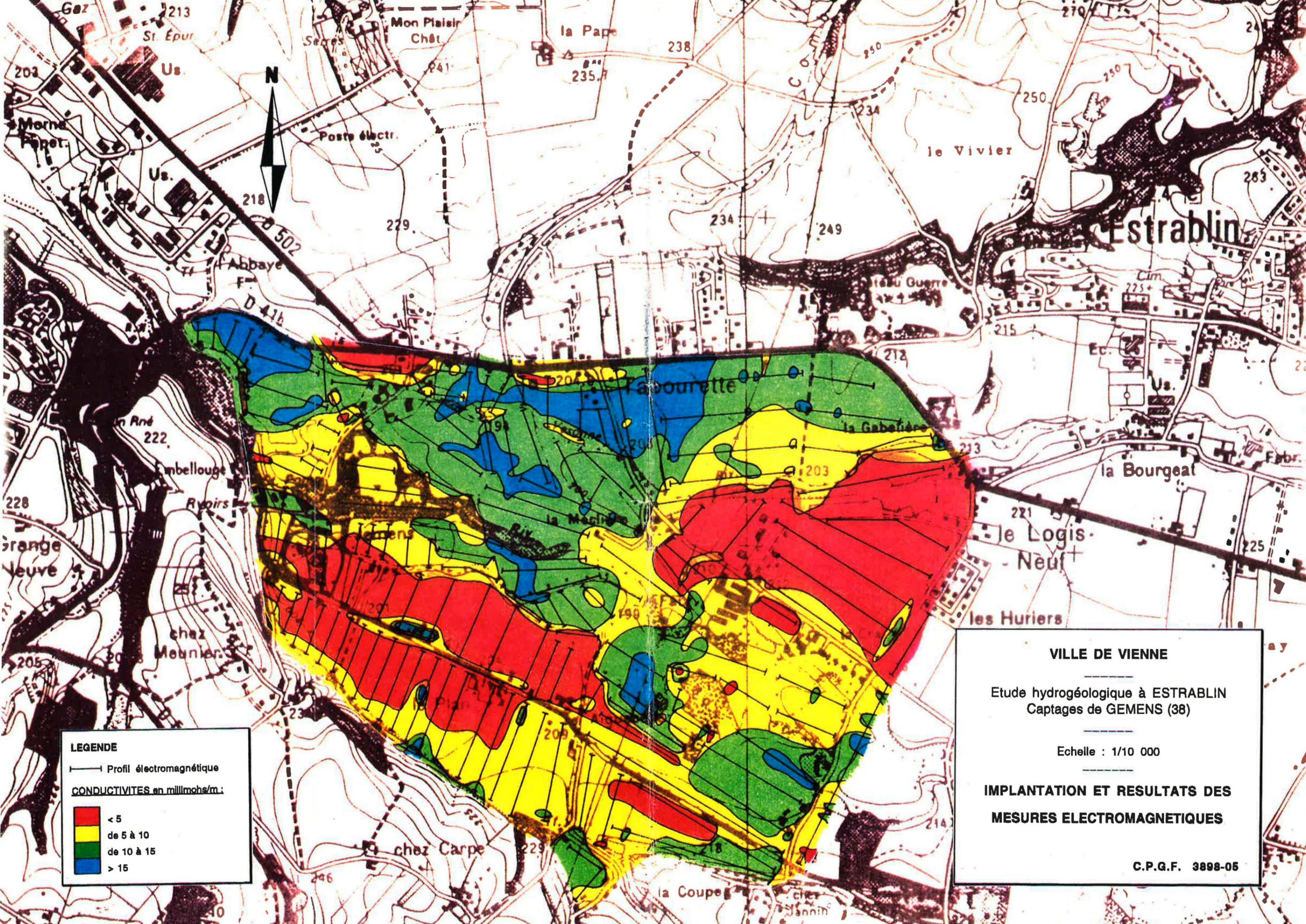
La figure 3898-03, qui présente l'implantation des mesures, illustre également leurs résultats. On a distingué quatre plages de valeurs, mettant en évidence la répartition qualitative des zones reconnues :

$e\rho < 1.000 \Omega.m^2$	Les formations sont soit inexistantes, soit très peu conséquentes
$1.000 < e\rho < 3.000 \Omega.m^2$	Formations peu perméables et/ou peu épaisses
$3.000 < e\rho < 6.000 \Omega.m^2$	Formations perméables, où les horizons graveleux se développent de façon conséquente
$e\rho > 6.000 \Omega.m^2$	Formations très perméables et épaisses

On remarque que les zones très peu favorables constituent les bordures nord et sud de la vallée (substratum haut). Dans ce cas, les formations aquifères peuvent être inexistantes ($e\rho = 0$), particulièrement sur les bordures ouest, ainsi que dans l'angle est de la zone d'étude.

Les secteurs plus favorables couvrent l'ensemble de la vallée, avec une zone centrale préférentielle, définie par les sondages électriques n°117, 105, 106, 112, 102 109 et 108.

On remarquera que l'axe drainant de la Gère mis en évidence par la piézométrie apparaît bien marqué au droit du sondage électrique n°117; Il est beaucoup moins visible au niveau de la Vésonne.



LEGENDE

— Profil électromagnétique

CONDUCTIVITES en millimhos/m:

	< 5
	de 5 à 10
	de 10 à 15
	> 15

VILLE DE VIENNE

Etude hydrogéologique à ESTRABLIN
Captages de GEMENS (38)

Echelle : 1/10 000

**IMPLANTATION ET RESULTATS DES
MESURES ELECTROMAGNETIQUES**

C.P.G.F. 3898-05

V - RESULTATS DE LA PROSPECTION ELECTROMAGNETIQUE

A. PRINCIPES

Les principes de la méthode électromagnétique sont cités en annexe 3 du rapport.

Rappelons seulement que cette méthode intéresse une tranche de terrain de 3 à 4 m d'épaisseur et permet de localiser en plus toute hétérogénéité de nature et/ou d'épaisseur au sein de la couverture.

B. RESULTATS

4.000 points de mesure ont été réalisés sur la zone d'étude :

- A la maille 50 * 10 m, sur la zone des périmètres de protection
- A la maille 100 * 10 m, sur le reste de la zone d'étude.

On a distingué quatre grandes plages de valeurs :

< 5 millimhos/m	Couverture quasi inexistante et/ou fortement sableuse
5 à 10 millimhos/m	Couverture sablo-argileuse et/ou d'épaisseur moyenne (1 - 1,5 m)
10 à 15 millimhos/m	Couverture argilo-sableuse et d'épaisseur comprise entre 2 et 3 m
> 15 millimhos/m	Couverture argileuse d'épaisseur conséquente

On constate alors l'existence de deux zones de très faible protection naturelle, à l'ouest du lieu-dit "Le Logis Neuf" et de part et d'autre de la Départementale 41 de Gémens à Aiguebelle. Cette zone vulnérable représente 30 à 40 % du secteur d'étude.

Les zones de meilleure qualité se localisent essentiellement au nord du secteur ; quelques plages sont disséminées au sud et au sud-est.

Il apparaît donc que le secteur du Plan, qui appartient à la zone d'alimentation des captages gravitaires, se situe sur une plage de protection médiocre. Il serait donc souhaitable d'envisager une extension du périmètre de protection éloigné, de façon à bien englober la zone du Plan.

VI - RESULTATS DE LA PROSPECTION MECANIQUE

Six piézomètres ont été réalisés par l'entreprise Aquasondage en août 1991, afin d'affiner les résultats de la reconnaissance géophysique et de compléter la piézométrie.

L'implantation de ces ouvrages est donnée en figure n°3898-02. Les PZ1 et PZ2 devaient permettre de préciser la piézométrie et l'épaisseur des alluvions saturées, au lieu-dit "Le Plan".

Par manque d'information au droit de la Vésonne, dû à son assèchement partiel, les PZ5 et PZ6 ont été implantés. Ils avaient pour but d'approcher exactement la piézométrie.

Les relations entre la nappe et la Gère devaient être confirmées par la troisième série de piézomètres PZ3 et PZ4.

Ces forages à l'odex sont équipés d'un tubage crépiné à la base :

- en acier 114 mm pour les PZ1, PZ3 et PZ5
- en PVC 50 mm pour les PZ2, PZ4 et PZ6

Les ouvrages en acier sont destinés à l'installation éventuelle d'un réseau de contrôle de la nappe (limnigraphe, pompage pour analyse qualité, ...).

Les coupes géologiques relevées sont les suivantes (annexe 2) :

PZ1

0	-	0,40 m	Terre végétale + sables
0,40	-	2,00 m	Sables fins
2,00	-	20,00 m	Graviers et galets

Substratum non atteint

NS = 8,14 m par rapport au sol

PZ2

0	-	1,50 m	Argile jaune
1,50	-	2,00 m	Argile à galets
2,00	-	18,20 m	Graviers et galets
18,20	-	20,00 m	Sables fins (Substratum molassique ?)

NS = 8,37 m par rapport au sol

PZ3

0	-	2,10 m	Sables
2,10	-	18,00 m	Graviers et galets

Substratum non atteint

NS = 6,87 m par rapport au sol

PZ4

0	-	0,60 m	Argile avec galets
0,60	-	2,10 m	Sables fins
2,10	-	3,10 m	Sables avec galets
3,10	-	20,20 m	Graviers, galets
20,20	-	21,30 m	Sables et argiles (Substratum molassique)

NS = 2,83 m par rapport au sol

PZ 5

0	-	1,60 m	Sables fins
1,60	-	2,40 m	Argiles avec graviers
2,40	-	18,00 m	Graviers et galets

Substratum non atteint

NS = 2,59 m par rapport au sol

On notera que le tube acier cassé obstrue le trou à 7,50 m.

PZ6

0	-	2,20 m	Sables
2,20	-	6,00 m	Graviers fins
6,00	-	20,00 m	Graviers et galets

Substratum non atteint

NS = 3,14 m par rapport au sol.

La piézométrie établie à partir de ces six forages confirme les deux axes drainants mis en évidence lors de l'enquête de terrain. De plus, le gradient caractérisant la zone du Plan est donné avec précision à partir des piézomètres PZ1 et PZ2. Il est de 12,4 ‰, soit légèrement supérieur à la moyenne du secteur (10 ‰).

VII - CONCLUSION GENERALE

L'étude hydrogéologique réalisée sur la commune d'Estrablin, dans le but de préciser le degré de vulnérabilité de la nappe alimentant les captages de Gémens, a permis de mettre en évidence les points suivants :

- L'aquifère est limité au nord et au sud par les versants. Sa largeur, minimale à l'ouest et maximale à l'est, varie de 400 m à 2,2 km.

Au coeur de la vallée, la nappe a une épaisseur maximale de 15 m à l'ouest et de 23 m à l'est. Le gradient général de l'aquifère est de l'ordre de 10 ‰, et il augmente sensiblement à l'est dans la zone de rétrécissement de l'aquifère.

- Deux axes de circulation préférentielle, orientés grossièrement est-ouest, ont été mis en évidence à partir de l'esquisse piézométrique. Les axes correspondent aux écoulements superficiels de la Gère (au sud) et de la Vésone au nord. Leur influence par rapport aux captages existants est différente. Alors que le puits de captage (point d'eau n°16) semble être alimenté par les deux systèmes, la principale alimentation du captage gravitaire proviendrait du système correspondant à la vallée de la Gère.

Sur cet axe d'alimentation sud, la prospection électromagnétique met en évidence une zone de protection naturelle médiocre au droit du lieu-dit "Le Plan". De plus, les sondages de reconnaissance (PZ1 et PZ2) ont montré la présence d'une épaisseur importante (> 10 m) de graves aquifères dans ce secteur. Une extension du périmètre de protection éloigné devait donc être envisagée dans ce secteur.

F. LENCLUD
Ingénieur hydrogéologue

A. FRANCAIS
Géologue

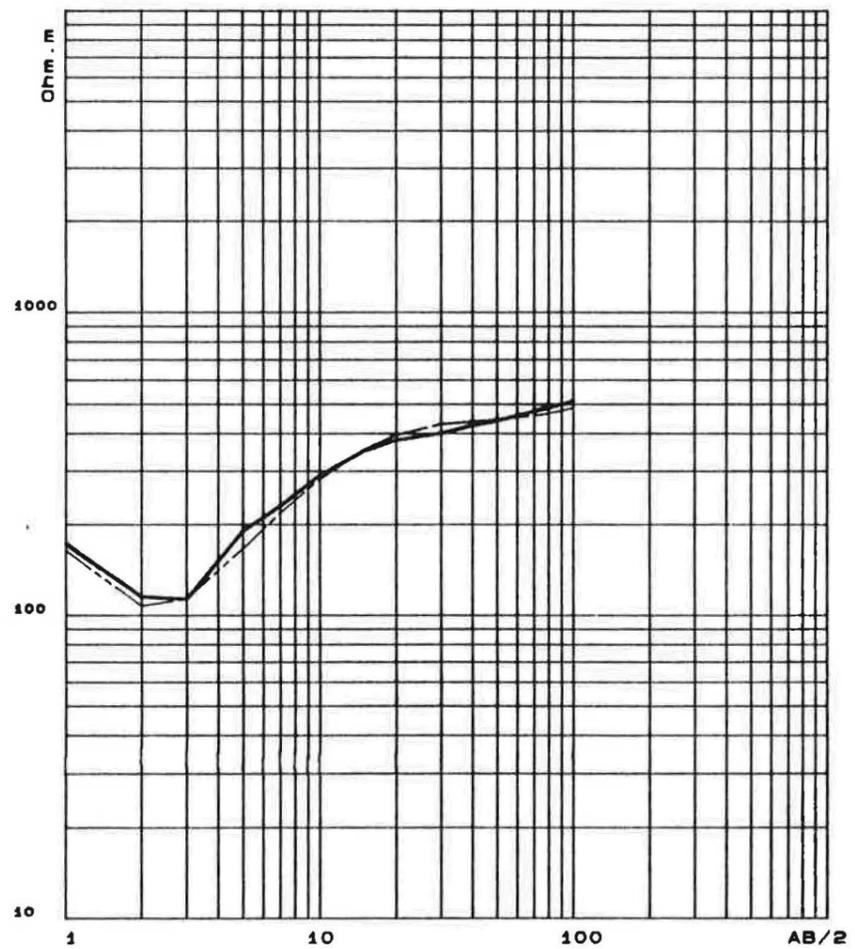
SONDAGE ELECTRIQUE 8

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	21	0.00000
2	17	0.00000
3	10	0.00000
4	10	0.00000
5	10	0.00000
6	10	0.00000
7	10	0.00000
8	10	0.00000
9	10	0.00000
10	10	0.00000

Terrain

Calcul



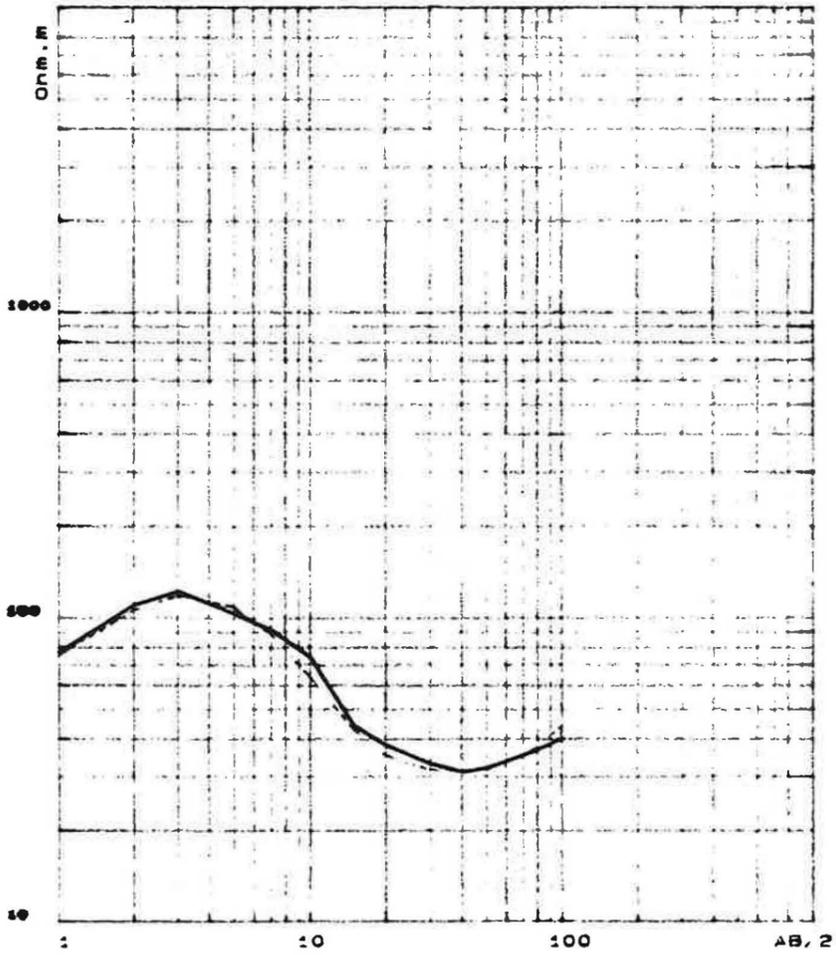
SONDAGE ELECTRIQUE 9

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	1000	0-10
2	100	10-20
3	10	20-30
4	1	30-40
5	0.1	40-50
6	0.01	50-60
7	0.001	60-70
8	0.0001	70-80
9	0.00001	80-90
10	0.000001	90-100

Terrain

Calcul



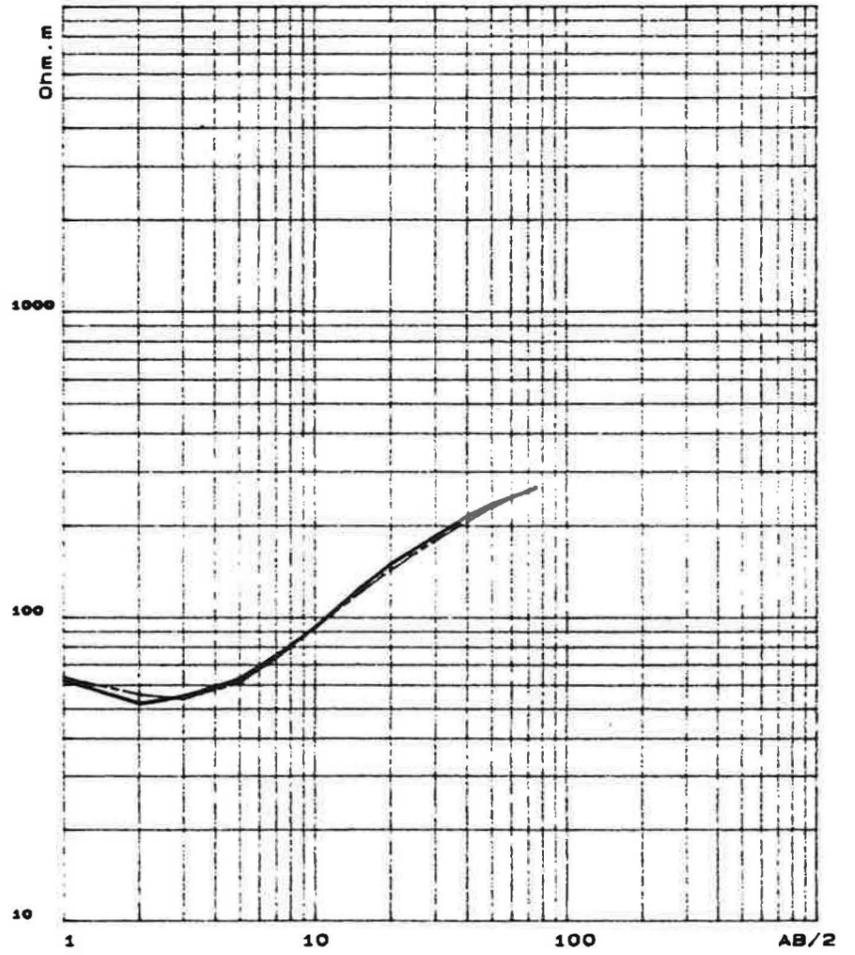
SONDAGE ELECTRIQUE 10

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	1000	0-10
2	100	10-20
3	10	20-30
4	1	30-40
5	0.1	40-50
6	0.01	50-60
7	0.001	60-70
8	0.0001	70-80
9	0.00001	80-90
10	0.000001	90-100

Terrain

Calcul



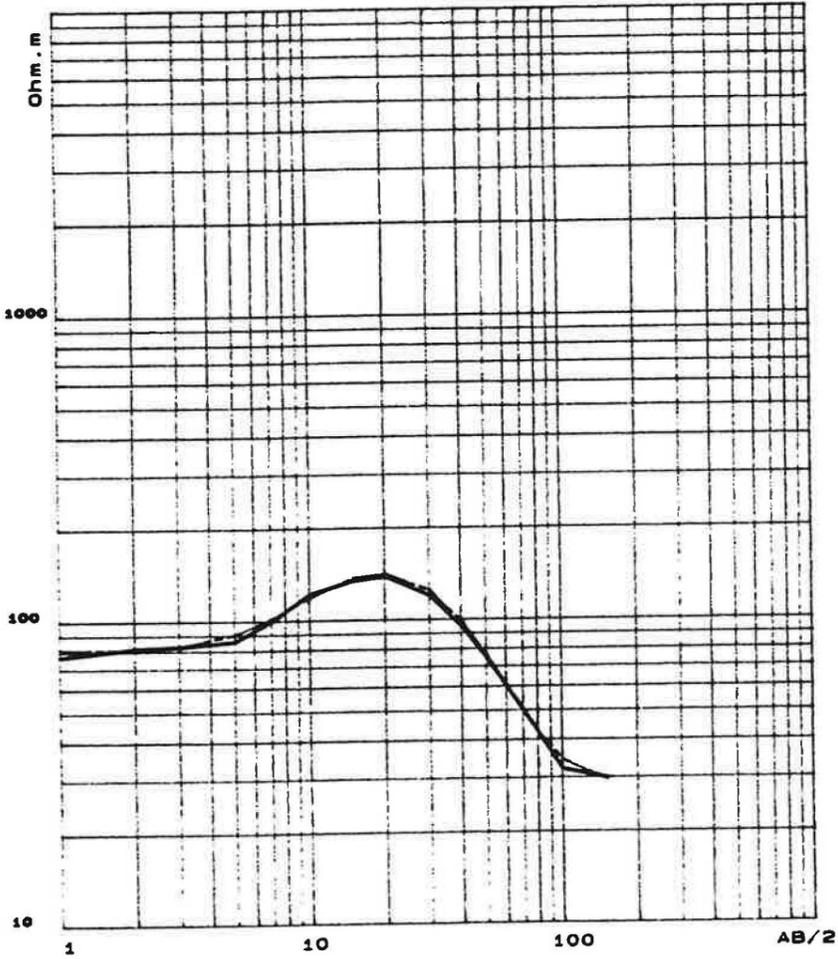
SONDAGE ELECTRIQUE 101

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	1000	5.1 m
2	700	7.5 m

Terrain

Calcul



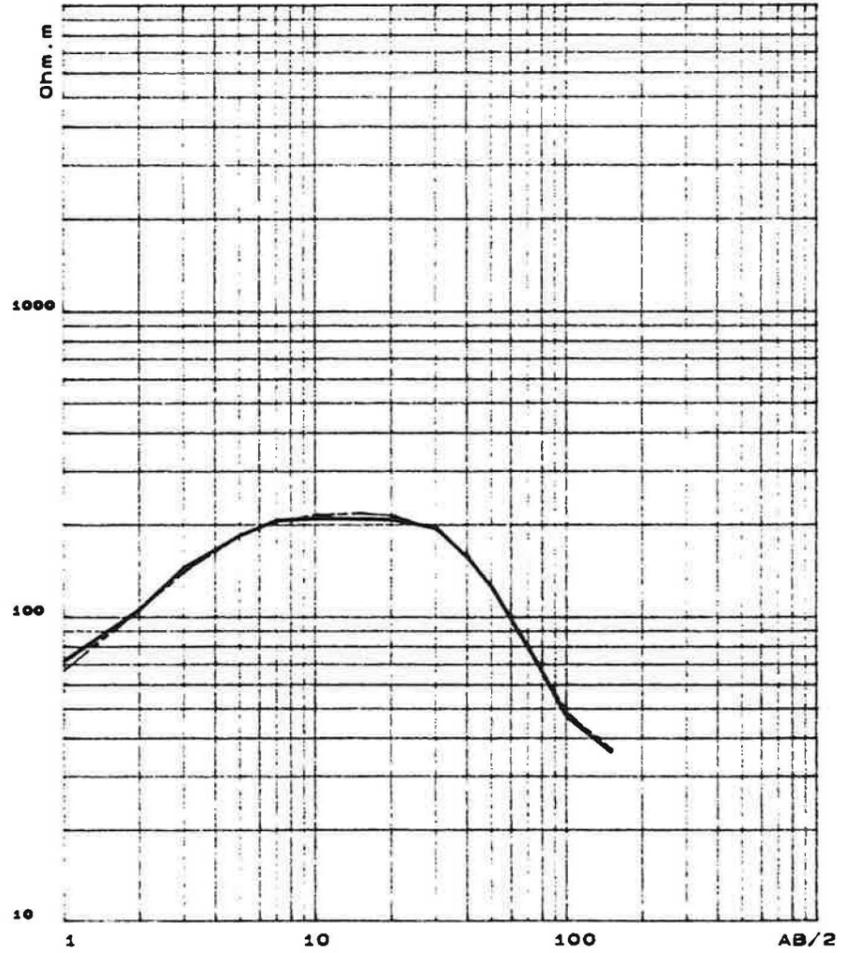
SONDAGE ELECTRIQUE 102

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	1000	11.0 m
2	700	11.0 m
3	400	11.0 m
4	300	11.0 m

Terrain

Calcul



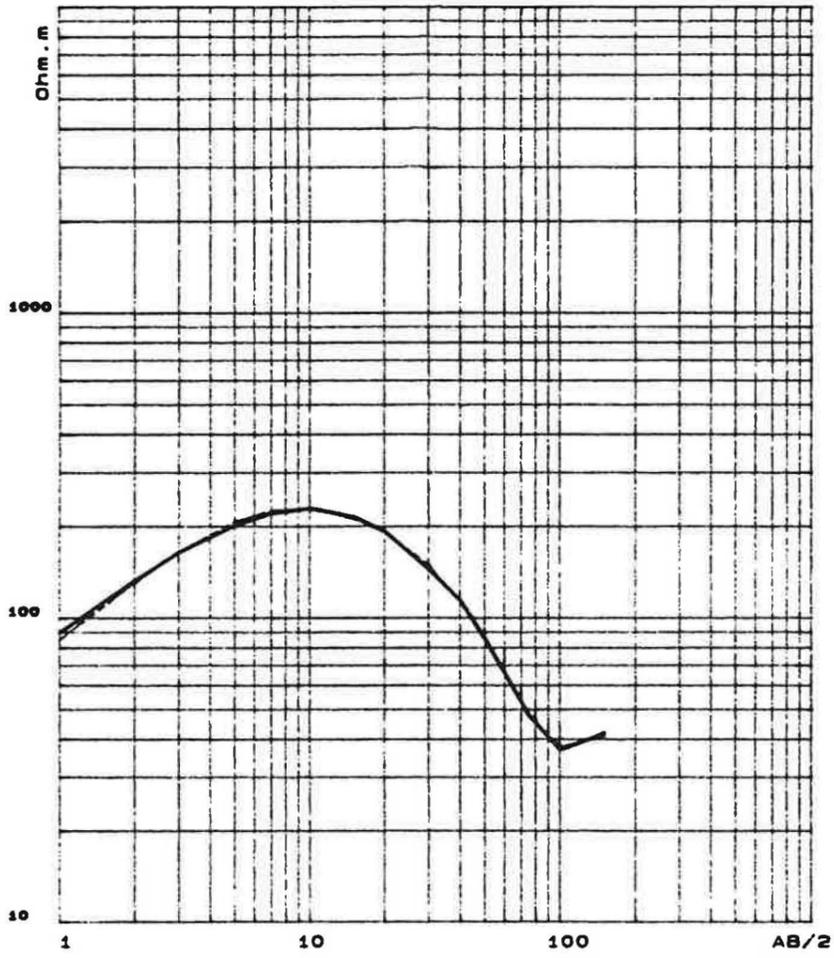
SONDAGE ELECTRIQUE 103

Chantier 3999

Couche	Resistivite	Profondeur
1	30000	0-10
2	10000	10-20
3	20000	20-30
4	10000	30-40
5	10000	40-50
6	10000	50-60
7	10000	60-70
8	10000	70-80
9	10000	80-90
10	10000	90-100

Terrain

Calcul



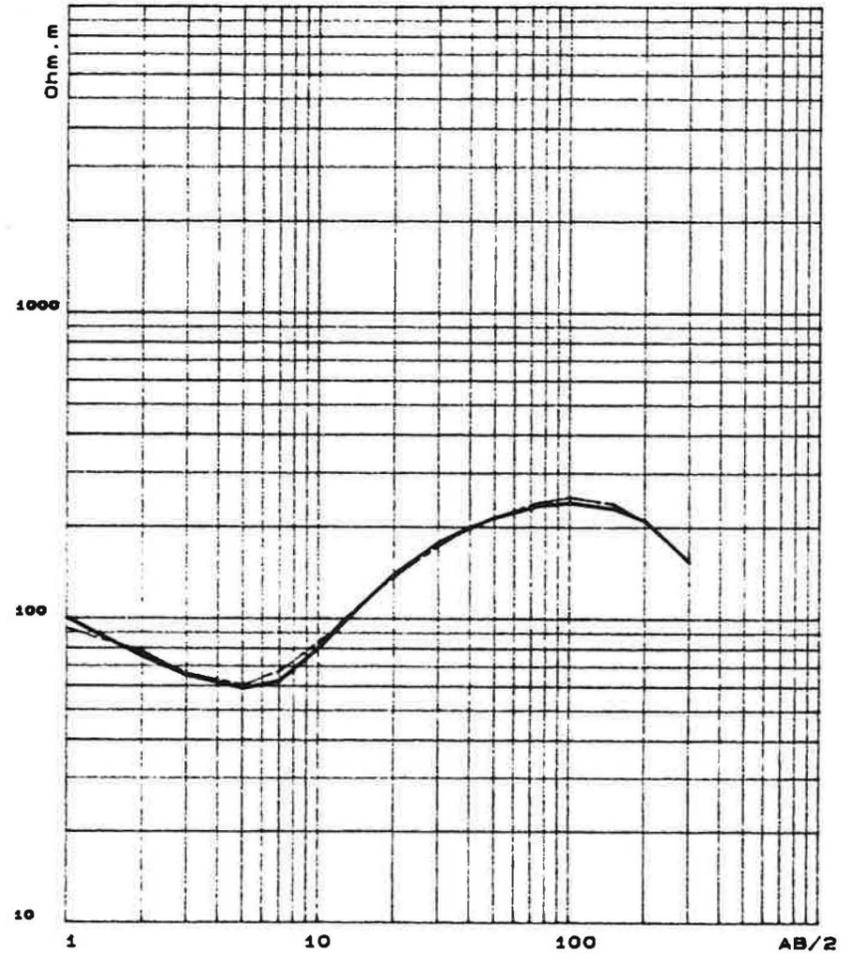
SONDAGE ELECTRIQUE 104

Chantier 3999

Couche	Resistivite	Profondeur
1	30000	0-10
2	10000	10-20
3	20000	20-30
4	10000	30-40
5	10000	40-50
6	10000	50-60
7	10000	60-70
8	10000	70-80
9	10000	80-90
10	10000	90-100

Terrain

Calcul



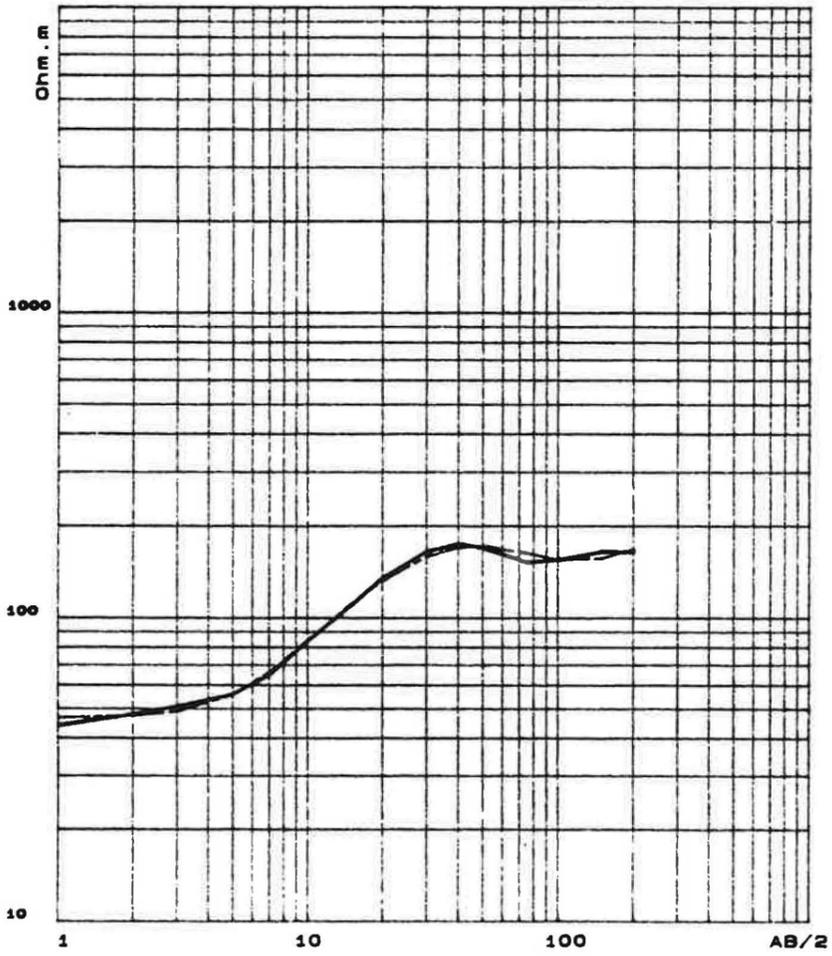
SONDAGE ELECTRIQUE 105

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
4000	10000	0-10
1000	10000	10-20
1000	10000	20-30
1000	10000	30-40
1000	10000	40-50
1000	10000	50-60
1000	10000	60-70
1000	10000	70-80
1000	10000	80-90
1000	10000	90-100

Terrain

Calcul



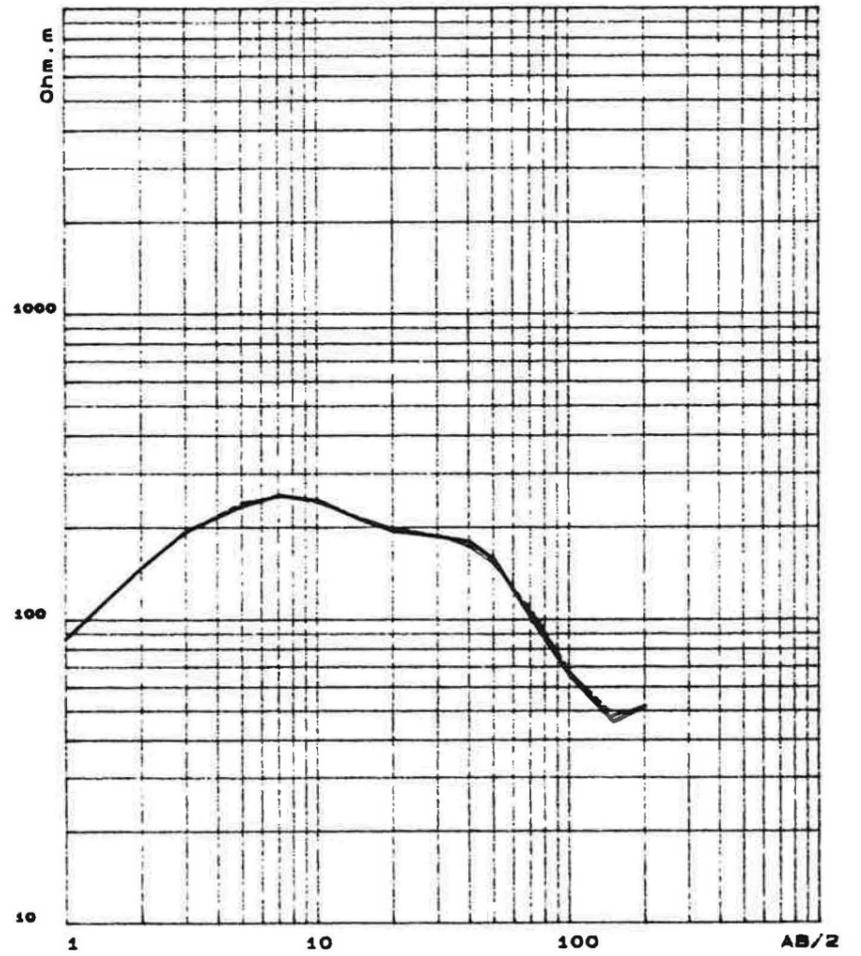
SONDAGE ELECTRIQUE 106

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
4000	10000	0-10
1000	10000	10-20
1000	10000	20-30
1000	10000	30-40
1000	10000	40-50
1000	10000	50-60
1000	10000	60-70
1000	10000	70-80
1000	10000	80-90
1000	10000	90-100

Terrain

Calcul



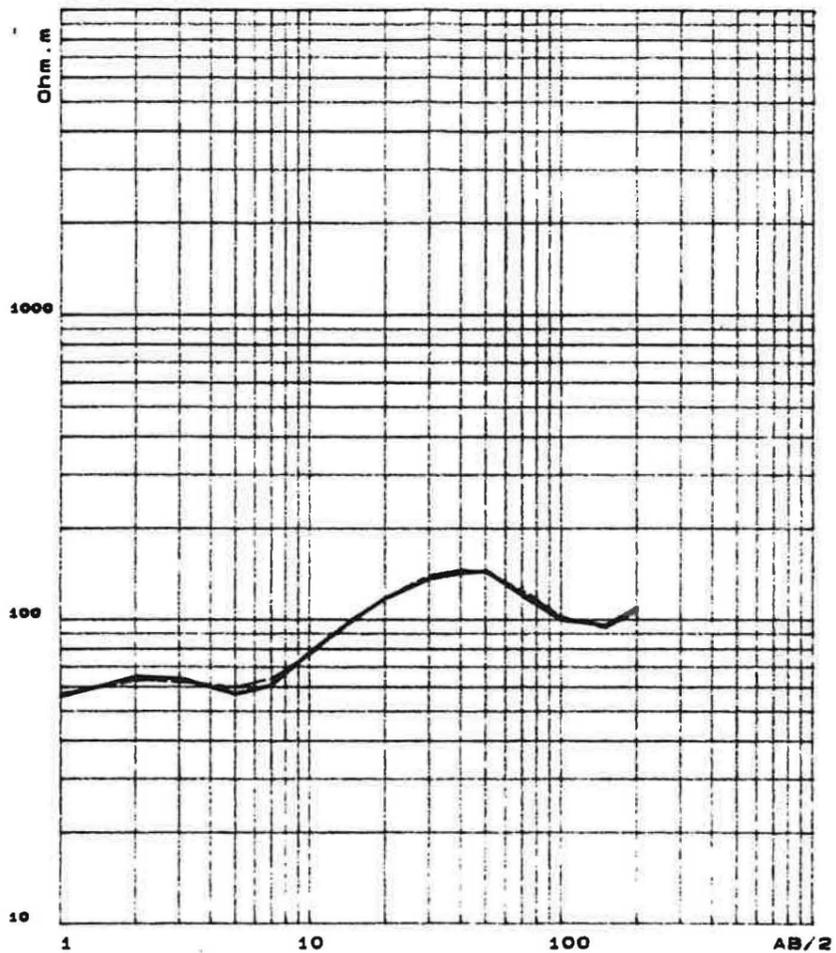
SONDAGE ELECTRIQUE 107

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	10000	0-1
2	10000	1-2
3	10000	2-3
4	10000	3-4
5	10000	4-5
6	10000	5-6
7	10000	6-7
8	10000	7-8
9	10000	8-9
10	10000	9-10
11	10000	10-11
12	10000	11-12
13	10000	12-13
14	10000	13-14
15	10000	14-15
16	10000	15-16
17	10000	16-17
18	10000	17-18
19	10000	18-19
20	10000	19-20
21	10000	20-21
22	10000	21-22
23	10000	22-23
24	10000	23-24
25	10000	24-25
26	10000	25-26
27	10000	26-27
28	10000	27-28
29	10000	28-29
30	10000	29-30
31	10000	30-31
32	10000	31-32
33	10000	32-33
34	10000	33-34
35	10000	34-35
36	10000	35-36
37	10000	36-37
38	10000	37-38
39	10000	38-39
40	10000	39-40
41	10000	40-41
42	10000	41-42
43	10000	42-43
44	10000	43-44
45	10000	44-45
46	10000	45-46
47	10000	46-47
48	10000	47-48
49	10000	48-49
50	10000	49-50
51	10000	50-51
52	10000	51-52
53	10000	52-53
54	10000	53-54
55	10000	54-55
56	10000	55-56
57	10000	56-57
58	10000	57-58
59	10000	58-59
60	10000	59-60
61	10000	60-61
62	10000	61-62
63	10000	62-63
64	10000	63-64
65	10000	64-65
66	10000	65-66
67	10000	66-67
68	10000	67-68
69	10000	68-69
70	10000	69-70
71	10000	70-71
72	10000	71-72
73	10000	72-73
74	10000	73-74
75	10000	74-75
76	10000	75-76
77	10000	76-77
78	10000	77-78
79	10000	78-79
80	10000	79-80
81	10000	80-81
82	10000	81-82
83	10000	82-83
84	10000	83-84
85	10000	84-85
86	10000	85-86
87	10000	86-87
88	10000	87-88
89	10000	88-89
90	10000	89-90
91	10000	90-91
92	10000	91-92
93	10000	92-93
94	10000	93-94
95	10000	94-95
96	10000	95-96
97	10000	96-97
98	10000	97-98
99	10000	98-99
100	10000	99-100

Terrain

Calcul



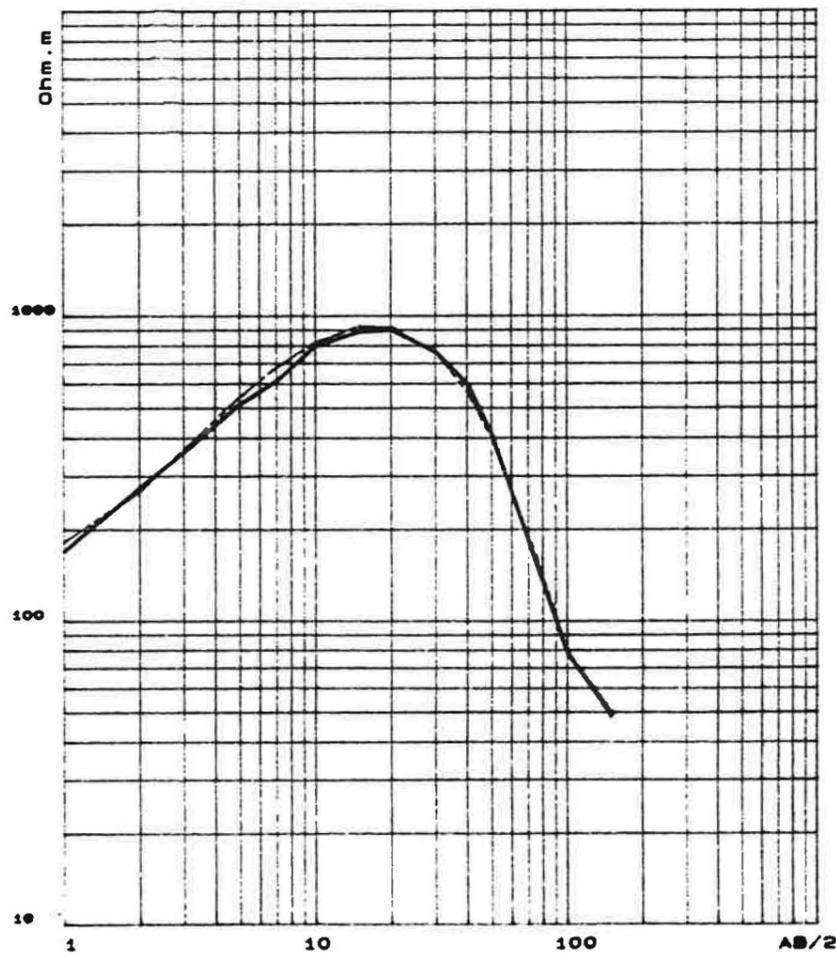
SONDAGE ELECTRIQUE 108

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	10000	0-1
2	10000	1-2
3	10000	2-3
4	10000	3-4
5	10000	4-5
6	10000	5-6
7	10000	6-7
8	10000	7-8
9	10000	8-9
10	10000	9-10
11	10000	10-11
12	10000	11-12
13	10000	12-13
14	10000	13-14
15	10000	14-15
16	10000	15-16
17	10000	16-17
18	10000	17-18
19	10000	18-19
20	10000	19-20
21	10000	20-21
22	10000	21-22
23	10000	22-23
24	10000	23-24
25	10000	24-25
26	10000	25-26
27	10000	26-27
28	10000	27-28
29	10000	28-29
30	10000	29-30
31	10000	30-31
32	10000	31-32
33	10000	32-33
34	10000	33-34
35	10000	34-35
36	10000	35-36
37	10000	36-37
38	10000	37-38
39	10000	38-39
40	10000	39-40
41	10000	40-41
42	10000	41-42
43	10000	42-43
44	10000	43-44
45	10000	44-45
46	10000	45-46
47	10000	46-47
48	10000	47-48
49	10000	48-49
50	10000	49-50
51	10000	50-51
52	10000	51-52
53	10000	52-53
54	10000	53-54
55	10000	54-55
56	10000	55-56
57	10000	56-57
58	10000	57-58
59	10000	58-59
60	10000	59-60
61	10000	60-61
62	10000	61-62
63	10000	62-63
64	10000	63-64
65	10000	64-65
66	10000	65-66
67	10000	66-67
68	10000	67-68
69	10000	68-69
70	10000	69-70
71	10000	70-71
72	10000	71-72
73	10000	72-73
74	10000	73-74
75	10000	74-75
76	10000	75-76
77	10000	76-77
78	10000	77-78
79	10000	78-79
80	10000	79-80
81	10000	80-81
82	10000	81-82
83	10000	82-83
84	10000	83-84
85	10000	84-85
86	10000	85-86
87	10000	86-87
88	10000	87-88
89	10000	88-89
90	10000	89-90
91	10000	90-91
92	10000	91-92
93	10000	92-93
94	10000	93-94
95	10000	94-95
96	10000	95-96
97	10000	96-97
98	10000	97-98
99	10000	98-99
100	10000	99-100

Terrain

Calcul



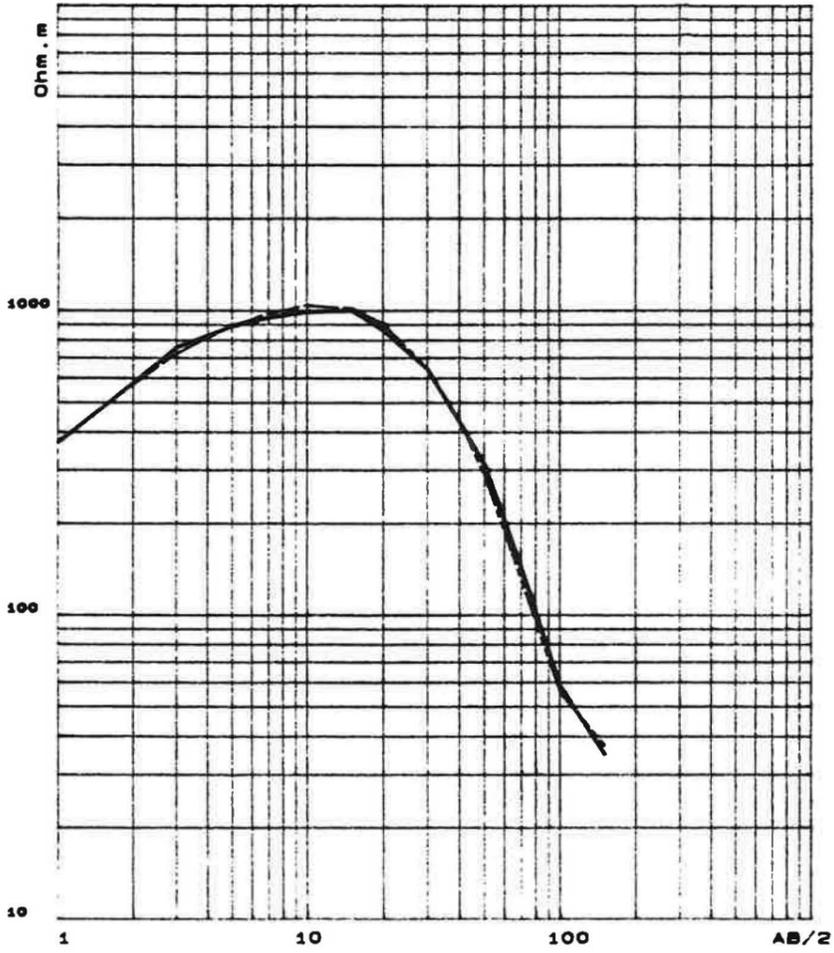
SONDAGE ELECTRIQUE 109

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	1000000	0-10
2	100000	10-20
3	10000	20-30
4	1000	30-40
5	100	40-50
6	10	50-60
7	1	60-70
8	0.1	70-80
9	0.01	80-90
10	0.001	90-100

Terrain

Calcul



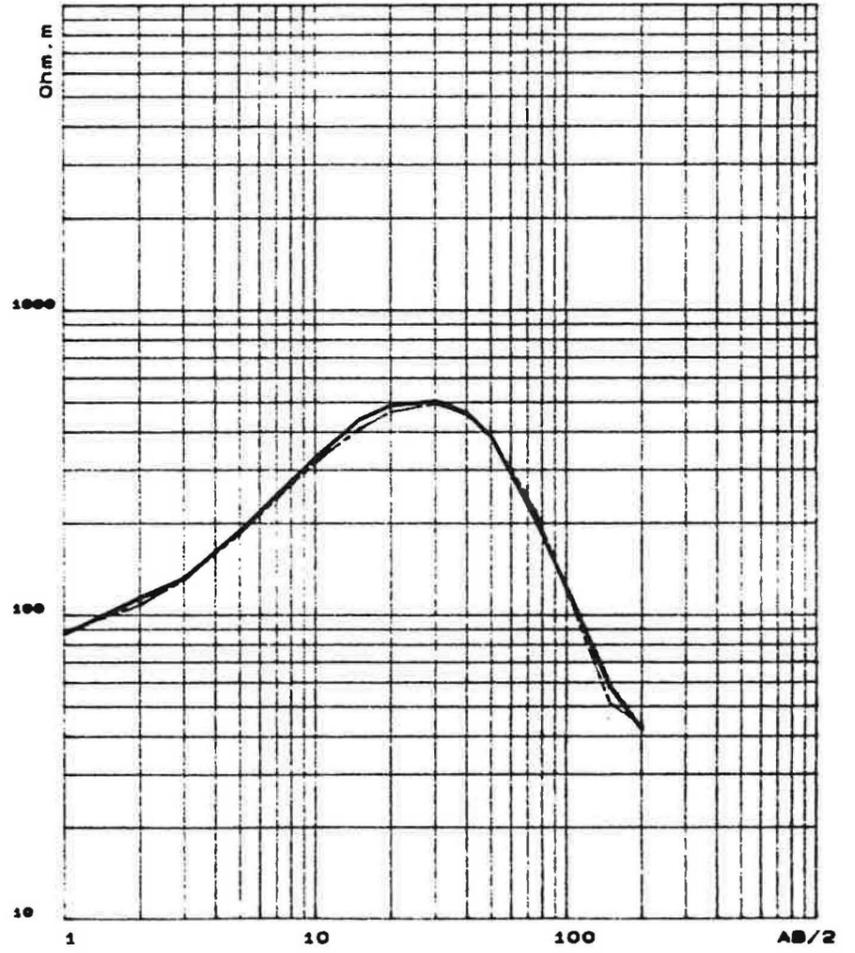
SONDAGE ELECTRIQUE 110

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	1000000	0-10
2	100000	10-20
3	10000	20-30
4	1000	30-40
5	100	40-50
6	10	50-60
7	1	60-70
8	0.1	70-80
9	0.01	80-90
10	0.001	90-100

Terrain

Calcul



SONDAGE ELECTRIQUE 113

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	14	0-1
2	10000	1-4
3	10000	4-10
4	10000	10-15
5	10000	15-20
6	10000	20-30
7	10000	30-40
8	10000	40-50
9	10000	50-60
10	10000	60-70
11	10000	70-80
12	10000	80-90
13	10000	90-100

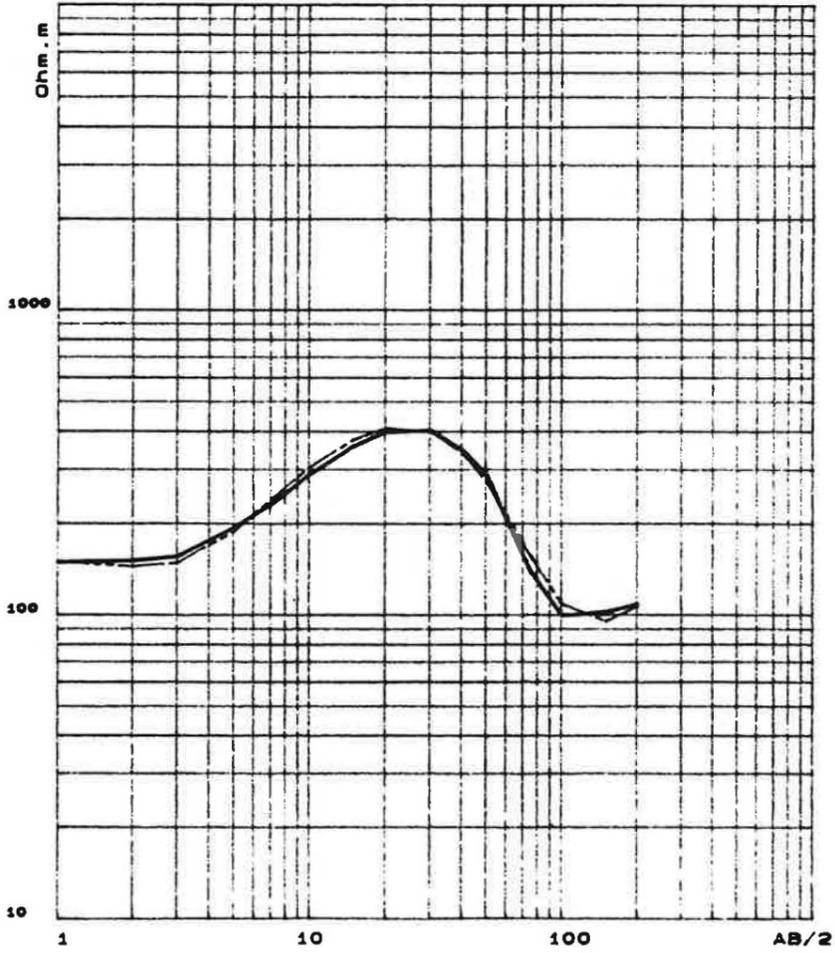
SONDAGE ELECTRIQUE 114

Chantier 3898

Couche	Resistivite	Profondeur
1	14	0-1
2	10000	1-4
3	10000	4-10
4	10000	10-15
5	10000	15-20
6	10000	20-30
7	10000	30-40
8	10000	40-50
9	10000	50-60
10	10000	60-70
11	10000	70-80
12	10000	80-90
13	10000	90-100

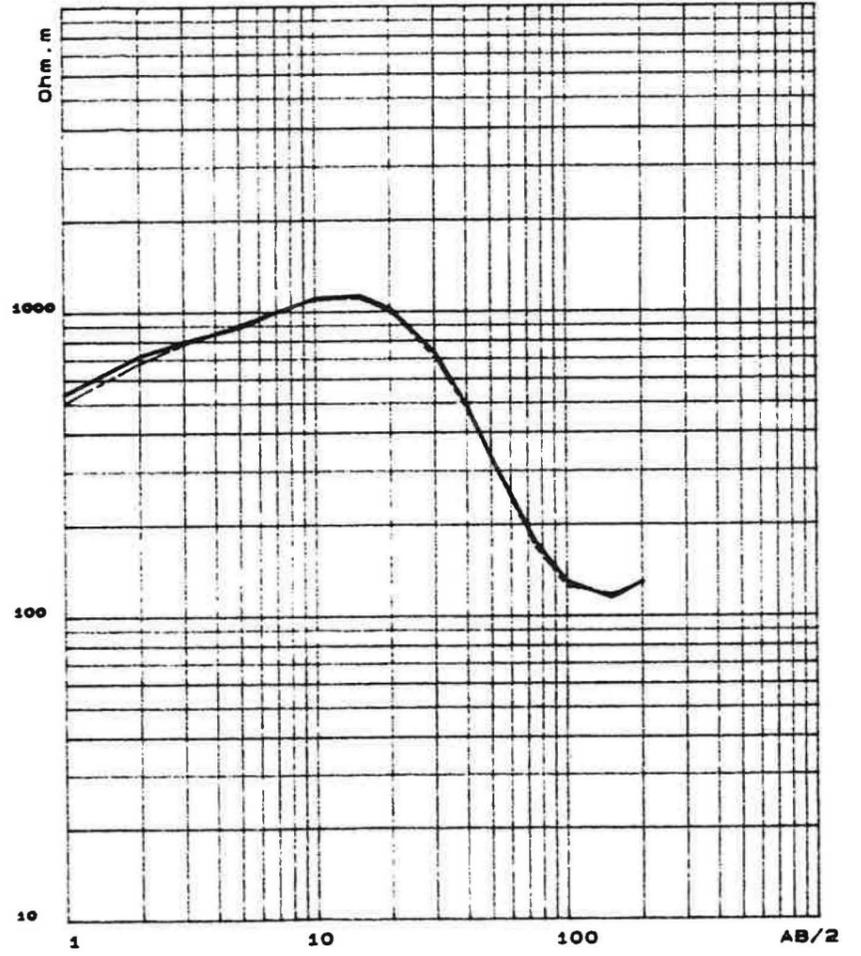
Terrain

Calcul



Terrain

Calcul



ANNEXE 1

TABLEAU SYNTHETIQUE

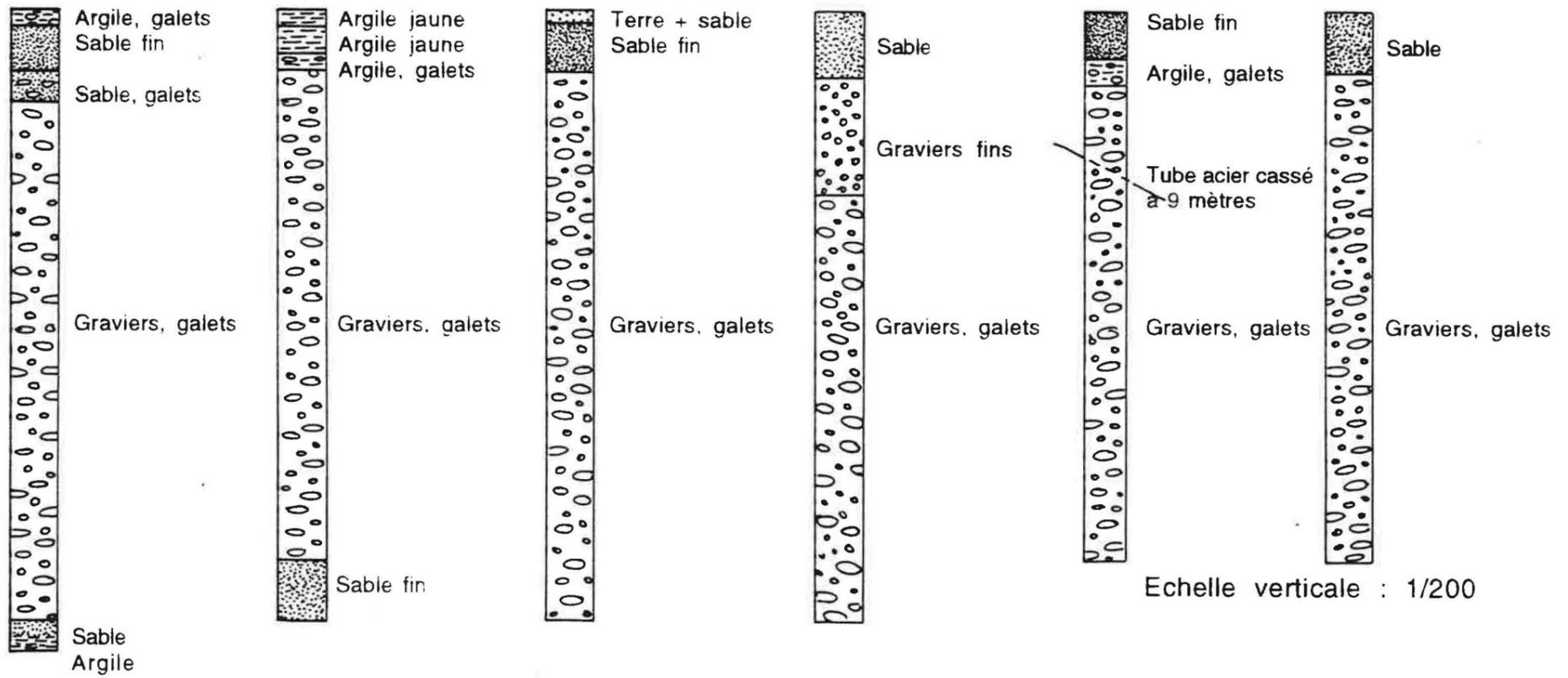
DES RESULTATS DE L'ENQUETE PIEZOMETRIQUE

N° point	Nature	NS/sol (m)	Profondeur /sol (m)	NGF sol (m)	NGF eau (m)	NO ₃ (mg/l)	Résistivité Ω.cm
1	Puits d'irrigation	3,38	9,80	206,00	202,62	22,00	2.175
2	Puits particulier	8,43	10,85	213,00	205,57	26,40	1.820
3	Puits particulier	8,81	9,40	212,00	203,19	30,80	1.850
4	Puits particulier	16,05	18,20	220,00	203,95	17,60	2.000
5	Puits particulier	9,25	11,00	209,00	199,75	22,00	1.960
6	Puits particulier	7,80	9,55	207,70	199,90	28,60	2.085
7	Puits particulier	8,18	10,10	211,70	203,52	22,00	1.960
8	Puits particulier	6,93	8,00	208,20	201,27	22,00	1.850
9	Source	1,90		202,00	200,10		
10	Puits particulier	9,22	9,67	200,00	190,78	26,40	1.925
11	Puits particulier	7,78	8,60	197,50	189,72	13,20	2.083
12	Puits particulier	8,36	8,70	202,00	193,64	17,60	1.495
13	Puits particulier	8,83	10,05	206,00	197,17	26,40	2.040
14	Puits particulier	1,75	3,00	193,50	191,75	13,20	1.885
15	Puits particulier	4,58	5,50	198,60	194,02	17,60	1.515
16	Captage	2,45		187,50	185,05	17,60	2.000
17	Captage	2,71	4,07	192,00	189,29		
18	Puits particulier	3,25	4,35	201,50	198,25	22,00	1.725
19	Puits particulier	6,11	7,50	206,00	199,89	13,20	1.725
20	Puits particulier	8,20	8,30	210,00	201,80	13,20	1.665
21	Puits particulier	8,44	9,60	214,50	206,00	17,60	1.785
22	Puits particulier	6,78	8,60	215,00	208,22	22,00	1.615
PZ1	Piézo Aquasondage	8,14	20,3	200,00	191,86		
PZ2	Piézo Aquasondage	8,37	19,80	206,50	198,13		
PZ3	Piézo Aquasondage	6,87	15,70	206,50	199,63		
PZ4	Piézo Aquasondage	2,83	19,10	208,50	205,67		
PZ5	Piézo Aquasondage	2,59	7,60	202,00	199,41		
PZ6	Piézo Aquasondage	3,14	19,55	198,00	194,86		

Résultats de l'enquête piézométrique

ANNEXE 2
COUPES GEOLOGIQUES
DES PIEZOMETRES AQUASONDAGE

PZ4	PZ2	PZ1	PZ6	PZ5	PZ3
Tube PVC : \varnothing 50 mm	Tube PVC : \varnothing 50 mm	Tube PVC : \varnothing 114 mm	Tube PVC : \varnothing 50 mm	Tube PVC : \varnothing 114 mm	Tube PVC : \varnothing 114 mm
Hors sol : 1 m	Hors sol : 40 cm	Hors sol : 80 cm	Hors sol : 1 m		
Tube protection acier : 1.50 m			Tube protection acier : 1.50 m		
Niveau eau : 2,83 m.	Niveau eau : 8,37 m.	Niveau eau : 8,14 m.	Niveau eau : 3,14 m.	Niveau eau : 2,59 m.	Niveau eau : 6,87 m.



ANNEXE 2 : Coupes géologiques des piézomètres Aquasondage

ANNEXE 3

PRINCIPES DE LA PROSPECTION ELECTROMAGNETIQUE

CPGF HORIZON

12 Rue de Paris
78230 LE PECQ France

Téléphone: 33 (1) 30 87 08 08
Télécopie: 33 (1) 30 87 08 90
Telex: 695008 CPGFHOR F

NOTE TECHNIQUE

LA METHODE ELECTROMAGNETIQUE ARTIFICIELLE

PRINCIPE DE LA METHODE

Fondements théoriques

Les variations d'un champ magnétique provoqué (champ magnétique primaire H_p) par un courant alternatif dans la bobine d'un émetteur à une fréquence donnée induisent des faibles courants dans le sol. Ces courants créent un champ magnétique secondaire H_s , mesuré à l'aide d'un récepteur situé à une certaine distance de l'émetteur.

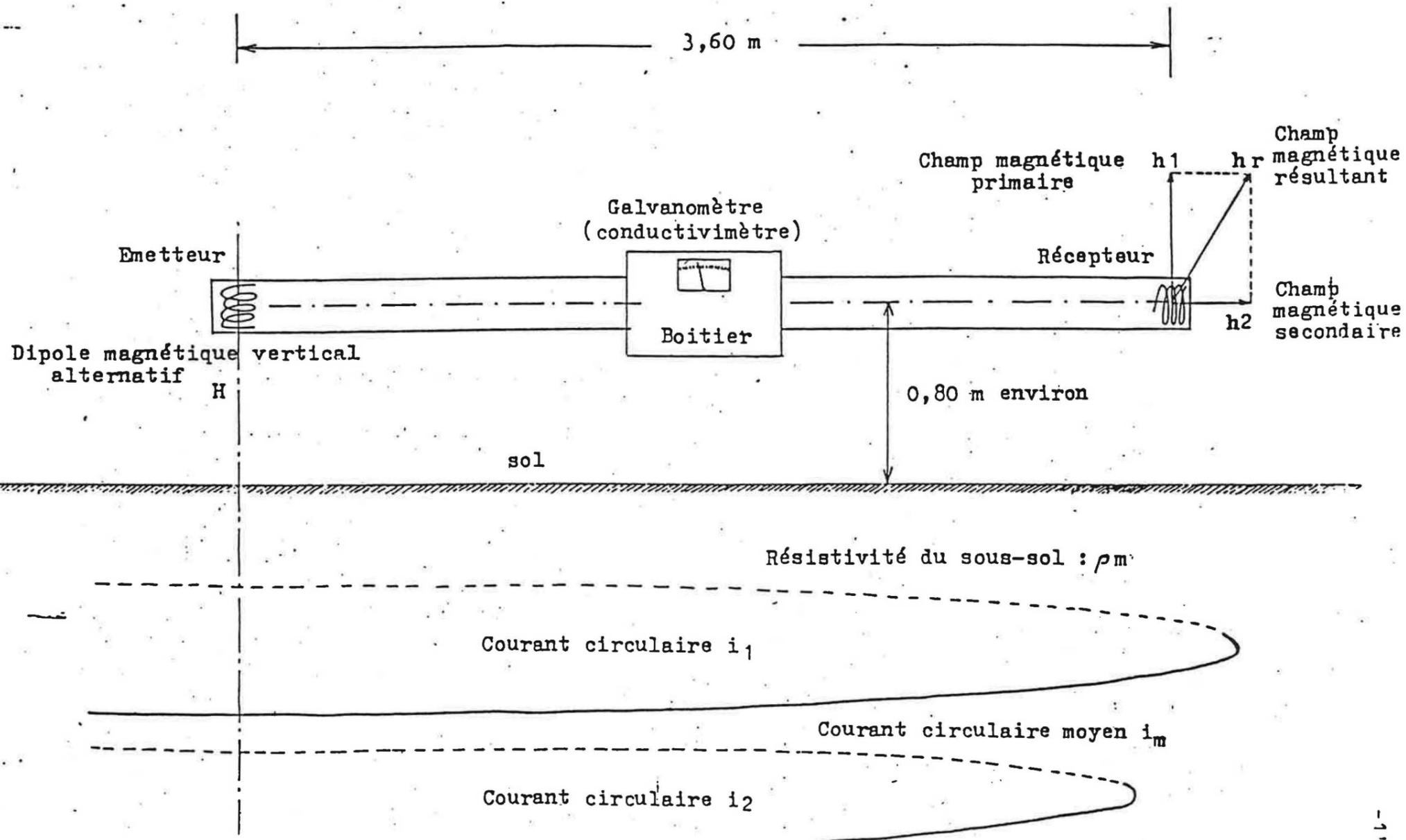
On montre que la conductivité apparente (mho/m)

$$C_a = \frac{4}{2 \pi f m_o S^2} \left(\frac{H_s}{H_p} \right)$$

où m_o est la perméabilité électromagnétique du milieu,

S la distance entre l'émetteur et le récepteur.

PRINCIPE SCHEMATIQUE DE L'APPAREILLAGE



Appareillage

Dans l'appareil EM, par construction, les paramètres définis dans la formule de la page 1 sont constants, ou présentent des variations négligeables. Dès lors, cet appareil permet de réaliser la lecture directe de la conductivité d'une tranche de terrain donnée, exprimée en millimhos par mètre, et donc d'en déduire immédiatement la résistivité en ohm.mètre.

Par construction, la précision de lecture est de :

$$\pm 0,2 \text{ mmhos/mètre,}$$

suivant la résistivité du terrain superficiel, la profondeur d'investigation de cet appareil est comprise entre 2 et 4 mètres.

Toute variation de résistivité du sol est liée à sa nature géologique ou à son état mécanique (altération - fracturation). Ainsi, des argiles ou remblais argileux seront caractérisés par des valeurs de résistivité faible, de l'ordre de quelques dizaines d'ohm.mètre, et les grès calcaires ou les marno-calcaires par des résistivités de plusieurs centaines d'ohm.mètre, voire même plusieurs milliers d'ohm.mètre lorsqu'ils sont massifs.

Suivant le cas, on réalise, suivant un maillage ou un profil, une mesure de résistivité tous les 2,50 m, 5 m, 10 m ou 20 mètres, de façon à établir une carte des résistivités apparentes du terrain superficiel.

Ainsi, toute anomalie conductrice sera repérée et pourra traduire une surépaisseur de terrains argileux (ou sableux).

Ces profils de résistivité sont essentiellement destinés à orienter l'implantation des sondages mécaniques.

APPAREILLAGE EN POSITION DE MESURE



La dimension réduite de l'appareillage et l'absence d'électrodes au sol permettent, par comparaison avec les méthodes électriques traditionnelles :

- Une focalisation nettement plus importante des mesures de résistivités apparentes mesurées ;
- Une mise en oeuvre extrêmement rapide, et donc un coût réduit.

La C.P.G.F. est équipée d'un fichier sur cassette, permettant un dépouillement des mesures et leur traduction sous forme de graphique entièrement automatique, ce qui réduit d'autant le coût d'une prospection systématique.

EXEMPLES D'APPLICATION

Quatre exemples sont exposés succinctement ici, concernant :

- * Une étude de sol (localisation d'un rocher subaffleurant sous un faible recouvrement.

- * Une recherche de zones karstifiées.

- * Le contrôle de l'efficacité et la localisation de zones artificiellement drainées.

- * L'auscultation d'une digue.

1 - ETUDE DE SOLS

Une prospection de ce type a été mise en oeuvre à PERIGUEUX (Boulevard du Petit Change), pour une reconnaissance générale d'une zone destinée à l'édification d'ateliers municipaux.

On supposait la présence proche de la surface du substratum calcaire en certains points de cette zone.

La figure 1 ci-après illustre les résultats de la prospection électromagnétique, réalisée en première phase suivant trois profils, à raison d'un point tous les cinq mètres.

Au sud de l'étude, apparaissent clairement des valeurs de résistivité apparente élevées (150 - 300 ohm.mètre), très nettement contrastées par comparaison avec les valeurs rencontrées au nord (50 ohm.mètre).

Des sondages à la pelle mécanique réalisés en 2ème phase ont montré, aux sondages S 2, S 3, et S 6, un calcaire à moins de 0,60 m de profondeur. Les sondages S 1 et S 5 présentaient un recouvrement argileux de plus de 2 à 3 mètres d'épaisseur avant le substratum.

La prospection géophysique a donc permis de situer très précisément, en plan, les zones où le substratum se situait très près de la surface, et à éviter, en outre, des interpolations douteuses entre sondages mécaniques.

La mise en oeuvre de cette méthode, simple et rapide, a permis de couvrir une grande surface d'investigation à moindres frais, et de souligner les hétérogénéités locales du sol, pouvant, le cas échéant, présenter de graves inconvénients pour un projet (zones argileuses ou compressibles, rocher subaffleurant).

LOCALISATION D'UNE ZONE ROCHEUSE
SOUS FAIBLE RECOUVREMENT PAR E.M.

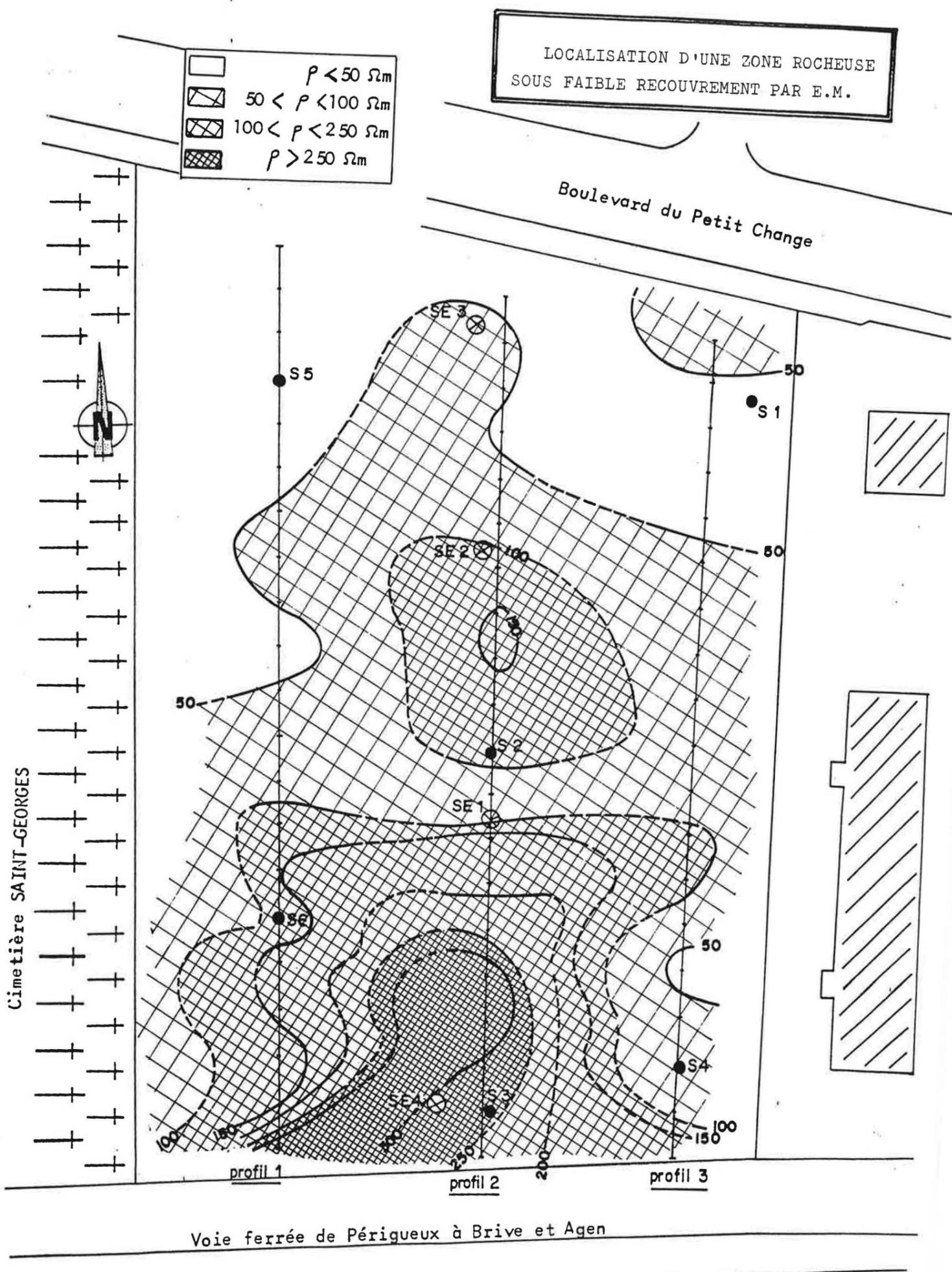
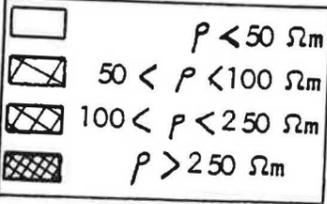


FIGURE 1

Autres applications dans ce domaine :

- * Auscultation de digues (hétérogénéités).
- * Reconnaissance d'un profil linéaire, préalablement à l'exécution d'une tranchée (canalisations - égouts).
- * Assainissement individuel
(localisation de zones perméables, en association avec des essais in situ).

2 - RECHERCHE DE ZONES KARSTIFIEES

Le second exemple d'application possible est la recherche de cavités ou de zones karstifiées argilisées sous moins de 3 à 4 mètres de recouvrement.

La figure 2 représente deux profils réalisés dans les calcaires du Jura, pour le fond d'un grand déblai excavé pour la construction d'une autoroute.

Le profil 1 d'EM montre bien le contact entre les marnes et les calcaires, (conducteur - résistant).

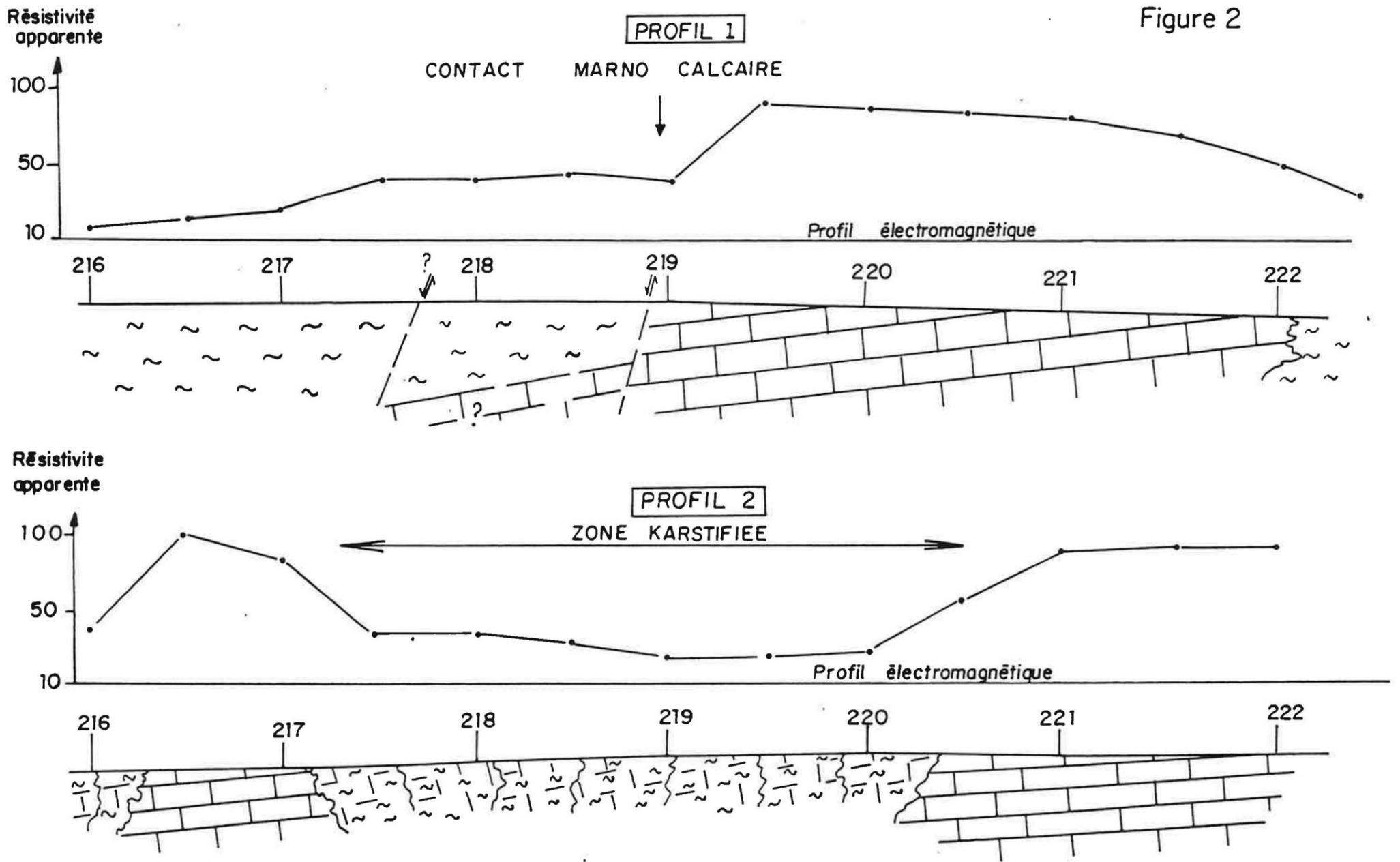
Le profil 2 marque très nettement une zone conductrice correspondant à l'existence d'une zone très fracturée et karstifiée reconnue par ailleurs par sondages mécaniques.

Il convient cependant de garder à l'esprit qu'il n'est pas possible de localiser ce genre d'anomalie au-delà de 3 - 4 mètres de profondeur. Une prospection gravimétrique s'avère alors indispensable.

La méthode EM, malgré ces restrictions, présente une grande focalisation vis-à-vis des méthodes électriques traditionnelles.

RECHERCHE DE KARST PAR EM ET INTERPRETATION GEOLOGIQUE

Figure 2



3 - DRAINAGE

L'utilisation de l'EM est possible pour caractériser l'aptitude du sol à être drainé, particulièrement si on adjoint à la prospection des essais in situ (pelle, pressio-perméamètre Ménard- C.P.G.F. ...).

Dans le troisième exemple présenté, il s'agissait, à partir d'un talus initialement saturé (en l'occurrence la rive d'un lac), de repérer les zones à drainage rapide de la rive, en faisant baisser rapidement le niveau du lac, et en faisant des profils répétitifs échelonnés dans le temps.

La comparaison entre les résistivités de l'état initial (résistivité figurant suivant une ligne épaisse sur la figure 3) et les résistivités après trois jours, une semaine et un mois de drainage, montre, à l'évidence, une zone à drainage très rapide, (en fait des graves grossières) sur les 3 premiers mètres (l'accroissement de la résistivité est de 130 %). Par contre, à l'autre extrémité du profil, l'accroissement est de 10 à 15 %, montrant des zones très peu drainées (en fait des argiles).

Autre application possible :

* Aptitude du sol au drainage : prospection systématique, en profils ou en maillage.

Dans ce cas précis, la méthode EM est surtout destinée à mettre en évidence, en plan, les grandes entités de sol en présence (argileuses, sableuses, humides ou drainées).

UTILISATION DE LA METHODE E.M.

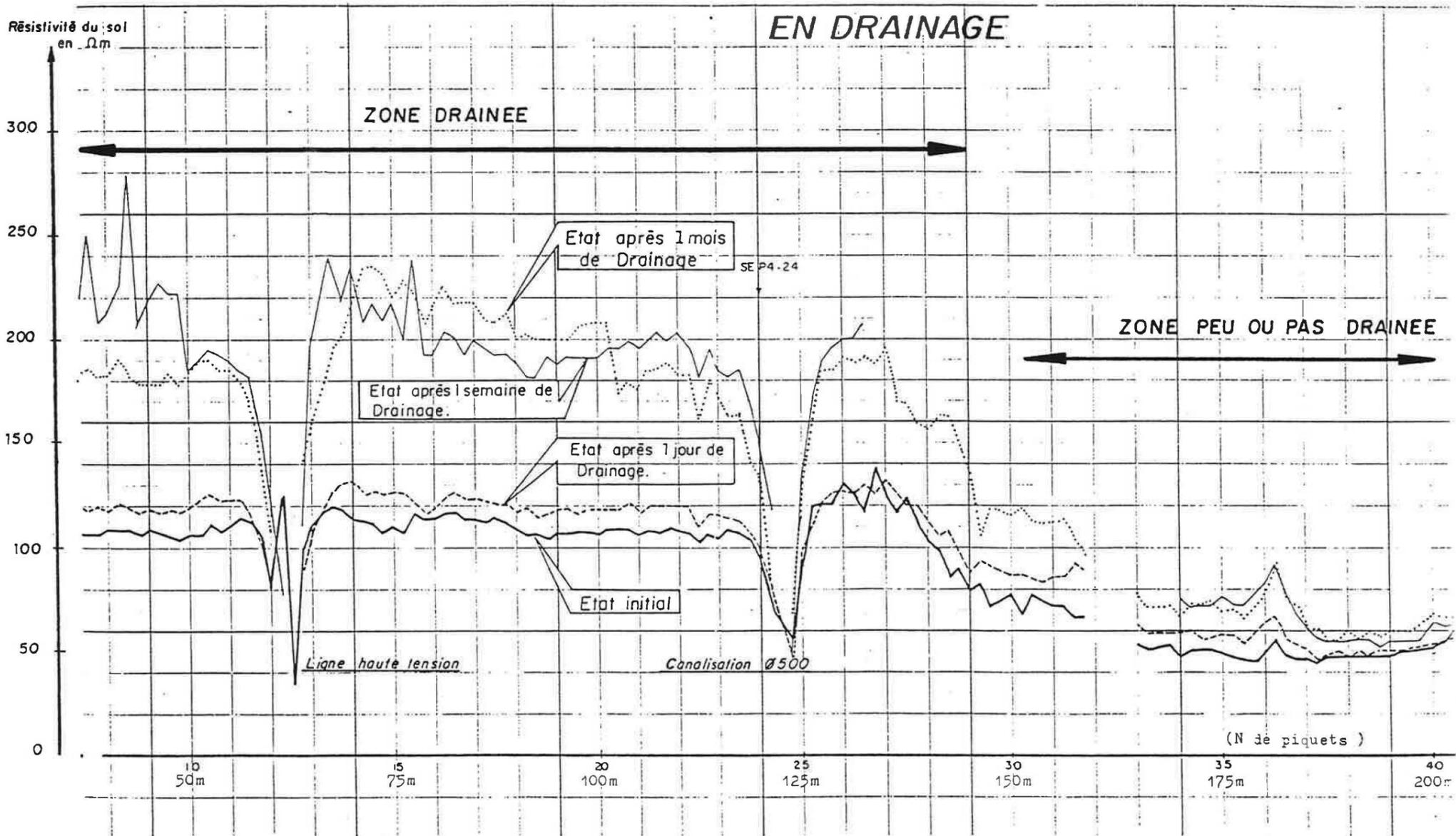


FIGURE 3

Il convient ensuite de traduire ces grandes entités en termes de perméabilité, par des essais appropriés (essais Munz, perméamètre type Ménard, essais in situ à la pelle mécanique). Une corrélation statistique est alors établie permettant, en tout point du maillage, d'avoir un ordre de grandeur des perméabilités en présence, sur une tranche de terrain de 1,5 à 4 mètres, suivant le cas.

4 - AUSCULTATION D'UNE DIGUE

Problème posé

Une digue sur l'Isère présentait des désordres (renards, éboulements partiels ...). Il s'agissait donc, sur 2 500 mètres, de reconnaître cette digue, et de déceler, le cas échéant, des hétérogénéités de structure.

Mise en oeuvre

On a mis en oeuvre la méthode EM suivant un profil continu, le long du chemin de halage, à raison d'une mesure tous les deux mètres sur 2 500 mètres environ.

Résultats

La figure 4 représente un profil de résistivité partiel, dans sa partie la plus caractéristique.

La valeur moyenne de la résistivité apparente mesurée (sur la tranche 0 - 4/5 mètres environ) se situe, tout au long de la digue entre 180 et 220 ohms.m. Entre les PM 55 et 205, et 240 - 340, les résistivités mesurées chutent brutalement (moyenne 70 ohms.m), ce qui implique un matériau de remplissage à dominante argileuse, par comparaison avec le restant de la digue, à dominante sablo-graveleuse.

Après enquête, il s'est avéré que la digue avait été emportée dans le passé, précisément entre les points 55 - 205 et 240 - 340, et remblayée avec des matériaux composites, très différents des éléments constitutifs de l'ancienne digue.

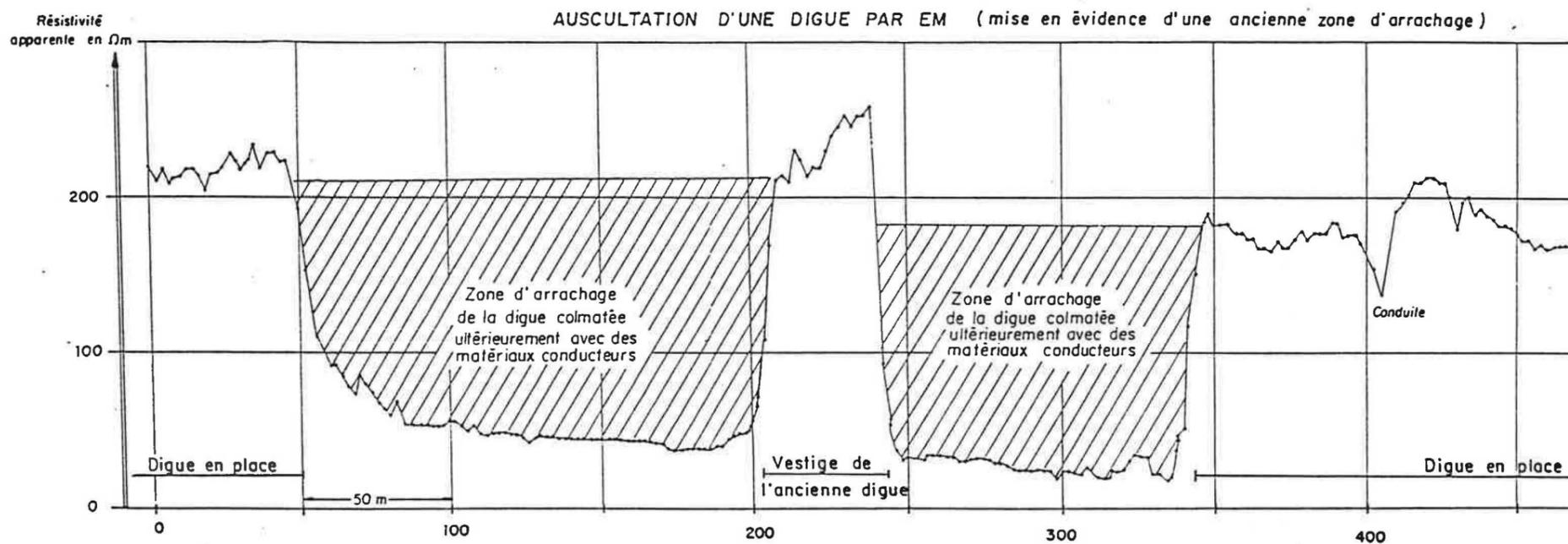


Figure 1