

**SYNDICAT INTERCOMMUNAL
A VOCATION MULTIPLE
DE L'AGGLOMERATION
ANNEMASSIENNE**


rhône méditerranée corse

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

Document No

19426

**Etude hydrogéologique
préliminaire de la
nappe d'ARTHAZ
(Haute Savoie**

Etude 3588

Avril/Novembre 1990

**C.P.G.F. - HORIZON
Division Lyon Sud-Est
Les Charpennes 4
34, rue J.P. Sartre
38090 VILFONTAINE**

Tél. 74.96.42.53.

SOMMAIRE

I	PREAMBULE	PAGE 1
II	CADRE GEOLOGIQUE ET GEOGRAPHIQUE	PAGE 2
III	HYDROGEOLOGIE	PAGE 3
	A. LE RESERVOIR AQUIFERE	PAGE 3
	B. LA NAPPE	PAGE B
	C. EXPLOITATION DE L'AQUIFERE	PAGE 17
	D. CHIMIE DES EAUX	PAGE 18
	E. CONCLUSIONS PARTIELLES	PAGE 19
IV	CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS	PAGE 21

-oOo-

PLANCHES

3588-01	Plan de situation générale
3588-02	Plan d'implantation des mesures
3588-03	Carte de détail de la zone de Nant
3588-04	Carte de synthèse générale
3588-05	Exemples d'évolution piézométrique
3588-06	Débits de l'Arve et pluviométrie (1984-1989)
3588-07	Evolution piézométrique au piézomètre de référence 2611 du SRAE.

-oOo-

ANNEXES

- 1 - Inventaire et localisation des forages et essais de la zone d'Arthaz
- 2 - Bibliographie

-oOo-

Etude hydrogéologique préliminaire
de la nappe d'ARTHAZ (74)

Echelle 1/250 000

CARTE DE SITUATION GENERALE



I. PREAMBULE

A la demande du SIVMAA, C.P.G.F.- HORIZON a entrepris une étude hydrogéologique préliminaire de la "Nappe d'Arthaz".

Il s'agit d'une étude bibliographique à partir des documents et études existants. L'objectif final étant de définir, à partir de la synthèse de ces éléments, un programme de reconnaissance complémentaire en matière de géophysique et de sondages.

On définira également les mesures piézométriques nécessaires et les caractéristiques d'un modèle, destinées à orienter le Syndicat dans sa politique de gestion de la ressource constituée par la "nappe d'Arthaz".

II. CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

A. CADRE GEOGRAPHIQUE

La basse vallée de l'Arve est limitée à l'ouest par le verrou du Salève en rive gauche, et en rive droite par la retombée du Massif des Voirons, qui constitue également la bordure nord de la vallée de la Ménoge, principal affluent de l'Arve, dans la partie terminale de son cours.

Vers le sud, la vallée est bordée par les collines molassiques d'Evires qui s'appuient, vers le sud-est, sur le massif des Bornes. La basse vallée de l'Arve et de la Ménoge couvre près de 200 km² à l'aval du verrou de Bonneville, mais la zone réellement concernée par la "nappe d'Arthaz" est limitée à environ 50 km entre Collonges, Reignier, La Roche sur Foron et la Côte d'Hyot sur la retombée des collines du Faucigny dans la vallée de l'Arve S.S.. La vallée de la Ménoge est elle-même concernée jusqu'à Viuz en Salaz vers l'ouest et Cranves-Sales au nord.

B. CADRE GEOLOGIQUE

a) Formation du substratum

L'essentiel des problèmes hydrogéologiques de ce secteur est lié à la géologie des formations quaternaires et le "substratum" n'a qu'un rôle passif en constituant le mur des formations potentiellement aquifères. On citera donc pour mémoire :

- les formations secondaires autochtones (c.a.d. en place),
- les formations tertiaires molassiques (autochtones ou charriées),
- l'unité du flysch ultrahelvétique (tertiaire et secondaire charriés).

Le secondaire autochtone

Il s'agit du Salève et des Bornes. On observe une série essentiellement calcaire où domine la falaise dessinée par les calcaires urgoniens.

Le tertiaire molassique

Il forme le substratum de toute la plaine de l'Arve et de la Ménoge aval. La molasse est présente sous deux faciès : la molasse grise marno-calcaro-gréseuse et la molasse rouge plus marneuse. L'épaisseur de cette série dépasse 1.500 m au sondage pétrolier SA2. La structure d'ensemble est monoclinale avec un pendage sud-est.

Pour être complet, il convient de citer les formations sidérolithiques de l'Eocène (poches karstiques dans les calcaires secondaires) et l'Oligocène du massif des bornes auquel on peut rattacher le poudingue de Mornex au Salève.

Le flysch ultrahelvétique

Il est limité aux collines de Faucigny et n'est donc que peu présent au niveau de la vallée de l'Arve. Par contre, dans la vallée de la Ménoge à l'amont de Bonne, il affleure largement sous la forme de grès (flysch gréseux des Voirons). Le flysch fait partie de l'unité tectonique ultrahelvétique qui comprend des terrains allant de la fin du Tertiaire au début du Secondaire.

Sur la carte générale 3588-02, nous avons reporté les limites d'affleurement des formations du substratum. Ces limites sont également reportées, de façon plus précise, sur la carte de la qualité des formations aquifères.

b) Formations quaternaires

Les relations entre les différentes unités sont complexes en raison des stades successifs d'érosion et d'alluvionnement liés aux phases d'avancement et de retrait des glaciers singulièrement durant les 30.000 dernières années. On peut néanmoins schématiser la série comme suit :

Alluvions récentes

Il s'agit soit des alluvions actuelles ou subactuelles de l'Arve et de la Ménoge (limitées à la vallée mineure avec localement des méandres amoindris), soit d'épanchements fluvio-glaciaires superficiels remaniant les moraines latérales du glacier de l'Arve.

On peut inclure dans cet ensemble la formation dite "des Rocailles" qui se développe de Cornier à Boringe, et qui a été interprétée par Kilian comme un écroulement du calcaire urgonien des Bornes remobilisé par le glacier de l'Arve et déposé sous la forme d'une moraine tardive.

Formations glaciaires et/ou fluvio-glaciaires anciennes

Cet ensemble comprend, de haut en bas :

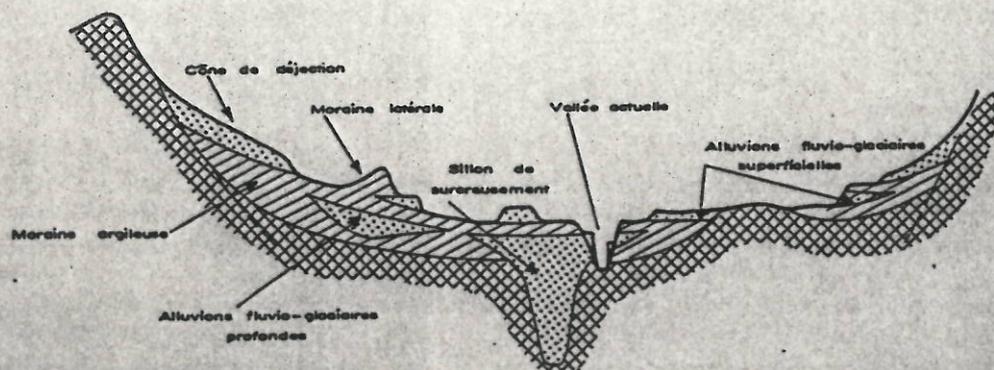
- Les alluvions fluvio-glaciaires d'épanchement plus ou moins rattachées aux cônes fluvio-glaciaires latéraux (terrasse d'Arthaz par exemple).
- Les alluvions glacio-lacustres plus ou moins sableuses ou argileuses liées à des conditions de sédimentation particulières (barrage local par exemple).
- Un ensemble morainique franc (moraine interstadiale ou interglaciaire)
- Une moraine dite de fond.

Sillons de surcreusement

A ce schéma général, il faut ajouter un élément fondamental : les sillons de surcreusement de l'Arve et de la Ménoge. Ces sillons ont une extension latérale limitée et ne sont que localement en contact avec les niveaux fluvio-glaciaires superficiels ou profonds.

c) Conclusions partielles

La basse vallée de l'Arve constitue donc un domaine géologiquement complexe, particulièrement en ce qui concerne les formations quaternaires. Cette complexité se traduit évidemment au niveau de l'hydrogéologie de cette zone, entièrement conditionnée par l'organisation et les relations mutuelles entre les différents niveaux sablo-graveleux inclus dans le quaternaire. (voir coupe schématique ci-dessous)



COUPE SCHEMATIQUE SANS ECHELLE
MONTRANT LES DIFFERENTES UNITES DU QUATERNAIRE

III. HYDROGEOLOGIE

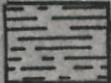
A. LE "RESERVOIR" AQUIFERE

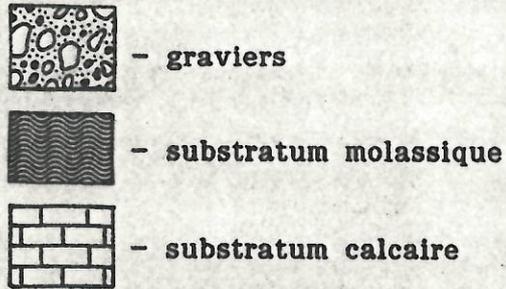
On dispose de différents moyens pour analyser et comprendre l'organisation des formations quaternaires dans un contexte aussi compliqué. L'un est direct : il s'agit des forages et puits de reconnaissance, mais leur nombre est évidemment restreint, et leur exploitation, en terme d'hydrogéologie, est souvent limitée. On dispose toutefois, sur la basse vallée de l'Arve, de 38 puits, forages ou piézomètres. Leur implantation figure sur la carte 3588-02.

La seconde technique est indirecte : il s'agit de la géophysique et, dans notre cas, de la géophysique électrique. Environ 1.150 sondages électriques Schlumberger ou Wener ont été réalisés sur ce secteur (BEGG, C.P.G.F. et 44 sondages électriques réalisés par M. ARMAND (1978) dans le cadre de sa thèse. L'implantation des mesures figure sur le plan 3588-02).

a) Les forages

On trouvera en annexe les coupes synthétiques des forages et puits. Ces coupes ont été, la plupart du temps, établies à partir des documents originaux des foreurs dont nous avons standardisé les descriptions en utilisant des critères uniquement hydrogéologiques :

-  - limons superficiels
-  - argiles ou sables argileux
-  - argiles morainiques (argiles à blocaux)
-  - sables fins ou moyens



Il est clair que cette classification peut paraître arbitraire ou simpliste, mais elle est rendue nécessaire par le manque d'homogénéité dans les descriptions des foreurs.

Sur certains ouvrages, on dispose d'essais de débit effectués lors de la réalisation de l'ouvrage ou de sa mise en production. Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques hydrodynamiques moyennes des formations en présence : alluvins récentes avec la nappe superficielle, alluvions "anciennes" (formations interstadias) avec la nappe interstadaire et sillons de surcreusement.

	Nappe superficielle	Nappe interstadaire	Sillon Arve - Ménoge
Puissance de la formation	< 10 m	10 - 30 m	30 - 60 m
Protection	médiocre	bonne	excellente
Perméabilité (m/s)	$\leq 0,1 \cdot 10^{-3}$	0,1 à $1 \cdot 10^{-3}$	0,5 à $2 \cdot 10^{-3}$
Débit spécifique (l/s/m)	< 1	10 - 20	25 - 30

Dans le détail, nous avons reporté en annexe l'ensemble des données disponibles. La liste ci-dessous résume, pour chaque ensemble aquifère, les éléments techniques utilisés pour évaluer ces paramètres hydrodynamiques.

NAPPE SUPERFICIELLE**- Zone de Bonneville**

Puits N°17 (1963)	- Epaisseur aquifère	: 12 m
	- Débit testé	: 48 m ³ /h
	- Perméabilité	: 0,08.10 ⁻³ m/s

- Zone de Viuz

Puits F2 (1981)	- Epaisseur aquifère	: 15 m
	- Débit testé	: 63 m ³ /h
	- Perméabilité	: 0,02.10 ⁻³ m/s

- Zone de Cranves-Sales

Puits N°2 (1981)	- Epaisseur aquifère	: 9,5 m
	- Débit testé	: 66 m ³ /h
	- Perméabilité	: 0,03.10 ⁻³ m/s

NAPPE INTERSTADIAIRE**- Zone de Scientrier**

Forage N°1 (1967)	- Epaisseur aquifère	: 27 m
	- Débit testé	: 288 m ³ /h
	- Perméabilité	: 0,55.10 ⁻³ m/s

Forage N°2 (1973)	- Epaisseur aquifère	: 32 m
	- Débit testé	: 450 m ³ /h
	- Perméabilité	: 0,95.10 ⁻³ m/s

- Zone de Cranves-Sales

Forage N°1 Les Rosses	- Epaisseur aquifère	: 10 m
	- Débit testé	: 18 m ³ /h
	- Perméabilité	: 0,05.10 ⁻³ m/s

- Zone de St Pierre de Faucigny

Forage N°1 (1971)	- Epaisseur aquifère	: 32 m
	- Débit testé	: 550 m ³ /h
	- Perméabilité	: 2,2.10 ⁻³ m/s

SILLON DE SURCREUSEMENT**- Zone d'Arthaz**

Puits Collet N°2 (1974)	- Epaisseur aquifère - Débit testé - Perméabilité	: 12,50 m : 200 m ³ /h : 1,7.10 ⁻³ m/s
Puits Collet N°3 (1974)	- Epaisseur aquifère - Débit testé - Perméabilité	: ≥ 18 m : 420 m ³ /h : 2,1.10 ⁻³ m/s
Puits Collet N°4 (1974)	- Epaisseur aquifère - Débit testé - Perméabilité	: ≥ 31 m : 405 m ³ /h : 1.10 ⁻³ m/s
Forage Cinquin N°4 (1986)	- Epaisseur aquifère - Débit testé - Perméabilité	: 10 m : 280 m ³ /h : 0,4.10 ⁻³ m/s
Forage Cinquin N°5 (1986)	- Epaisseur aquifère - Débit testé - Perméabilité	: 18 m : 420 m ³ /h : 0,75.10 ⁻³ m/s
Forage DDAF N°1 (1975)	- Epaisseur aquifère - Débit testé - Perméabilité	: 29,5 m : 760 m ³ /h : 0,4.10 ⁻³ m/s
Forage EDF Pont Neuf N°1 (1958)	- Epaisseur aquifère - Débit testé - Perméabilité	: 23 m : Essai Lefranc : 0,1 à 1.10 ⁻³ m/s

- Zone de la Ménoge

Forage DDAF Ménoge (1975)	- Epaisseur aquifère - Débit testé - Perméabilité	: 30,7 m : 1.100 m ³ /h : 1.10 ⁻³ m/s
---------------------------------	---	---

b) Géophysique

Sur le plan 3588-02, nous avons reporté l'ensemble des mesures de géophysique électrique disponibles (1.170 SE). On trouvera en annexe une copie des rapports originaux ce C.P.G.F. et B.E.G.G. où ces différentes mesures sont identifiées. Pour les études B.E.G.G. dont les sondages électriques sont à maille très serrée, nous n'avons reporté que les profils de mesure.

Principes de la réinterprétation

Nous avons travaillé à deux échelles : lorsque sur les coupes d'interprétation des sondages électriques il n'existe pas de formations potentiellement aquifères, c'est-à-dire de niveaux électriquement résistants en position "sous-nappe" ou lorsque ces niveaux sont très peu épais et/ou peu résistants, nous avons identifié les sondages électriques ou les portions de profils correspondants en rouge sur la carte 3588-02. Par contre, lorsque sur les profils un niveau résistant significatif est identifié, nous avons repris les courbes de sondages électriques correspondantes et différencié les zones où cet aquifère était épais et/ou résistant (produit épaisseur e par résistivité $\rho \geq 5.000 \Omega.m^2$) en les soulignant en bleu, et les zones où le produit $e \cdot \rho$ était $< 5.000 \Omega.m^2$ en les soulignant en orange.

Il s'agit là d'une démarche quelque peu arbitraire et les limites de sélection peuvent varier suivant les zones, mais elle permet une vision synthétique des résultats de la géophysique qui, si on les examine profil par profil, sont très complexes.

Résultats de la réinterprétation

On voit clairement se dessiner deux axes "bleus" traduisant l'existence de formations graveleuses sous-nappe à la fois épaisses et résistantes. Localement, ces axes sont bordés par des plages "orange" intermédiaires, mais souvent elles sont directement en contact avec les plages "rouges" qui traduisent soit la présence du substratum proche, soit l'existence de formations argileuses.

L'un de ces axes électriquement résistant, donc hydrogéologiquement favorable dans un contexte fluvio-glaciaire, emprunte la vallée de la Ménoge jusqu'à La Forge, puis il existe une zone d'indétermination dans les bois de Crun, et on retrouve ce sillon entre Nangy et Chez Desbois, et ensuite sensiblement le long du Foron jusqu'au lieu-dit "Bonne". A ce niveau, il semble exister une séparation en deux branches, l'une remontant le cours de la Ménoge (mais on ne dispose que d'un seul sondage électrique "positif") et la seconde obliquant vers le sud-est (deux sondages "positifs") au nord de la Verne. Il existe ensuite une

zone "aveugle" au droit du bois de Chaubon, et on retrouve une zone favorable entre Peillonnex et Le Brochet, mais il n'est pas certain qu'il s'agisse du prolongement du "sillon de la Ménoge".

Un second axe emprunte la vallée de l'Arve, en rive droite, entre Creuze et Le Nant, puis en rive gauche jusqu'à la R.N. 203. Au-delà de la RN 203, la zone surcreusée s'évase pour atteindre près d'un km au droit d'Arculinge.

Afin de faciliter la lecture de cette carte, nous avons tracé en tireté l'axe principal de surcreusement pour les deux axes Ménoge et Arve. Il s'agit évidemment d'une interpolation logique en fonction des informations disponibles (rappelons pour mémoire que le sillon de la Ménoge a moins de 50 m de large au droit du forage DDAF !). Dans les secteurs où l'indétermination était totale, nous avons matérialisé le tracé le plus probable sous la forme d'un pointillé.

Une structure intéressante apparaît au droit d'Arthaz, avec la présence très probable d'une liaison entre l'axe Arve et l'axe Ménoge. Il est même possible qu'il s'agisse d'un dédoublement de l'axe Arve et que le système Ménoge amont soit un système secondaire de moindre importance. Les études piézométriques à venir devront permettre de lever cette indétermination majeure.

Dans la zone du Nant, la densité de l'information nous permet d'illustrer la situation hydrogéologique à l'échelle du 1/10.000 (figure 3588-03). Sur cette carte, nous avons fait figurer des plages montrant la probabilité d'existence de formations aquifères profondes de transmissivité élevée. A notre avis, l'axe principal de surcreusement (100 ± 50 m de large, c'est-à-dire le "sillon de l'Arve") passe dans la zone bleue. Il s'agit là d'une information importante, car dans cet axe, où la transmissivité atteint probablement $5 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}^{(1)}$, transite une partie importante du débit total de la "nappe".

La zone verte correspond à des terrains où existent probablement des formations profondes (extension latérale du sillon principal ?), mais la transmissivité globale devrait être comprise entre 10^{-3} et $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Dans la zone orange, la probabilité de trouver des alluvions graveleuses profondes est

⁽¹⁾ Valeurs observées dans des sillons de surcreusement glaciaire alpin (L'eau d'Olle, Le Sautet, Drac...)

faible, par contre, il peut exister des formations plus superficielles participant latéralement à l'alimentation du sillon (cf thèse de M. ARMAND).

c) Conclusions partielles

Les forages réalisés et la couverture géophysique relativement dense permettent de proposer un schéma cohérent pour l'organisation des formations aquifères de la basse vallée de l'Arve et de la Ménoge. Deux axes surcreusés existent dans le substratum ante-quaternaire. L'axe principal emprunte la vallée de l'Arve et se scinde en deux, à l'aval de Boringe. Il est alors bordé de chaque côté par des affleurements de molasse et la géophysique permet d'évaluer sa largeur à 300 ± 50 m au droit de la divergence entre le Nant et Arthaz.

La branche qui se dirige vers le nord n'a fait l'objet de reconnaissances que dans la zone de la Forge (forage Arthaz Ménoge N°1, doublé récemment par un second forage de secours). Cette branche nord se poursuit ensuite vers l'ouest en empruntant sensiblement le cours de la Ménoge.

Au droit de la Forge, vient se greffer sur ce système principal un système secondaire en provenance de l'est. Il s'agit du système dit "de la Ménoge" qui, à la lumière de l'étude actuelle, semble de moindre importance.

B. LA NAPPE

Le terme de "nappe" n'est pas très approprié pour parler des systèmes aquifères de la basse vallée de l'Arve. En effet, s'il semble, à la lumière des résultats de la géophysique, y avoir continuité du sillon de surcreusement principal, les formations interstadales qui le bordent et l'alimentent localement sont beaucoup plus discontinues, surtout en qualité. Par ailleurs, il existe des nappes locales, soit liées aux alluvions superficielles, soit liées à des systèmes de terrasses surélevées par rapport aux axes principaux de drainage, qui se traduisent par des niveaux piézométriques perchés et rendent difficile la lecture d'une carte piézométrique traditionnelle.

a) Piézométrie

1) Gradient des "nappes"

La, ou plutôt, les nappes superficielles ont un gradient piézométrique soit sensiblement équivalent à celui de la topographie pour les "nappes" perchées et à la pente de l'Arve ou de la Ménoge pour les nappes des alluvions récentes de ces deux rivières. En ce qui concerne la nappe d'accompagnement de l'Arve, localement exploitée près de Bonneville, la piézométrie est fortement perturbée par de nombreuses gravières qui par ailleurs sont autant de risques de pollution pour cet aquifère globalement mal protégé.

Le gradient de la formation profonde a été évalué dans l'axe de la nappe "captive", c'est-à-dire celle des alluvions profondes interstadias et du sillon principal. Nous reproduisons ci-dessous la figure 83 de la thèse de M. ARMAND où est illustré le gradient de la nappe au repos entre Scientrier et Etrembières remarquablement constant avec $i = 0,5 \%$.

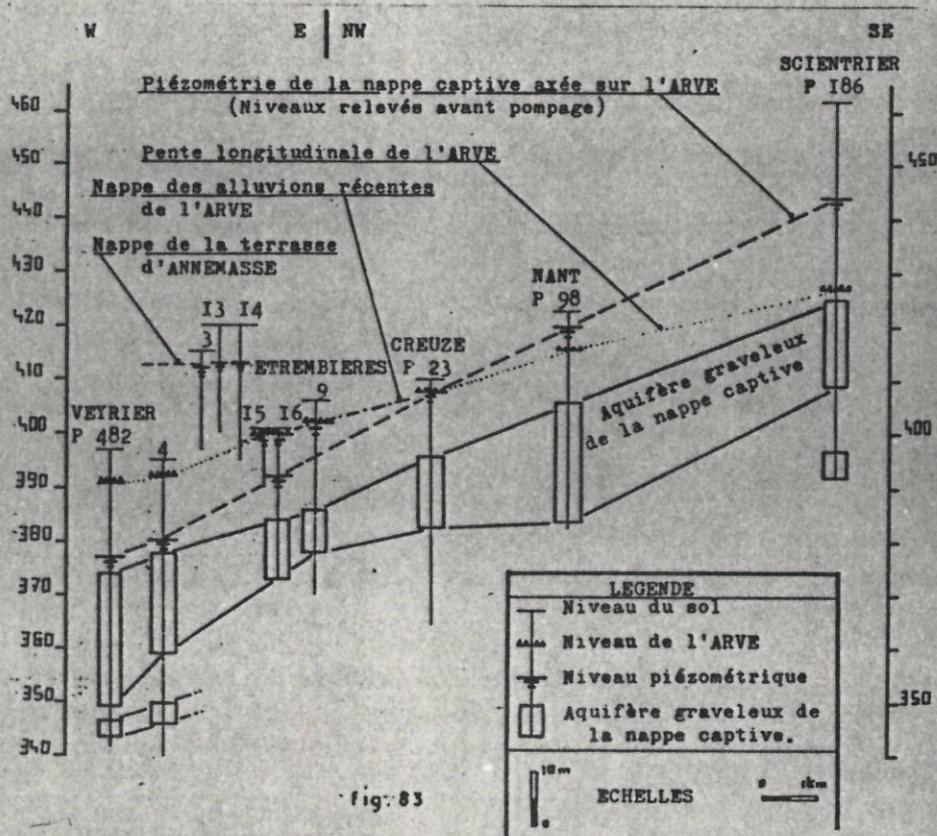
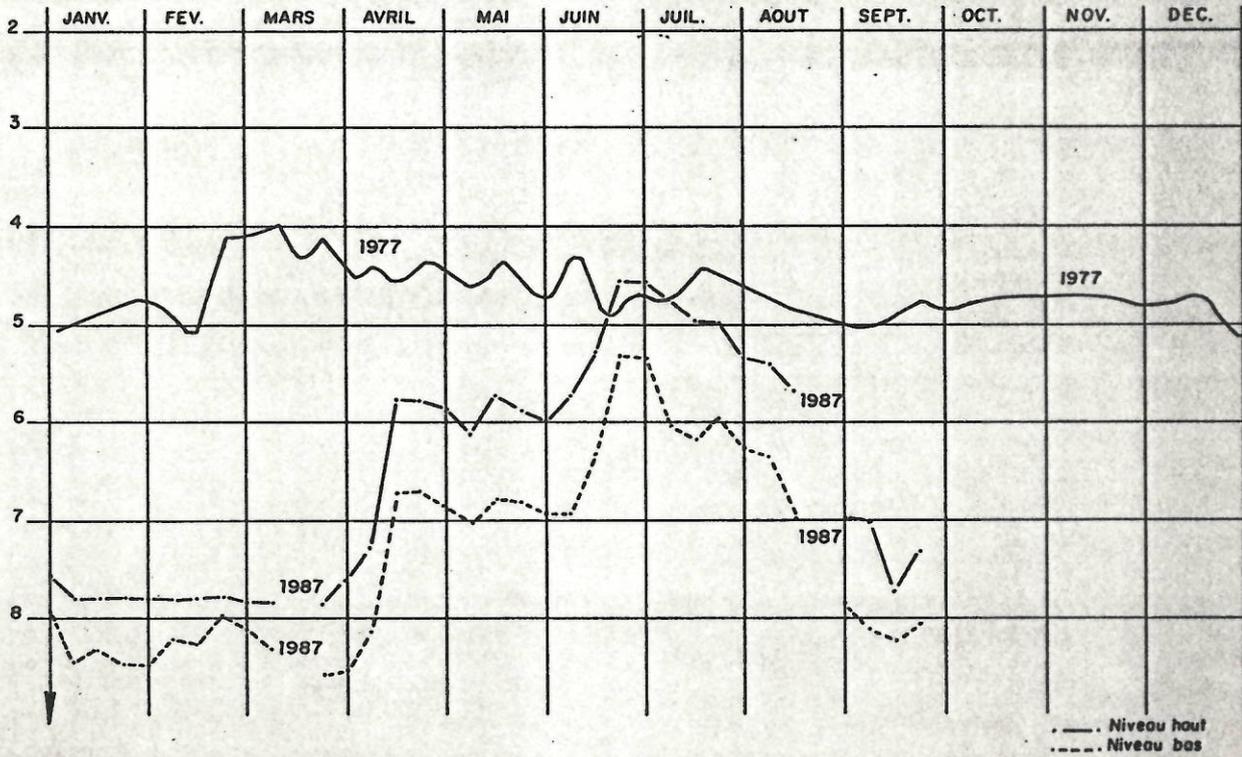


fig. 83

PUITS ARTHAZ F1 (A1) Relevé des hauteurs d'eau (m)

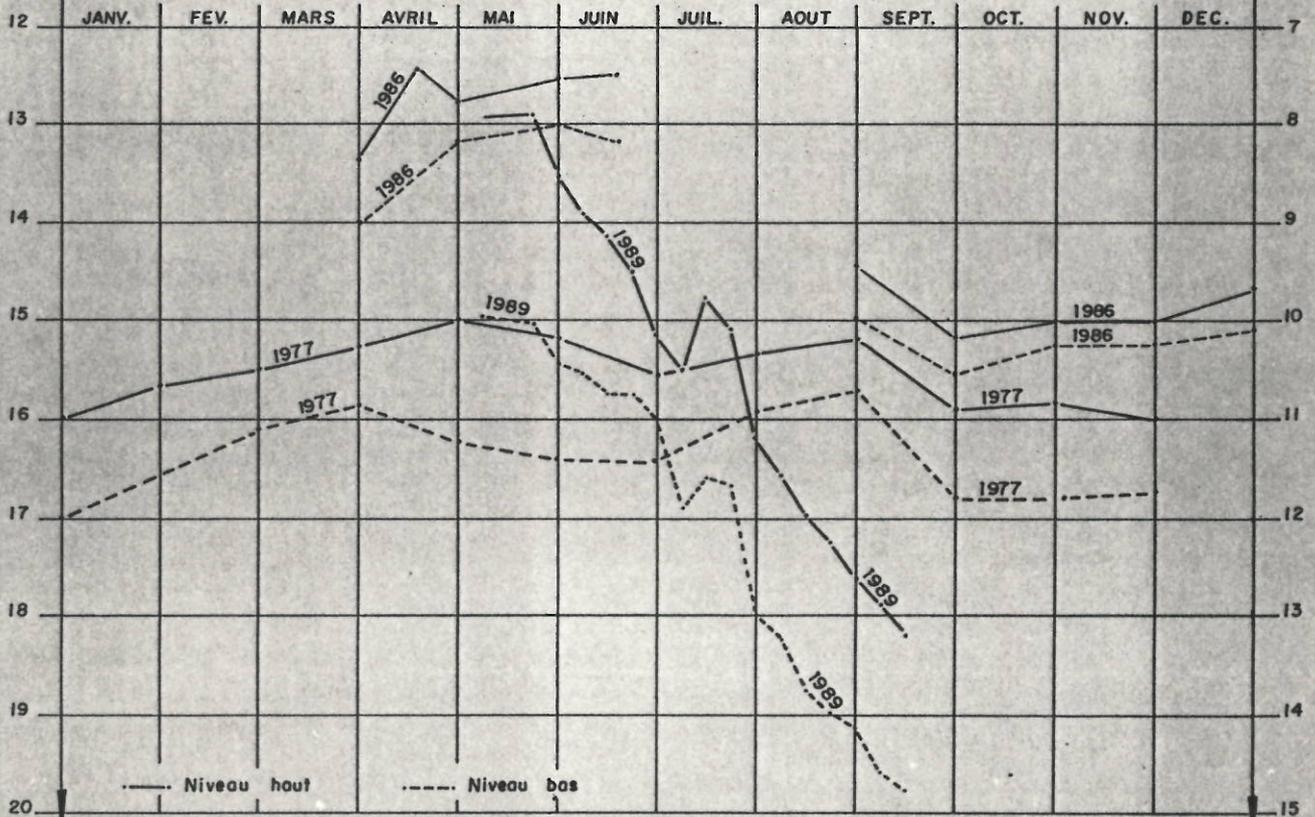
Profondeur
en m. (1987)



PUITS D.D.A. ARTHAZ Relevé des hauteurs d'eau (m)

Profondeur
en m. (1989 - 1986)

Profondeur
en m. (1977)



Au-delà du verrou d'Etrembières, les cotes sont très influencées par les pompages et les réalimentations, et il est possible que la constance du gradient soit fortuite, car la notion de nappe "au repos" est difficilement applicable dans ce secteur.

Avec cette valeur de gradient évaluée en 1977, il est possible de calculer un débit de transit dans la "nappe" en fonction de différentes hypothèses de transmissivité.

Le tableau ci-dessous donne les fourchettes probables, en tenant compte des éléments géométriques issus de la synthèse géophysique

	hypothèse basse*	hypothèse moyenne**	hypothèse haute***
Débit pour une section moyenne de 500 m	0,050 m ³ /s	0,190 m ³ /s	0,330 m ³ /s

* 500 m avec $T = 2.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

** 300 m avec $T = 2.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$; 150 m avec $T = 5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$;
50 m avec $T = 5.10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$

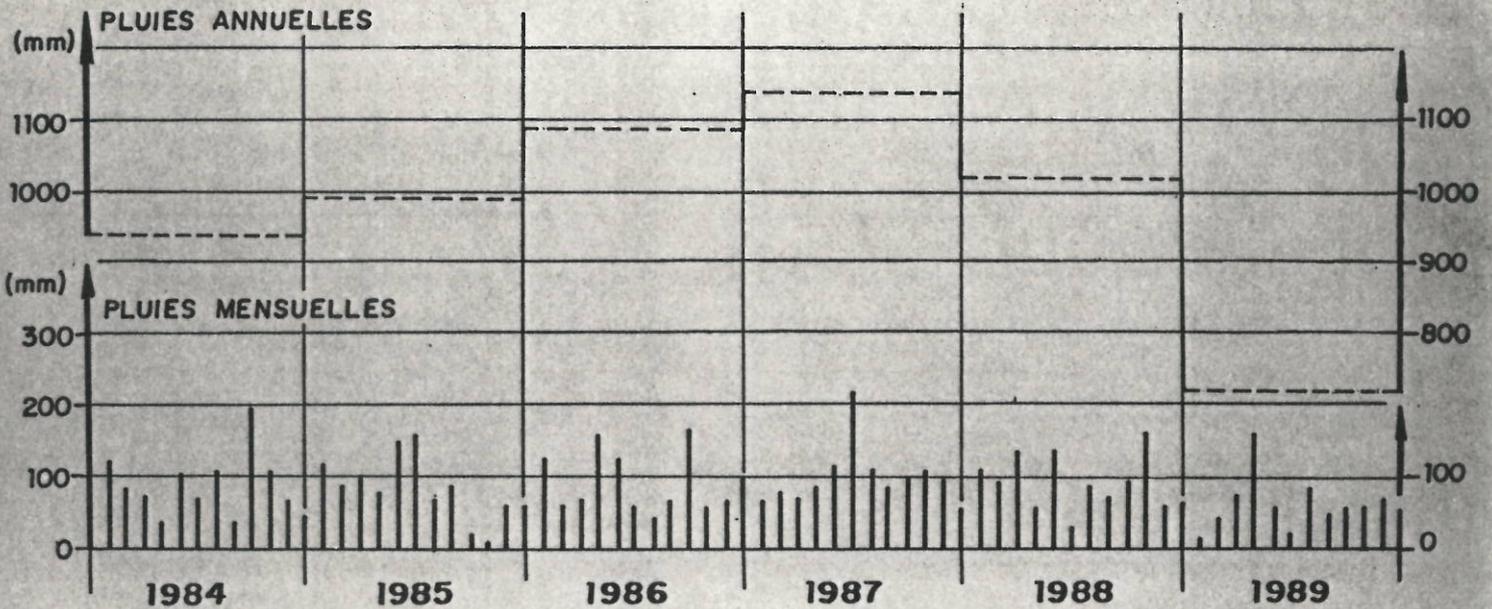
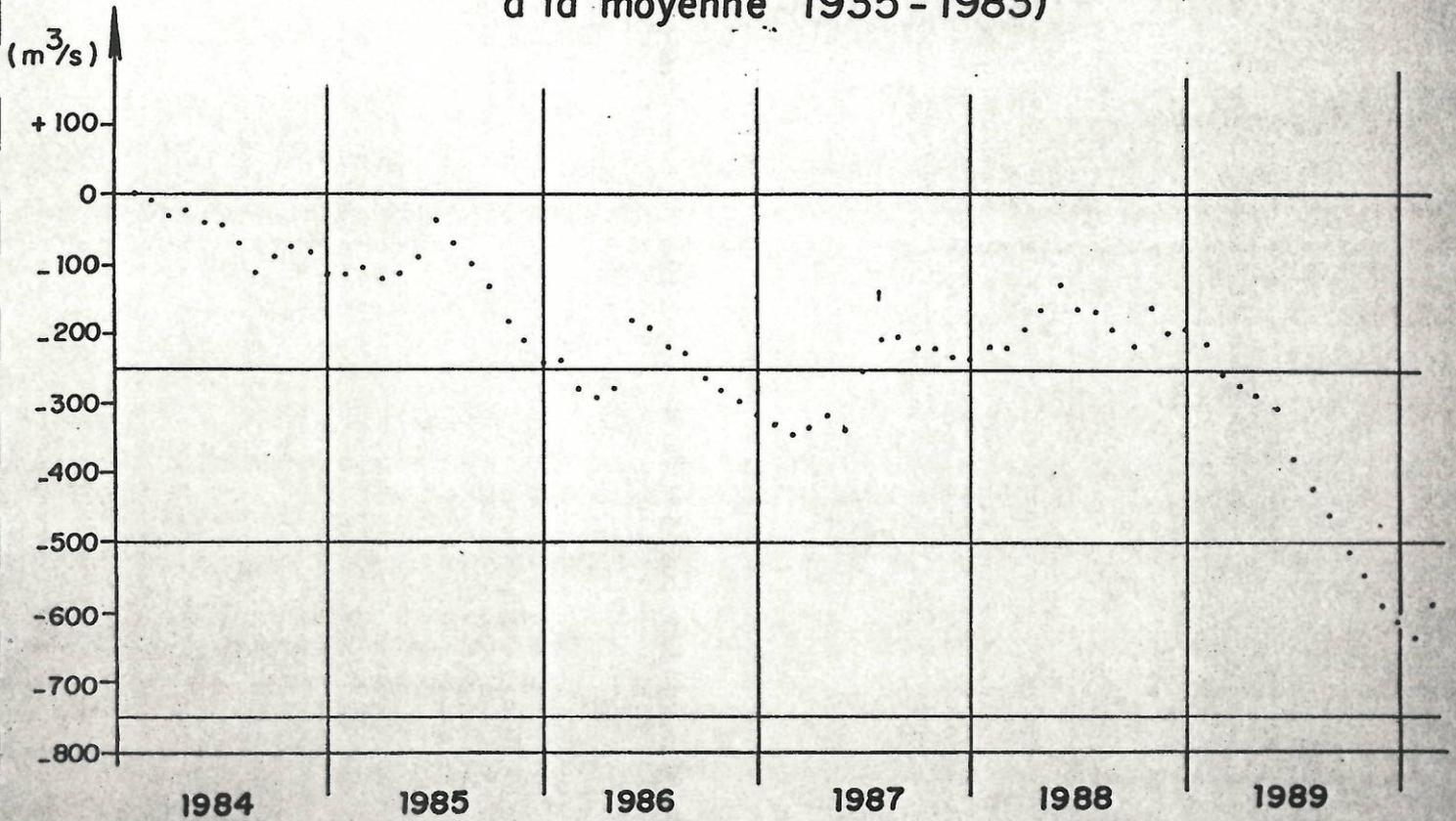
*** 300 m avec $T = 5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$; 100 m avec $T = 5.10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$.

Cet ensemble aquifère captif (nappe interstadiare et sillon profond) est très bien protégé par des formations argileuses glaciaires et/ou fluvio-glaclaires. Son alimentation se fait soit par drainance, soit par apport par des formations de bordures relativement colmatées qui garantissent des temps de transit longs (quelques mesures isotopiques réalisées dans le cadre de la thèse de M. ARMAND semblent le confirmer) et donc une sécurité accrue pour la qualité des aquifères.

b) Evolution des niveaux piézométriques

On dispose sur certains ouvrages d'enregistrements limnigraphiques. La figure 3588-05 illustre l'évolution en 1977, 1987 et 1989 sur les forages A1 (SIVMAA)

Evolution du débit de l'ARVE
à Genève (cumul des écarts
à la moyenne 1935-1983)



PLUVIOMETRIE MENSUELLE ET ANNUELLE
(Station des Contamines)

et Arthaz (DDA). Les résultats sont exprimés en profondeur sous le niveau-repère.

Sur les deux ouvrages, on constate, à dix ans d'intervalle, une baisse significative des niveaux (on a fait figurer les courbes enveloppes des niveaux "haut" et "bas" pour tenir compte de l'influence des pompages instantanés). La baisse de niveau atteint 3 m entre septembre 1977 et septembre 1987 pour le puits A1 du SIVMAA, elle est comprise entre 3 et 5 m suivant la saison sur le puits Arthaz DDA. Sur ce dernier ouvrage, si le niveau de hautes eaux en mai ne varie pas entre 1986 et 1989, le niveau à l'étiage chute dramatiquement avec près de 5 m d'écart entre septembre 1986 et septembre 1989. Il faut toutefois signaler que le contexte hydroclimatique général n'est pas favorable à la recharge des nappes, comme on peut le constater sur la figure 3588-06 qui montre la pluviométrie mensuelle et annuelle à la station des Contamines, entre 1984 et 1989, ainsi que la courbe du cumul des écarts à la moyenne du débit de l'Arve à Genève, qui montre une baisse constante depuis 1984 et une chute spectaculaire entre mai 1988 et janvier 1990. Cette chute est d'ailleurs confirmée sur un piézomètre de référence du réseau SRAE (figure 3688-07), qui montre que la recharge 1988-1989 est inexistante.

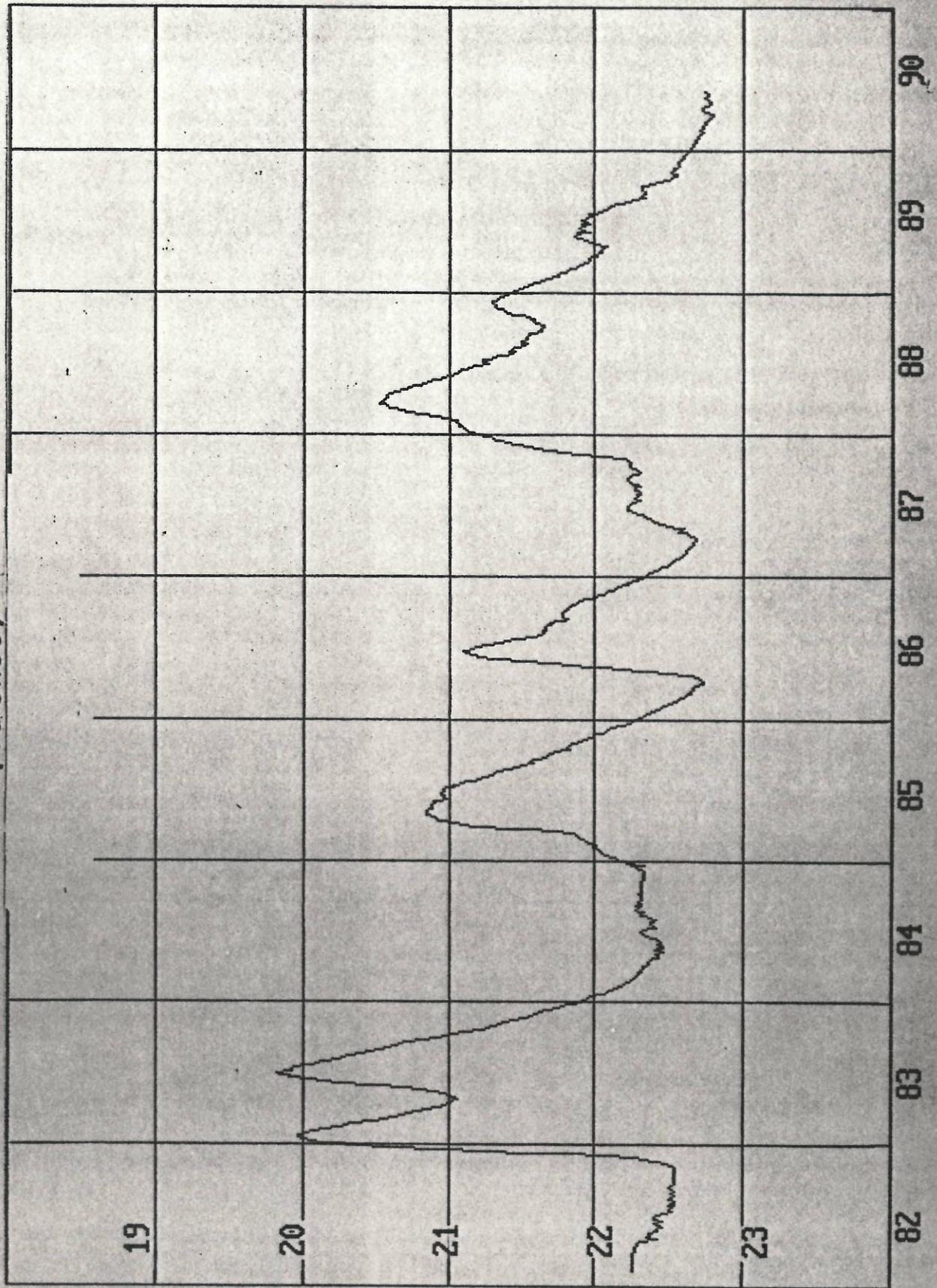
b) Alimentation des aquifères

1) Hydroclimatologie

Le tableau ci-dessous fournit les éléments du bilan hydroclimatique avec des valeurs moyennes 1951-1986 issues de stations disponibles (Annemasse, Contamines, Per Jussy, ajustées au bassin versant quaternaire de la zone d'étude avec les gradients altimétriques.

Gradient pluviométrique moyen	: +75 mm/100 m
Gradient d'évapotranspiration	: -20 mm/100 m
Pluviométrie moyenne	: 1.175 mm
Evapotranspiration moyenne	: 485 mm

FORAGE DE REFERENCE 2611 - NAPPE DES
ALLUVIONS ANCIENNES DE L'ISERE
(Valence)



Niveau statique en m.

La hauteur d'eau disponible pour l'écoulement est donc de 590 mm/an, soit 21,8 l/s/km² de bassin versant. Ce débit se répartit entre l'écoulement superficiel et l'écoulement souterrain.

* Ecoulement superficiel

On peut distinguer deux ensembles, d'une part les cours d'eau majeurs : Arve et Ménoge, et d'autre part les cours d'eau locaux (dont l'ensemble du cours se situe dans la zone d'étude).

L'Arve et la Ménoge

L'Arve, avec une longueur de 11,3 km entre Bonneville et Annemasse, est le cours d'eau principal. La Ménoge, avec 5,9 km dans la zone d'étude, est son principal affluent aval. La Borne marque la limite est de la zone étudiée.

Sur le tableau suivant figurent les principaux éléments de référence concernant les débits de ces deux rivières.

	Stations	Bassin versant	Débit moyen interannuel	Débit spécifique
Arve	La Jonction (1935-1989)	1.976 km ²	78,9 m ³ /s	40 l/s/km ²
Ménoge	Fillinges E.D.F. (1963-1964)	80 km ²	3,4 m ³ /s	42 l/s/km ²
	D.D.A. (1971-1973)	89 km ²	3,1 m ³ /s	35 l/s/km ²

Les données sur la Ménoge sont très partielles et sans doute peu représentatives. Le débit spécifique est probablement plus faible que celui de l'Arve (de l'ordre de 30 l/s/km²).

Les cours d'eau locaux

On ne dispose pas de données continues pour le débit des cours d'eau locaux dont les principaux sont (de l'aval vers l'amont) :

- En rive gauche : le Viaison, le Foron de Reigner, le ruisseau de Sion et le Foron de la Roche.
- En rive droite : il n'existe que des petits ruisseaux dont la longueur est inférieure à 3 km.

Le bassin versant en rive gauche est de 168 km², dont 66 pour le Viaison et le Foron de Reigner. En rive droite, le bassin est de 38 km². Des résultats antérieurs sur le bassin lémanique permettent d'évaluer à 19 ± 1 l/s/km² le débit spécifique de ce type de cours d'eau. Le débit global de ces cours d'eau locaux est donc de 3,7 m³/s et 4,1 m³/s.

* Ecoulement souterrain

Le débit disponible pour l'écoulement sur la zone étudiée a été évalué à 21,8 l/s/km², soit près de 4,5 m³/s sur les 206 km² de bassin versant quaternaire concerné. Une partie de ce débit alimente l'écoulement superficiel (ruissellement direct, écoulement hypodermique, "crue" différée des eaux souterraines), mais une partie alimente ce qu'il est convenu d'appeler les réserves dynamiques des eaux souterraines. Les études menées depuis 20 ans au Centre de Recherches Géodynamiques de Thonon permettent d'évaluer, pour les terrains quaternaires de la région lémanique, ce débit entre 2 et 4 l/s/km², soit 0,4 à 0,8 m³/s sur les 206 km² de bassin versant local.

La comparaison entre les débits de l'Arve à Genève (jonction) et ceux à Arthaz (station EDF), montre un accroissement de l'ordre de 6,9 m³/s, dont $3,2 \pm 0,2$ aux petits cours d'eau (Seimaz, Foron...). L'excédent est de l'ordre de 0,8 m³/s et pourrait s'expliquer par une vidange de la "nappe" au droit du verrou d'Etrembières (et/ou des apports souterrains provenant du Salève).

C. EXPLOITATION DE L'AQUIFERE

Nous n'avons pas pu disposer d'éléments récents et fiables sur l'exploitation actuelle de ces formations aquifères. Cette partie de l'étude fera l'objet d'une note technique ultérieure lorsque ces renseignements auront été vérifiés et

compilés. A titre indicatif, en 1986, les prélèvements dans l'aquifère principal étaient de l'ordre de $5,6.10^6$ m³/an (SIVMAA, la Roche, Syndicat des Rocailles, Syndicat des voirons). Ce débit représente près de 180 l/s, soit entre 30 et 15 % du débit alimentant les réserves dynamiques sur l'ensemble des nappes de la région.

D. CHIMIE DES EAUX

L'étude de la qualité chimique des eaux dans les différents systèmes aquifères de la basse vallée de l'Arve a été réalisée de façon détaillée par M. ARMAND (1978). Sur le diagramme triangulaire de Piper⁽²⁾ ci-après, nous avons reporté les domaines de variations pour les différents ensembles aquifères.

Il n'existe que peu de contraste entre les différents types d'eaux rencontrées qui sont toutes du type bicarbonaté calcique légèrement magnésiennes.

- Les eaux des nappes superficielles sont groupées près du pôle calcique et s'étendent vers le pôle magnésien (traduisant pour certaines un apport d'eau "profonde". On observe également une évolution vers le pôle (CP + NO₃ + SO₄), traduisant l'influence de pollution locale (chlorure par l'autoroute ou nitrates par l'agriculture).
- Les eaux des "nappes interstadières" se retrouvent dans le domaine de variation des eaux des nappes superficielles, mais elles constituent un groupe plus homogène légèrement décalé vers le pôle magnésien. Ce phénomène traduit l'évolution Ca → Mg liée à un temps de séjour plus long dans l'aquifère.
- Les eaux de la nappe profonde. L'évolution vers le pôle magnésien est encore plus sensible avec de plus une très légère tendance sodique. Nous avons différencié dans cet ensemble la zone du Nant ou les teneurs en sulfates

⁽²⁾ Il s'agit en fait de diagramme de Piper restreint aux eaux bicarbonatées calciques et magnésiennes

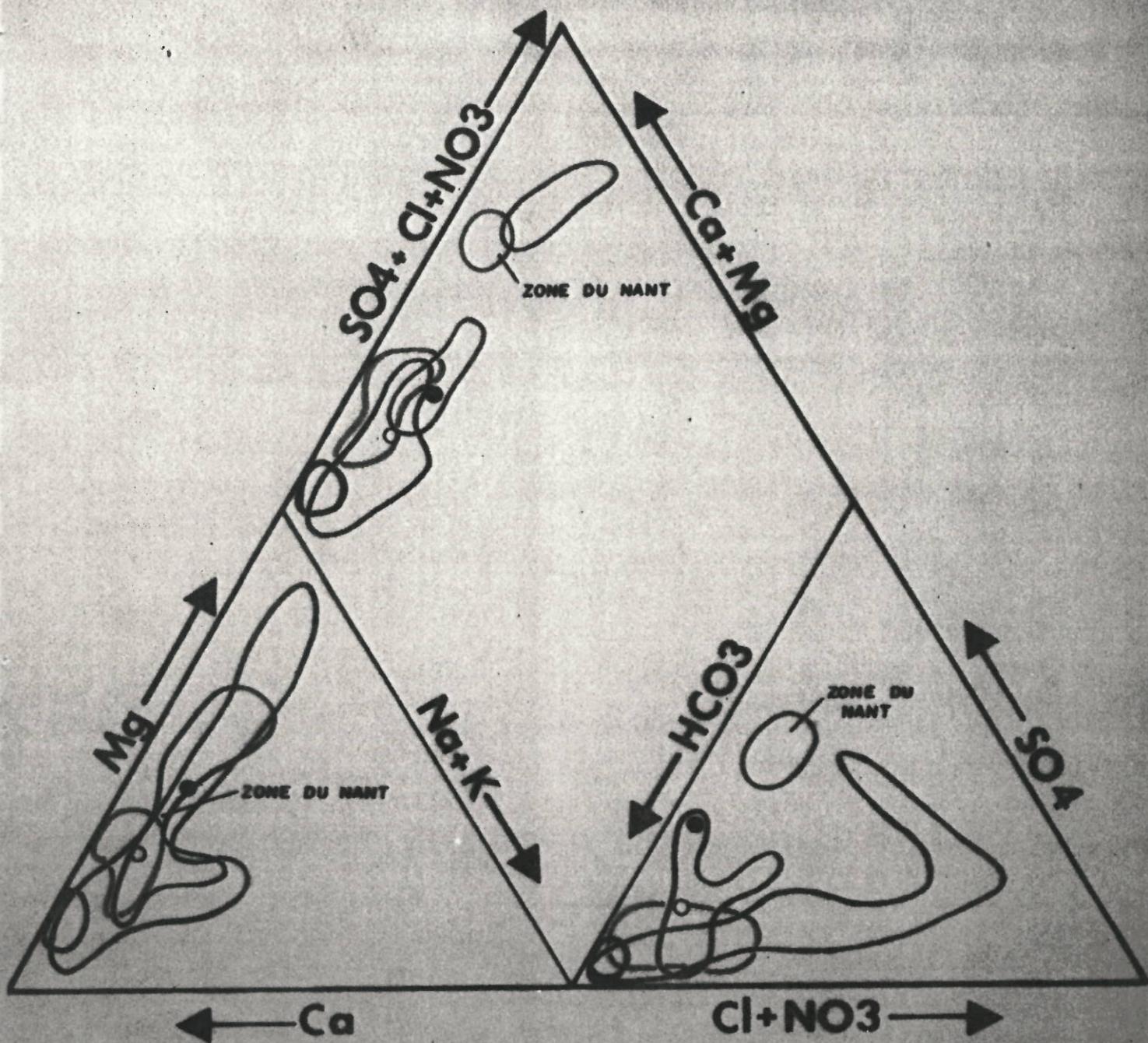


DIAGRAMME de PIPER

- NAPPE SUPERFICIELLE
- NAPPE PROFONDE
- NAPPE INTERSTADIAIRE
- SOURCES LIEES AUX CALCAIRES
- DDA ARTHAZ
- DDA MENOSE

relativement élevées (70 à 80 ppm) déplacent le faciès chimique vers le pôle $[SO_4]$ au détriment du pôle $[HCO_3]$ par rapport au forage DDA Arthaz ; ce pôle est caractéristique des eaux superficielles et ce phénomène pourrait confirmer les infiltrations d'eau superficielle au droit de cet ouvrage. Cet apport d'eau superficielle a été montré par des mesures de résistivité et de température, par contre il n'est pas sensible à l'analyse des variations piézométriques.

E. CONCLUSIONS PARTIELLES

Les trois systèmes aquifères de la basse vallée de l'Arve et de la Ménoge (on ne peut en effet à proprement parler de nappes), ont des extensions et des intérêts variables pour leur utilisation.

L'intérêt de la nappe alluviale superficielle est très limité, à la fois pour des questions de potentiel (perméabilité médiocre et faible épaisseur) et pour des critères de qualité.

Les nappes "perchées" de terrasses ou de versant contribuent pour partie à l'alimentation des formations "profondes" et en cela on doit insister sur l'intérêt de protéger leur qualité. Leur exploitabilité est faible ou nulle, en raison de leur extension toujours limitée.

Les nappes interstadias et les sillons de surcreusement constituent évidemment l'ensemble aquifère le plus intéressant de cette zone. Compte-tenu de la qualité de leur réservoir, ils permettent de transiter l'essentiel de l'excédent mis en évidence par le bilan hydroclimatique, soit, d'après notre évaluation, entre 0,4 et 0,8 m³/s. Même si on retient l'évaluation basse, ce chiffre est supérieur aux prélèvements actuels dans ce système. Il y a donc une contradiction apparente entre les évolutions piézométriques observées et les éléments fournis par le bilan. Si on admet que l'évaluation du bilan est correcte⁽³⁾, la fourchette basse de ce débit excédentaire reste du même ordre de

⁽³⁾ Il n'y a pas de raison que la zone de la basse vallée de l'Arve présente un régime fondamentalement différent des autres systèmes aquifères locaux : Bas Chablais, pays de Gex ...).

grandeur de l'évaluation du débit susceptible de transiter dans les formations profondes, compte-tenu de leur qualité (0,19 m³/s pour le sillon principal) ; il convient donc d'étudier les évolutions piézométriques non pas dans l'environnement immédiat des zones de captage où les conditions locales de prélèvement peuvent être le facteur dominant, mais sur les zones d'alimentation ou de transit de la nappe.

-oOo-

IV. CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS

A. SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES SYSTÈMES AQUIFÈRES

Nous avons représenté sur la figure 3588-04 une carte de la qualité des formations aquifères existantes avec, en ce qui concerne la formation aquifère profonde, les courbes d'égale épaisseur des graviers perméables (d'après la géophysique et les sondages). Trois plages de qualité ont été retenues :

- $T < 1.10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, pour les zones de terrasses ou de versants, avec des nappes très peu épaisses, discontinues et avec de fréquentes intercalations argileuses.
- $5.10^{-5} < T < 5.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, avec des zones ou des aquifères potentiellement intéressants existent, mais les formations aquifères sont discontinues, à la fois en géométrie et en qualité.
- $5.10^{-3} < T < 5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. En fait, localement la transmissivité est sans doute supérieure à $5.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ dans l'axe du sillon surcreusé, mais nous avons retenu une valeur moyenne.

Par ailleurs, dans la partie à l'amont du pont de Bellecombe du cours de l'Arve, nous avons délimité la plaine alluviale récente (lit mineur).

Forages de reconnaissance

Six emplacements de forage sont proposés classés par ordre d'importance :

- N°1 et N°2 (éventuellement N°4), dans l'axe principal, pour mesurer le gradient réel de la nappe à l'amont de la zone du Nant.

- N°3, pour confirmer l'existence du sillon de surcreusement de la liaison Arve-Ménoge. Ce forage devra être précédé d'une campagne de géophysique détaillée (8 à 10 panneaux électriques haute résolution).
- N°5 et N°6, pour préciser les gradients aval et confirmer la qualité des alluvions profondes.

Modélisation

Nous avons par ailleurs tracé les limites du secteur qui pourrait être modélisé, compte-tenu des informations actuellement disponibles. Le maillage 250×250 m devra être ramené à 50×50 m dans le secteur nord-ouest de la zone d'étude (surligné sur la figure 3588-04).

On retiendra un système bicouche : une couche pour les formations superficielles discontinues (zone orange, verte et bleue) et une couche pour l'ensemble nappe interstadaire et sillon de surcreusement (zone verte et bleue).

Nous suggérons les conditions aux limites suivantes :

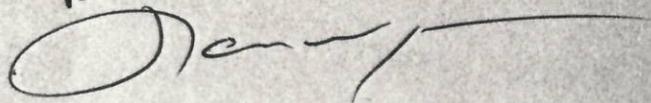
- Arve et Ménoge : condition de drain, avec coefficient de transfert variable.
- Infiltration : 3 l/s/km^2 .
- Condition de flux sur les mailles périphériques en fonction des bassins versants concernés, avec 3 l/s/km^2 sur la rive droite et 4 l/s/km^2 en rive gauche.

Le calage se fera en régime transitoire à deux échelles : d'une part dans la zone du Nant à l'aide des essais de pompages disponibles (étude C.P.G.F. N°1501 en particulier, mais d'autres essais devront être réalisés), mais également à partir du suivi sur un an sur les puits existants et les nouveaux piézomètres.

- Enveloppe financière prévisible (prix 1990)

- * Piézomètres de 40 à 60 m, l'unité : 75.000 F \pm 15.000 F.
- * Géophysique électrique : 55.000 F - 65.000 F
- * Modélisation mathématique : 200.000 F \pm 20.000 F.

E. SIWERTZ
Directeur du Bureau Lyon Sud-Est

Es


ANNEXE 1

INVENTAIRE ET LOCALISATION

DES FORAGES ET ESSAIS DE LA ZONE D'ARTHAZ

INVENTAIRE ET LOCALISATION DES FORAGES ET ESSAIS
DE LA ZONE D'ARTHAZ

FORAGE S.I.V.M. N°2 (x = 903,68 ; y = 135,75)

Exécuté du 17/07/1968 au 22/08/1968 par l'entreprise COLLET.

ø 1080 mm, équipé en ø 470 mm de 0 à 40 m, crépiné de -28 à -40 m, N.S. 3,20 m (puits imparfait).

- Essai du 13 au 18/09/1968 (200 m³/h).

FORAGE S.I.V.M. N°3 (x = 903,45 ; y = 135,75)

Exécuté le 4/06/1974 par l'entreprise COLLET.

ø 680 mm, équipé en ø 470 mm de 0 à 36 m, crépiné de -21 à -36 m, N.S. -3,8 m (puits imparfait).

- Essai du 24 au 29/06/1974 (420 m³/h).

FORAGE S.I.V.M. N°4 (x = 903,38 ; y = 135,85)

Exécuté le 30/11/1974 par l'entreprise COLLET

ø 680 mm, équipé ø 470 mm de 0 à 36,25 m, crépiné de -25 à -36,25 m, N.S. -2,2 m (puits imparfait).

FORAGE B.R.G.M. (x = 903,6 ; y = 135,3)

Réalisé en janvier 1973 par INTRAFOR-COFOR

ø 310 mm, équipé ø 220 mm de 0 à 114, crépiné 20/10 de -18 à -36 m et de -66 à -108 m, N.S. -1,3 m.

- Essai de pompage du 18/01/1973 au 20/01/1973 (62 m³/h).

FORAGE DDAF - ARTHAZ-ARVE (x = 903,95 ; y = 135,65)

Exécuté du 8/11/1974 au 25/02/1975 par l'entreprise CINQUIN.

Foré en ø 800 mm, équipé en ø 650 mm avec des crépines à nervures repoussées 20/10 de -15,6 à -47,9 m et ø 450 de -47,9 à -55,9.

1 piézomètre à 15 m. N.S. -10,1 m (nappe captive).

- Essais de pompage du 14/02/1975 au 18/02/1975 (700 m³/h)

- Essais de pompage du 20/04/1976 au 24.04.1976 (760 m³/h).

FORAGE N°4 CINQUIN (x = 903,4 ; y = 135,8)

Exécuté en septembre et octobre 1986 par l'entreprise CINQUIN.

Foré en ϕ 1500 mm de 0 à -29,3 m, en ϕ 1.250 mm de -29,3 à -42,8 m.

Equipé en :

- * acier plein ϕ 1300 m de + 0,7 à -5,3 m, ϕ 1370 mm de -5,3 à -27,3 m.
- * inox crépiné ϕ 800 mm de -27,3 à -40,3 m, nervures repoussées de 15/10.
- * inox plein ϕ 800 mm de -40,3 à - 41,8 m.
- Essai de pompage du 9 au 13/10/1986 (80 à 280 m³/h).

FORAGE N°5 CINQUIN (x = 903,7 ; y = 135,8)

Exécuté en novembre 1986 par l'entreprise CINQUIN.

Foré en ϕ 1250 mm de 0 à -45 m.

Equipé en :

- * acier plein de 800 mm de +1 à -24 m
- * inox crépiné ϕ 800 mm de -24 à -42 m, nervures repoussées de 15/10)
- * inox plein ϕ 800 mm de -42 à -44 m
- Essais de pompage du 25/11 au 1/12/1986 (130 à 140 m³/h).

SONDAGE N°1 CINQUIN (x = 903,9 ; y = 135,8)

Exécuté en décembre 1986 par l'entreprise CINQUIN.

Foré en ϕ 100 mm de 0 à -52 m.

Equipé d'un tube PVC ϕ 80 mm conservé comme piézomètre.

FORAGE DE CREUZE (x = 902,00 ; y = 137,3)

Réalisé le 27/06/1968 par l'entreprise COLLET

ϕ 1080 mm, équipé ϕ 470 mm de 0 à 21,5 m, crépiné de -14,5 à 20,5 m.

N.S. -1,9 m (puits imparfait)

- Pas d'essai disponible

FORAGE DDAF ARTHAZ - MENOGE (x = 903,75 ; y = 138,02)

Exécuté en octobre 1975 par l'entreprise Cinquin.

ϕ 1080 mm de 0 à - 20,7 m et ϕ 880 de -20,7 à - 56,4 m. Equipé ϕ 650 mm, crépine à nervures repoussées 25/10 de 16,4 à 56,4 m.

1 piézomètre à 15 m. N.S 12,0 m

- Essais de pompage du 14/12/1975 au 23/12/1975 (1000 m³/h)
- Essais de pompage du 3/05/1976 au 9/05/1976 (1100 m³/h).

FORAGE PONT NEUF 1 (x = 904,7 ; y = 135,45)

Exécuté du 13/01/1958 au 4.02.1958 par la S.I.F.

∅ 340 mm de 0 à 3 m, ∅ 240 mm de 3 à 15,8 m, ∅ 191 mm de 15,8 à 21 m,
∅ 165 mm de 21 à 25,5 m, ∅ 140 mm de 25,5 à 33,5 m, ∅ 113 de 33,5 à 35 m.

Alluvions de 0 à 35 m. N.S. -3m.

- Essais Lefranc

FORAGE PONT NEUF 2 (x = 904,80 ; y = 135,45)

Exécuté du 7/02/1958 au 17/02/1958 par la S.I.F.

∅ 340 mm de 0 à 3 m, ∅ 240 mm de 3 à 15,85 m, ∅ 191 de 15,85 à 18,70 m,
∅ 155 de 18,70 à 22,80 m.

Alluvions de 0 à 22,80 m. N.S. -1,1 m

- Essais Lefranc

FORAGE PONT NEUF N°3 (x = 904,80 ; y = 134,65)

Exécuté du 22/02/1958 au au 4/03/1958 par la S.I.F.

∅ 254 de 0 à 1,5 m, ∅ 191 de 1,5 à 15,6 m, ∅ 165 de 15,6 à 21,45 m, ∅ 114 de
21,45 à 23,50 m, ∅ 90 de 23,5 à 25,20 m.

Alluvions de 0 à 25,20 m. N.S. à -1,10 m.

- Essais Lefranc

PK 4,450 (x = 901,90 ; y = 138,02)

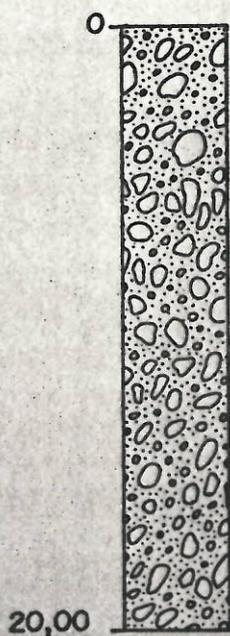
Exécuté du 9/12/1957 au 31/12/1957 par la S.I.F.

∅ 340 de 0 à 3 m, ∅ 240 de 3 à 12 m, ∅ 191 de 12 à 22 m, ∅ 165 de 22 à
27 m, ∅ 114 de 27 à 35 m.

Alluvions de 0 à 35 m. N.S. -7,0 m.

- Pas d'essais (Equipé en piézomètre).

x = 900,8
y = 139,5

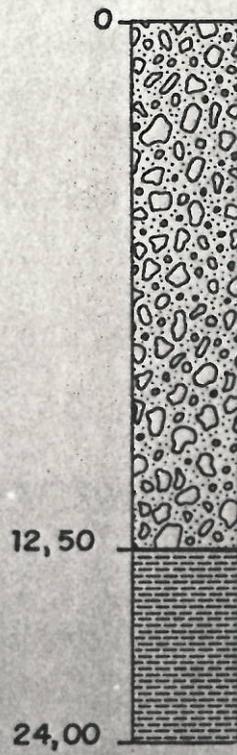


ANNEMASSE (CM 2-2)

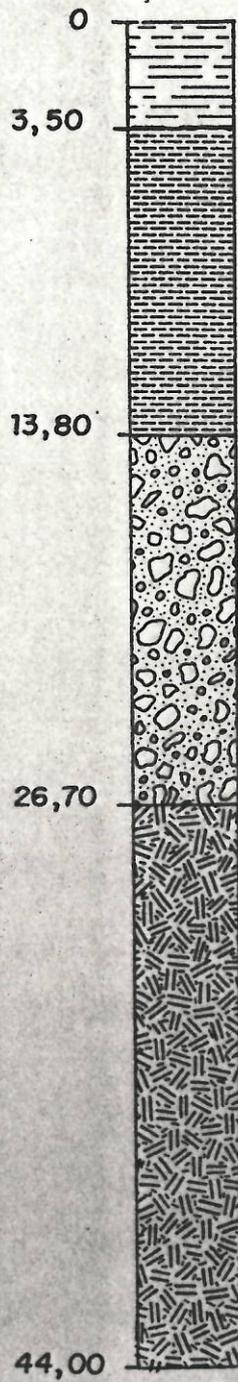
x = 900,8
y = 139,5



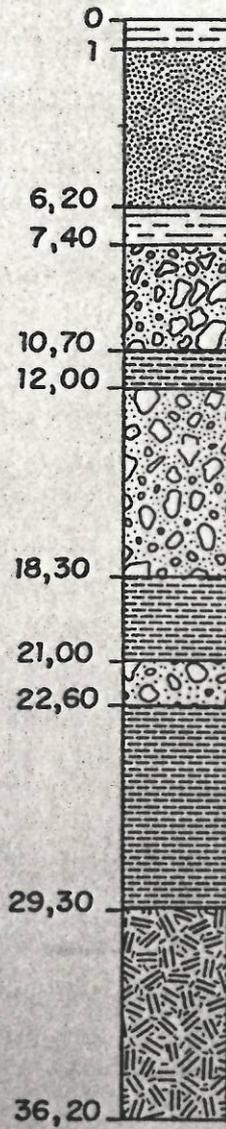
x = 899
y = 139



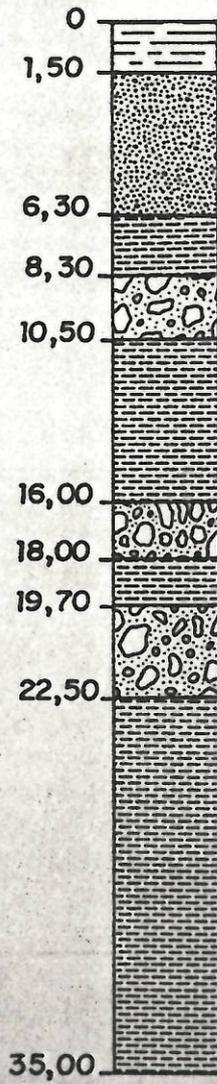
x = 899,7
y = 138,8



x = 901
y = 138,3

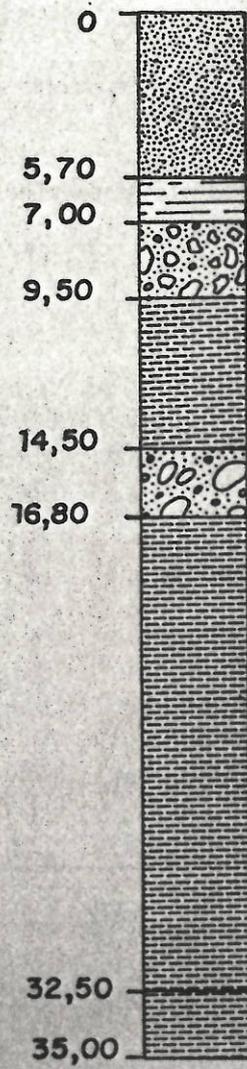


x = 901
y = 138,3



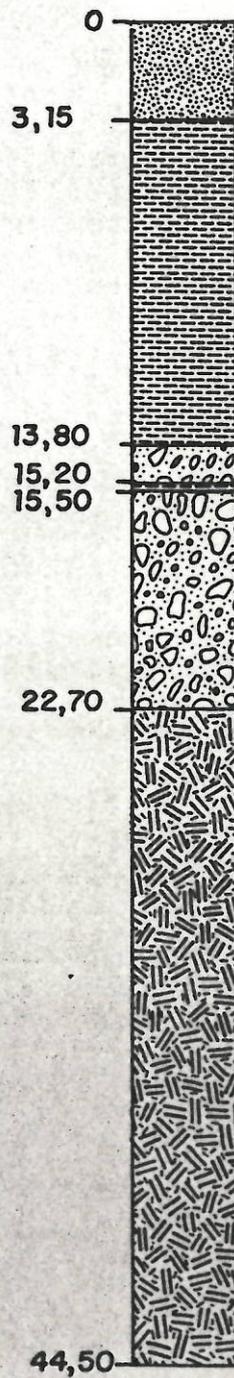
E.D.F. ETREMBIERE (SIF 1957 3)

x = 901
y = 138,3



FORAGE DE CREUZE (SIVOM ANNEMASSE)

x = 902
y = 137,3

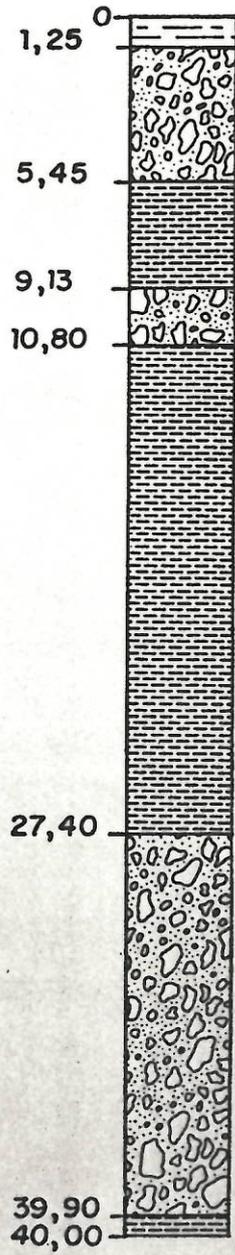


x = 903,9
y = 135,6



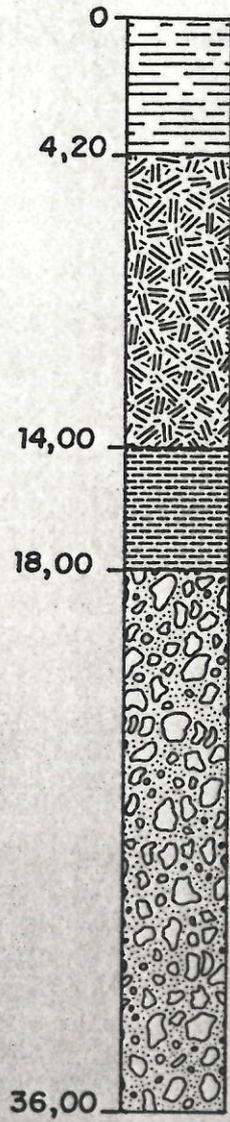
COLLET N°2 (SIVOM ANNEMASSE)

x = 903,3
y = 135,8



COLLET N°3 (SIVOM ANNEMASSE)

x = 903,3
y = 135,8



COLLET N°4 ARTHAZ (SIVOM ANNEMASSE)

x = 903,3
y = 135,8



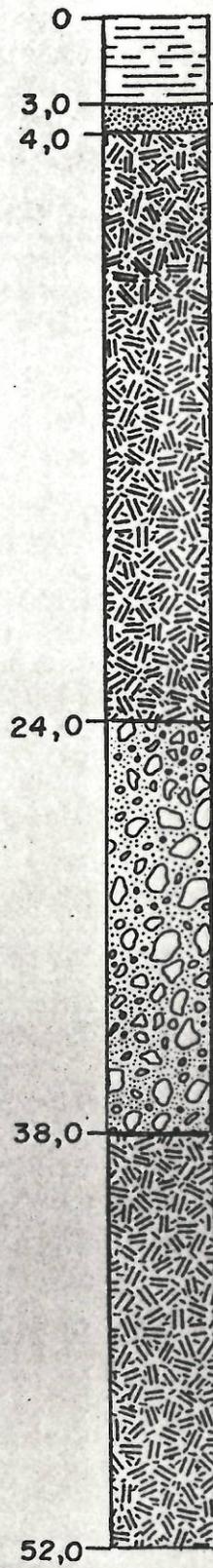
x = 903,9
y = 135,8



ARTHAZ SIVMAA S1 (CINQUIN 12/1986)

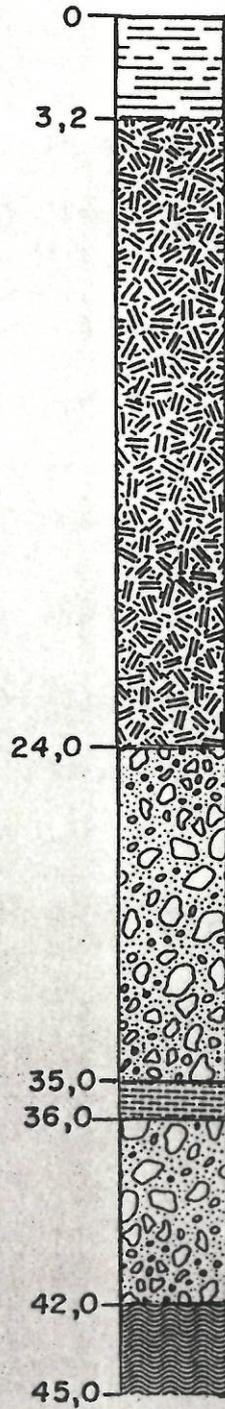
x = 903,9

y = 135,8



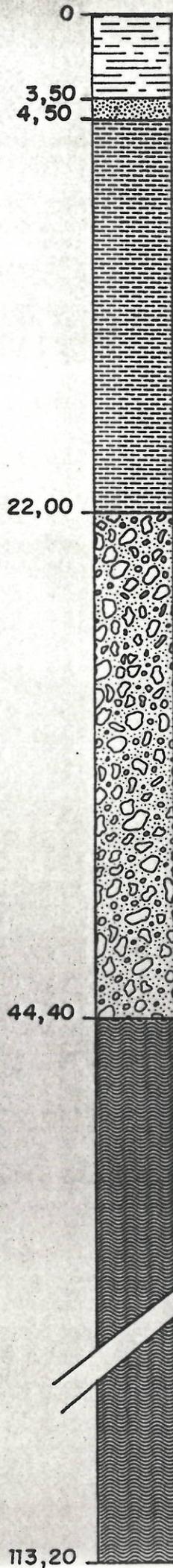
ARTHAZ SIVMAA F5 (CINQUIN 08/12/86)

x = 903,7
y = 135,8



x = 903,6
y = 135,3

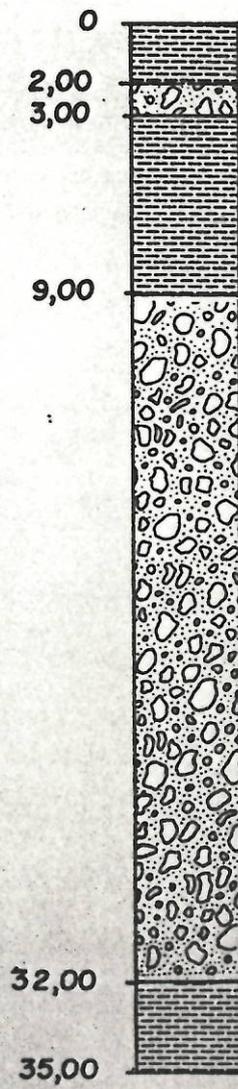
ARTHAZ
(BRGM INTRAFOR
01/1973)



113,20

x=904,8

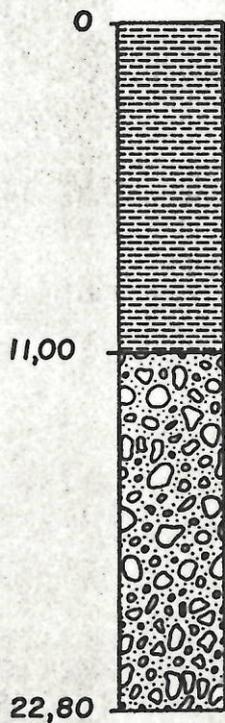
y=135,5



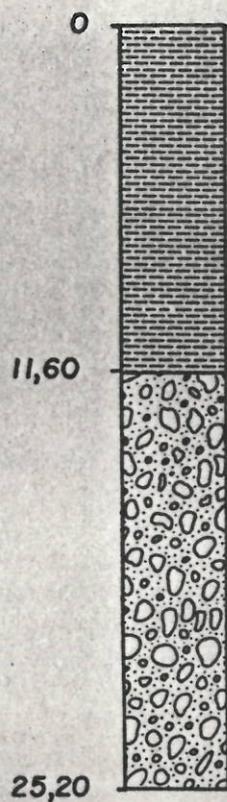
E.D.F. PONT NEUF N°2 (SIF 1958)

x=904,8

y=135,5

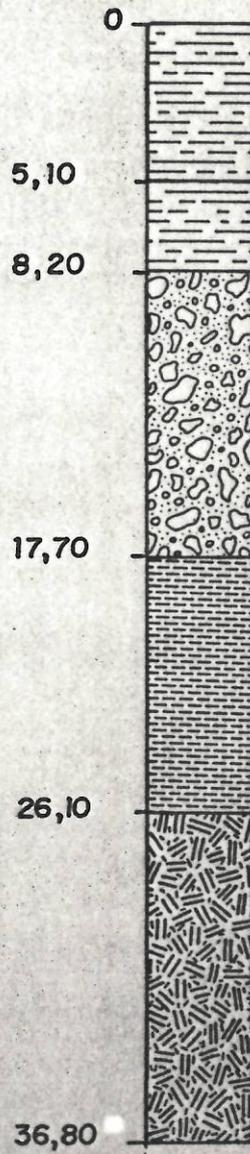


E.D.F. PONT NEUF N°3 (SIF 1958)



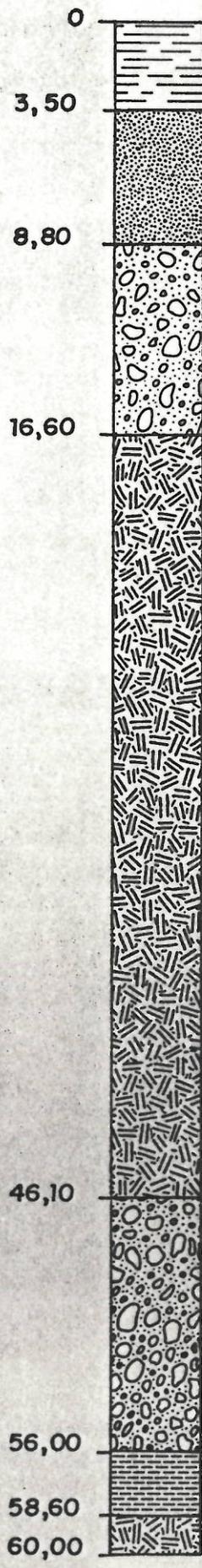
CRANVES SALES N°2 (CINQUIN 1970)

x = 905,3
y = 139,8



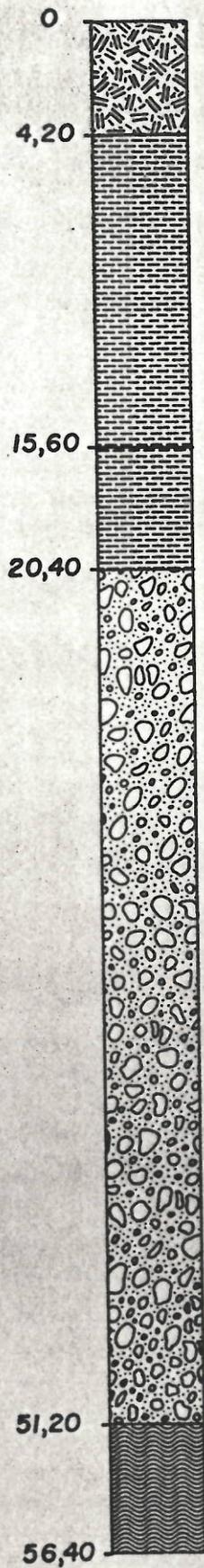
LES ROSSES CRANVES-SALES N°1
(CINQUIN 1970)

x = 904,8
y = 140,8



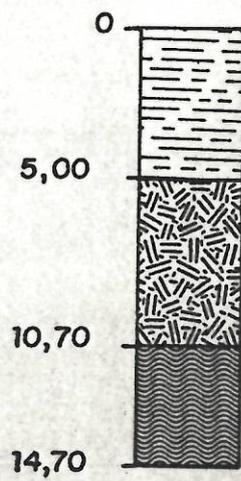
x = 903,7

y = 138,0



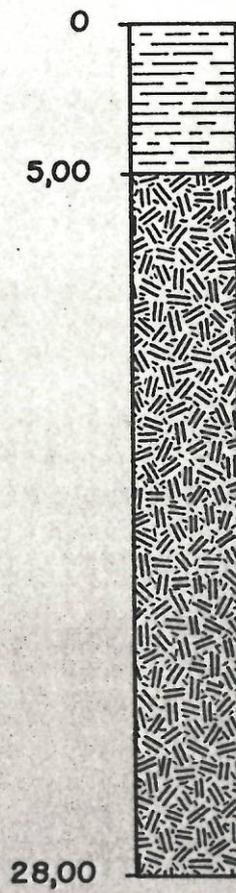
LE THIOLLAS (CM 2-7)

x = 906,5
y = 135,5



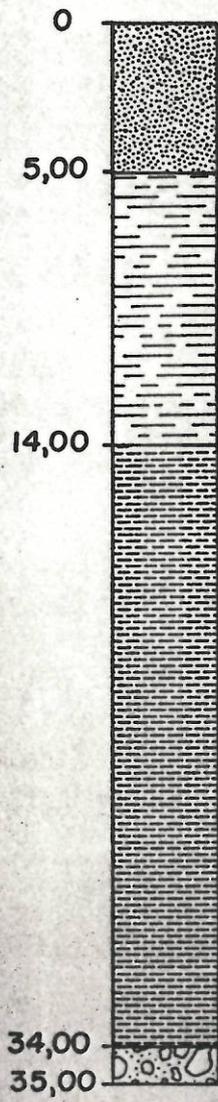
BELLECOMBE (CM 6-7 ET 7-7)

x = 907,5
y = 134,1



x=901,9

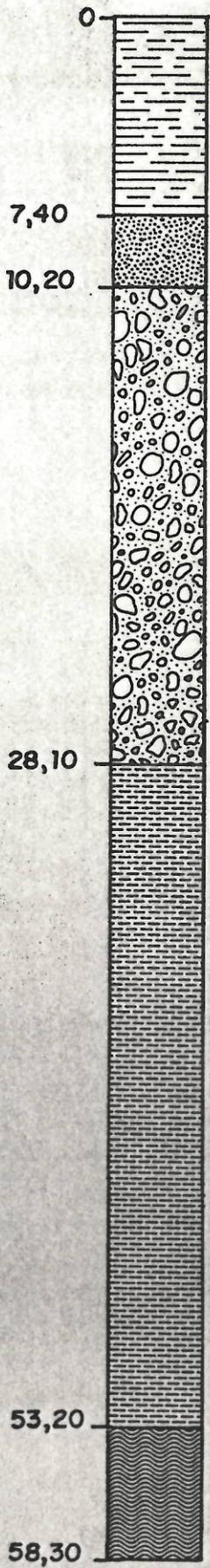
y=138,0



FORAGE DU PONT (CM 1-6 ET 6-6)

x = 901,7

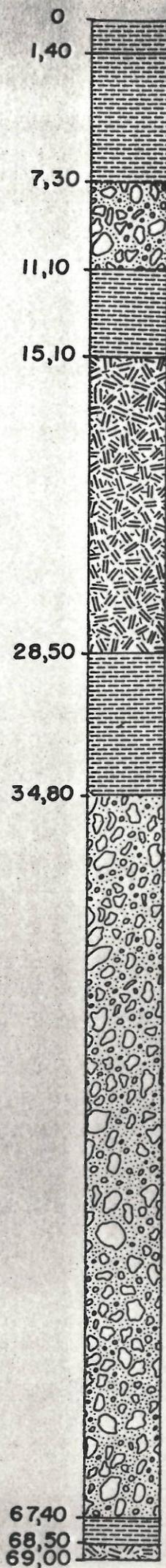
y = 137,2



x=907,7

y=132,0

SCINTRIER N°2
(CINQUIN 1973)



x=907,7

y=132,0



SAINT PIERRE DE FAUCIGNY
(CINQUIN 1971)

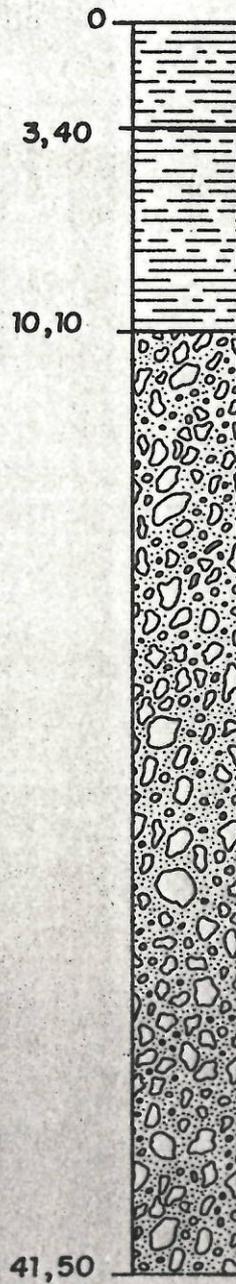
x=913,0

y=127,3



LA ROCHE SUR FORON - PASSERIER N°1
(CINQUIN 1969)

x = 911,2
y = 127



LA ROCHE SUR FORON PUITIS
(SONDARALP 02/1970)

x=911

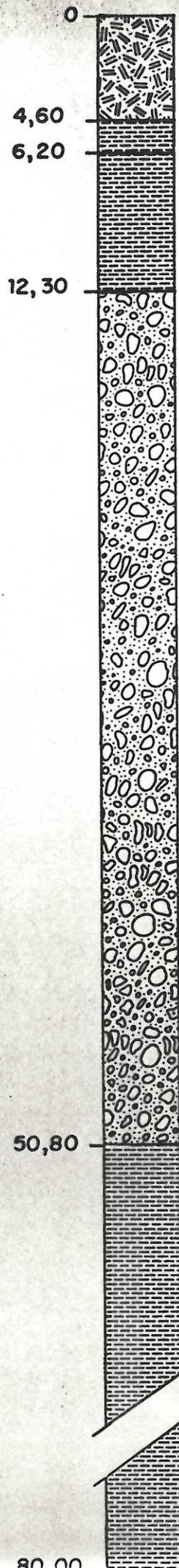
y=127,5



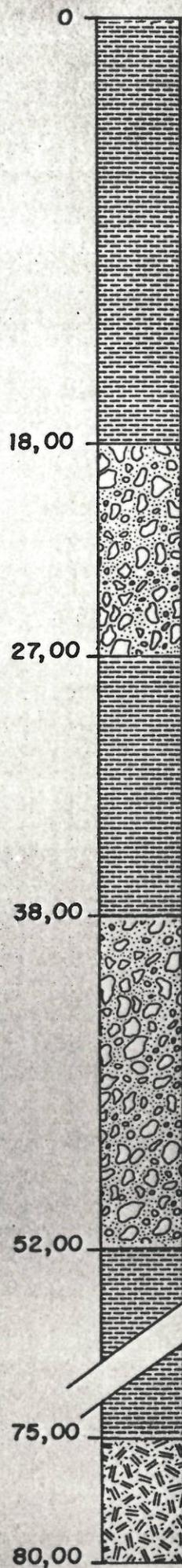
LA ROCHE SUR FORON
PASSERIER N°2

(CINQUIN 1969)

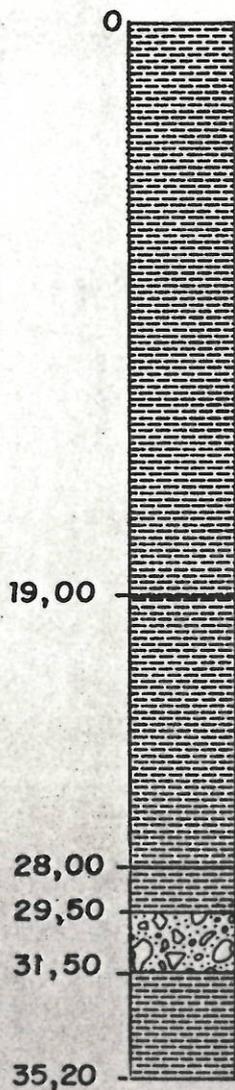
x = 911,2
y = 127



x = 913,1
y = 134,7

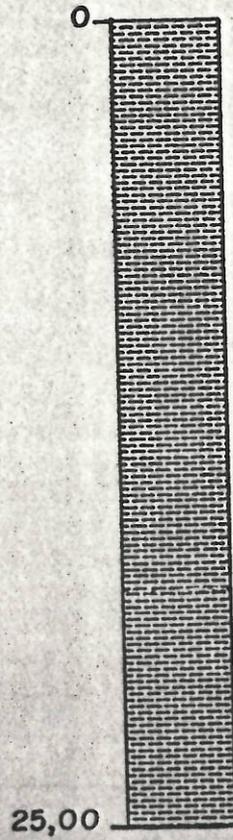


x = 913,7
y = 135,0



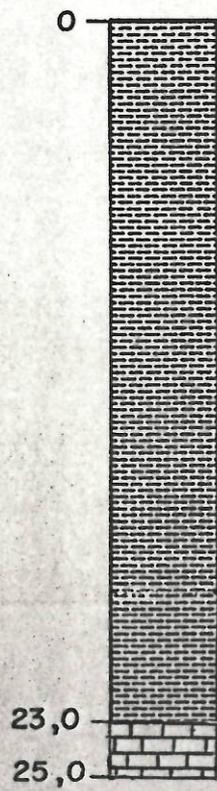
VIUZ EN SALLAZ F2 (CINQUIN 1980)

x = 912,6
y = 135



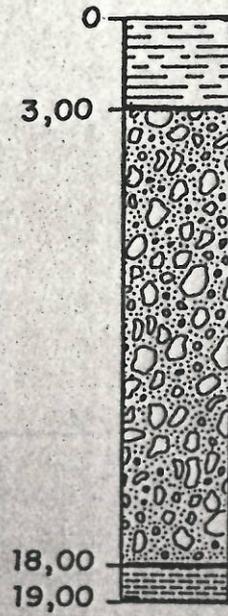
VIUZ EN SALLAZ F3 (CINQUIN 1980)

x = 912,1
y = 134,8



PEILLONNEX (CINQUIN 1981)

x = 913,1
y = 134,1



ANNEXE 2

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

DOCUMENTS GENERAUX

- Carte géologique au 1/80.000 Annecy.
- Carte géologique au 1/25.000 Genève (feuille N°1301).
- Carte géologique au 1/250.000 Genève - Lausanne.
- Photographies aériennes correspondant aux couvertures topographiques Annecy-Bonneville XXXIV 30 (série 70.3329.3429/300 et 68.3330.3430/250).
- Cartes topographiques I.G.N. 1/50.000 et 1/25.000.
- Travaux et thèses des Universités de Paris, Genève, Grenoble et Chambéry (en particulier MM. AMBERGER, ARMAND, DOUDOUX, VIAL ...).
- Enquêtes des Géologues Officiels de la Haute Savoie.
- Données climatologiques de la Météorologie Nationale et du SRAE Rhône-Alpes.
- Données hydrométriques E.D.F. et des Services des Industriels de Genève.

ETUDES PONCTUELLES

B.R.G.M. JAL 75/36 - Approche hydrogéologique de la vallée de l'Arve.

Etudes B.E.G.G :

- R111 (novembre 1966) - Etude hydrogéologique de la vallée de l'Arve (aval)
- R170 (novembre 1966) - Etude hydrogéologique de la vallée de l'Arve (amont).

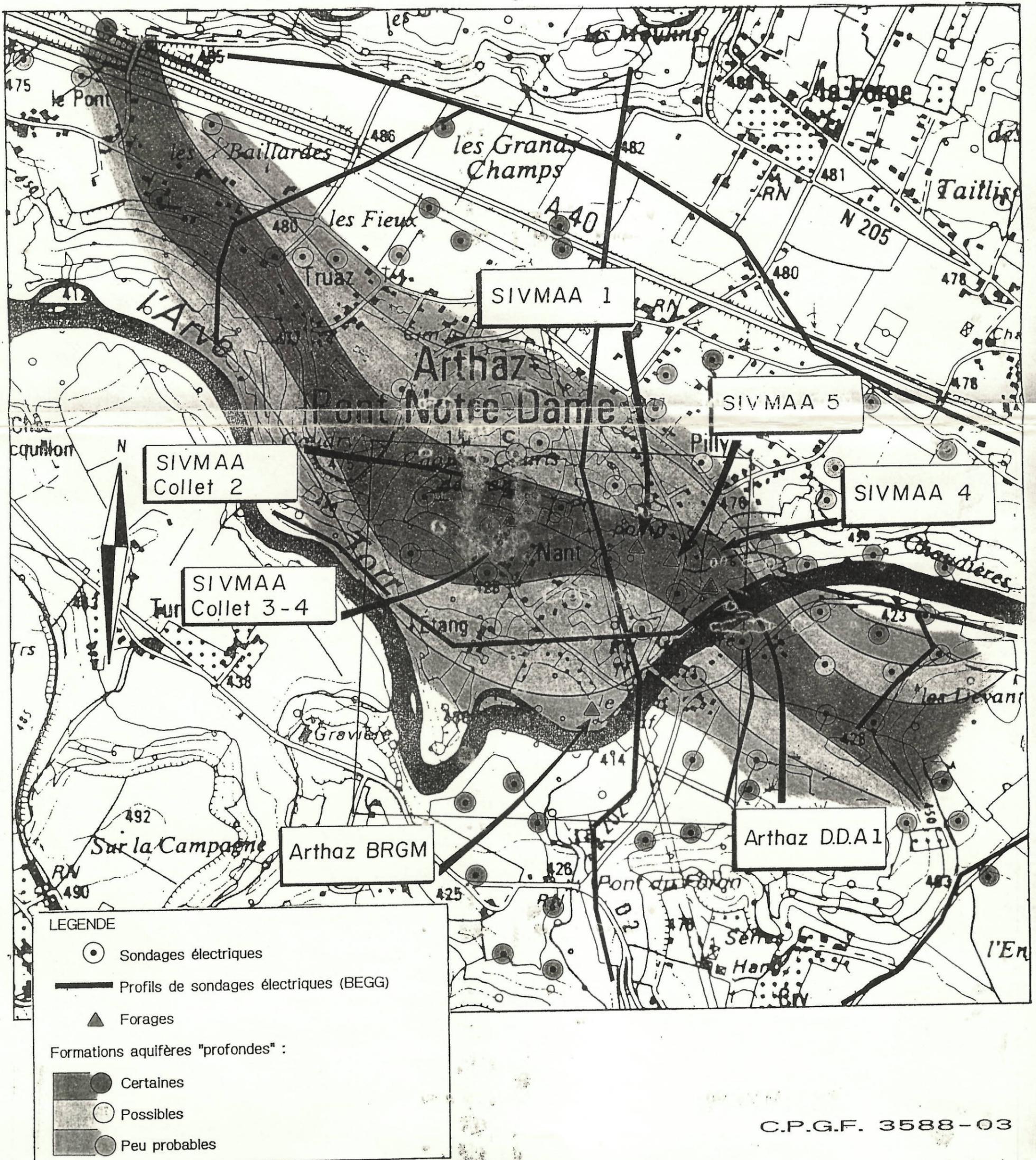
Etudes C.P.G.F.

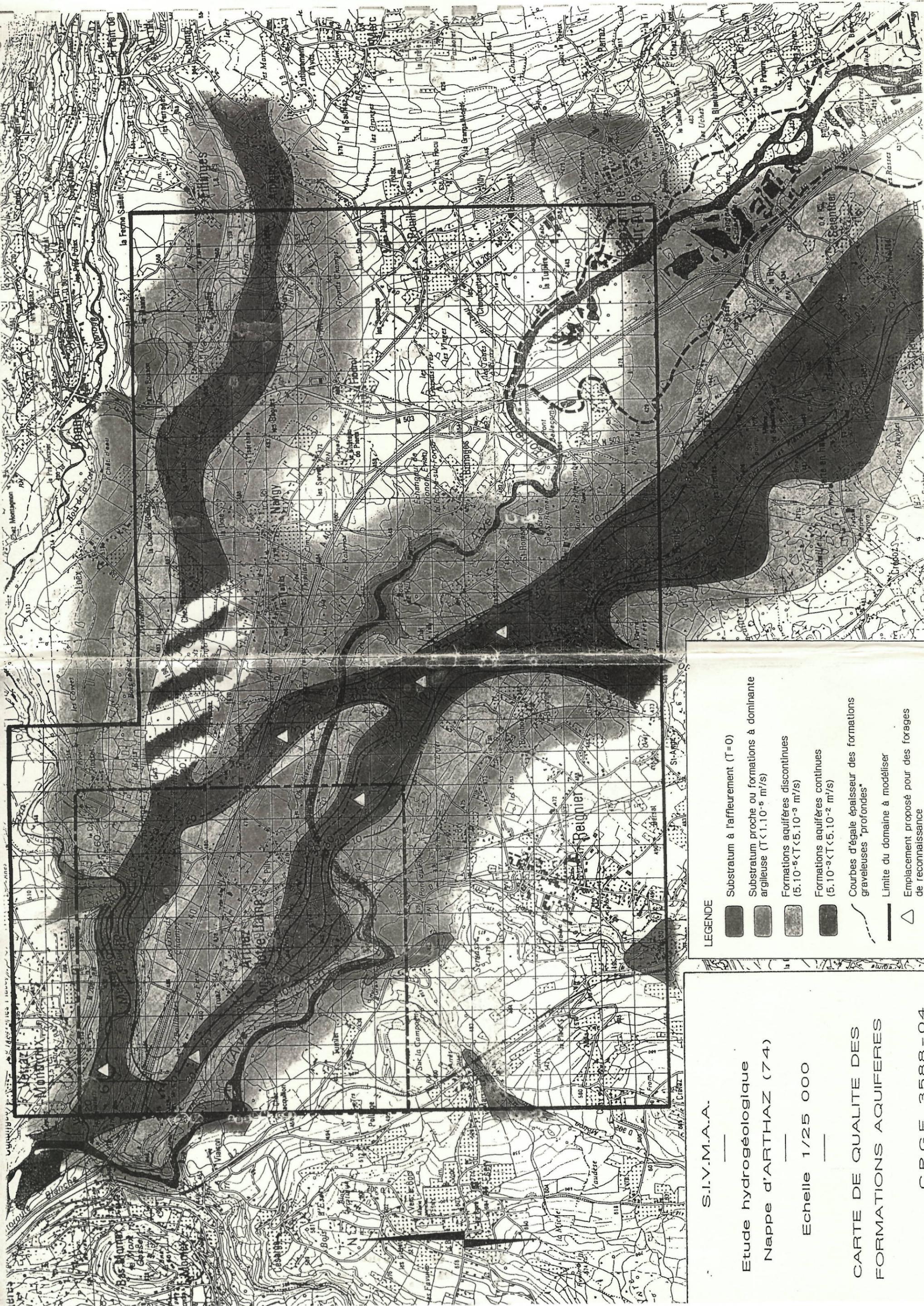
Etude N°654,	1970	Etude géophysique, zone de Cranves-Sales.
Etude N°932,	1970	Prospection électrique dans la vallée de l'Arve.
Etude N°942A,	1970	Etude géophysique des alluvions à la confluence Arve-Giffre
Etude N°966,	1971	Etude hydrogéologique des vallées de la Ménoge et du Giffre
Etude N°1026,	1972	Prospection électrique dans la basse vallée de l'Arve
Etude N°1146A,	1973	Prospection géophysique sur le plateau d'Arthaz, Pont Notre Dame
Etude N°1383,	1975	Prospection électrique, vallée de l'Arve, Etrembières
Etude N°1399,	1975	Prospection électrique, vallées de l'Arve et de la Ménoge
Etude N°1501A,	1976	Synthèse confluent Arve-Ménoge : interprétation des essais de débit
Etude N°1644,	1977	Etude géophysique, zone de Marignier
Etude N°1797,	1979	Synthèse hydrogéologique de la vallée de l'Arve entre Bonneville et Annemasse (phase 1, non éditée)
Etude N°1797b	1979	Etude géophysique complémentaire, basse vallée de l'Arve (non éditée)
Etude N°3504,	1989	Etude géophysique à Peillonex
Etude N°3587	1990	Etude géophysique à Contamines

Etude hydrogéologique préliminaire
de la nappe d'ARTHAZ (74)

Echelle 1/10 000

IMPLANTATION DES MESURES ET REPARTITION
DES FORMATIONS AQUIFERES "PROFONDES"
(Zones D'ARTHAZ - PONT - NOTRE - DAME)





S.I.V.M.A.A.

Etude hydrogéologique
 Nappe d'ARTHAZ (74)
 Echelle 1/25 000
 CARTE DE QUALITE DES
 FORMATIONS AQUIFERES

LEGENDE

-  Substratum à l'affleurement (T=0)
-  Substratum proche ou formations à dominante argileuse ($T < 1.10^{-5}$ m²/s)
-  Formations aquifères discontinues ($5.10^{-5} < T < 5.10^{-3}$ m²/s)
-  Formations aquifères continues ($5.10^{-9} < T < 5.10^{-2}$ m²/s)
-  Courbes d'égale épaisseur des formations graveleuses "profondes"
-  Limite du domaine à modéliser
-  Emplacement proposé pour des forages de reconnaissance