

EVALUATION D'UNE METHODE POUR
DETECTER LA CONTAMINATION
D'EAUX SOUTERRAINES

présentée à
ENVIRONNEMENT CANADA
(Contrat # 40SS.KE303-2-0130)

par
ECO-RECHERCHES INC.
Pointe Claire, Québec.

et
FORATEK INTERNATIONAL INC.
Dorval, Québec.

100873

Mars 1983

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
LISTE DES FIGURES	i
LISTE DES TABLEAUX	ii
1. BUT DE L'ETUDE	1
2. CHOIX DU SITE ET LOCALISATION	2
3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DE LA REGION DE ST-CHARLES BORROMEE	6
3.1 Géologie	6
3.2 Hydrogéologie	6
4. CARACTERISATION DES POINTS D'ECHANTILLONNAGE	14
4.1 Puits domestiques	14
4.2 Piézomètres	14
5. ECHANTILLONNAGE	18
5.1 Période d'échantillonnage	18
5.2 Méthode d'échantillonnage	19
6. ANALYSES DES ECHANTILLONS D'EAU	23
7. ANALYSES STATISTIQUES	26
7.1 Equipement et logiciels utilisés	26
7.2 Description des tests	26
7.2.1 Normalité des données	26
7.2.2 Egalité des variances	28
7.2.3 Tests non paramétriques	28
7.2.4 Comparaisons multiples	29

TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>PAGE</u>
8. RESULTATS	30
8.1 Résultats analytiques	30
8.2 Résultats des analyses statistiques	30
8.2.1 Statistiques descriptives	30
8.2.2 Comparaison des puits de surface et des pointes des zones cible et contrôle	30
8.2.3 Comparaison entre les piézomètres des zones contrôle et cible	36
8.2.4 Comparaison entre les piézomètres, les puits et les pointes	37
9. DISCUSSION DES RESULTATS	49
9.1 Nappe d'eau du roc	49
9.2 Nappe d'eau des sables de surface	49
9.2.1 Puits domestiques	49
a) Puits de surface	49
b) Pointes	50
9.2.2 Piézomètres	50
9.3 Comparaison entre l'eau des puits artésiens, des puits domes- tiques (surface et pointes) et des piézomètres en zones con- trôle et cible	52
10. CONCLUSIONS	56

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
Figure 1 - Localisation de la région d'échantillonnage à St-Charles Borromée	3
Figure 2 - Carte de localisation des points d'échantillonnage à St-Charles Borromée	4
Figure 3 - Coupe schématique des nappes d'eau échantillonnées à St-Charles Borromée	9
Figure 4 - Schéma type des points d'échantillonnage	10
Figure 5 - Carte isopièze représentant l'écoulement de l'eau souterraine dans le roc	11
Figure 6 - Carte montrant les directions d'écoulement dans la nappe aquifère des sables de surface	12
Figure 7 - Cheminement statistique pour la comparaison des données .	27

LISTE DES TABLEAUX

	<u>PAGE</u>
Tableau 1 - Nivellement des piézomètres et des puits, St-Charles Borromée	7
Tableau 2 - Caractéristiques de construction des piézomètres et des puits	17
Tableau 3 - Liste des puits échantillonnés	21
Tableau 4 - Analyses d'échantillons d'eau de la phase #1	25
Tableau 5 - Analyses d'échantillons d'eau de piézomètres (puits d'essais existants)	31
Tableau 6 - Analyses d'échantillons d'eau de piézomètres (piézomè- tres de la zone contrôle, pointes de surface et pro- fondes	32
Tableau 7 - Résultats d'analyses des eaux de puits domestiques (puits artésiens de la zone contrôle et de la zone cible)	33
Tableau 8 - Résultats d'analyses des eaux de puits domestiques (puits de surface de la zone contrôle et de la zone cible)	34
Tableau 9 - Résultats d'analyses des eaux de puits domestiques (pointes de la zone contrôle et de la zone cible)	35
Tableau 10 - Statistiques descriptives pour les puits domestiques (puits de surface, zone contrôle)	38
Tableau 11 - Statistiques descriptives pour les puits domestiques (puits de surface, zone cible)	39
Tableau 12 - Statistiques descriptives pour les puits domestiques (pointes, zone contrôle)	40
Tableau 13 - Statistiques descriptives pour les puits domestiques (pointes, zone cible)	41
Tableau 14 - Statistiques descriptives pour les piézomètres (piézomètres de surface, zone contrôle)	42
Tableau 15 - Statistiques descriptives pour les piézomètres (piézomètres de surface, zone cible)	43

LISTE DES TABLEAUX (suite)

	<u>PAGE</u>
Tableau 16 - Statistiques descriptives pour les piézomètres (piézomètres profonds, zone contrôle)	44
Tableau 17 - Statistiques descriptives pour les piézomètres (piézomètres profonds, zone cible)	45
Tableau 18 - Comparaisons des concentrations moyennes pour les puits domestiques des zones cible et contrôle (puits de surface et pointes)	46
Tableau 19 - Comparaisons des concentrations moyennes des piézomè- tres des zones cible et contrôle	47
Tableau 20 - Comparaisons des concentrations moyennes des piézomè- tres et des puits domestiques des zones cible et contrôle	48
Tableau 21 - Comparaisons de concentrations moyennes de paramètres les plus caractéristiques de divers puits et piézomè- tres en zone cible et contrôle	53

1. BUT DE L'ÉTUDE

La détection d'une contamination de l'eau par l'usage ou le déversement de substances chimiques sur le sol est généralement évaluée à partir d'échantillons d'eau prélevés à l'aide de piézomètres.

Le but de la présente étude est de vérifier si les échantillons d'eau de puits domestiques d'une région pourraient être utilisés à la même fin. Afin d'atteindre ce but, Eco-Recherches Inc. a procédé au prélèvement d'échantillons dans des piézomètres placés dans un champ de culture de tabac et dans des puits domestiques avoisinant le terrain de culture. Pour la région choisie, trois types de puits domestiques sont utilisés soit: les puits artésiens, les puits de surface et les pointes.

2. CHOIX DU SITE ET LOCALISATION

Le choix du site s'est arrêté à un secteur situé dans la municipalité de St-Charles Borromée, au nord-ouest de Joliette, après un échantillonnage préliminaire effectué à sept endroits différents répartis dans les régions de St-Charles Borromée et de St-Thomas-de-Joliette où la culture intensive du tabac est pratiquée. La localisation géographique du site choisi est indiquée sur les figures 1 et 2.

Les raisons qui ont motivé ce choix sont essentiellement les suivantes:

- a) Un certain nombre de données hydrogéologiques sont disponibles pour le secteur de St-Charles Borromée et proviennent d'une étude effectuée par Foratek International Inc. dans le but d'approvisionner en eau potable d'origine souterraine la ville de St-Charles Borromée.
- b) La séquence géologique est simple étant constituée essentiellement d'un sable de surface d'une épaisseur de 5 à 6 mètres séparé du roc profond à 16 mètres par une épaisseur d'environ 10 mètres d'argile. Pour s'approvisionner en eau, certains résidents captent l'eau provenant du sable de surface par des puits de surface ou des pointes et d'autre part, d'autres captent l'eau provenant du roc profond par des puits artésiens.
- c) L'aire d'intervention est restreinte dans l'espace et les données peuvent mieux être interprétées.
- d) La densité des puits est élevée puisqu'il s'agit d'une région où le domiciliaire côtoie l'exploitation agricole. Il est ainsi possible d'avoir un échantillonnage plus complet sur tout le pourtour d'une exploitation de culture de tabac de même que sur d'autres types d'exploitations agricoles.]
- e) Il existe déjà des sites où des forages effectués pour une recherche en eau sont toujours existants, ce qui facilite l'accès aux propriétés privées tout en fournissant sur le plan technique un échantillonnage plus représentatif et documenté de tous les horizons exploités par les puits domestiques.

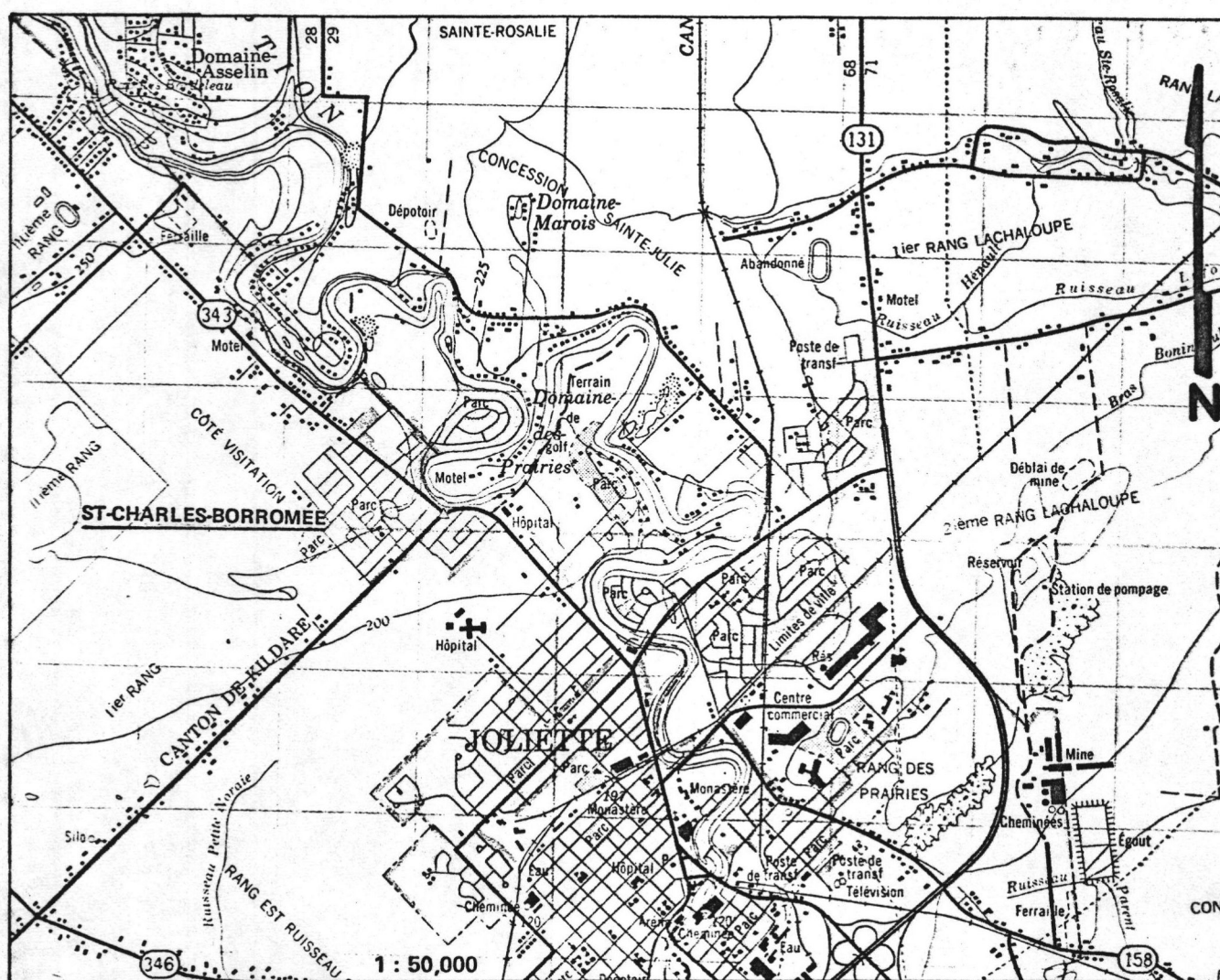
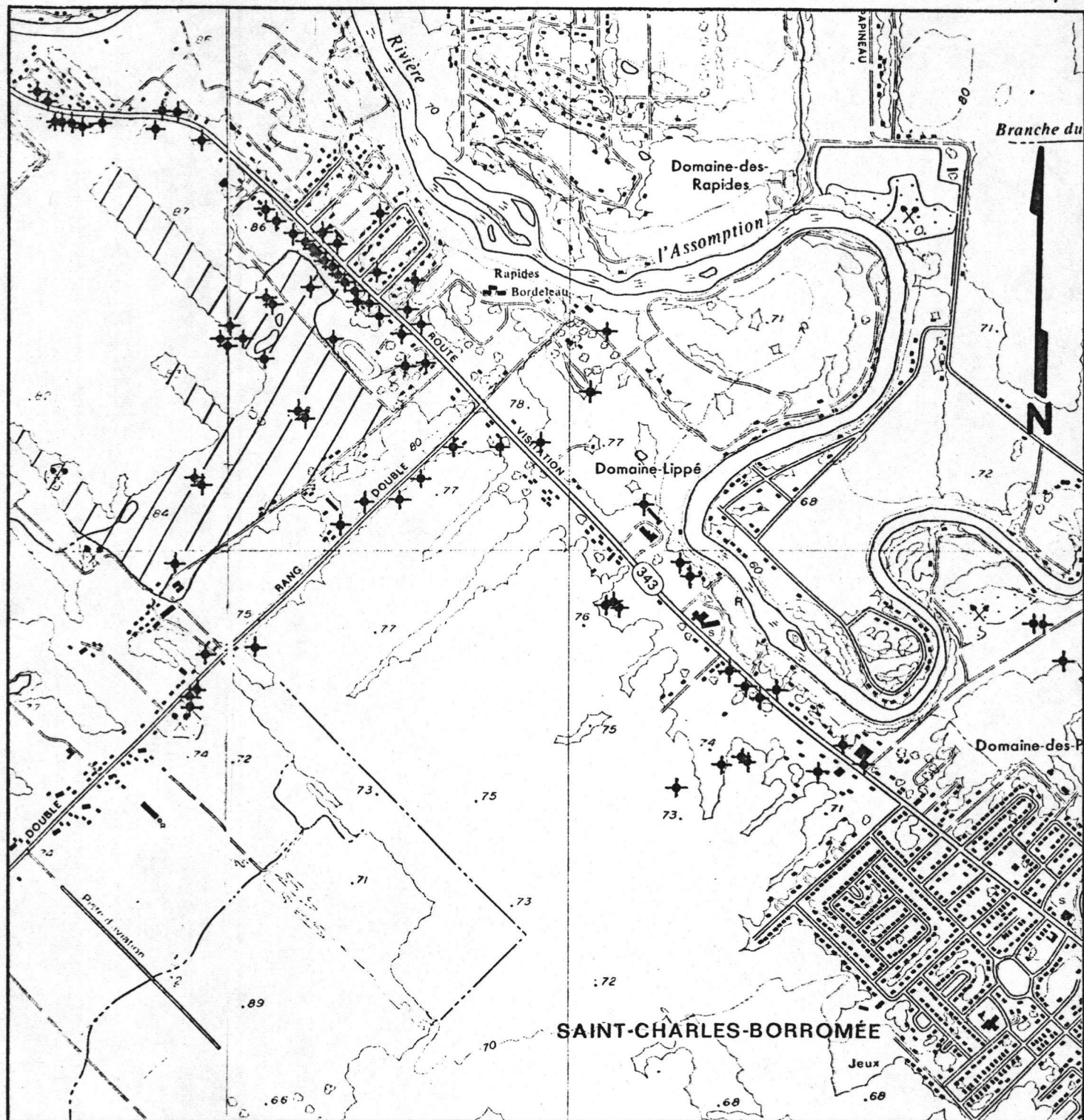


FIG. 1 Localisation de la région d'échantillonnage a St-Charles-Borromée.



LÉGENDE

-  Points d'échantillonnage
-  Culture du tabac

ÉCHELLE 1:20,000

FIG. 2 Carte de localisation des points d'échantillonnage à St-Charles-Borromée.

La région de St-Charles Borromée offrait donc un cadre et un environnement plus propice qu'une région de monoculture comme St-Thomas pour atteindre le but proposé, les puits domestiques à ce dernier endroit étant plus dispersés, moins nombreux et captant presque exclusivement les sables de surface.

3. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DE ST-CHARLES BORROMÉE

3.1 Géologie

Dans la région de St-Charles Borromée, un sable de surface d'une épaisseur de 6 à 7 mètres, recouvre une couche de silt argileux. Sur le sable de surface s'est constitué un sol particulièrement propice à la culture du tabac principalement du côté nord-ouest (au nord-ouest du rang Double, voir figure 2) en raison de la plus grande profondeur de la nappe phréatique dans cette partie de la région.

Ce sable est d'origine deltaïque. Lors du retrait de la mer Champlain, quelques dunes s'y sont formées à l'extrémité nord-ouest de la région (figure 2).

Sous la couche de silt argileux sur laquelle repose ces sables de surface, un till de fond peu épais (1 m) s'intercale entre l'argile et le roc sous-jacent constitué par les formations des grès du Postdam et des dolomies grêveuses du Beekmantown. Le passage entre les deux formations est graduel et s'effectue à la hauteur du Rang Double (figure 2).

3.2 Hydrogéologie

Une coupe schématique (figure 3) illustre de façon générale le contexte hydrogéologique de la région. Cette coupe est localisée sur la carte détaillée incluse en pochette à ce rapport.

Les directions d'écoulement des eaux souterraines des deux types de nappes d'eau investiguées apparaissent sur les figures 5 et 6. Ces cartes ont été tracées à l'aide des données de nivellement des piézomètres et des puits d'essai (tableau 1).

TABLEAU 1
NIVELLEMENT DES PIEZOMETRES ET DES PUITES, ST-CHARLES BORROMEE

Numéro	Elévation du tubage (m)	Profondeurs du niveau d'eau sous la margelle (m)	Elévation du niveau d'eau (m)
1	74,64	5,815	68,825
2	83,64	15,810	67,83
3	83,83	14,235	69,595
4	74,00	5,00	69,00
5	75,88	10,675	65,205
7	77,00	15,90	61,10
8	83,84	15,280	68,56
10	68,74	8,760	59,98
12	72,00	8,80	63,20
AGRO	72,00	8,17	63,80
P-12	68,96	3,590	65,37
P-13	68,98	3,60	65,38
P-14	76,34	2,010	74,33
P-15	76,55	2,245	74,305
P-16	83,87	2,110	81,76
P-17	83,97	2,390	81,58
P-18	74,68	2,165	72,515
P-19	75,04	2,515	72,525
P-20	84,54	3,090	81,45
P-21	83,36	1,935	81,425
P-22	83,93	3,550	80,38
P-23	83,66	3,265	80,395
P-24	83,89	4,150	79,74
LAC	81,49		81,49
P-29	83,45	4,410	79,04
P-30	83,16	3,230	79,93

La partie de l'eau de précipitation qui s'infiltre à travers le sol atteint d'abord la nappe phréatique d'où elle migre latéralement tel que représenté en coupe sur la figure 3 et en plan sur la figure 6. Cet écoulement dans les sables de surface s'effectue cependant avec un léger gradient vertical vers le bas. Si la plus grande partie de l'eau migrant dans les sables de surface atteint la rivière l'Assomption du côté nord-est et les ruisseaux du canton de Kildare du côté sud-ouest, une partie percole verticalement à travers le silt argileux pour alimenter en eau la nappe aquifère constitué par les formations rocheuses, sur lesquelles coulent d'ailleurs la rivière l'Assomption (figure 3).

On remarquera sur les figures 3 et 4 les différences de niveaux d'eau qui existent entre la nappe des sables de surface et celle du roc: de 10 mètres dans la partie nord-ouest à une valeur qui tend vers zéro dans la partie sud-est. Cette différence s'explique par les variations dans la topographie du terrain qui s'élève lentement du sud-est vers le nord-ouest car elle affecte directement le patron d'écoulement de la nappe de surface (figure 6) alors que l'écoulement dans la nappe du roc est uniquement affecté par le drainage de la rivière l'Assomption (figure 5).

C'est ainsi que l'eau ayant percolé à travers le champ de tabac s'écoule pour moitié vers le nord-est et bifurque graduellement vers le sud-est, le partage des eaux s'effectuant à mi-chemin entre les piézomètres 22 et 29 (figure 6). C'est en fonction de ces données qu'a été établie la zone cible localisée sur la carte en pochette. Les puits contrôles étant en amont de ce secteur ou dans des zones présumément non affectées par l'activité agricole.

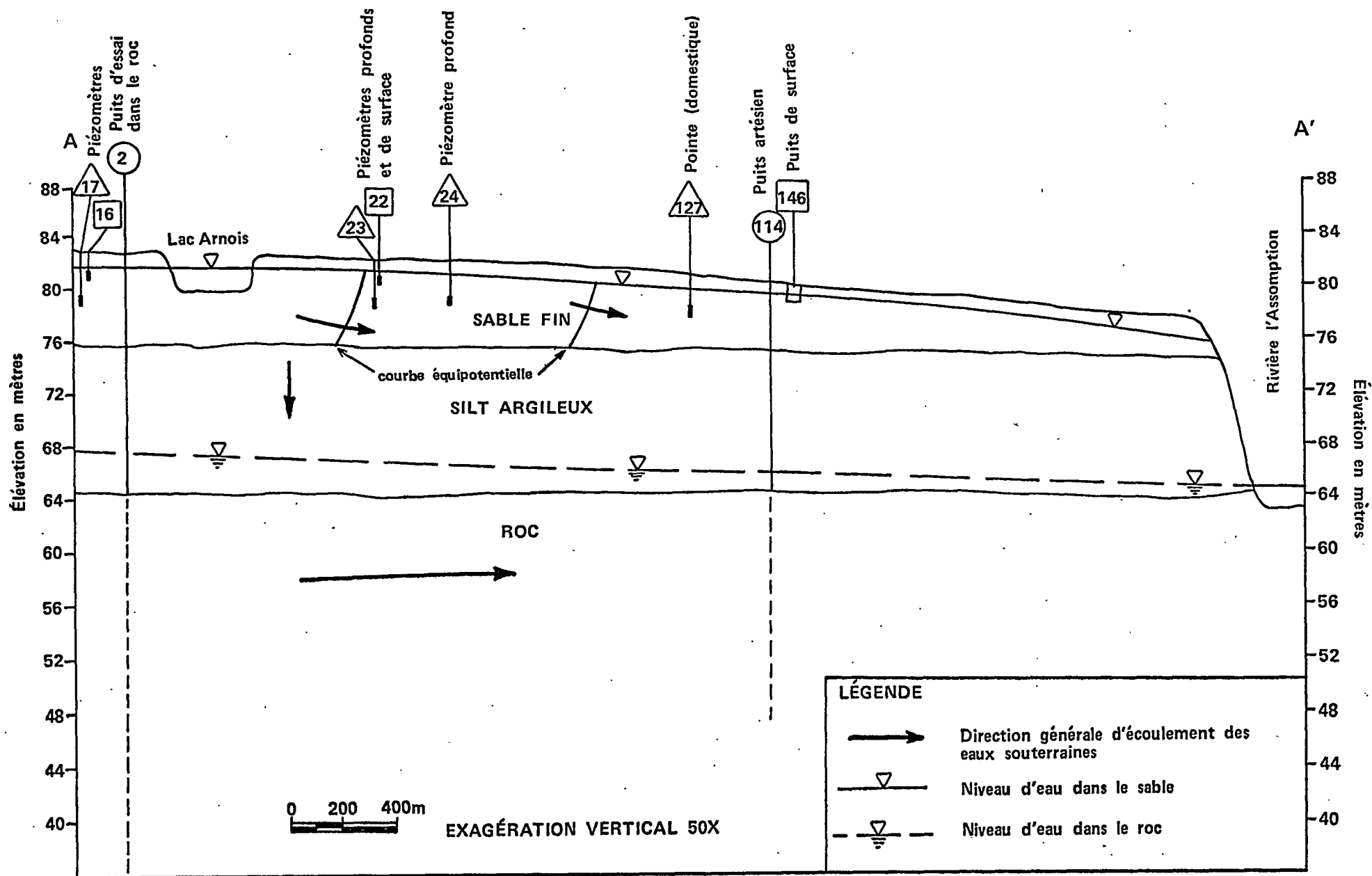
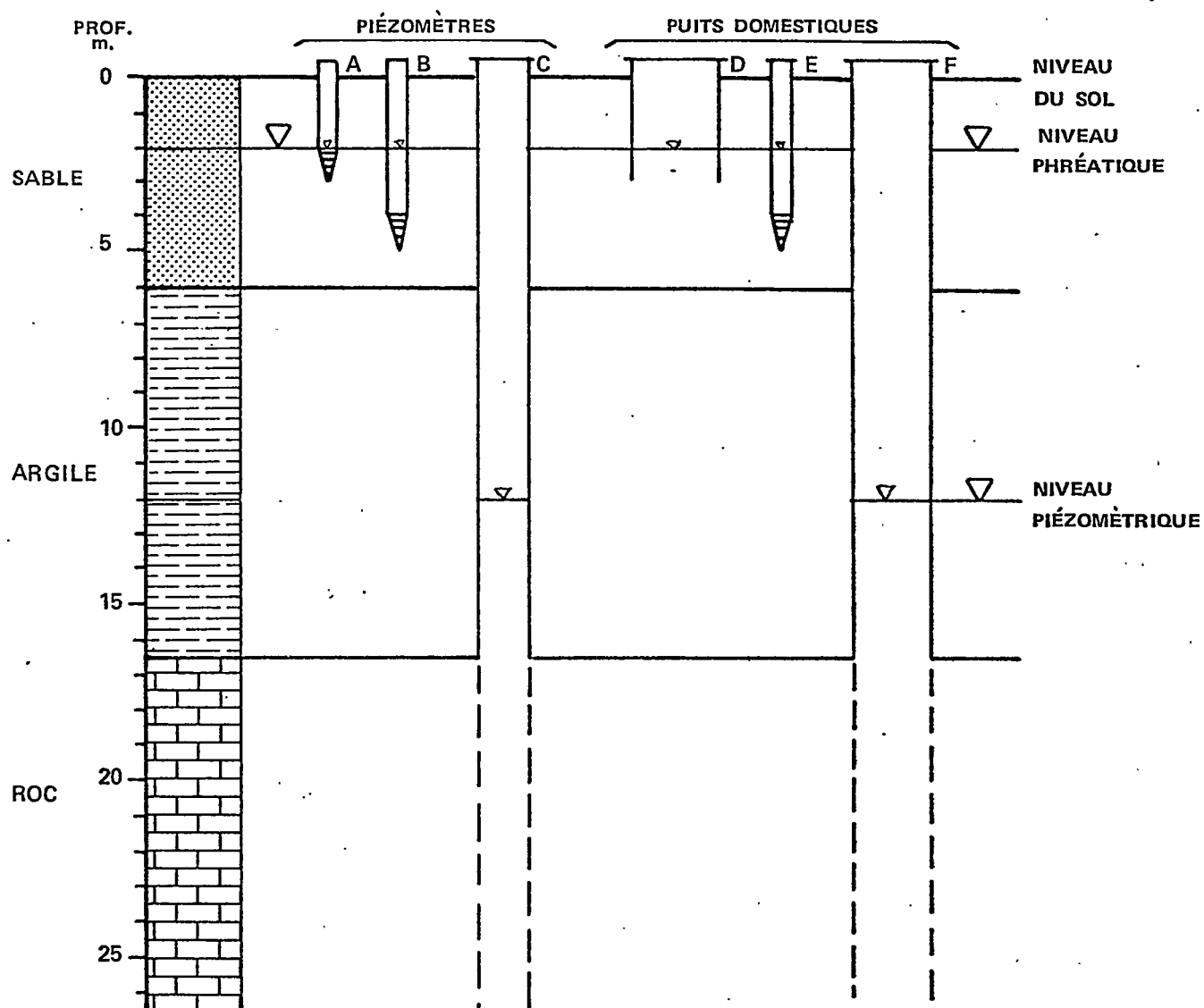
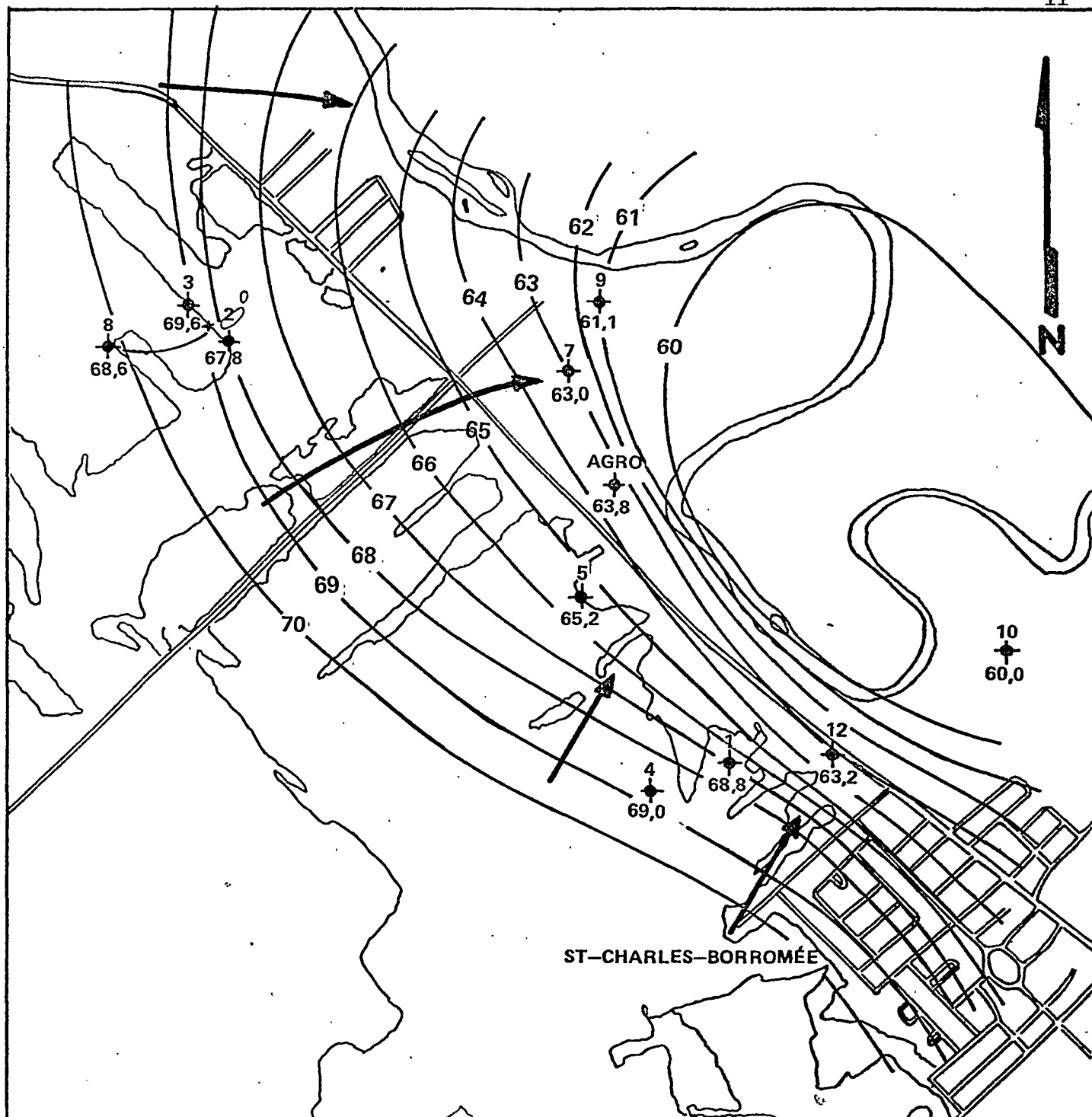


FIG. 3 COUPE SCHEMATIQUE DES NAPPES D'EAU ÉCHANTILLONNÉES À ST-CHARLES-BORROMÉE.



- A Piézomètre de surface (au contact de la nappe phréatique)
- B Piézomètre profond dans le sable (5m)
- C Puits d'essai existants
- D Puits de surface
- E Pointes
- F Puits artésiens

FIGURE 4 SCHÉMA TYPE DES POINTS D'ÉCHANTILLONNAGE

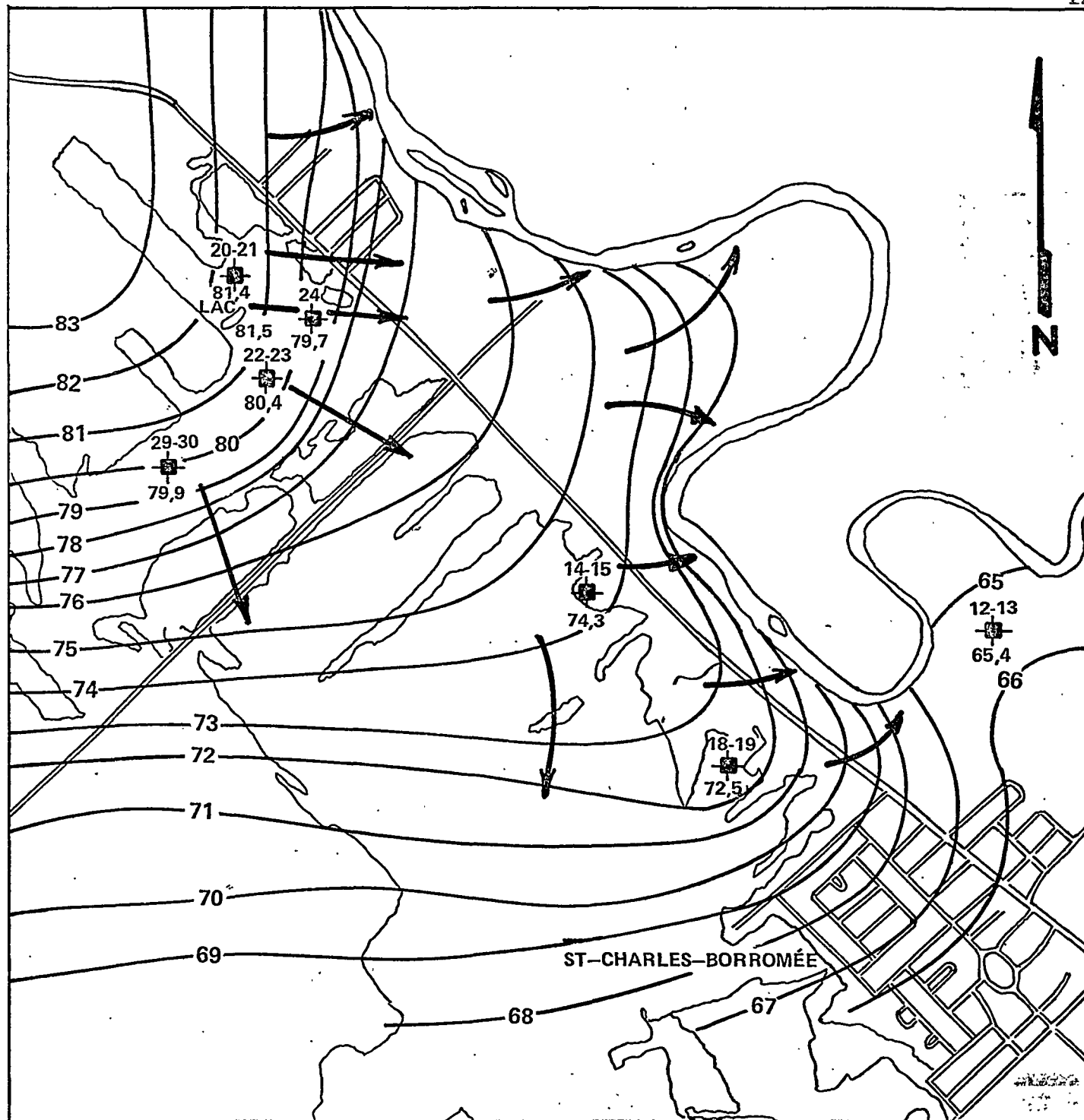


LÉGENDE

- 
 9 Identification des puits dans le roc
- 
 65,4 Élévation du niveau d'eau (en mètres)
- 
 67 Courbe isopièze (en mètres)
- 
 Direction de l'écoulement des eaux souterraines dans le roc

0 0,5 1,0 km
ÉCHELLE 1 : 20,000

FIG.5 CARTE ISOPIÈZE REPRÉSENTANT L'ÉCOULEMENT DE L'EAU SOUTERRAINE DANS LE ROC.



LÉGENDE

- 24 Numéro du ou des piézomètres
 63,2 Élévation du niveau d'eau dans la nappe libre des sables (en mètres)
 ———— Courbe isopièze ou d'égal niveau d'eau (en mètres)
 ———— Direction d'écoulement des eaux souterraines dans la nappe libre des sables de surface

0 0.5 1.0 km
ÉCHELLE 1 : 20,000

FIG. 6 CARTE MONTRANT LES DIRECTIONS D'ÉCOULEMENT DANS LA NAPPE AQUIFÈRE DES SABLES DE SURFACE.

4. CARACTERISATION DES POINTS D'ECHANTILLONNAGE

Ce bref aperçu de l'environnement hydrogéologique de la région fait ressortir qu'il existe trois types physiques de puits utilisés par les résidents, puits que nous nommerons domestiques: les puits de surface, les pointes et les puits artésiens (captant l'eau du roc; figure 4).

De la même manière que ces puits captent l'eau de différents horizons dans chaque nappe d'eau, nous avons installés des piézomètres de façon à capter également l'eau provenant de ces horizons (figure 4).

4.1 Puits domestiques

Le premier type de puits domestique rencontré dans la région de St-Charles Borromée est le puits de surface construit de façon artisanale, soit en pierrailles, avec un tuyau de ciment de trois pieds de diamètre, boisé, en briques ou en blocs de ciment. Ces puits sont peu profonds et captent les premiers pieds de la nappe phréatique.

Le deuxième type est une pointe (tuyau vendu communément sur le marché) qu'on plante généralement soi-même dans le sable jusqu'à une profondeur variable suivant la qualité du sable ou la persévérance de l'installateur. L'extrémité filtrante de ces pointes ont de façon générale 60 cm de longueur par 0,4 à 0,8 cm de diamètre, en acier galvanisé ou inoxydable.

Le dernier type est le puits communément appelé artésien installé par un spécialiste au moyen d'une foreuse. Dans la région, ces puits ont le plus souvent un diamètre de 15,2 cm. Le tubage se rend jusqu'au roc (à environ 15 mètres) et un trou ouvert est foré dans le roc jusqu'à une profondeur moyenne de 30 mètres.

4.2 Piézomètres

Les piézomètres qui ont été utilisés pour la prise des échantillons d'eau correspondent chacun à des types de puits domestiques.

a) Piézomètre de surface
.....

Des piézomètres peu profonds, installés au contact de la nappe phréatique, ont servi à déterminer la qualité de l'eau immédiatement sous le sol.

Ces piézomètres ont été construits au moyen de pointes en acier inoxydable d'un diamètre de $1\frac{1}{2}$ " et mises en place en utilisant une tarière mécanique de 4" de diamètre. Ce procédé permet de forer et de voir la profondeur de la nappe phréatique. On a enfoncé par la suite la pointe un maximum de deux pieds sous le niveau d'eau. On a procédé ensuite au développement du piézomètre par pompage jusqu'à ce que l'eau soit claire et représentative de l'horizon. On a laissé le piézomètre sur place quelques jours avant l'échantillonnage final.

L'ouverture des fentes de la pointe varie entre 0,15 et 0,50 mm, sa longueur est de 46 cm et celle-ci est vissée sur un tuyau de métal à manchons. Les précautions d'usage ont été naturellement prises pour que les pointes et les tuyaux neufs soient parfaitement propres.

b) Piézomètre profond
.....

Des pointes ont été installées à environ 5 mètres de profondeur dans le sable de surface afin de déterminer des variations de la qualité de l'eau dans le sable selon la profondeur d'échantillonnage en comparant les résultats avec ceux des piézomètres de surface. Les caractéristiques de profondeur de ces piézomètres sont indiquées dans le tableau 2. La mise en place des piézomètres profonds s'est effectuée par battage jusqu'à la profondeur désirée, à un mètre des piézomètres peu profonds, et ceux-ci furent développés avant échantillonnage. Ces pointes installées dans le sable à différentes profondeurs et dans des sites de forage différents n'ont pas nécessité de bouchons de scellement entre elles.

La construction de ces pointes est identique à celle décrite pour les pointes peu profondes.

c) Puits d'essais dans le roc
.....

Les puits d'essais, dont la profondeur, la construction et les caractéristiques sont connues, constituent des piézomètres idéaux pour représenter la qualité de l'eau du roc sous l'argile au même titre que pourront le faire les puits artésiens des résidents de la région. Le tableau 2 en indique les caractéristiques.

TABLEAU 2
CARACTERISTIQUES DE CONSTRUCTION DES PIEZOMETRES ET DES PUITES

Numéro	Profondeur (m)	Aquifère captée, remarques
<u>Puits d'essais</u>		
1	47,3	Roc, de 16,2 à 47,3 m
2	48,8	Roc, de 18,6 à 48,8 m
3	51,8	Roc, de 20,0 à 51,8 m
4	69,0	Roc, de 16,2 à 69,0 m
5	61,0	Roc, de 17,1 à 61,0 m
6	61,0	Roc, de 17,7 à 61,0 m
7	61,0	Roc, de 19,2 à 61,0 m
8	61,0	Roc, de 21,3 à 61,0 m
9	61,0	Roc, de 18,9 à 61,0 m
10	73,2	Roc, de 16,2 à 73,2 m
11	61,0	Roc, de 15,2 à 61,0 m
12	71,6	Roc, de 20,4 à 71,6 m
AGRO	60,0	Roc, de 18,0 à 60,0 m
<u>Piezomètres</u>		
12	3,04	Sable, de 2,43 à 3,04 m
13	4,26	Sable, de 3,6 à 4,26 m
14	1,82	Sable, de 1,2 à 1,82 m
15	4,26	Sable, de 3,6 à 4,26 m
16	2,13	Sable, de 1,52 à 2,13 m
17	4,26	Sable, de 3,6 à 4,26 m
18	2,13	Sable, de 1,52 à 2,13 m
19	4,26	Sable, de 3,6 à 4,26 m
20	2,74	Sable, de 2,13 à 2,74 m
21	4,26	Sable, de 3,6 à 4,26 m
22	3,04	Sable, de 2,43 à 3,04 m
23	4,26	Sable, de 3,6 à 4,26 m
24	4,26	Sable, de 3,6 à 4,26 m
29	3,3	Sable, de 2,74 à 3,3 m
30	4,26	Sable, de 3,6 à 4,26 m

5. ECHANTILLONNAGE

5.1 Période d'échantillonnage

L'échantillonnage de l'eau fut effectué en trois phases:

- a) En novembre 1982, prélèvement de deux échantillons de puits domestiques, deux échantillons d'eaux de lacs, et d'un piézomètre placé dans le champ de culture de tabac de la région de St-Charles Borromée. Deux autres échantillons d'eau de puits domestiques furent également prélevés dans la région de St-Thomas.

Cette première phase de l'échantillonnage nous a permis de choisir les paramètres physico-chimiques les plus représentatifs et de tenter de sélectionner le ou les pesticides utilisés lors de la culture du tabac et présents dans les échantillons d'eau.

- b) En décembre 1982, deux jours après que les piézomètres furent mis en place, une campagne d'échantillonnage fut effectuée les 14 et 15 décembre pour recueillir des échantillons d'eau. ✓
- c) En janvier 1983, les puits domestiques de la région concernée furent échantillonnés de façon à obtenir des échantillons d'eau de puits artésiens, d'eau de puits de surface et d'eau prélevés à l'aide de pointes. Les maisons visitées furent sélectionnées selon les critères définis à la section 3.2. ✓

Etant donné les variations observées dans les résultats analytiques, une campagne additionnelle d'échantillonnage a été organisée le 21 février. Le prélèvement de dix échantillons additionnels a ainsi permis un traitement statistique plus significatif.

5.2 Méthode d'échantillonnage

a) Echantillonnage des piézomètres

L'eau de tous les piézomètres fut prélevée à l'aide d'une pompe manuelle vissée directement aux piézomètres. Une période de pompage d'environ cinq minutes (environ 100 litres d'eau) était nécessaire avant l'obtention d'une eau parfaitement limpide. Cette période de pompage permettait le nettoyage de la conduite et de la pompe avant la prise des échantillons.

A chacun des piézomètres, quatre contenants variant de 500 mL à quatre litres furent remplis directement sous l'écoulement de la pompe. Ces contenants renfermaient déjà les préservatifs chimiques requis pour la préservation des divers éléments à être évalués.

b) Echantillonnage des puits profonds

L'échantillonnage des puits profonds #1, #2 et #5 fut effectué en même temps que les piézomètres. Une pompe submersible actionnée par une génératrice fut utilisée. Cette pompe était placée à deux mètres sous le niveau d'eau dans le puit et actionnée durant plus de cinq minutes avant l'échantillonnage, de façon à pomper plus de trois fois le volume de réserve d'eau de chacun des puits.

Les échantillons d'eau furent prélevés directement dans les contenants placés sous l'écoulement du boyau de façon à minimiser la contamination.

Tous les échantillons furent gardés au froid et transportés à nos laboratoires le jour même de l'échantillonnage.

c) Echantillonnage des puits domestiques.

Le choix des résidences pour l'échantillonnage des puits fut réalisé de façon à obtenir une bonne représentativité des puits artésiens, des puits de surface et des pointes, répartis dans la zone contrôle et la zone cible (tableau 3).

Suite à une étude de la direction de l'écoulement de l'eau de la nappe phréatique, l'échantillonnage fut pratiqué dans les deux zones (cible et contrôle) telles que définies plus tôt à la section 3.2.

A chacun des sites, le personnel s'enquerrait auprès des résidents du type de puits, de la profondeur, de sa date de mise en place, de la qualité de l'eau, de son goût et son odeur. De plus tout système de traitement d'eau tel qu'adoucisseur d'eau ou traitement au charbon activé fut écarté. Les échantillons d'eau furent prélevés au robinet d'eau froide des éviers de cuisine. Un écoulement de 3 à 5 minutes précédait le prélèvement d'échantillon.

Les préservatifs chimiques étaient ajoutés aux échantillons à l'extérieur de la maison de manière à ce qu'aucun produit chimique ne soit entré à l'intérieur des résidences.

Les échantillons furent apportés à nos laboratoires au cours de la journée du prélèvement et analysés le jour suivant pour les paramètres instables.

TABLEAU 3
LISTE DES PUITES ÉCHANTILLONNÉS

No. échantillon	Nom et adresse	Type de puits*	Profondeur en mètre	Mise en service	Qualité de l'eau
St-Ambroise					
101	M. Harnois, 300 rang Double	S	7	1962	Senteur occasionnelle Sulfureuse Sulfureuse
102	André Harnois, 302 rang Double	S	2	1979	
103	Claire Desrosiers, 311 rang Double	A		1981	
104	Michel Paré, 315 rang Double	A	16	1979	
105	Denis Brouillette, 321 rang Double	A		1981	
106	Rénald Laurin, 301 rang Double	A	16	1978	
107	Marcel Poirier, 260 rang Double	S	3	1972	
108	Régimbalde Désioniers, 80 rang Double	A	17	1980	
109	Jacques Beaudoin, 72 rang Double	A	40	1980	
St-Charles Borromée					
110	Lianne Joli, 2995 Visitation	S	4	1973	Couleur et goût
111	Guy Goyer, 2089 Visitation	P	7	1972	
112	Armand Enault, 2075 Visitation	P	4	1979	
113	André Boucher, 2031 Visitation	S	6	1973	Goût salé au printemps
114	Serge Bourgeois, 2009 Visitation				
115	J.M. Aubin, 2009A Visitation	P	8	1980	
116	Robert Desrosiers, 684 Visitation	A	17	1977	
117	Marc Moreau, 981 Visitation	S	6	1968	
118	Marc Moreau, 965 Visitation	S	6	1968	
119	André Simard, 1060 Visitation	P	5	1981	
120	Diane Goulet, 40 rang Double	P		1979	
121	Reine Laplante, 230 rang Double	A		1976	
122	Lucien Desrochers, 688 Visitation	P	4	1920	
123	Luc Desrochers, 800 Visitation	P			
124	Claude Talbot, 895 Visitation	S	4	1967	
125	Roger Sansregret, 20 Sansregret	S	6	1960	
126	(poulailler)	S	6	1955	
127	Georgette Robert, 2025 Visitation	P		1971	
128	Serge Dubeau, 3161 Visitation	P	5	1982	
129	Suzie Beauchamp, 2091 Visitation	S	7-6	1978	
130	René Asselin, 2093 Visitation	PS	7	1960	
131	Michel Perreault, 2085 Visitation	S	8	1980	
132	Dépanneur F. Beauséjour, 2076 Visitation	S	7	1978	
133	Nicole Alarie, 2083 Visitation	P	6	1972	
134	Motel Joliette, 2070 Visitation	P		1982	
135	Estel Landry, 2069 Visitation	P	4	1977	
136	M. Tapis Emard, 2051 Visitation	S	4	1967	
137	Marcel Bellemare, 2035 Visitation	S	5	1971	
138	(Garage derrière maison)	P	3	1980	
139	René Castonguay, 2029C Visitation	P	5	1981	

TABLEAU 3 (suite)

LISTE DES PUIITS ÉCHANTILLONNÉS

<u>No. échantillon</u>	<u>Nom et adressé</u>	<u>Type de puits</u>	<u>Profondeur en mètre</u>	<u>Mise en service</u>	<u>Qualité de l'eau</u>
St-Charles Borromée					
140	Gérald Marchand, 2029 Visitation	P	6	1975	
141	Paul Rocheleau, 1065 Visitation	A	23	1980	
142	Serge Lafrenière, 2050 Visitation	P	7	1980	
143	Roger Baillargeon, 2030 Visitation	S	9	1970	
144	Paul-Émile Ayotte, 10 Rivest	P	7	1969	
145	Lise Leblanc, 2000 Visitation	P	4	1979	
146	Gérald Fournier, 1900 Visitation	S	6	1979	
147	Lionel De Grangpré, 12 Mailliot	P	8	1975	
148	Léo De Grangpré, 2045 Visitation	P	8	1982	
St-Ambroise					
201	André Beauséjour, 3151 Visitation	P	8	1978	
202	M. Babineau, 3155 Visitation	P	9	1974	
203	Marcel Clermont, 3141 Visitation	P	8	1973	
204	M. Rosaire Cusson, 3121 Visitation	P	6	1975	
205	M. Charland, 3111 Visitation	S	7	1960	
206	M. J.-P. Thouin, 3110 Visitation	S			
207	Yves Perreault, 3023 Visitation	S			
208	Louis Roberge, 3238 Visitation	S	2	1971	
209	Georges Daher, 3280 Visitation	S	9	1960	

* Type de puits
 S : puits de surface
 A : puits artésien
 P : pointe

6. ANALYSES DES ÉCHANTILLONS D'EAUX

Tous les échantillons d'eau furent analysés dans les laboratoires d'Eco-Recherches à Pointe Claire, Québec.

Les analyses physico-chimiques furent effectuées selon les méthodes publiées dans le "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater", 15e édition publiée par APHA-AWWA-WPCF. Pour les déterminations de biphényl-poly-chlorés et de pesticides organophosphorés, le manuel d'Environnement Canada "Analytical Methods Manual" publié en 1979 ainsi que les suppléments de 1980 et 1981 ont servis de références. Les substances de la classe organo volatiles furent évaluées selon les méthodes publiées en 1981 par AWWA sous le titre "Supplement to the fifteen edition of Standard Method for examination of Water and Wastewater".

Choix des paramètres à analyser

La culture du tabac requiert l'utilisation d'engrais chimiques et de différents pesticides. Ces produits peuvent être utilisés avant la plantation du tabac comme fulmigant de sol ou durant la croissance pour combattre certains insectes ou bactéries qui affectent la qualité des plantes. Certains de ces produits sont solubles dans l'eau. La stabilité de ces produits est aussi très variable.

A la suite d'un entretien avec un agronome régional (Mme Sylvie Therrien) afin de connaître les principaux produits utilisés par les agriculteurs de la région, Eco-Recherches a procédé à l'évaluation des produits susceptibles d'être présents dans l'eau de la nappe phréatique.

Lors de la première phase d'échantillonnage, en octobre 1982, la détermination de 14 produits organiques fut effectuée sur 5 échantillons d'eau prélevés dans la région de St-Charles Borromée et de 2 échantillons d'eau domestiques de la région de St-Thomas où la culture du tabac est pratiquée sur une grande échelle. Aucun des produits cités à la fin du tableau 4 ne fut détecté dans les 7 échantillons analysés.

Pour les substances inorganiques, 23 paramètres furent évalués dans la phase initiale d'échantillonnage. Les concentrations mesurées dans les sept échantillons sont rapportés au tableau 4.

Lors d'une rencontre avec l'autorité scientifique en novembre 1982, 14 des 23 paramètres inorganiques furent retenus et évalués dans les échantillons d'eau prélevés dans les piézomètres et dans l'eau des puits domestiques.

Il fut également convenu que les produits organiques seraient évalués dans l'eau des piézomètres afin de vérifier leur présence dans la nappe phréatique sous le terrain de culture. Dans le cas où ces produits ne pourraient être détectés, il deviendrait donc inutile de tenter de les évaluer dans l'eau des puits domestiques.

TABLEAU 4

ANALYSES D'ECHANTILLONS D'EAU DE LA PHASE #1

ANALYSES	Ferme M. Harnois	Lac M. Harnois	Maison M. Baby	Lac M. Baby	Ferme Ronnie Mayert	Ferme Goétan Rondeau	Piézomètre
pH	5,90	6,15	6,50	5,90	5,90	6,30	6,05
Alcalinité (en CaCO_3)	8,5	7,5	24	8,5	30	40	6,5
Nitrate (en N)	4,85	0,81	0,70	0,81	7,35	9,25	13,6
Nitrite (en N)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	-
o-phosphate	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
P total	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	0,023
C total	2,9	6,5	8,9	4,3	12,3	12,0	-
N-Kjeldahl	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,46	< 0,4	3,27
N- NH_3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,90
Dureté	65	30	46	42	88	120	-
Cd	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-
Ca	16,6	7,3	12,7	9,7	21,7	26,7	-
Cr	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-
Cu	0,08	< 0,02	0,04	< 0,02	0,04	< 0,02	-
Co	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	-
Fe	0,20	0,21	< 0,03	0,17	< 0,03	< 0,03	-
Mg	2,1	1,4	5,3	1,2	4,4	6,6	-
Mn	0,05	0,04	0,02	0,09	< 0,01	< 0,01	-
Ni	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,01	-
Pb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	-
Na	1,7	1,3	1,0	1,2	7,2	5,0	-
Zn	0,20	0,01	0,59	0,06	0,33	0,10	-
K	15,3	4,5	10,5	8,2	8,3	0,92	-
Carbone organique total	0,15	4,0	0,7	1,7	1,5	< 0,1	3,2
BPC	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil
DDT	"	"	"	"	"	"	"
DDE	"	"	"	"	"	"	"
Heptachlor	"	"	"	"	"	"	"
Heptachlor époxyde	"	"	"	"	"	"	"
Endosulfan	"	"	"	"	"	"	"
Mirex	"	"	"	"	"	"	"
Dieldrin	"	"	"	"	"	"	"
Endrin	"	"	"	"	"	"	"
Métoxychlor	"	"	"	"	"	"	"
1,2 dichloropropane	"	"	"	"	"	"	"
1,3 dichloropropène	"	"	"	"	"	"	"
Diphénamide	"	"	"	"	"	"	"
Aldicarbe	"	"	"	"	"	"	"
Malathion	"	"	"	"	"	"	"

7. ANALYSES STATISTIQUES

Cette section décrit la méthodologie utilisée lors du traitement statistique des données. La figure 7 montre le cheminement suivi lors de chacun des tests effectués.

7.1 Équipement et logiciels utilisés

L'équipement utilisé a été l'ordinateur Cyber 185 de l'Université de Montréal relié à Eco-Recherches à l'aide d'un terminal DECwriter III. Les analyses statistiques, pour leur part, ont été effectuées à partir des logiciels suivants:

- SPSS (Statistical Package for Social Sciences)
- Programmes statistiques de l'Université de Montréal
- Programmes statistiques d'Eco-Recherches

7.2 Description des tests

La description qui suit est sommaire et le lecteur intéressé au détail de la méthodologie pour chacun des tests est prié de se référer à certains ouvrages comme Biometry (Sokal et Rolf, 1981) et Non parametric Statistics (Siegel, 1956).

7.2.1 Normalité des données

Lors de l'application d'analyses paramétriques, les données utilisées doivent avoir une distribution normale. Celle-ci a été vérifiée par le test de Kolmogorov-Smirnov avec une probabilité inférieure à 0,01.

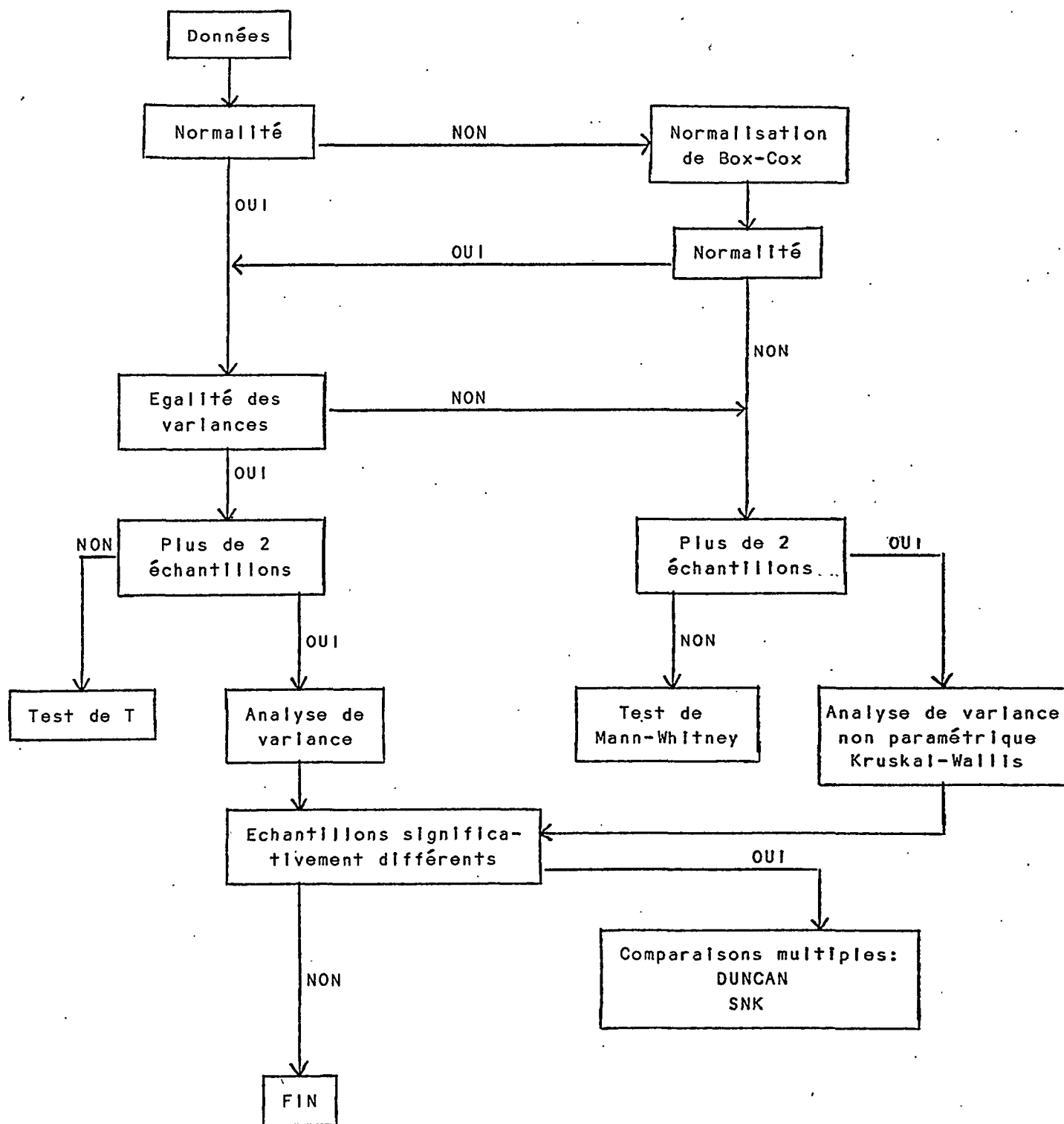
Si la distribution des données ne s'avérait pas normale, celle-ci était alors transformée à l'aide de la méthode Box-Cox (Box et Cox, 1964). Celle-ci estime la meilleure transformation qui puisse rendre les données normales:

$$Y' = (Y^\lambda - 1)/\lambda \quad (\text{pour } \lambda \neq 0)$$

$$Y' = \ln Y \quad (\text{pour } \lambda = 0)$$

FIGURE 7

CHEMINEMENT STATISTIQUE POUR LA COMPARAISON DES DONNEES



Si la valeur du $\lambda = 1$, il s'agit alors d'une simple transformation linéaire. Pour $\lambda = \frac{1}{2}$, elle équivaut à une racine carrée, tandis que $\lambda = 0$ correspond à une transformation logarithmique. Enfin, un $\lambda = -1$ équivaut à une transformation réciproque. Bien entendu, le λ peut prendre toutes les valeurs intermédiaires ou autres qui peuvent optimiser la distribution normale.

7.2.2 Egalité des variances

L'analyse de variance et le test de T ont, comme exigence l'égalité des variances ou l'homocédasticité. Le test de Bartlett vérifie cette égalité et donne une valeur qui suit une distribution du K^2 . Si l'hypothèse d'égalité est rejetée, les tests paramétriques ne peuvent pas être utilisés.

7.2.3 Tests non paramétriques

Advenant le rejet de l'hypothèse de normalité des données ou d'égalité des variances, les comparaisons étaient alors effectuées à l'aide de tests non paramétriques, c'est-à-dire celui de Mann-Whitney, dans le cas de deux échantillons, et celui de Kruskal-Wallis qui est l'équivalent de l'analyse de variance mais en non paramétrique. Dans les deux cas, l'analyse utilise le rang des données plutôt que les données elles-mêmes.

Dans la situation où les conditions d'application des tests paramétriques sont respectées (normalité des données et égalité des variances) ces tests non paramétriques possèdent environ 95% de l'efficacité des premiers. Si l'on s'écarte des conditions d'application, l'efficacité de ces tests devient donc supérieure aux tests paramétriques usuels.

7.2.4 Comparaisons multiples

Lors de l'analyse de variance, le rejet de l'hypothèse d'égalité des moyennes n'implique pas nécessairement que celles-ci sont toutes différentes. Par exemple, dans un cas de 3 échantillons si l'hypothèse $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ est rejetée, nous voulons savoir si $\mu_1 \neq \mu_2 = \mu_3$ ou $\mu_1 = \mu_2 \neq \mu_3$ ou $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$. Il est alors statistiquement invalide d'utiliser plusieurs tests de T ou de Mann-Whitney pour contrôler chacune des alternatives. Il existe, pour faire ces analyses, des tests de comparaisons multiples. Nous avons utilisé ici les deux tests les plus reconnus soit ceux de Duncan et SNK (Student-Newman-Keuls). Ceux-ci comparent les moyennes prises 2 par 2 et déterminent lesquelles sont différentes les unes des autres ($P < 0,05$).

8. RESULTATS

8.1 Résultats analytiques

Les résultats analytiques des échantillons d'eau de piézomètres et de puits domestiques apparaissent aux tableaux 5 à 9. Les résultats sont présentés par groupe de la zone cible et de la zone contrôle.

8.2 Résultats des analyses statistiques

8.2.1 Statistiques descriptives

On peut retrouver, aux tableaux 10 à 17, les statistiques descriptives pour chacun des paramètres analysés dans les puits, les pointes et les piézomètres des zones contrôle et cible.

Les coefficients de variation montrent qu'il y a une très grande variabilité dans les résultats des puits et des pointes surtout dans la zone contrôle et plus spécialement pour certains paramètres tels le fer et l'azote ammoniacal dont les coefficients de variation sont toujours supérieurs à 100%. Cette variabilité est beaucoup moins prononcée dans les piézomètres tout en demeurant toutefois supérieure dans la zone contrôle comparativement à la zone cible.

8.2.2 Comparaison des puits de surface et des pointes des régions cible et contrôle

Les résultats des analyses de variance pour les puits et les pointes sont montrés au tableau 18. On s'aperçoit que les principales différences résident entre les puits et les pointes d'une même région. En effet, si l'on regarde les comparaisons entre les régions cible et contrôle, il n'y a que les sulfates et les phosphates qui diffèrent pour les puits tandis que pour les pointes, les paramètres sont le magnésium et les phosphates.

TABLEAU 5

ANALYSES D'ECHANTILLONS D'EAU DE PIEZOMETRES

(PUITS D'ESSAIS EXISTANTS)

Puits	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
1	7,6	84,0	7,35	0,42	0,40	0,13	0,11	1,50	1,30	19	14	6,6	0,2	5,2	11,67
2	8,0	45,0	8,83	0,38	0,27	0,13	0,22	6,38	1,75	10,6	5,5	3,7	0,07	1,2	5,28
5	7,9	104	9,25	0,88	0,70	0,13	0,52	1,22	2,60	16,6	5,1	7,7	0,05	7,0	7,88
Moyenne:	7,8	77,7	8,48	0,56	0,46	0,13	0,28	3,03	1,88	15,4	8,2	6,0	0,11	4,5	8,28

TABLEAU 6

ANALYSES D'ÉCHANTILLONS D'EAU DE PIÉZOMÈTRES

(PIÉZOMÈTRES DE LA ZONE CONTRÔLE, POINTES DE SURFACE ET PROFONDES)

Puits	Alca-														
	pH	llinité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PQ ₄	SQ ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
12	5,80	7,1	27,00	0,77	≤ 0,10	33,00	0,16	18,50	1,55	9,0	7,40	1,68	0,10	5,00	28,10
13	5,75	8,0	6,11	0,64	≤ 0,10	15,00	0,25	12,40	1,25	7,6	8,20	1,60	0,06	1,90	10,00
14	5,60	7,3	2,55	0,64	≤ 0,10	0,80	0,13	7,75	3,55	4,8	0,15	0,60	0,04	0,40	0,40
15	5,90	8,2	2,43	0,64	≤ 0,10	1,15	0,36	11,00	1,95	12,1	21,00	6,88	0,17	5,00	2,10
16	5,60	2,2	10,05	0,35	≤ 0,10	0,95	0,33	6,38	3,40	2,4	4,50	0,90	0,06	0,30	0,88
17	5,90	5,3	2,55	0,55	≤ 0,10	0,10	0,29	6,38	0,20	3,4	3,60	1,25	0,02	0,50	0,52
18	5,70	3,4	5,32	0,48	≤ 0,10	0,05	0,12	6,00	2,50	3,0	2,80	0,50	0,11	0,80	0,28
19	6,00	10,4	3,21	0,35	≤ 0,10	0,10	0,59	5,25	0,70	5,6	5,70	1,85	0,07	1,10	1,32
Moyenne:	5,80	6,4	7,4	0,55	≤ 0,10	6,39	0,28	9,20	1,88	6,0	6,67	1,91	0,08	1,87	5,43

(PIÉZOMÈTRES DE LA ZONE CIBLE, POINTES DE SURFACE ET PROFONDES)

20	5,50	1,5	20,00	0,44	≤ 0,10	2,25	0,08	66,00	0,55	14,0	1,60	3,10	0,04	22,00	1,28
21	5,70	2,4	24,00	≤ 0,30	≤ 0,10	4,40	0,07	42,00	0,10	18,4	1,50	3,10	0,05	4,00	1,52
22	6,00	2,7	35,00	0,51	≤ 0,10	1,75	2,55	42,40	2,75	20,2	24,00	8,25	0,20	17,00	1,68
23	5,90	2,5	73,00	≤ 0,40	≤ 0,10	4,00	1,36	50,20	2,20	21,2	9,80	5,45	0,14	18,00	2,32
24	5,90	2,7	53,00	≤ 0,30	≤ 0,10	1,75	0,74	57,00	1,60	14,2	10,00	3,90	0,08	15,50	1,78
29	5,85	3,8	22,00	≤ 0,40	≤ 0,10	2,55	0,24	29,60	1,65	10,4	8,20	2,00	0,50	5,00	0,64
30	6,00	4,7	44,00	≤ 0,40	≤ 0,10	2,70	0,93	29,00	1,70	15,6	9,50	4,50	0,10	5,20	2,06
Moyenne:	5,80	2,9	38,7	≤ 0,40	≤ 0,10	2,75	0,85	40,80	1,51	16,1	9,22	4,30	0,15	12,30	1,61

TABLEAU 7
RÉSULTATS D'ANALYSES DES EAUX DE PUIITS DOMESTIQUES

(PUIITS ARTESIENS DE LA ZONE CONTRÔLE)

Echan- tillon	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
103	7,4	72	0,05	3,50	1,28	0,15	0,45	≤ 0,25	1,0	12,5	0,36	5,0	≤ 0,02	4,1	8,8
104	7,7	73	0,02	2,01	1,16	0,10	0,39	≤ 0,25	1,0	11,3	0,26	5,1	≤ 0,02	4,4	10,0
105	7,8	113	0,02	2,42	1,61	0,45	1,10	≤ 0,25	2,5	10,2	0,50	5,9	≤ 0,04	4,1	30,0
106	7,8	65	0,02	1,39	1,01	0,10	0,37	≤ 0,25	1,0	12,0	0,50	4,8	≤ 0,02	4,1	5,6
116	7,7	103	0,24	1,68	1,06	0,30	0,41	≤ 0,25	1,0	9,3	≤ 0,10	5,4	≤ 0,02	10,0	23,0
Moyenne:	7,7	85,2	0,07	2,20	1,22	0,22	0,54	≤ 0,25	1,3	11,1	0,33	5,2	≤ 0,02	5,3	15,5

(PUIITS ARTESIENS DE LA ZONE-CIBLE)

108	7,8	60	0,05	1,27	0,77	0,20	0,34	2,20	≤ 0,5	12,2	0,20	4,3	≤ 0,02	3,1	4,2
109	8,3	85	0,02	1,46	0,39	0,40	0,08	3,60	≤ 0,5	4,5	0,12	2,4	≤ 0,02	6,3	30,0
114	7,7	65	0,04	1,60	1,11	0,25	0,51	1,80	≤ 0,5	11,0	0,20	4,7	≤ 0,02	5,4	6,8
121	7,9	58	0,08	1,21	0,70	0,15	0,39	0,25	≤ 0,5	12,0	0,14	4,4	≤ 0,02	9,3	4,2
141	8,0	65	0,14	0,77	0,61	0,10	0,45	1,40	≤ 0,5	10,0	≤ 0,10	4,0	≤ 0,02	6,7	8,2
Moyenne:	7,9	67	0,07	1,26	0,72	0,22	0,35	1,85	≤ 0,5	9,9	0,14	4,0	≤ 0,02	6,2	10,7

TABLEAU 8

RÉSULTATS D'ANALYSES DES EAUX DE PUIITS DOMESTIQUES
(PUIITS DE SURFACE DE LA ZONE CONTRÔLE)

Echan- tillon	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PQ ₄	SQ ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
110	7,1	74,00	3,36	1,01	0,19	18,00	≤0,01	27,00	≤0,5	40,00	0,34	1,70	≤0,02	0,80	17,00
117	5,9	12,00	1,01	1,11	0,21	12,00	0,02	18,00	≤0,5	11,00	1,60	0,90	≤0,02	4,70	11,00
118	6,2	24,00	2,43	0,84	0,16	3,70	0,02	12,30	≤0,5	15,00	0,14	0,70	≤0,02	1,10	7,20
124	5,7	6,30	0,35	1,01	0,14	1,85	≤0,01	6,60	≤0,5	5,80	0,30	0,60	≤0,02	2,70	1,80
125	6,7	58,00	7,69	2,11	0,13	57,00	≤0,01	45,60	6,3	30,00	0,64	2,50	≤0,02	5,60	55,00
126	6,9	114,00	8,83	12,70	11,10	35,00	0,03	41,20	7,0	23,00	0,70	5,10	0,47	32,00	39,00
129	6,7	27,00	0,51	0,88	0,14	77,00	0,02	9,00	≤0,5	15,00	0,14	0,90	≤0,02	1,50	52,00
130	6,2	23,00	1,40	1,27	0,14	7,80	≤0,01	21,10	≤0,5	15,00	0,12	1,10	≤0,02	1,90	7,60
131	6,8	61,00	8,83	1,16	0,14	27,00	≤0,01	15,20	≤0,5	34,00	≤0,10	1,50	≤0,02	7,20	20,00
132	6,8	87,00	10,60	0,56	0,15	60,00	0,01	26,70	0,5	41,00	≤0,10	1,30	≤0,02	2,00	60,00
205	6,0	52,00	34,40	0,36	0,26	37,90	0,04	37,00	1,9	34,90	0,15	3,17	0,14	7,40	23,20
206	5,5	9,00	5,97	0,35	0,14	106,00	0,02	22,50	1,0	19,10	0,10	1,89	≤0,02	2,60	44,20
207	6,1	106,00	24,90	0,38	0,12	55,00	0,09	30,70	3,6	44,90	0,20	6,37	≤0,02	2,76	44,00
208	7,0	58,00	0,07	0,36	0,11	27,00	0,17	6,75	1,9	11,70	0,50	4,69	≤0,02	2,16	14,70
209	6,6	61,00	1,04	0,29	0,10	97,00	0,02	24,00	3,6	22,60	0,15	1,32	≤0,02	1,80	43,20
Moyenne:	6,4	51,48	7,43	1,63	0,88	41,48	≤0,31	22,90	≤1,95	24,20	≤0,35	2,25	≤0,06	5,08	29,30

(PUIITS DE SURFACE DE LA ZONE CIBLE)

101	6,2	16,00	5,08	1,46	0,40	2,00	0,01	63,00	≤0,5	24,50	0,30	2,90	≤0,02	20,00	4,00
102	6,1	20,00	3,52	1,33	0,31	3,00	≤0,01	50,00	≤0,5	24,70	0,34	2,30	0,04	13,00	3,60
107	6,5	64,00	5,32	1,11	0,28	9,25	≤0,01	69,00	0,8	52,20	0,70	5,80	0,15	4,10	7,20
113	6,3	49,00	4,23	1,39	0,97	5,50	0,01	36,00	1,9	32,00	1,32	3,30	0,48	2,80	4,80
136	7,2	29,00	3,86	0,30	0,04	8,00	≤0,01	67,00	≤0,5	31,00	0,30	3,30	≤0,02	18,00	8,40
137	6,6	27,00	4,85	0,20	0,04	5,00	≤0,01	36,20	0,5	22,00	0,14	3,50	≤0,02	4,50	6,40
143	6,5	51,00	5,84	0,20	0,03	163,00	≤0,01	42,20	0,5	47,00	≤0,10	2,70	≤0,02	4,10	116,00
146	6,9	55,00	2,22	0,17	0,02	62,00	≤0,01	22,80	≤0,5	25,00	≤0,10	0,60	≤0,02	1,20	56,00
Moyenne:	6,5	38,88	4,36	0,77	0,26	32,20	≤0,01	48,30	≤0,65	32,30	≤0,41	3,05	≤0,09	8,46	25,80

8.2.3 Comparaison entre les piézomètres des zones contrôle et cible

Le tableau 19 présente les moyennes obtenues pour chaque paramètre pour les piézomètres. Il faut noter ici que le nombre de piézomètres bien que normalement suffisant pour une étude de la contamination de l'eau souterraine, ne permet pas d'effectuer des comparaisons statistiques entre les différentes profondeurs et les régions.

Cependant, les moyennes obtenues permettent de faire certaines observations très intéressantes. Dans ce tableau, nous avons calculé le rapport entre les deux moyennes pour un même paramètre. Les astérisques représentent le nombre de fois où une moyenne est plus élevée que l'autre. Celles-ci cependant ne comprennent pas les résultats des piézomètres 12 et 13 qui se sont constamment maintenus à des valeurs très différentes des autres piézomètres et qui auraient alors faussé la comparaison de ces moyennes.

Il ressort de ces calculs, que les piézomètres peuvent déceler beaucoup plus de différences entre les paramètres. Celles-ci sont assez abondantes entre les piézomètres de surface et profonds pour une même région, mais sont surtout relevées au niveau des comparaisons entre les régions cible et contrôle, les valeurs étant généralement beaucoup plus élevées dans la région-cible.

8.2.4 Comparaison entre les piézomètres, les puits et les pointes

L'approche utilisée ici a été la même qu'à la section précédente, c'est-à-dire la comparaison simple des moyennes.

Les résultats, présentés au tableau 20, montrent beaucoup de différence entre les piézomètres et les puits ou pointes des zones cible et contrôle. Ces différences sont même jusqu'à plus de 100 fois inférieures ou supérieures dans les piézomètres que dans les puits ou pointes. Ceci nous amène donc à dire que les valeurs obtenues à l'aide de piézomètres ne sont pas comparables à celles de puits ou de pointes.

TABLEAU 10

STATISTIQUES DESCRIPTIVES POUR LES PUIITS DOMESTIQUES

(PUIITS DE SURFACE, ZONE CONTROLE)

Statistiques	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Moyenne	6.41	51.49	7.426	1.626	0.882	41.483	0.031	22.91	1.84	24.20	0.345	2.25	0.049	5.08	29.34
Ecart-type	0.50	34.32	9.859	3.102	2.827	33.059	0.044	12.13	2.28	12.41	0.404	1.79	0.121	7.74	19.62
Erreur-type	0.13	8.86	2.546	0.801	0.730	8.536	0.011	3.13	0.59	3.21	0.104	0.462	0.031	2.00	5.07
Minimum*	5.5	6.3	0.07	0.29	0.10	1.85	0.005 (≤ 0.01)	6.6 (≤ 0.5)	0.25 (≤ 0.1)	5.8 (≤ 0.1)	0.05 (≤ 0.02)	0.60 (≤ 0.02)	0.01 (≤ 0.02)	0.8 (≤ 0.02)	1.8 (≤ 0.02)
Maximum	7.1	114.0	34.4	12.70	11.10	103.00	0.17	45.6	7.0	44.9	1.60	6.37	0.47	32.0	60.0
Coefficient de variation (%)	7.8	66.6	132.8	190.8	320.5	79.7	142.4	53.0	124.3	51.3	116.9	79.5	245.4	152.2	66.9

* Les données < "valeur" ont été remplacées par la moitié de cette valeur dans les calculs et les analyses statistiques.

TABLEAU 11'

STATISTIQUES DESCRIPTIVES POUR LES PUIITS DOMESTIQUES

(PUITS DE SURFACE, ZONE CIBLE)

Statistiques	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Moyenne	6.54	38.88	4.365	0.770	0.261	32.219	0.006	48.28	0.59	32.30	0.400	3.05	0.090	8.46	25.80
Ecart-type	0.37	17.96	1.160	0.600	0.324	56.476	0.002	16.83	0.57	11.29	0.426	1.44	0.165	7.40	40.50
Erreur-type	0.13	6.35	0.410	0.212	0.114	19.967	0.001	5.95	0.20	3.99	0.151	0.51	0.058	2.62	14.32
Minimum*	6.1	16.0	2.22	0.17	0.02	2.00	0.005 (<0.01)	22.8	0.25 (<0.5)	22.0	0.05 (<0.1)	0.60	0.01 (<0.02)	1.2	3.6
Maximum	7.2	64.0	5.84	1.46	0.97	163.00	0.010	69.0	1.9	52.2	1.32	5.80	0.48	20.0	116.0
Coefficient de variation (%)	5.6	46.2	26.6	77.9	123.9	175.3	37.0	34.9	96.3	34.9	106.6	47.3	183.1	87.4	157.0

* Les données < "valeur" ont été remplacées par la moitié de cette valeur dans les calculs et les analyses statistiques.

TABLEAU 12

STATISTIQUES DESCRIPTIVES POUR LES PUIITS DOMESTIQUES

(POINTES, ZONE CONTROLE)

Statistiques	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Moyenne	5.90	15.40	3.230	0.862	0.327	20.604	0.022	17.80	1.05	12.78	0.235	1.28	0.140	1.53	16.13
Ecart-type	0.48	12.60	4.091	0.880	0.739	30.751	0.024	12.92	0.95	8.70	0.238	0.62	0.400	1.33	25.61
Erreur-type	0.14	3.64	1.181	0.254	0.213	8.877	0.007	3.73	0.28	2.51	0.069	0.18	0.115	0.39	7.39
Minimum*	5.1	3.0	0.39	0.15	0.02	0.65	0.005 (<0.01)	5.2	0.25 (<0.5)	3.5	0.05 (<0.1)	0.3	0.01 (<0.02)	0.4	0.8
Maximum	6.7	43.0	15.00	3.50	2.67	94.00	0.090	41.2	3.0	26.0	0.76	1.90	1.40	4.6	91.0
Coefficient de variation (%)	8.0	81.3	126.3	102.0	225.8	149.2	108.2	72.6	91.0	68.1	101.6	48.7	285.6	87.0	158.8

* Les données < "valeur" ont été remplacées par la moitié de cette valeur dans les calculs et les analyses statistiques.

TABLEAU 13

STATISTIQUES DESCRIPTIVES POUR LES Puits DOMESTIQUES

(POINTES, ZONE CIBLE)

Statistiques	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Moyenne	6.24	24.70	3.696	0.565	0.171	13.813	0.008	27.98	0.43	16.50	0.545	3.71	0.013	2.48	4.22
Ecart-type	0.42	22.47	1.814	0.578	0.303	34.408	0.006	12.44	0.45	4.32	0.801	1.71	0.009	2.16	2.18
Erreur-type	0.12	6.49	0.524	0.167	0.087	9.933	0.002	3.59	0.13	1.25	0.231	0.49	0.003	0.62	0.63
Minimum*	5.7	5.0	1.01	0.12	0.01	1.50	0.005 (<0.01)	6.2 (<0.5)	0.25 (<0.5)	10.0	0.05 (<0.1)	1.70	0.01 (<0.02)	0.6	1.8
Maximum	6.9	67.0	6.40	1.84	1.11	123.00	0.020	46.0	1.7	27.0	2.96	7.20	0.04	8.2	7.8
Coefficient de variation (%)	6.7	91.0	49.0	102.3	177.3	249.1	69.3	44.7	104.6	26.1	147.0	46.0	66.6	87.1	51.7

* Les données < "valeur" ont été remplacées par la moitié de cette valeur dans les calculs et les analyses statistiques.

TABLEAU 14

STATISTIQUES DESCRIPTIVES POUR LES PIEZOMETRES

(PIEZOMETRES DE SURFACE, ZONE CONTROLE)

Statistiques	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Moyenne	5.68	5.00	11.230	0.543	0.050	8.700	0.185	9.661	2.75	4.80	3.713	0.92	0.08	1.63	7.42
Ecart-type	0.10	2.59	10.959	0.158	0.000	16.205	0.098	5.94	0.92	2.98	3.041	0.53	0.033	2.26	13.79
Erreur-type	0.05	1.29	5.480	0.079	0.000	8.102	0.049	2.97	0.46	1.49	1.520	0.27	0.017	1.13	6.90
Minimum	5.6	2.2	2.55	0.35	0.05	0.05	0.12	6.0	1.55	3.0	0.15	0.50	0.04	0.3	0.28
Maximum	5.8	7.3	27.0	0.70	0.05	33.00	0.33	18.5	3.55	9.0	7.40	1.68	0.11	5.0	28.10
Coefficient de variation (%)	1.8	51.8	97.6	29.1	0.0	186.3	53.0	61.5	33.5	62.1	81.9	173.6	41.3	138.7	185.8

TABLEAU 15

STATISTIQUES DESCRIPTIVES POUR LES PIEZOMETRES

(PIEZOMETRES DE SURFACE, ZONE CIBLE)

Statistiques	pH	Alcà- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Moyenne	5.81	2.68	32.500	0.325	0.05	2.075	0.903	48.75	1.64	14.70	10.95	4.32	0.205	14.88	1.35
Ecart-type	0.22	0.94	15.199	0.177	0.00	0.395	1.133	16.05	0.90	4.06	9.420	2.74	0.208	7.15	0.52
Erreur-type	0.11	0.47	7.599	0.088	0.00	0.197	0.567	8.02	0.45	2.03	4.710	1.37	0.104	3.57	0.26
Minimum	5.50	1.5	20.00	0.15	0.05	1.75	0.08	29.6	0.55	10.4	1.60	2.0	0.04	5.0	0.64
Maximum	6.00	3.8	53.00	0.51	0.05	2.55	2.55	66.0	2.75	20.2	24.00	8.25	0.50	22.0	1.78
Coefficient de variation (%)	3.8	35.1	46.8	54.5	0.0	19.0	125.5	32.9	54.9	27.6	86.0	63.4	101.5	48.1	38.5

TABLEAU 16

STATISTIQUES DESCRIPTIVES POUR LES PIEZOMETRES

(PIEZOMETRES PROFONDS, ZONE CONTROLE)

Statistiques	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Moyenne	5.89	7.98	3.575	0.545	0.050	4.088	0.373	8.761	1.03	7.18	9.625	2.89	0.080	2.13	3.49
Ecart-type	0.10	2.09	1.724	0.137	0.000	7.292	0.152	3.48	0.75	3.70	7.813	2.67	0.064	2.00	4.39
Erreur-type	0.05	1.04	0.862	0.068	0.000	3.646	0.076	1.74	0.38	1.85	3.906	1.33	0.032	1.00	2.20
Minimum	5.75	5.3	2.43	0.35	0.05	0.10	0.25	5.25	0.20	3.4	3.60	1.25	0.02	0.5	0.52
Maximum	6.00	10.4	6.11	0.64	0.05	15.00	0.59	12.40	1.95	12.1	21.00	6.88	0.17	5.0	10.00
Coefficient de variation (%)	1.7	26.2	48.2	25.1	0.0	178.4	40.8	39.7	72.8	51.5	81.2	92.4	80.0	93.9	155.8

TABLEAU 17

STATISTIQUES DESCRIPTIVES POUR LES PIEZOMETRES

(PIEZOMETRES PROFONDS, ZONE CIBLE)

Statistiques	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Moyenne	5.87	3.20	47.00	0.183	0.067	3.700	0.787	40.40	1.33	18.40	6.933	4.35	0.10	9.07	1.97
Ecart-type	0.15	1.30	24.637	0.029	0.029	0.889	0.657	10.69	1.10	2.80	4.708	1.18	0.045	7.76	0.41
Erreur-type	0.09	0.75	14.224	0.017	0.017	0.513	0.379	6.17	0.63	1.62	2.718	0.68	0.026	4.48	0.24
Minimum	5.7	2.4	24.00	0.15	0.05	2.70	0.07	29.0	0.1	15.6	1.50	3.10	0.05	4.0	1.52
Maximum	6.0	4.7	73.00	0.20	0.10	4.40	1.36	50.2	2.2	21.2	9.80	5.45	0.14	18.0	2.32
Coefficient de variation (%)	2.6	40.6	52.4	15.8	43.3	24.0	83.5	26.5	82.7	15.2	67.9	27.1	45.0	85.6	20.8

TABLEAU 18

COMPARAISONS DES CONCENTRATIONS MOYENNES POUR LES PUIITS DOMESTIQUES DES ZONES CIBLE ET CONTROLE

(PUIITS DE SURFACE ET POINTES)

Comparaison	No	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
		(MG/L)														
Puits surf. cont.	15	6.41	51.49	7.426	1.626	0.882	41.483	0.031	22.91	1.84	24.20	0.345	2.25	0.049	5.08	29.34
								***	***							
Puits surf. cibles	8	6.54	38.88	4.365	0.770	0.261	32.219	0.006	48.28	0.59	32.30	0.400	3.05	0.090	8.46	25.80
Pointes cont.	12	5.90	15.40	3.230	0.862	0.327	20.604	0.022	17.80	1.05	12.78	0.235	1.28	0.140	1.53	16.13
								***					***			
Pointes cibles	12	6.24	24.70	3.696	0.565	0.171	13.813	0.008	27.98	0.43	16.50	0.545	3.71	0.013	2.48	4.22
Puits surf. cont.	15	6.41	51.49	7.426	1.626	0.882	41.483	0.031	22.91	1.84	24.20	0.345	2.25	0.049	5.08	29.34
		***	***				***				***				***	***
Pointes cont.	12	5.90	15.40	3.320	0.862	0.327	20.604	0.022	17.80	1.05	12.78	0.235	1.28	0.140	1.53	16.13
Puits surf. cibles	8	6.54	38.88	4.365	0.770	0.261	32.219	0.006	48.28	0.59	32.30	0.400	3.05	0.090	8.46	25.80
									***		***				***	***
Pointes cibles	12	6.24	24.70	3.696	0.565	0.171	13.813	0.008	27.98	0.43	16.50	0.545	3.71	0.013	2.48	4.22

*** : Différence significative (P < 0.05)

TABLEAU 19

COMPARAISONS DES CONCENTRATIONS MOYENNES DES PIEZOMETRES DES ZONES CIBLE ET CONTROLE

Description	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Piéz. surf. cont.	5.63	4.30	5.97	0.49	0.05	0.60	0.19	6.71	3.15	3.4	2.49	0.67	0.07	0.50	0.52
	+	*	**	+	+	+	**	+	***	**	***	***	+	***	**
Piéz. prof. cont.	5.90	7.97	2.73	0.51	0.05	0.45	0.41	7.54	0.95	7.03	10.10	3.33	0.09	2.22	1.31
Piéz. surf. cibles	5.81	2.68	32.50	0.33	0.05	2.08	0.90	48.8	1.64	14.7	10.95	4.31	0.21	14.88	1.35
	+	+	+	*	+	*	+	+	+	+	*	+	***	*	+
Piéz. prof. cibles	5.87	3.20	47.00	0.18	0.07	3.70	0.79	40.4	1.33	18.4	6.93	4.35	1.75	9.07	1.97
Piéz. surf. cont.	5.63	4.30	5.97	0.49	0.05	0.60	0.19	6.71	3.15	3.4	2.49	0.67	0.07	0.50	0.52
	+	*	***	+	+	***	***	***	*	***	***	***	***	***	**
Piéz. surf. cibles	5.81	2.68	32.50	0.33	0.05	2.08	0.90	48.8	1.64	14.7	10.95	4.31	0.21	14.88	1.35
Piéz. prof. cont.	5.90	7.97	2.73	0.51	0.05	0.45	0.41	7.54	0.95	7.03	10.10	3.33	0.09	2.22	1.31
	+	**	***	**	+	***	*	***	+	**	+	+	***	***	+
Piéz. prof. cibles	5.87	3.20	47.00	0.18	0.07	3.70	0.79	40.4	1.33	18.4	6.93	4.35	1.75	9.07	1.97

+ : Semblable

* : Différence inférieure à 2 fois

** : Différence supérieure à 2 fois

*** : Différence supérieure à 3 fois

TABLEAU 20

COMPARAISONS DES CONCENTRATIONS MOYENNES DES PIEZOMETRES ET DES Puits DOMESTIQUES DES ZONES CIBLE ET CONTROLE

Description	pH	Alca- linité	NO ₃	TKN	NH ₄	Cl	PO ₄	SO ₄	COT	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
	(MG/L)														
Piéz. surf. cibles	5.81	2.68	32.50	0.33	0.05	2.08	0.90	48.80	1.64	14.7	10.95	4.31	0.21	14.88	1.35
	+	***	***	**	***	***	***	+	**	**	***	+	**	*	***
Puits surf. cibles	6.50	38.87	4.36	0.77	0.26	32.22	0.006	48.27	0.59	32.3	0.40	3.05	0.09	8.46	25.80
Piéz. surf. cibles	5.81	2.68	32.50	0.33	0.05	2.08	0.90	48.80	1.64	14.7	10.95	4.31	0.21	14.88	1.35
	+	***	***	***	***	***	***	**	+	*	***	*	**	**	***
Puits surf. cont.	6.41	51.48	7.43	1.62	0.88	41.48	0.03	22.91	1.84	24.2	0.34	2.25	0.49	5.08	29.34
Piéz. prof. cibles	5.87	3.20	47.00	0.18	0.07	3.70	0.79	40.40	1.33	18.4	6.93	4.35	0.10	9.07	1.97
	+	***	***	***	**	***	***	+	***	+	***	+	***	***	**
Pointes cibles	6.23	24.70	3.69	0.56	0.17	13.80	0.008	27.97	0.43	16.5	0.55	3.70	0.013	2.47	4.22
Piéz. prof. cibles	5.87	3.20	47.00	0.18	0.07	3.70	0.79	40.40	1.33	18.4	6.93	4.35	1.75	9.07	1.97
	+	***	***	***	***	***	***	**	+	+	***	***	***	***	***
Pointes cont.	5.90	15.40	3.23	0.86	0.33	20.60	0.022	17.8	1.05	12.8	0.23	1.28	0.14	1.53	16.12
Piéz. prof. cont.	5.90	7.97	2.73	0.51	0.05	0.45	0.41	7.54	0.95	7.03	10.10	3.33	0.09	2.22	1.31
	+	*	+	*	***	***	***	**	+	*	***	**	*	+	***
Pointes cont.	5.90	15.40	3.23	0.86	0.33	20.60	0.022	17.8	1.05	12.8	0.23	1.28	0.14	1.53	16.12
Piéz. surf. cont.	5.63	4.30	5.97	0.49	0.05	0.60	0.19	6.71	3.15	3.4	2.49	0.67	0.07	0.50	0.52
	+	***	+	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***
Puits surf. cont.	6.41	51.48	7.43	1.62	0.88	41.48	0.03	22.91	1.84	24.2	0.34	2.25	0.49	5.08	29.34

+ : Semblable

* : Différence inférieure à 2 fois

** : Différence supérieure à 2 fois

*** : Différence supérieure à 3 fois

9. DISCUSSION DES RESULTATS

9.1 Nappe d'eau du roc

La qualité de l'eau provenant des puits profonds d'essais se compare bien avec celle prélevée dans les puits artésiens des zones contrôle et cible, à l'exception du contenu en fer et en nitrate. Toutefois, lors d'essais de pompage par Foratek International en 1982, après des périodes de pompage de 24 à 72 heures, ces mêmes puits d'essai indiquaient que le niveau de fer et de nitrate se situaient au niveau de 0.3 ppm et 0.02 respectivement (tableaux 5 à 7). Les autres paramètres, par contre, donnaient des résultats similaires à ceux de notre étude.

Les échantillons d'eau de puits artésiens des zones contrôle et cible rapportent des valeurs comparables pour presque tous les paramètres, à l'exception du sulfate qui est en quantité supérieure dans l'eau des puits artésiens de la zone cible. La quantité de sulfate est quand même relativement peu élevée (tableau 7).

9.2 Nappe d'eau des sables de surface

Au cours de cette étude, l'eau de cette nappe fut prélevée à l'aide de divers types de puits: les puits domestiques (puits de surface et pointes) et les piézomètres (pointes de surface et profondes).

9.2.1 Puits domestiques

.....

a) Puits de surface

Le tableau 8 rapporte les niveaux de divers paramètres évalués dans l'eau prélevée dans les puits de surface dans les zones contrôle et cible.

Pour la zone contrôle, 8 des 15 paramètres montrent un coefficient de variation supérieur à 100% (tableau 10) tandis que pour la zone cible, 5 paramètres seulement ont un coefficient de variation supérieur à 100% (tableau 11).

Ces échantillons sont surtout caractérisés dans la zone contrôle par une contamination élevée dans certains puits de nitrates, TKN, NH_4 , chlorures et sodium (tableau 8). Pour la zone cible, 2 des 8 puits sont affectés par l'utilisation du chlorure de sodium pour faire fondre la glace et la neige.

L'élément sulfate est à un niveau supérieur dans la zone cible et les concentrations sont presque toutes supérieures à 30 ppm dans cette zone alors que pour la zone contrôle, 80% des valeurs sont inférieures à 30 ppm (tableau 8).

b) Pointes

Le tableau 9 indique le niveau des 15 paramètres évalués dans l'eau des puits domestiques alimentés par des pointes dans les zones contrôle et cible.

Le coefficient de variation des divers paramètres est supérieur à 100% pour 8 paramètres dans la zone contrôle et pour 5 paramètres dans la zone cible (tableaux 12 et 13). Les puits domestiques nos 122 et 203 de la zone contrôle indiquent une contamination au niveau de plusieurs éléments (tableau 9).

L'eau des pointes de la zone cible montre que le sulfate, le calcium et potassium sont plus élevés dans cette zone que dans la zone contrôle (tableau 9).

9.2.2 Piézomètres

.....

a) Comparaisons des piézomètres des zones cible et contrôle

Les piézomètres installés dans la zone cible possèdent des eaux qui sont de façon générale différentes des eaux provenant des piézomètres installés dans la zone contrôle. Le tableau 19 en fait le résumé.

A cet égard, il est intéressant de remarquer que les concentrations sont plus élevées autant dans les piézomètres de surface que profonds pour les paramètres suivants: NO_3 , Ca, Fe, Mg, Mn, K, Na, Cl, PO_4 et SO_4 . Ce n'est que l'alcalinité qui est plus élevée dans la zone contrôle que cible et encore, l'ordre de grandeur des valeurs, inférieures à 10 mg/L, est peu significative.

Les principales différences de concentrations sont pour le nitrate, le potassium, le sulfate et le calcium qui sont de beaucoup plus élevées dans la zone cible que contrôle (tableau 19), ce qui ne devrait normalement pas être rencontré dans des conditions naturelles puisque la zone cible constitue la zone de recharge des eaux souterraines, c'est-à-dire située en amont et donc, possédant de façon générale des eaux moins minéralisées. Cette différence de qualité en nitrate, sulfate, phosphate, potassium et calcium entre les zones cible et contrôle est donc une indication claire que la qualité des eaux souterraines est affectée localement par une activité agricole.

b) Comparaisons entre piézomètres de surface et profonds

Les piézomètres installés au contact de la nappe phréatique (en surface) et en profondeur (de 4 à 5 mètres) n'ont pas révélé de différences significatives dans la qualité de leurs eaux. S'il y a quelques différences (tableau 19) celles-ci sont beaucoup moins prononcées que les variations de qualité qui existent entre la zone cible et la zone contrôle. Pour les principaux éléments comme le sulfate et le potassium, les concentrations détectées entre la surface de la nappe et plus en profondeur sont du même ordre.

Les différences notées pour les puits domestiques de différentes profondeurs sont surtout pour le calcium, l'alcalinité, le sodium et les chlorures alors que pour les piézomètres de différentes profondeurs, ces variations sont beaucoup moins marquées. Deux raisons peuvent expliquer ce phénomène: la première est que les puits domestiques sont plus exposés à des contaminations locales comme les fosses septiques et les routes qui peuvent augmenter les concentrations en chlorures et en sodium; la deuxième raison réside vraisemblablement dans le type de construction des puits de surface influençant les valeurs d'alcalinité et de calcium (puits à large diamètre cimentés et/ou en pierrailles de calcaire).

9.3 Comparaison entre l'eau des puits artésiens, des puits domestiques (surface et pointes) et des piézomètres en zones contrôle et cible

Afin de faciliter la comparaison entre les divers types d'eau évalués, le tableau 21 compare les concentrations moyennes obtenues dans les tableaux 5 à 9 pour les paramètres qui nous apparaissent plus significatifs. Certains paramètres tels le chlorure et le sodium ne furent pas considérés pour ce tableau dû au fait que les concentrations moyennes sont souvent faussées par des contaminations locales. Les substances azotées telles les NO_3 , TKN et NH_4 dans les puits domestiques sont aussi des éléments qui peuvent provenir de fosses septiques.

Le pH de la nappe d'eau du roc représenté par les puits artésiens est plus élevé que le pH de la nappe d'eau des sables de surface. Il n'existe cependant pas de différence significative entre le pH de ce type d'eau des zones contrôle et cible.

TABLEAU 21

COMPARAISONS DE CONCENTRATIONS MOYENNES DE PARAMETRES LES PLUS CARACTERISTIQUES
DE DIVERS PUIITS ET PIEZOMETRES EN ZONE CIBLE ET CONTROLE

Paramètres	PUIITS ARTESIENS		PUIITS DOMESTIQUES				PIEZOMETRES*	
			PUIITS DE SURFACE		POINTES			
	Contrôle	cible	Contrôle	Cible	Contrôle	Cible	Contrôle	Cible
pH	7,7	7,9	6,4	6,5	5,9	6,2	5,8	5,8
Alcalinité (mg/L)	85	67	51	38	15,4	24	6,4	29
NO ₃ (mg/L)	2,2	1,26	7,4	4,36	3,24	3,69	7,4	38,7
PQ ₄ (mg/L)	0,54	0,35	< 0,03	< 0,01	< 0,02	< 0,01	0,28	0,85
SQ ₄ (mg/L)	< 0,25	1,85	22,9	48,3	17,8	28,0	9,20	40,80
Ca (mg/L)	11,1	9,9	24,2	32	12,8	16,5	1,88	16,1
Mg (mg/L)	5,2	4,0	2,25	3,05	1,28	3,70	1,91	4,3
K (mg/L)	5,3	6,2	5,08	8,46	1,53	2,48	1,87	12,3

* Piézomètres nos 12 et 13 inclus.

L'alcalinité de l'eau des puits artésiens varie de 67 à 85 mg/L comparativement à environ 40 à 50 mg/L pour l'eau des puits domestiques de surface. La construction de ces puits avec des tuyaux de béton contribue probablement en libérant du calcium et du magnésium à l'augmentation de l'alcalinité de l'eau puisque dans les pointes et les piézomètres, l'alcalinité de l'eau est très faible.

Il n'existe toutefois pas de différence appréciable pour l'alcalinité de l'eau entre la zone contrôle et la zone cible pour chacun des types de puits domestiques.

Les nitrates sont présents en plus grandes concentrations dans l'eau des piézomètres de la zone cible (38,7 mg/L) que dans les piézomètres de la zone contrôle (7,4 mg/L). Pour les puits domestiques approvisionnés par l'eau de la nappe de surface, les résultats n'indiquent pas de différence marquée entre les deux zones et les concentrations se comparent aux nitrates évalués dans les piézomètres de la zone contrôle.

Les phosphates sont détectés surtout dans les piézomètres (0,28 et 0,85 mg/L) pour la zone cible, avec des concentrations très élevées allant jusqu'à 2,5 mg/L. La présence des phosphates peut s'expliquer par l'utilisation des engrais chimiques agricoles. Pour la zone contrôle le niveau de 0,28 mg/L est cependant difficile à expliquer car nous retrouvons à peu près pas de phosphates dans l'eau des puits domestiques des 2 zones. Le phosphate est reconnu pour sa tendance à être fixé rapidement au niveau du sol et précipité avec le calcium et les autres ions métalliques dans l'eau souterraine.

Le phosphate est également présent en concentrations relativement fortes dans l'eau souterraine provenant du roc (tableaux 5 et 6). Partout dans la région, les valeurs oscillent autour de 0,5 mg/L.

Le sulfate est l'élément qui dans la présente étude montre les plus grandes différences entre les zones contrôle et cible. La différence la plus marquée est observée dans les piézomètres de la zone contrôle

(9,2 mg/L) et la zone cible (40,8 mg/L). Pour les puits domestiques (puits de surface et pointes), les sulfates sont plus élevés dans la zone cible que la zone contrôle. Dans les puits artésiens, le sulfate est en concentrations très faibles.

Les éléments de calcium, magnésium et potassium se retrouvent en plus grandes concentrations dans la zone cible que dans la zone contrôle pour les puits domestiques et les piézomètres.

Les différences de concentrations entre les zones contrôle et cible sont beaucoup plus marquées pour les piézomètres que pour les puits domestiques. Cette différence serait reliée surtout à l'utilisation des engrais chimiques.

Pour les puits domestiques, cette différence entre les zones est moins marquée quoique constante.

Le niveau plus élevé de calcium dans les puits de surface comparé aux niveaux dans les pointes et piézomètres pour les deux zones s'explique par la construction en béton de ce type de puits.

10. CONCLUSIONS

L'étude d'évaluation d'une méthode pour détecter la contamination de l'eau souterraine qui a été effectuée dans une région où la culture du tabac est pratiquée de façon intensive dans un secteur de St-Charles Borromée, près de Joliette, a permis de faire ressortir les principaux points suivants:

1. L'utilisation de piézomètres placés dans les zones contrôle et cible nous a permis de détecter la contamination inorganique de la nappe d'eau de sables de surface par des engrais agricoles sous forme de nitrates, sulfates, calcium, magnésium et potassium.

Cette différence de qualité entre une zone cible englobant un champ de tabac et ses environs immédiats et une zone contrôle non affectée selon l'écoulement souterrain des eaux, indique clairement l'influence locale de l'activité agricole mais dans des proportions faibles.

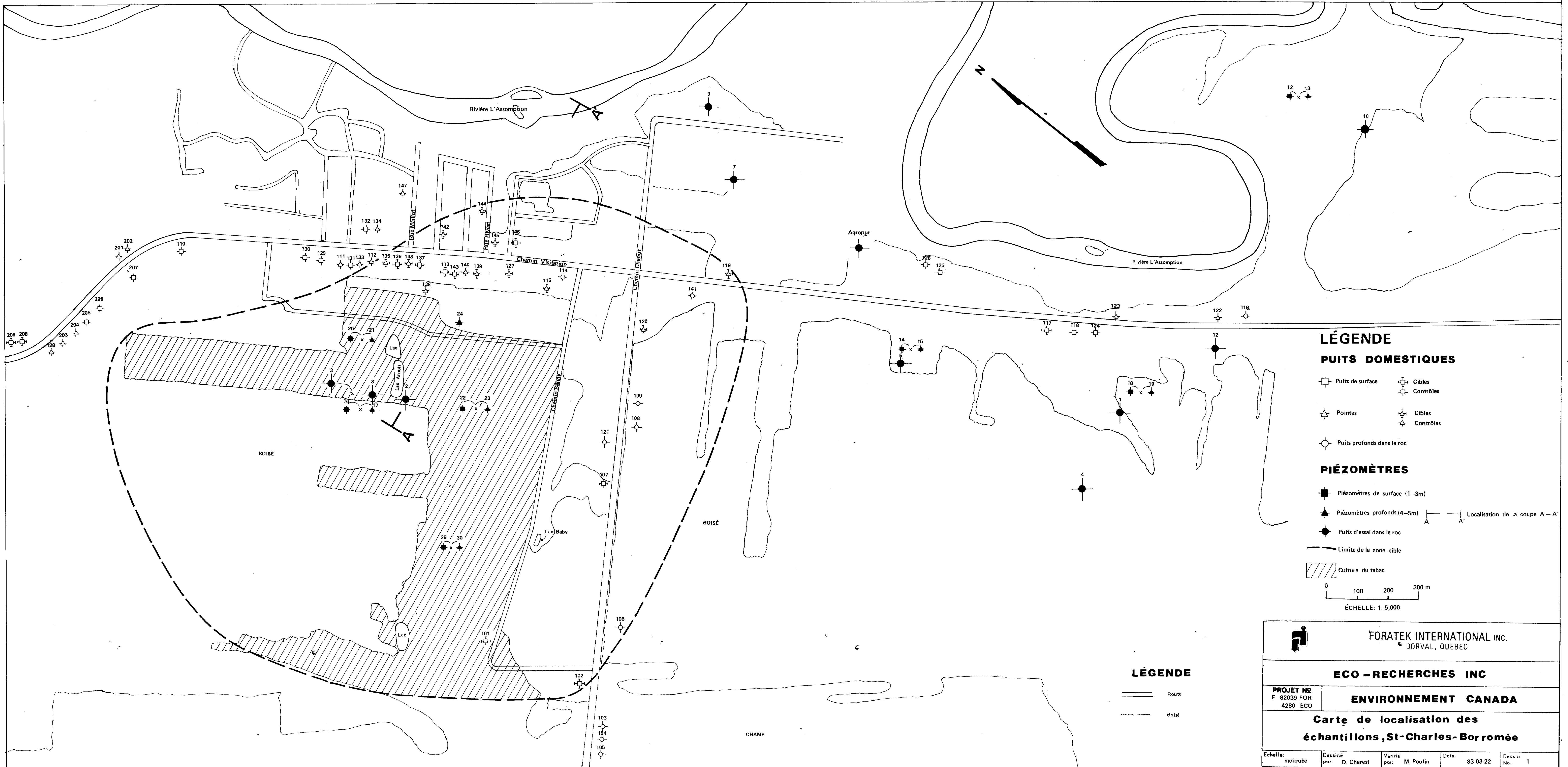
2. Quant à la contamination organique par les pesticides utilisés dans la culture du tabac, l'analyse des échantillons prélevés dans les piézomètres et les puits de la zone cible n'a pas permis de les déceler même à des niveaux du moins égaux à la limite permise dans l'eau potable.
3. Quatre des cinq principaux paramètres qui montrent une différence entre la zone contrôle et la zone cible dans les piézomètres indiquent également une différence entre les puits domestiques des zones contrôle et cible, mais à des niveaux moins significatifs. Ces paramètres sont les suivants: les sulfates, le potassium, le calcium et le magnésium. Par ailleurs les concentrations en nitrates se retrouvent en moyenne à des niveaux faibles et facilement affectés par des contaminations locales de fosses septiques.

4. L'analyse de l'eau de puits artésiens a démontré une qualité d'eau différente dans le roc que celle de la nappe de sable de surface. De plus, il n'y a pas de différence entre la qualité d'eau de ce type de puits pour les zones contrôle et cible. L'activité agricole de la région n'affecte donc pas la qualité de l'eau du roc.
5. Les analyses des échantillons d'eau prélevés autant dans les puits domestiques que dans les piézomètres montrent en général que l'eau souterraine n'a pas été contaminée par l'activité agricole dans la région de St-Charles Borromée. Les concentrations de nitrates, sulfates, calcium, potassium et magnésium sont rapidement atténuées par l'écoulement de l'eau souterraine dans les sable de surface. Par ailleurs, l'étude a décelée certains cas de contamination locale par des substances azotées et des chlorures élevés que l'on peut relier à des activités humaines (fosses septiques et épandage de sel sur les routes).

En conséquence, l'utilisation d'échantillons d'eau de puits domestiques dans le but de détecter une contamination par une activité agricole dans la région de St-Charles Borromée s'est avérée moins indicative que l'utilisation de piézomètres.

Cependant l'utilisation des puits domestiques a permis d'une part, de confirmer les tendances détectées par les piézomètres et d'autre part, de déterminer que la contamination causée par l'application d'engrais était rapidement atténuée par les sables de surface.

Finalement, dans le cas d'une contamination importante par des contaminants très solubles dans l'eau et peu absorbés par le sol, la méthode proposée serait valable.



LÉGENDE

PUITS DOMESTIQUES

- Puits de surface
- ☆ Pointes
- Puits profonds dans le roc
- ⊕ Cibles
- ⊗ Contrôles
- ⊕ Cibles
- ⊗ Contrôles

PIÉZOMÈTRES

- Piézomètres de surface (1-3m)
- ▲ Piézomètres profonds (4-5m)
- Puits d'essai dans le roc

— Localisation de la coupe A — A'

— Limite de la zone cible

▨ Culture du tabac

0 100 200 300 m
ÉCHELLE: 1: 5,000

LÉGENDE

- Route
- Boisé



FORATEK INTERNATIONAL INC.
DORVAL, QUEBEC

ECO - RECHERCHES INC

PROJET N° F-82039 FOR 4280 ECO	ENVIRONNEMENT CANADA			
Carte de localisation des échantillons, St-Charles-Borromée				
Echelle: indiquée	Dessiné par: D. Charest	Vérifié par: M. Poulin	Date: 83-03-22	Dessin No. 1