

4. HYDROGÉOLOGIE

4.1. Essai de perméabilité

4.1.1. Installations piézométriques

Afin de déterminer la stratigraphie sous le site étudié, huit (8) forages ont été exécutés. Le sondage stratigraphique (S1) a été transformé en puits d'essai. Deux sondages ont été transformés en piézomètres de 51 mm de diamètre (S2 et P6) afin d'obtenir des données piézométriques supplémentaires. Cinq sondages (P1 à P5) ont été transformés en piézomètres de 100 mm de diamètre. Ces derniers sont munis d'une crépine dont la longueur varie entre 1,0 et 1,5 mètres, et qui est enveloppée par un massif filtrant. Le massif filtrant est circonscrit par des bouchons étanches (bentonite) aménagés dans l'espace annulaire entre les parois des sondages et les parois extérieurs du tube de mesure.

Des informations complémentaires concernant les caractéristiques de construction des puits d'observation sont présentées aux figures 4.1 à 4.7. La localisation de ces derniers est illustrée sur la carte de l'annexe II.

4.1.2. Type d'essais et résultats

A) Essais en cours de forage

Les essais effectués en cours de forage sont de type Lefranc. Un premier essai a été effectué afin de caractériser l'intervalle de profondeur 13,9 - 14,6 m au sondage S1, et un deuxième essai caractérise l'intervalle de profondeur 7,9 - 8,5 m au sondage S2. Le sondage S2 est situé à 2,9 m du sondage S1. Les résultats des essais sont compilés au tableau 4.1 alors que les calculs constituent la première partie de l'annexe III.

Les résultats indiquent que la formation d'argile silteuse à interlits de sable silteux possède une perméabilité variant de $5,5 \times 10^{-6}$ à $8,6 \times 10^{-6}$ cm/s au centre du terrain étudié.



Consultants
H.G.E. INC.

SCHEMA D'INSTALLATION DE PUIITS

PROJET: L.E.S. EST-PORTNEUF PUIITS: S-2

DATE: MAI 1992

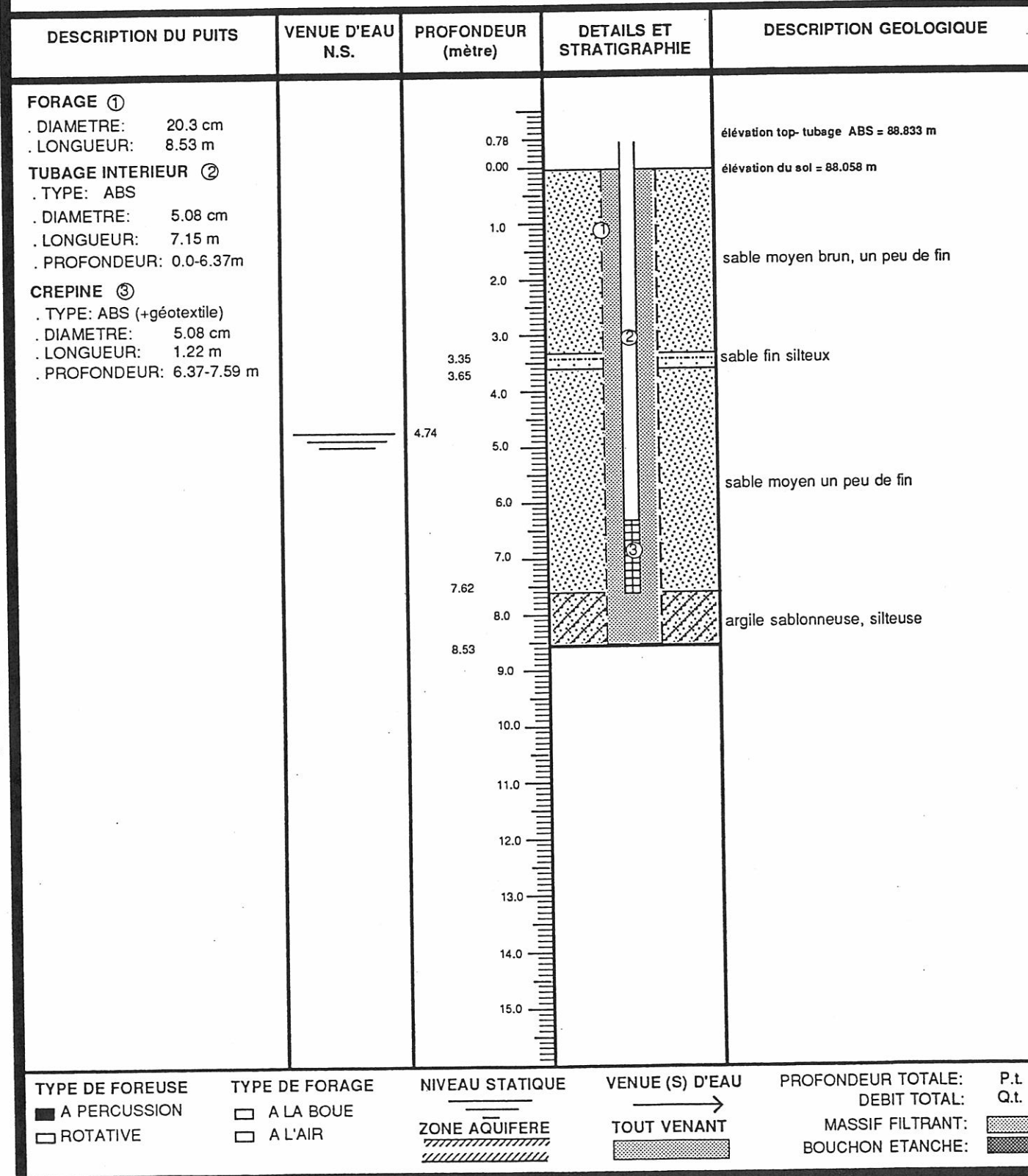
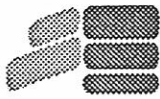


figure 4.1



Consultants
H.G.E. INC.

SCHEMA D'INSTALLATION DE PUIITS

PROJET: L.E.S. EST-PORTNEUF PUIITS: P-1

DATE: MAI 1992

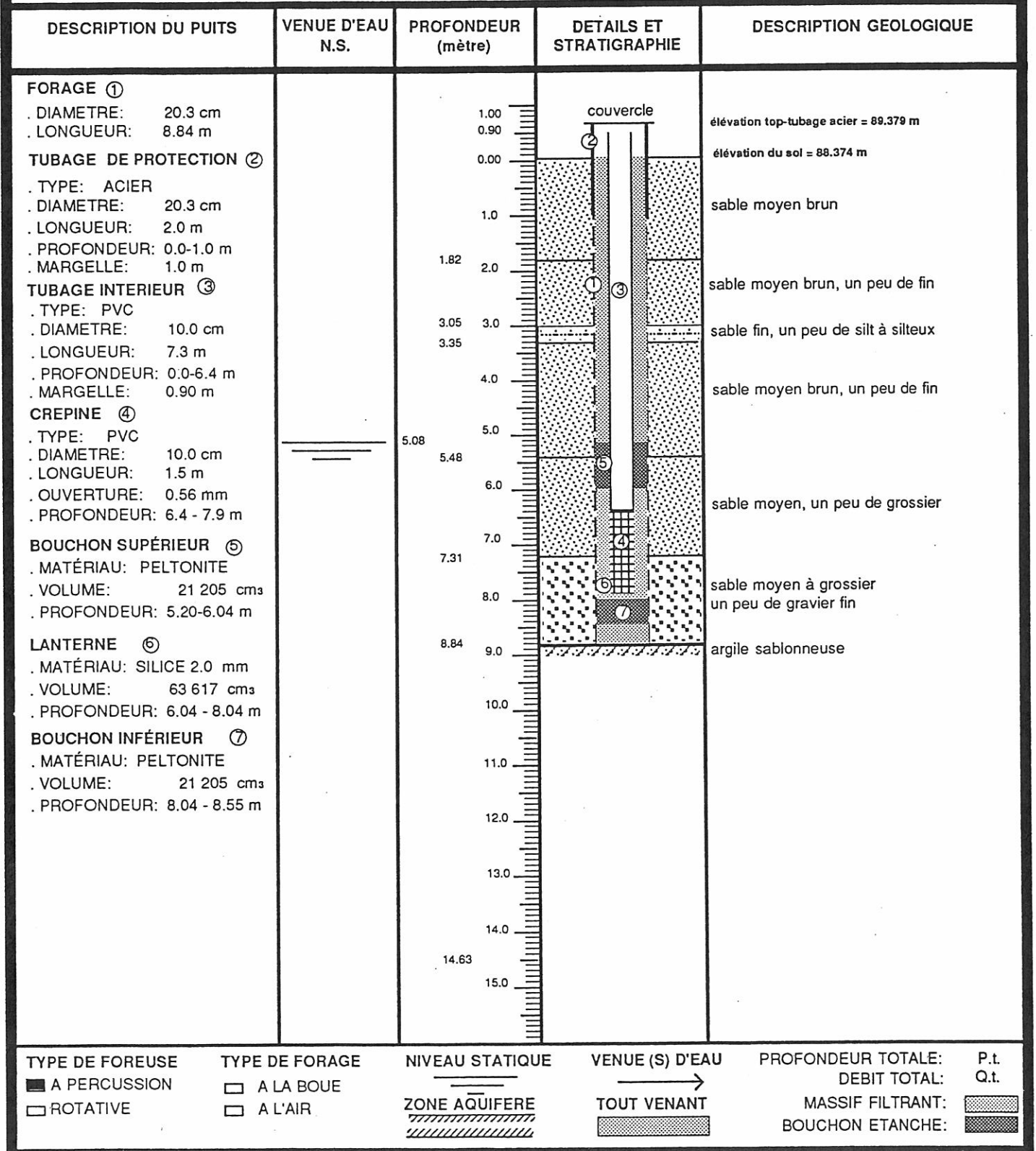


figure 4.2

SCHEMA D'INSTALLATION DE PUIITS

PROJET: L.E.S. EST-PORTNEUF PUIITS: P-2

DATE: MAI 1992

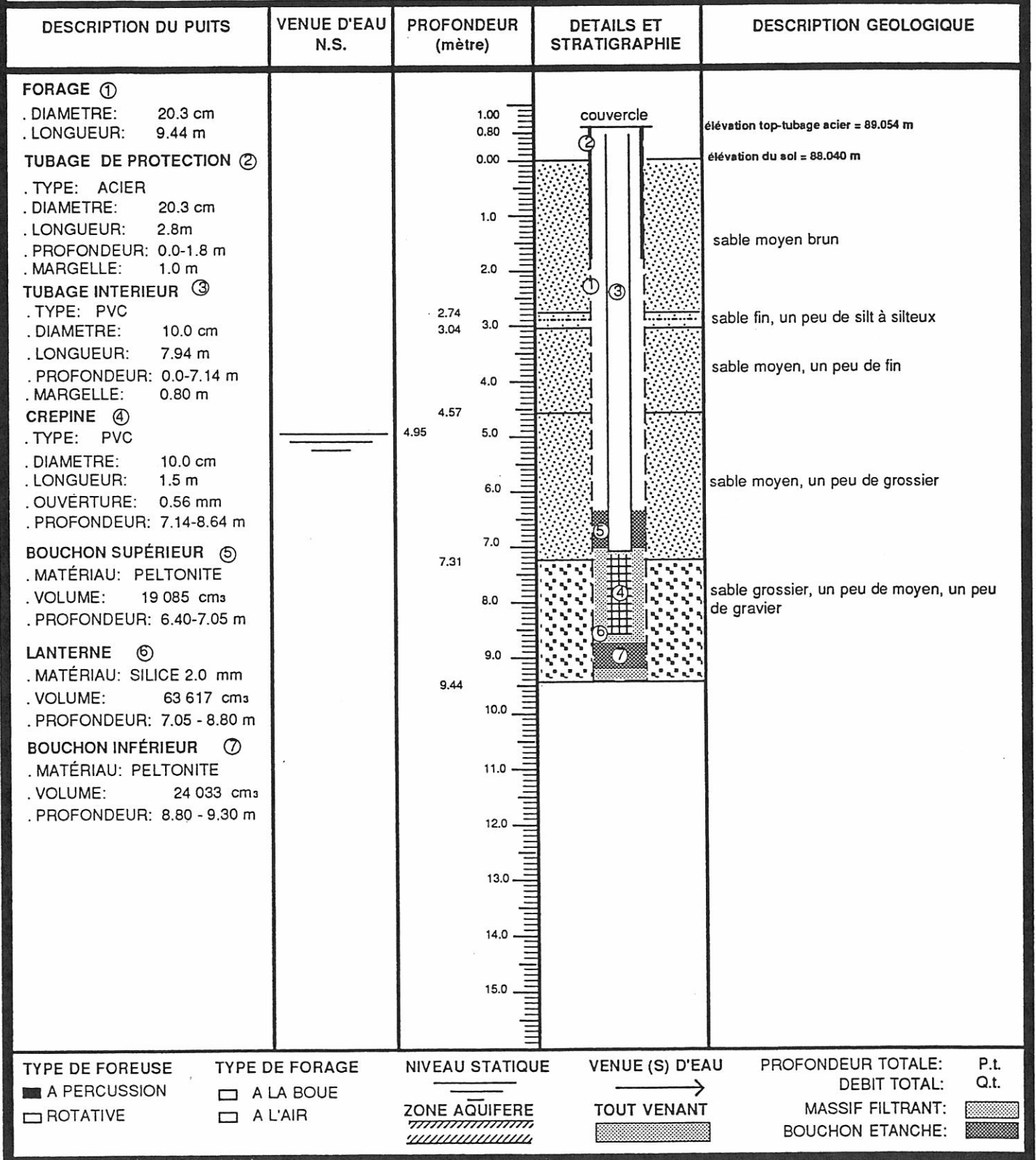


figure 4.3



Consultants
H.G.E. INC.

SCHEMA D'INSTALLATION DE PUIITS

PROJET: L.E.S. EST-PORTNEUF PUIITS: P-3

DATE: MAI 1992

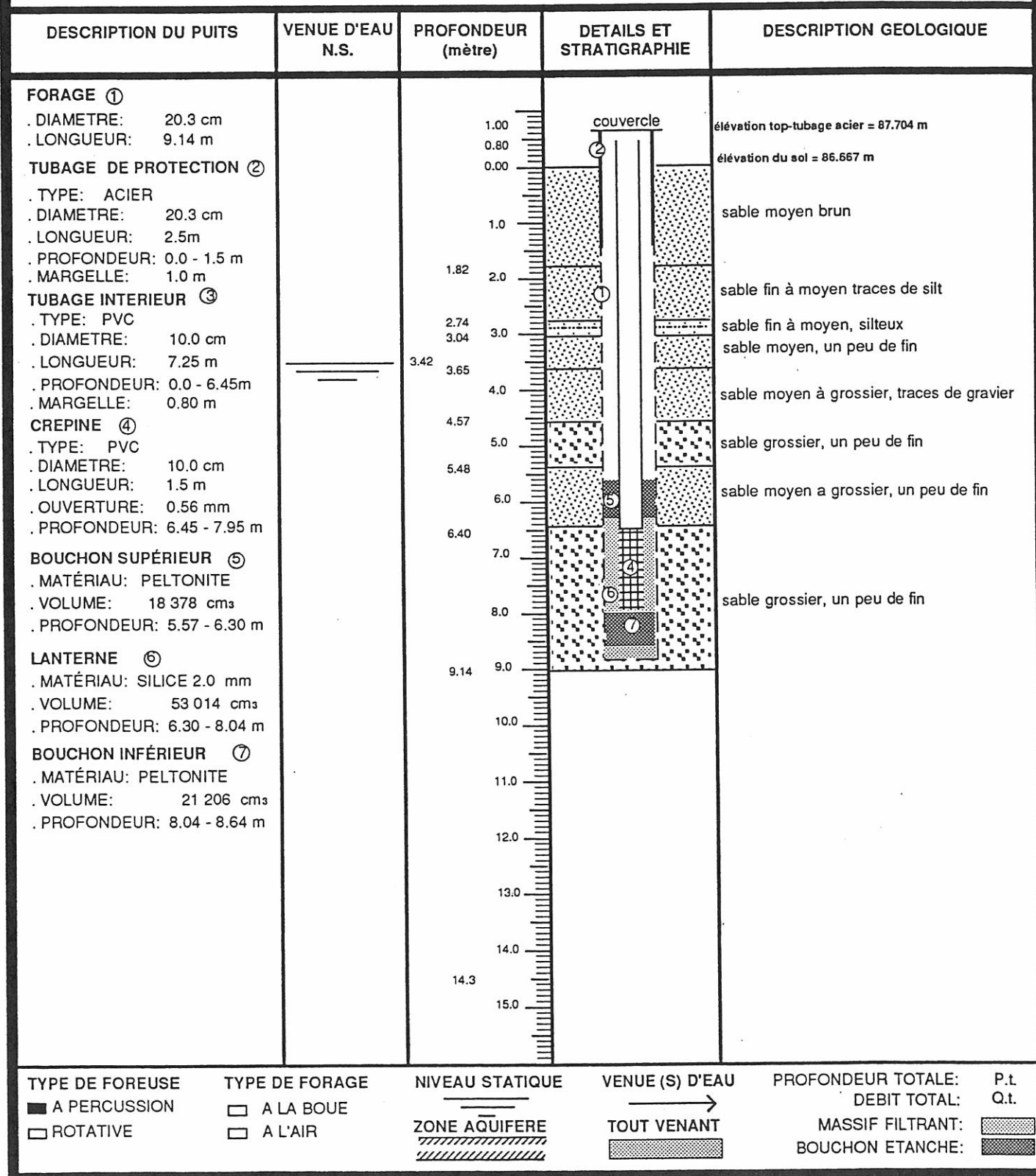


figure 4.4

SCHEMA D'INSTALLATION DE PUIITS

PROJET: L.E.S. EST-PORTNEUF PUIITS: P-4

DATE: MAI 1992

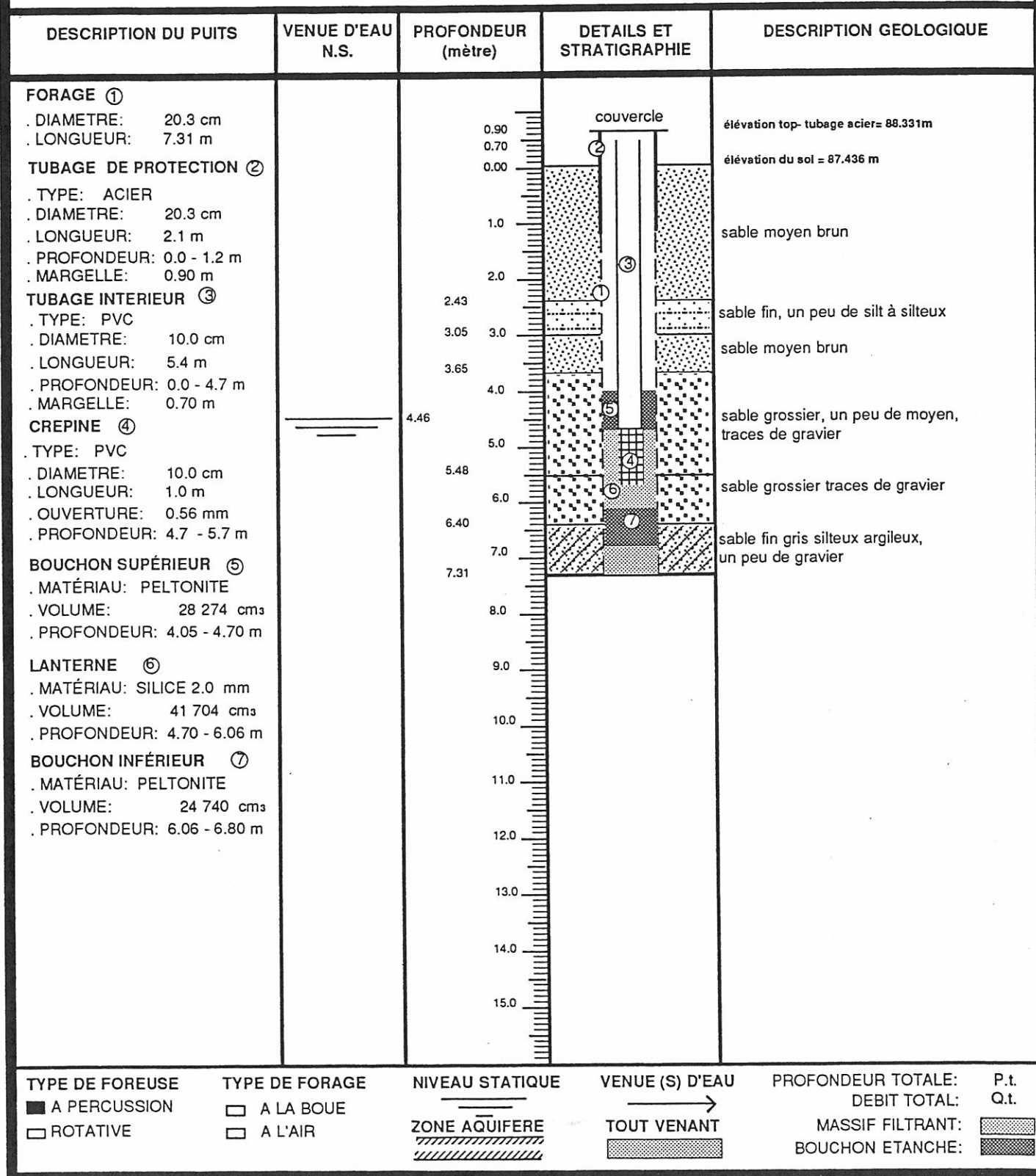


figure 4.5

SCHEMA D'INSTALLATION DE PUIITS

PROJET: L.E.S. EST-PORTNEUF PUIITS: P-5

DATE: MAI 1992

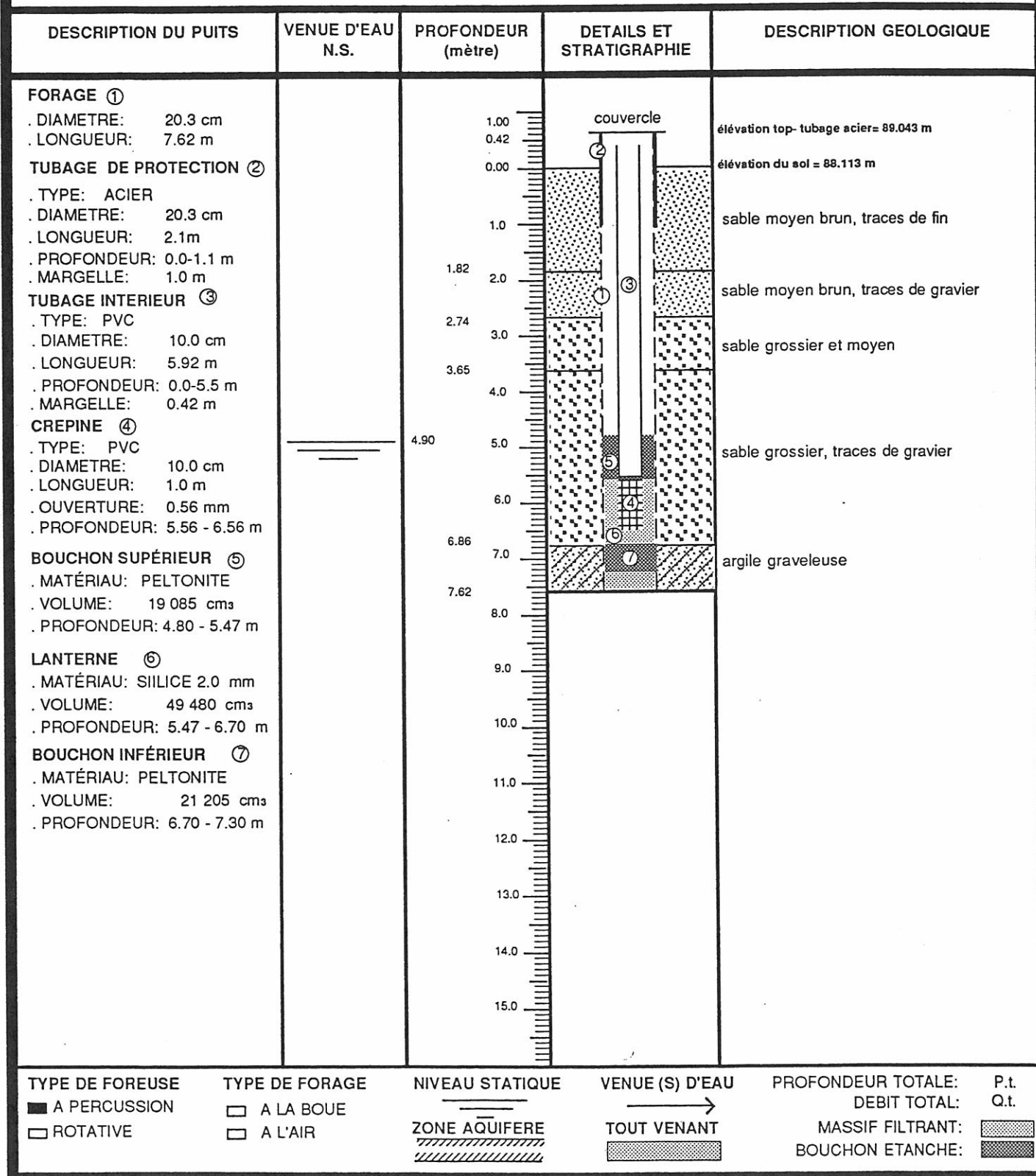


figure 4.6

SCHEMA D'INSTALLATION DE PUIITS

PROJET: L.E.S. EST-PORTNEUF PUIITS: P-6

DATE: MAI 1992

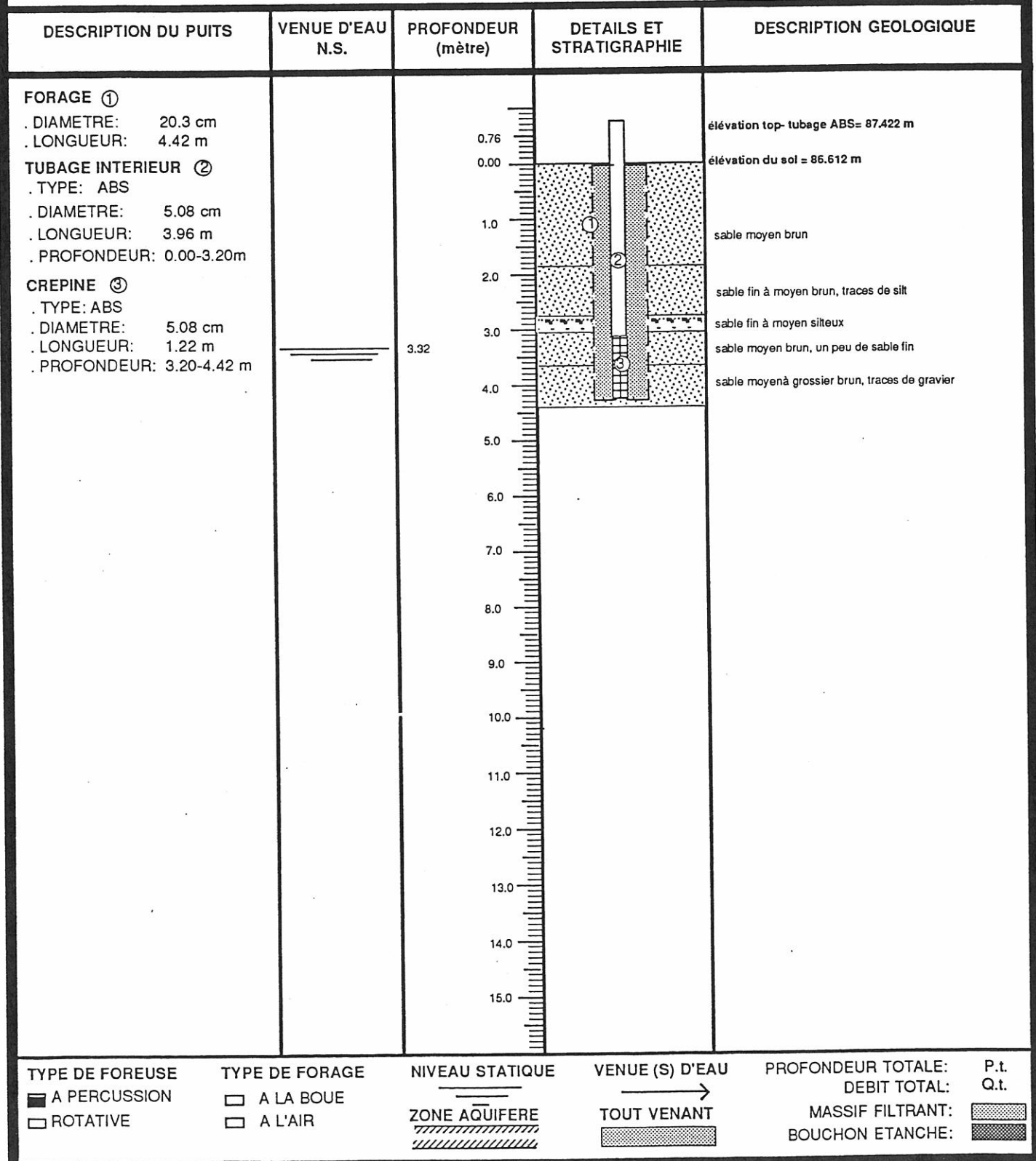


figure 4.7

B) Essais dans le piézomètre

Il n'a pas été possible de bâtir de charges hydrauliques dans aucun des piézomètres dû à la forte perméabilité du sol entourant le piézomètre. On estime alors les valeurs de perméabilité comme étant supérieures à $1,0 \times 10^{-2}$ cm/s (résultats, voir tableau 4.1).

L'estimation de la perméabilité à partir des analyses granulométriques a été effectuée à titre de comparaison (résultats, voir tableau 4.1). La perméabilité est estimée comme suit:

$$K_h = 100 d_{10}^2$$

où

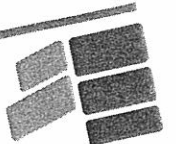
$$d_{10} = 10 \% \text{ passant de l'analyse granulométrique (cm).}$$

$$K_h = \text{perméabilité selon Hazen (cm/s).}$$

Les valeurs de perméabilité identifient clairement deux unités lithostratigraphiques:

- 1) Une formation de sable dont la conductivité hydraulique varie entre $3,6 \times 10^{-2}$ et $9,6 \times 10^{-2}$ cm/s (les proportions de sable moyen et grossier varient respectivement de 20 à 40 % et de 35 à 70 %)
- 2) Et une formation d'argile silto-sablonneuse dont la conductivité hydraulique varie entre $5,5 \times 10^{-6}$ et $8,6 \times 10^{-6}$ cm/s.

Sondage	Type d'essai	Profondeur (m)	Nature des sédiments	Perméabilité (cm/s)	
				in situ	Hazen
S1	Lefranc	13,9-14,6	Argile sablo-silteuse	$5,5 \times 10^{-6}$	
S2	Lefranc	7,9-8,5	Argile sablo-silteuse	$8,6 \times 10^{-6}$	
P1	ds Piézo	6,0-8,0	Sable à moyen grossier	$> 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$
P2	ds Piézo	7,1-8,8	Sable à moyen grossier	$> 10^{-2}$	$3,6 \times 10^{-2}$
P3	ds Piézo	6,3-8,0	Sable à moyen grossier	$> 10^{-2}$	$9,0 \times 10^{-2}$



P4	ds Piézo	4,7-6,1	Sable à moyen grossier	$> 10^{-2}$	$7,3 \times 10^{-2}$
P5	ds Piézo	5,5-6,7	Sable grossier	$> 10^{-2}$	$9,6 \times 10^{-2}$

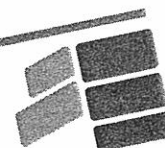
Tableau 4.1 : Résultats des essais de perméabilité et estimation selon Hazen (granulométrie)

L'interprétation des essais de pompage et de remontée indiquent une transmissivité moyenne de la formation de sable de l'ordre de $0,26 \text{ m}^2/\text{min}$. L'épaisseur de la formation saturée au site de pompage étant de l'ordre de $2,9 \text{ m}$, on obtient une perméabilité de l'ordre de $1,5 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$. Cette dernière valeur corrobore avec les valeurs extrêmes obtenues à partir de la méthode de Hazen.

4.2. Essais de percolation

Dix (10) essais de percolation ont été effectués sur le site (localisation, cf. carte piézométrique, annexe II) afin d'évaluer les vitesses de percolation des dépôts meubles non saturés.

La vitesse de percolation est influencée par la granulométrie de la lithologie testée, ainsi que des caractéristiques physiques (tri, mode de mise en place, etc.). Le tableau 4.2 résume les valeurs mesurées alors que la compilation des essais constitue la seconde partie de l'annexe III.



Essai	Profondeur (m)	Vitesse de percolation (min/cm)	Capacité de charge ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{j}$)
Perco 1	0,8	2,50	0,081
Perco 2	0,9	< 0,67	> 0,156
Perco 3	0,85	2,0	0,091
Perco 4	0,84	2,0	0,091
Perco 5	0,92	< 0,67	> 0,156 ⁽¹⁾
Perco 6	0,81	< 0,67	> 0,156
Perco 7	0,85	< 0,67	> 0,156
Perco 8	0,54	< 0,67	> 0,156 ⁽²⁾
Perco 9	0,86	< 0,67	> 0,156
Perco 10	0,88	< 0,67	> 0,156

Tableau 4.2 : Résultats des essais de percolation.

(1) : Estimée à $0,607 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{j}$

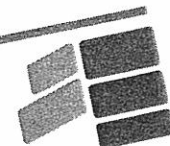
(2) : Estimée à $0,243 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{j}$

Les vitesses de percolation sont relativement uniformes à l'exception des sites de Perco 1, Perco 2 et Perco 4 où les vitesses de percolation varient entre 2,0 et 2,5 min/cm. Ces sites sont caractérisés par une lithologie à granulométrie légèrement plus fine qu'aux autres sites.

La majorité des sites d'essais sont caractérisés par des vitesses de percolation inférieures à 0,67 min/cm. La capacité de charge du sol correspondante à ces endroits est alors supérieure à $0,156 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{j}$. On a pu estimer des capacités de charge de l'ordre de 0,600 et $0,240 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{j}$ aux sites de Perco 5 et Perco 8 respectivement. Ces dernières valeurs font cependant abstraction de la période de mesure standard prévue à l'essai (10 minutes).

4.3. Essai au traceur

La période de temps allouée à l'essai au traceur (72 heures) était insuffisante considérant que les phénomènes d'écoulement souterrain sont généralement lents. Les points d'échantillonnage ne pouvaient être installés plus près du point d'injection puisque l'aménagement des piézomètres provoque un remaniement du sol. Il est nécessaire de restreindre au minimum la proportion de sol remanié à l'intérieur d'un parcours entre le point d'injection et un point d'échantillonnage afin d'obtenir une valeur de vitesse d'écoulement représentative.



Néanmoins, il est possible de constater que la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine est inférieure à 180 m/an au site de l'essai.

4.4. Piézométrie

L'écoulement souterrain sous le terrain étudié, qui s'effectue principalement dans la formation sablonneuse, est caractérisé par la présence d'une limite de partage des eaux délimitant les bassins versants des rivières Jacques Cartier et aux Pommes. Près du 2/3 de l'eau souterraine circulant sous le terrain étudié se dirige vers la rivière Jacques-Cartier alors que le 1/3 restant s'écoule vers la rivière aux-Pommes. La carte piézométrique est à l'annexe II.

Le gradient hydraulique sous la majorité du terrain étudié varie entre 0,1 et 0,2 %. Cependant, la nappe d'eau souterraine entre la limite Ouest du terrain étudié et la rivière Jacques-Cartier est caractérisée par un gradient hydraulique de l'ordre de 0,95 %. A proximité de la rivière aux-Pommes, le gradient peut varier entre 2,2 et 3,3 %.

Les valeurs de perméabilité, qui varient entre 3×10^{-2} et 1×10^{-1} cm/s, sont réparties de façon à délimiter des bandes d'orientation approximative Nord-020°, tel qu'illustré à la figure 4.8.

Le calcul de la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine met en relation la perméabilité du sol, la porosité et le gradient hydraulique:

$$v = \frac{Ki}{n}$$

- où K = perméabilité
- i = gradient hydraulique
- n = porosité
- v = vitesse d'écoulement souterrain

En superposant le zonage des valeurs de perméabilité sur les valeurs de gradient hydraulique, on peut alors évaluer la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine selon l'endroit du terrain étudié.



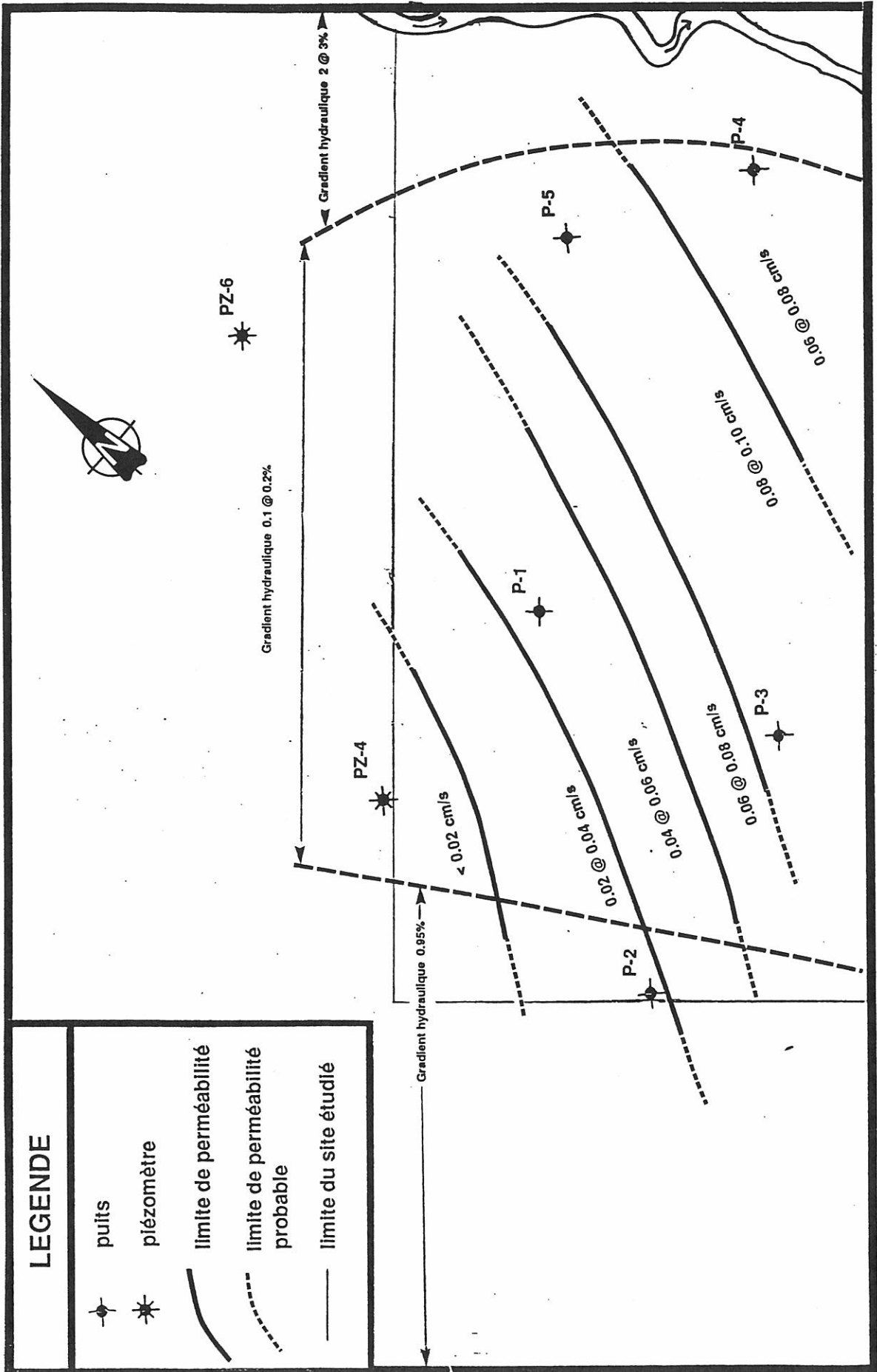


FIG. 4.8: ZONAGE DE LA PERMEABILITE

ECHELLE 1:5000

En supposant une porosité efficace de 35 % (Anonyme, 1987) pour la formation de sable dans laquelle s'effectue l'écoulement souterrain, on obtient des valeurs de vitesse variant entre 10 et 150 m/an, dans le coin Ouest du terrain étudié, près du puits existant n° 2 (voir carte piézométrique, annexe II). La perméabilité devenant plus élevée en se dirigeant vers le Sud, on calcule des vitesses pouvant atteindre 340 m/an en certains endroits entre la limite du terrain étudié et la rivière Jacques-Cartier. Un escarpement est présent dans ce secteur et des résurgences y sont présentes. L'eau souterraine pourrait rejoindre ces résurgences et émerger en un peu plus d'un an.

Les vitesses d'écoulement de l'eau souterraine sous la majorité du terrain étudié sont moins élevées (20 à 180 m/an, selon la zone de perméabilité) dû au gradient hydraulique plus faible. L'essai au traceur effectué au site du piézomètre P3 indique une vitesse d'écoulement de l'eau souterraine inférieure à 180 m/an.

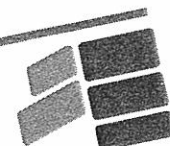
Cependant, à proximité de la rivière aux-Pommes, le gradient hydraulique étant de l'ordre de 2 à 3 %, les valeurs de vitesses de l'eau souterraine peuvent excéder 1 000 m/an à l'intérieur d'une bande longeant la Rivière et ayant une largeur de l'ordre de 100 m.



5. HYDROGÉOCHIMIE

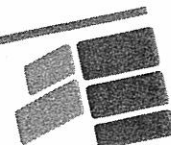
Cinq (5) échantillons d'eau souterraine ont été prélevés au site des piézomètres P1 à P5. Les analyses ont été effectuées par le laboratoire Envirolab de Sainte-Foy. Les résultats sont compilés à l'annexe V.

L'ensemble des résultats respecte les normes émises à l'article 30 du Règlement sur les déchets solides (Q-2, r.14), à l'exception du fer dans les échantillons P1, P4 et P5. Il est à noter que les échantillons P1, P4 et P5, par rapport à ceux de P2 et P3, étaient légèrement turbides, ce qui pourrait expliquer les concentrations de fer mesurées (28, 30 et 32 mg/l).



6. BIBLIOGRAPHIE

- ABDEL-HADY et TUMA (1973). Engineering soil mechanics. Englewood Cliffs USA, Prentice-Hall Inc., 335 pages.
- [ANONYME (1988)]. Règlement sur les déchets solides, Q-2 r.14, Éditeur officiel du Québec, 26 pages.
- [(ANONYME (1981))]. Ground Manual, United States Government Printing Office, Denver.
- [ANONYME (1978)]. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Santé et Bien-être social Canada, 84 pages.
- [ANONYME (1977)]. Groundwater Manual. U.S. Department of Interior, Washington USA, 480 pages.
- ANTOINE et FABRE (1980). Géologie appliquée au génie civil. Paris, Masson, 287 pages.
- BOULANGER, M. et AL. (1988). Guide sur la gestion des boues de fosses septiques, Ministère de l'Environnement, Québec, 90 pages.
- BRAZEAU, A., Inventaire des ressources en granulats de la région de St-Raymond, MER, MB-89-53, 1989.
- CLARK, T.H. & Globensky, T., Région de Portneuf et parties de St-Raymond et de Lyster, Comtés de Portneuf et de Lotbinière, MRN, RG-148, 1973.
- DAVIS DE WIEST (1976). Hydrogeology. New-York, John Wiley & Sons Inc., 463 pages.
- FREEZE et CHERRY (1979). Groundwater. Englewood Cliffs USA, Prentice-Hall Inc., 504 pages.
- HOUGH, K.B. (1957). Basic Soil Engineering. New-York, Ronald Press.
- LAROCHELLE et ROY (1978). Introduction à la mécanique des sols. Université Laval.
- LA SALLE, P., Thibault, L. et Charbonneau, L., Géologie des sédiments meubles des comtés de Portneuf et Lotbinière, MER, DPV 741, 1980.



LEFEBVRE, D., et Lefrançois, P., Enfouissement sanitaire, site de
Pointe-aux-Trembles, étude hydrogéologique complémentaire,
Technisol, rapport n° 7624, Janvier 1987.

LEFEBVRE, D., et Lefrançois, P., Enfouissement sanitaire, site de
Pointe-aux-Trembles, étude hydrogéologique complémentaire,
Technisol, rapport n° 7624, Octobre 1986.

McNEELY, et AL. (1980). Référence sur la qualité des eaux,
Environnement Canada, Ottawa, 100 pages.

TODD, D.K. (1980). Groundwater Hydrology. New-York, John Wiley
& Sons Inc. 535 pages.

