UNIVERSITE DE MONTREAL

VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINES A LA POLLUTION

M.R.C. DE MONTCALM

par

Luc CHAMPAGNE

DEPARTEMENT DE GENIE MINERAL

ECOLE POLYTECHNIQUE

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION

DU GRADE DE MAITRE ES SCIENCES APPLIQUEES (M.Sc.A.)

Juin 1990

© Luc Champagne

nada | du Canada

dian Theses Service | Service des thèses canadiennes

. Canada
44

. author has granted an irrevocable non-
lusive licence allowing the National Library
Canada to reproduce, loan, distribute or sell
ies of his/her thesis by any means and in
form or format, making this thesis available
nterested persons.

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

. author retains ownership of the copyright
his/her thesis. Neither the thesis nor
stantial extracts from it may be printed or
erwise reproduced without his/her per-
sion.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège sa thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

ISBN 0-315-64292-0

nada

UNIVERSITE DE MONTREAL

ECOLE POLYTECHNIQUE

Ce mémoire intitulé:

VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINES A LA POLLUTION M.R.C. DE MONTCALM

présenté par: Luc Champagne

en vue de l'obtention du grade de: Maître es sciences appliquées (M.Sc.A.)

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. Michel Aubertin, Ph.D., président

M. André Bériault, M.Sc.

M. Robert P. Chapuis, D.Sc.A.

M. Denis E. Gill, Ph.D.

SOMMAIRE

La méthode "DRASTIC" développée par l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) a été appliquée au territoire de la municipalité régionale de comté (M.R.C.) de Montcalm au Québec pour l'évaluation et la cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution. Il s'agit de la première application intégrale de la méthode "DRASTIC" au Québec.

Cette méthode s'appuie sur un système de cotation numérique qui considère sept paramètres physiques intervenant dans les processus de transport et d'atténuation des contaminants: profondeur de la nappe, infiltration efficace, milieu aquifère, type de sol, topographie, zone vadose et conductivité hydraulique. Ce système permet le calcul d'indices de vulnérabilité, lesquels traduisent le risque de contamination des formations aquifères, ce risque augmentant avec la valeur de l'indice. Chaque indice calculé est identifié à une unité hydrogéologique et sous-unité dont les limites sont représentées sur carte.

L'application de DRASTIC à la M.R.C. de Montcalm a fourni deux cartes de vunérabilité à l'échelle 1:50 000, l'une pour les formations aquifères captives, l'autre pour les formations aquifères libres.

Sur la carte des aquifères à nappe captive, on définit trois unités hydrogéologiques principales et 73 sous-unités, dont les indices DRASTIC varient de 54 à 119.

Sur la carte des aquifères à nappe libre, on définit 12 unités hydrogéologiques principales et 46 sous-unités, dont les indices DRASTIC varient de 94 à 185.

Une troisième carte présente les principales sources potentielles de contamination, ainsi que les puits servant à l'alimentation des réseaux d'aqueducs.

La méthodologie et son application au cadre spécifique de la M.R.C. de Montcalm sont exposées en détail. En particulier, on explique comment ont été utilisés les divers documents, cartes et rapports portant sur la région d'étude (géologie, pédologie, topographie, drainage des sols, hydrogéologie). On discute de la qualité et de la quantité des données disponibles et on présente les méthodes indirectes ou les hypothèses formulées pour l'évaluation de certains paramètres pour lesquels les données sont plus ou moins suffisantes, fiables et pertinentes.

L'eau souterraine représente la seule source d'approvisionnement en eau potable de la M.R.C. de Montcalm. Selon les cartes de vulnérabilité, sur la majeure partie du territoire les formations aquifères sont, à différents degrés, vulnérables à la contamination, à l'exception des aquifères à nappe captive là où le couvert argileux est suffisamment important en étendue et en épaisseur. Des mesures spécifiques sont proposées pour préserver les aquifères des risques de contamination. Ces mesures pourraient être intégrées aux politiques futures visant la protection des ressources en eau souterraine de la M.R.C. de Montcalm.

ABSTRACT

"DRASTIC", a methodology developed by the Environmental Protection Agency (EPA), was applied to the area of the "municipalité régionale de comté (M.R.C.) de Montcalm" in the province of Québec for evaluation of ground water contamination vulnerability. Hydrogeologic settings form the basis of the system and incorporate the major hydrogeologic factors which affect and control ground water movement including depth to water, net recharge, aquifer media, soil media, topography, impact of the vadose zone media and hydraulic conductivity of the aquifer. These factors, which form the acronym DRASTIC, are incorporated into a relative ranking scheme that uses a combination of weights and ratings to produce a numerical value called the DRASTIC Index. The higher the DRASTIC Index, the greater the ground water pollution potential. Hydrogeologic settings are combined with DRASTIC indexes to create units which can be graphically displayed on a map. In mapping the "M.R.C. de Montcalm", two separate evaluations were performed: one for the confined aquifers and another for the surficial aquifers. Three hydrogeologic settings were identified and included for the confined aquifers; computed DRASTIC indexes range from 54 to 119. Twelve hydrogeologic settings were identified and included for the surficial aquifers; computed DRASTIC indexes range from 94 to 185. A third map shows the most important potential sources of ground water contamination along with water supply wells. At last, recommendations for the protection of the M.R.C.'s ground water are made.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma gratitude à monsieur Robert P. Chapuis qui a dirigé mes études et désire le remercier pour ses précieux et généreux conseils et pour l'appui manifesté tout au long de mes études de maîtrise. Je témoigne aussi ma reconnaissance à messieurs Michel Aubertin, André Bériault et Denis E. Gill pour leurs commentaires lors de l'évaluation du présent mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à messieurs Renald McCormack, Raymond Perron et André Lemay de la Division des eaux souterraines du ministère de l'Environnement du Québec et à monsieur Alain Hogue, spécialiste en informatique, qui ont fourni le support technique nécessaire à la réalisation de mes travaux.

Enfin, un merci tout spécial à Eveline pour son aide, sa patience et ses encouragements sans lesquels cette entreprise n'aurait pu être menée à bien.

TABLE DES MATIERES

VOLUME I: Page

SOMMAIRE iv

ABSTRACT vi

REMERCIEMENTS vii

LISTE DES TABLEAUX xii

LISTE DES FIGURES xiii

LISTE DES SYMBOLES xiv

LISTE DES ABREVIATIONS xv

LISTE DES ANNEXES xvi

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 - DESCRIPTION GENERALE DU TERRITOIRE DE LA M.R.C. DE MONTCALM. 7

1.1 Situation et superficie 7

1.2 Principaux utilisateurs d'eau souterraine 10

1.3 Physiographie 12

1.4 Hydrographie et drainage 15

1.5 Hydrométéorologie 19

1.6 Géologie 23

1.6.1 Roche de fond 24

1.6.2 Dépôts meubles 27

1.7 Hydrogéologie 31

Page

CHAPITRE 2 - METHODOLOGIE 36

2.1 Origine de la méthode 36

2.2 Unité hydrogéologique 37

2.3 Système de cotation numérique 38

2.4 Paramètres DRASTIC et contamination des eaux souterraines 47

2.5 Réalisation d'une carte de vulnérabilité 58

2.6 Adéquation de la méthode DRASTIC en tant que mesure de la vulnérabilité 64

CHAPITRE 3 - VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINES A LA POLLUTION - M.R.C. DE MONTCALM 71

CHAPITRE 4 - ACQUISITION ET TRAITEMENT DE DONNEES 75

4.1 Documents consultés 75

4.2 Banque de données hydrogéologiques 78

4.3 Travaux de terrain 78

4.4 Traitement des données 79

4.4.1 Profondeur de l'eau 81

4.4.1.1 Aquifères captifs 81

4.4.1.2 Aquifères libres et semi-captifs 83

4.4.2 Recharge annuelle 85

4.4.3 Milieu aquifère 91

4.4.3.1 Aquifères captifs 91

4.4.3.2 Aquifères libres et semi-captifs 92

4.4.4 Type de sol 94

Page

CHAPITRE 4 - ACQUISITION ET TRAITEMENT DE DONNEES (Suite)

4.4.5 Topographie 96

4.4.6 Impact de la zone vadose 98

4.4.6.1 Aquifères captifs 98

4.4.6.2 Aquifères libres et semi-captifs 98

4.4.7 Conductivité hydraulique 100

4.4.7.1 Aquifères captifs 100

4.4.7.2 Aquifères libres et semi-captifs 105

CHAPITRE 5 - UTILISATION DES CARTES DE VULNERABILITE DE LA M.R.C. DE MONTCALM 109

5.1 Interprétation de l'indice de vulnérabilité DRASTIC 109

5.2 Gestion et protection de la ressource eau souterraine . . . 115

5.3 Sol et eau souterraine - inventaire des activités 117

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 121

BIBLIOGRAPHIE 129

ANNEXES 136

VOLUME II:

Carte 1 M.R.C. de Montcalm
Vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution
Formations aquifères captives

Carte 2 M.R.C. de Montcalm
Vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution
Formations aquifères libres et semi-captives

VOLUME II (Suite):

Carte 3 M.R.C. de Montcalm
Sol et eau souterraine
Inventaire des activités

LISTE DES TABLEAUX

		Page
Tableau 1.1	Municipalités alimentées par eau souterraine . .	11
Tableau 1.2	Roche en place - sommaire	25
Tableau 1.3	Dépôts meubles - sommaire	28
Tableau 2.1	Poids des paramètres	42
Tableau 2.2	Profondeur de l'eau	42
Tableau 2.3	Recharge annuelle	44
Tableau 2.4	Milieu aquifère	44
Tableau 2.5	Type de sol	45
Tableau 2.6	Topographie	45
Tableau 2.7	Impact de la zone vadose	46
Tableau 2.8	Conductivité hydraulique	46
Tableau 2.9	Paramètres DRASTIC et contamination des eaux souterraines	59
Tableau 2.10	Sources d'information	60
Tableau 2.11	Code de couleur DRASTIC	65
Tableau 3.1	Unités hydrogéologiques - M.R.C. de Montcalm . .	72-73
Tableau 4.1	Principales sources d'information et paramètre(s) DRASTIC concerné(s)	76-77
Tableau 4.2	Cartes thématiques construites et utilisées pour l'élaboration des cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm	80
Tableau 5.1	Unités hydrogéologiques et risques de contamination - M.R.C. de Montcalm	111

LISTE DES FIGURES

		Page
Figure 1.1	Localisation de la région étudiée	8
Figure 1.2	Municipalités de la M.R.C. de Montcalm	9
Figure 1.3	Régions physiographiques	13
Figure 1.4	Réseau hydrographique	16
Figure 1.5	Précipitation totale annuelle - Période 1941-1970	20
Figure 1.6	Précipitation nivale annuelle - Période 1941-1970	21
Figure 1.7	Evapotranspiration potentielle annuelle - Période 1941-1970	22
Figure 2.1	Exemple d'unité hydrogéologique	39
Figure 2.2	Exemple d'unité hydrogéologique	40
Figure 2.3	Profondeur de l'eau	49
Figure 2.4	Recharge annuelle	50
Figure 2.5	Milieu aquifère	51
Figure 2.6	Type de sol	52
Figure 2.7	Topographie	53
Figure 2.8	Zone vadose	54
Figure 2.9	Conductivité hydraulique	55
Figure 4.1	Relation entre Q/s et T - Formations aquifères rocheuses	101

LISTE DES SYMBOLES

b:	Epaisseur saturée
CN:	Coefficient de ruissellement
C_u:	Coefficient d'uniformité
e:	Indice des vides
ET:	Evapotranspiration potentielle
IE:	Infiltration efficace
i_v:	Gradient hydraulique vertical
K:	Conductivité hydraulique
N:	Neige au sol
P:	Précipitation
Q/s:	Capacité spécifique
R:	Ruissellement
r_e:	Rayon d'influence
r_w:	Rayon du puits
T:	Transmissivité

LISTE DES ABREVIATIONS

B.D.H.:	Banque de données hydrogéologiques
EMR:	Energie, Mines et Ressources, Canada
EPA:	Environmental Protection Agency
MAPAQ:	Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec
MEER:	Ministère de l'Energie et des ressources du Québec
MENVIQ:	Ministère de l'Environnement du Québec
M.R.C.:	Municipalité régional de comté
MRN:	Ministère des Richesses naturelles du Québec
MTQ:	Ministère des Transports du Québec
NWWA:	National Water Well Association
TUM:	Transverse universel de Mercator

LISTE DES ANNEXES

		Page
Annexe 1	Liste condensée des puits et forages (B.D.H.) M.R.C. de Montcalm	136
Annexe 2	Liste condensée des puits et forages (B.D.H.) Traitement des données	143
Annexe 3	Sondages stratigraphiques	151
Annexe 4	Analyses granulométriques	157
Annexe 5	Essais de perméabilité en place	175
Annexe 6	Profondeur de l'eau Aquifères libres (et semi-captifs)	233
Annexe 7	Données météorologiques	237
Annexe 8	Coefficients de ruissellement pour différentes combinaisons sol et utilisation du sol	259
Annexe 9	Evaluation du ruissellement et de l'infiltration efficace pour différents coefficients de ruissellement	261
Annexe 10	Infiltration efficace	264
Annexe 11	Relation entre capacité spécifique et transmissivité	267
Annexe 12	Propriétés hydrauliques - Formations rocheuses . . .	271
Annexe 13	Conductivité hydraulique des dépôts meubles Aquifères libres (et semi-captifs)	273
Annexe 14	Conductivité hydraulique des dépôts meubles Détermination à partir d'analyses granulométriques	279

INTRODUCTION

A l'instar de toutes les sociétés industrielles, le Québec doit faire face à des problèmes de plus en plus nombreux occasionnés par la contamination de ses nappes d'eau souterraine. Selon un bilan préliminaire du ministère de l'Environnement du Québec, on comptait en territoire québécois, à la fin de l'année 1989, plus de 150 cas de contamination d'eau souterraine (1).

Parmi les cas tristement célèbres, on peut citer celui de Ville Mercier où la contamination de la nappe souterraine par des déchets industriels a forcé l'abandon de plusieurs centaines de puits servant à l'approvisionnement en eau potable (2). On peut aussi mentionner celui de Sainte-Catherine-de-Portneuf où les sources servant à alimenter le réseau d'aqueducs municipal ont été condamnées suite à une contamination par l'aldicarbe, un pesticide couramment utilisé dans la culture de la pomme de terre (3).

En grande majorité, les cas de contamination sont associés à des conditions hydrogéologiques défavorables où l'aquifère est peu protégé contre l'infiltration directe des contaminants. Le plus souvent, il s'agit de nappes libres. Les sables de terrasses, les alluvions, les sables deltaïques, les eskers et les aquifères de roches en place fissurées dont l'aire de réalimentation est affleurante représentent,

au Québec, les formations aquifères les plus vulnérables à la contamination (4).

Les sources de contamination des nappes aquifères sont évidemment nombreuses. Les plus courantes sont attribuables à l'utilisation sans discernement des sols pour l'élimination des déchets solides et liquides, à l'usage abusif des pesticides et des fertilisants, à l'épandage et au stockage des sels déglaçants ou de liquide abat-poussière et à l'exploitation non contrôlée des aquifères côtiers (intrusions salines). Le stockage et le transport d'hydrocarbures sont aussi d'autres sources de contamination généralement ponctuelles et qui affectent toutes les régions du Québec (5).

Devant un problème grandissant et dans un souci de protéger la ressource eau souterraine, le ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) a entrepris au cours des dernières années des travaux de cartographie appliqués à la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution (6 et 7).

Les cartes de vulnérabilité ont pour objectif d'identifier les zones où il y a risque de contamination des eaux souterraines et de renseigner sur le degré de vulnérabilité. Elles se veulent un outil de prévention mis à la disposition de tous les intervenants en matière de gestion et de protection des eaux souterraines.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un programme du ministère de l'Environnement visant l'évaluation et la cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines à l'échelle des municipalités régionales de comté (M.R.C.). Il a été mené avec la collaboration de la division des eaux souterraines du ministère de l'Environnement du Québec. Le territoire cartographié est celui de la municipalité régionale de comté de Montcalm.

La méthode utilisée pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines est une méthode d'origine américaine baptisée "DRASTIC", méthode récemment mise au point par l'"Environmental Protection Agency (EPA)" et le "National Water Well Association (NWWA)" (8). Cette méthode, appliquée pour la première fois de façon intégrale au Québec, est spécialement adaptée à l'évaluation et à la cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines à l'échelle d'une région (8 et 9).

La méthode s'appuie sur un système de cotation numérique qui considère sept paramètres physiques intervenant dans les processus de transport et d'atténuation des contaminants: profondeur de la nappe, infiltration efficace, milieu aquifère, type de sol, topographie, zone vadose et conductivité hydraulique. Ce système permet le calcul d'indices de vulnérabilité, lesquels traduisent le risque de contamination des formations aquifères, ce risque augmentant avec la valeur

de l'indice. Chaque indice calculé est identifié à une unité hydrogéologique et sous-unité dont les limites sont représentées sur carte.

Deux cartes de vulnérabilité à l'échelle 1:50 000 ont été produites, l'une qui concerne les formations aquifères captives, l'autre, les formations aquifères libres et semi-captives. Une troisième carte, sur laquelle sont localisées les principales sources potentielles de contamination du territoire étudié ainsi que les puits et sources servant à l'alimentation des réseaux d'aqueducs (municipaux et privés) a également été préparée.

Dans ce qui suit, on présente d'abord, au chapitre 1, une description générale du territoire de la M.R.C. de Montcalm. Ce chapitre renseigne, entre autres, sur la physiographie, l'hydrographie, l'hydrométéorologie, la géologie et l'hydrogéologie du territoire d'étude.

Au chapitre 2, on explique en quoi consiste la méthode DRASTIC et de quelle façon se fait sa mise en oeuvre. Le concept d'unité hydrogéologique utilisé avec la méthode y est défini. On décrit le fonctionnement du système de cotation numérique et on explique les principes qui le sous-tendent. On traite également des différentes étapes menant à la création d'une carte de vulnérabilité. Enfin, on discute de façon sommaire de l'adéquation de la méthode DRASTIC en

tant que mesure de la vulnérabilité et de son applicabilité au territoire du Québec.

Le chapitre 3 avec cartes et légendes (volume II) constitue le résultat et l'essentiel du travail de synthèse réalisé. Les 15 unités hydrogéologiques identifiées à la région d'étude y sont décrites et sont schématisées sous forme de blocs diagrammes. Pour chacune des 119 sous-unités délimitées sur les cartes de vulnérabilité, on trouve un tableau synthèse indiquant la cote DRASTIC rattachée à chacun des sept paramètres considérés par la méthode ainsi que la valeur de l'indice de vulnérabilité.

Les divers documents, cartes et rapports portant sur la région d'étude (géologie, pédologie, topographie, drainage des sols, hydrogéologie ...) et ayant servi à l'évaluation des sept paramètres DRASTIC et à la création des cartes de vulnérabilité font l'objet de descriptions détaillées au chapitre 4. On y explique l'utilisation et le traitement des informations recueillies et on discute de la qualité et de la quantité des données disponibles pour chacun des sept paramètres. On y présente aussi les méthodes indirectes ou les hypothèses formulées pour l'évaluation de certains paramètres tels que l'infiltration efficace et la conductivité hydraulique des roches.

Au dernier chapitre (chapitre 5), on discute de l'interprétation qui doit être faite des différentes informations apparaissant sur les

cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm, des conditions d'utilisation de ces cartes ainsi que des limites inhérentes à la méthode. On fait également le lien entre la vulnérabilité des formations aquifères (cartes 1 et 2) et les principales sources de contamination identifiées sur le territoire de la M.R.C. (carte 3).

Enfin, sur la base des travaux effectués (cartes de vulnérabilité et carte d'inventaire), on propose, en conclusion, des mesures spécifiques pour préserver les formations aquifères des risques de contamination, mesures qui pourraient être intégrées aux politiques futures visant la protection des ressources en eau souterraine de la M.R.C. de Montcalm.

CHAPITRE 1

DESCRIPTION GENERALE DU TERRITOIRE DE LA M.R.C. DE MONTCALM

1.1 Situation et superficie

La M.R.C. de Montcalm occupe une superficie de 722 km² (10) et s'étend approximativement entre les longitudes ouest 73°27' et 73°59 et les latitudes nord 45°47' et 46°03'. Les limites du territoire de la M.R.C. apparaissent à la figure 1.1.

Situé à environ 50 km au nord-est de Montréal, la région est desservie par l'autoroute 25 et les routes 125, 158, 339 et 341 dans sa partie est et par les routes 335 et 337 dans sa partie ouest (voir figure 1.1).

Quatorze municipalités font partie de la M.R.C. de Montcalm, soit (10): Laurentides (V)[1], Saint-Lin (P), Saint-Roch-de-L'Achigan (P), Saint-Roch-ouest (SD), Saint-Alexis (P), Saint-Alexis (VL), Saint-Calixte (P), Saint-Esprit (P), Saint-Jacques (VL), Saint-Jacques (P), Saint-Liguori (P), Sainte-Julienne (P) et Sainte-Marie-Salomée (P) (voir figure 1.2).

---

(1) P: paroisse; SD: sans désignation; V: ville; VL: village.

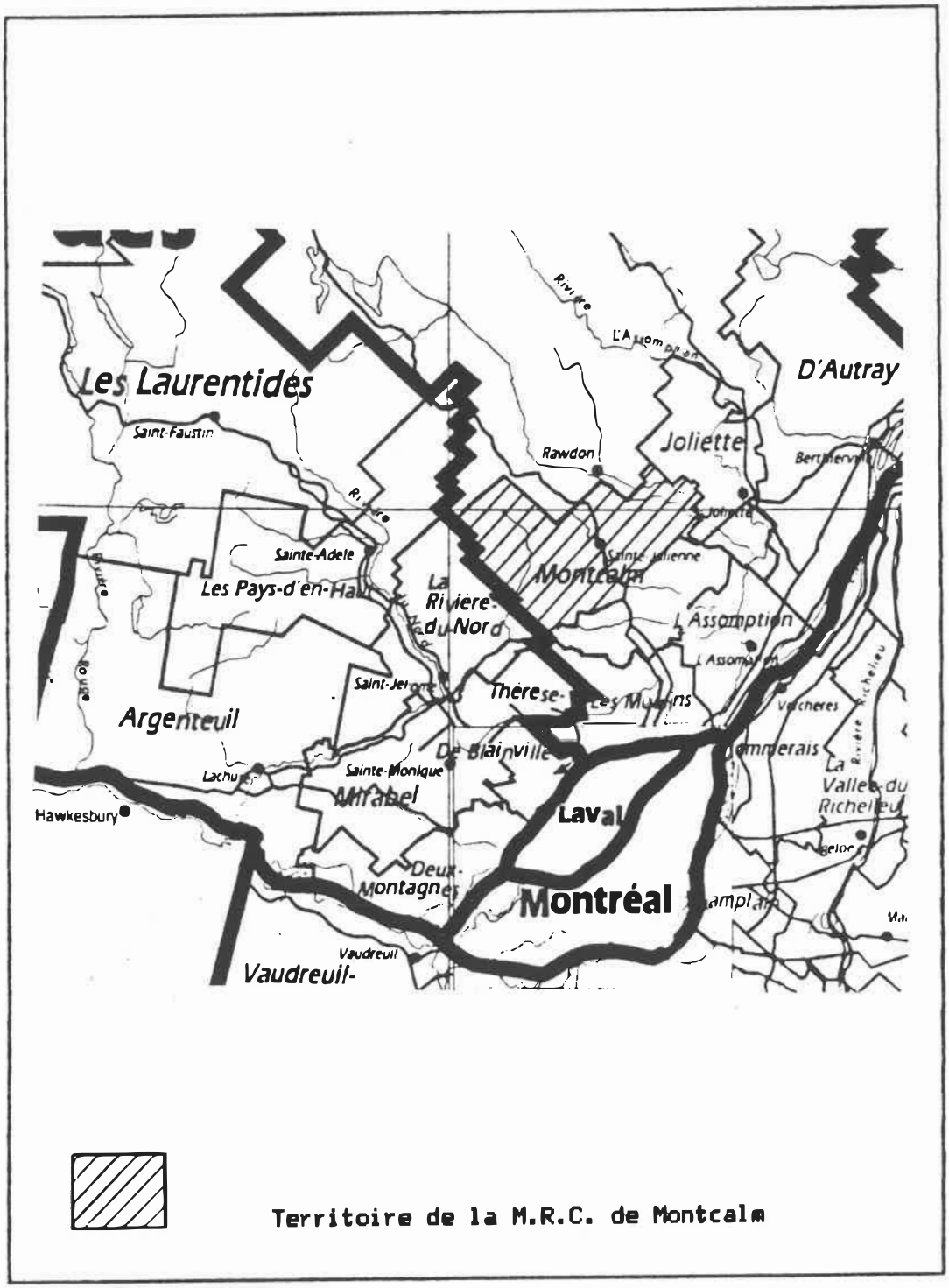


Figure 1.1: Localisation de la M.R.C. de Montcalm

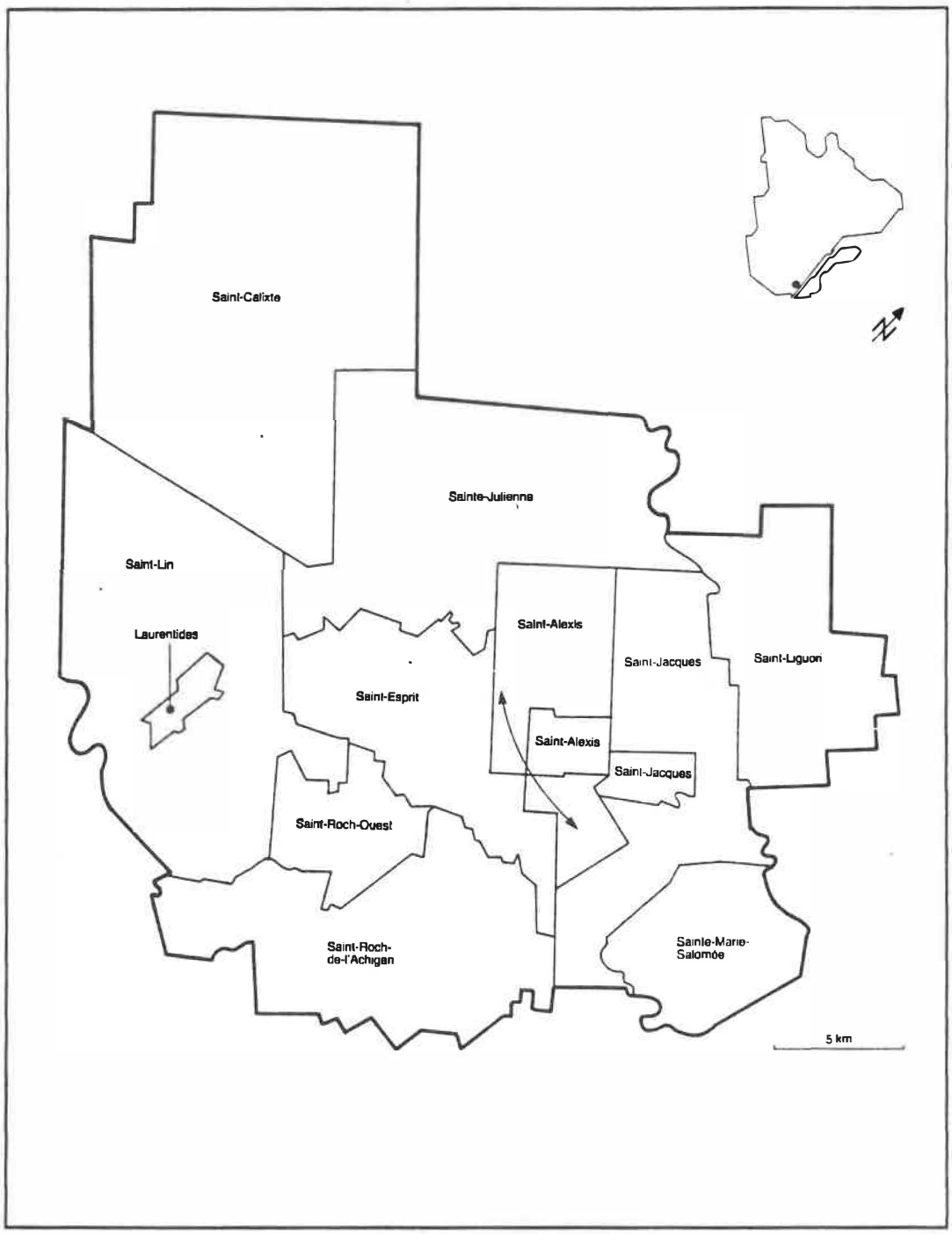


Figure 1.2: **Municipalités de la M.R.C. de Montcalm**
Tiré du Répertoire des municipalités du Québec (10)

1.2 Principaux utilisateurs d'eau souterraine

Toute la population de la M.R.C. de Montcalm, qui compte plus de 28 000 personnes, s'approvisionne exclusivement à partir d'eau souterraine.

Le tableau 1.1 donne la liste des municipalités qui possèdent une source d'alimentation en eau souterraine et la carte 3 (voir volume II) montre l'emplacement de chacune d'elles; la population totale ainsi desservie est de l'ordre de 9 800 personnes. Le reste de la population de la M.R.C. (soit 18 380 personnes) s'approvisionne à partir de puits individuels ou est alimentée par des réseaux d'aqueducs privés. Plus de 2 500 puits sont enregistrés dans la Banque de données hydrogéologiques (B.D.H.) du ministère de l'Environnement du Québec pour le territoire de la M.R.C. de Montcalm (11 et 12).

Trois des sept municipalités qui possèdent un réseau d'aqueducs puisent leur eau à partir des réservoirs aquifères que renferment les dépôts meubles, les autres étant alimentées par des puits aménagés dans la roche en place. Le débit total des prises d'eau municipales, mesuré au cours d'essais de pompage ou estimé à partir de la consommation journalière, est de l'ordre de 10 800 m^3/jour (11) (voir tableau 1.1). Le lecteur doit noter que l'expression "débit mesuré" ne correspond pas nécessairement au débit d'exploitation à long terme des

Municipalité	Population desservie	Type d'ouvrage de captage (nombre)	Aquifère	Débit	Consommation	Date d'analyse	Fe mg/l	Cl mg/l	Dureté totale mg/l	pH
				Mesuré(e) (M) m^3/j Estimé(e) (E) m^3/j		a - m				
Laurentides	1804	Puits tubulaires(2)	Roche en place	3224(M)	1000(M)	78-08(A)(H)	0,15	11,3	222,4	7,9
Saint-Calixte	1200	Puits tubulaire(1)	Dépôts meubles	1146(M)	546(E)	77-06(B)	1,3	30,3	136,8	7,5
Saint-Esprit	1200	Puits tubulaire(1)	Dépôts meubles	1460(M)	409(E)	78-01(A)(H)	21 (T)	11,1	206	7,6
Saint-Jacques	2795	Sources (4)	Dépôts meubles	851(M)	1271(E)	77-06(A)	0,01	4,1	22	6,9
		Puits tubulaires(2)	Dépôts meubles	2215(M)	-	81-05	<0,05	2,0	30	7,1
			Dépôts meubles		-	85-10	<0,05	1,8	36	6,1
Saint-Liguori	425	Puits tubulaires(3)	Roche en place	193(E)	193(E)	77-11(B)	0,4	45	205	8,5
St-Roch-de-L'Achigan	1200	Puits tubulaire(1)	Roche en place							
		Puits tubulaire(1)	Contact du roc							
		Puits-citerne(1)	Contact du roc	492(E)	492(M)	77-02(C)	<0,05	5	9(T)	8,0
Sainte-Julienne	1200	Puits tubulaire(1)	Dépôts meubles							
		Puits tubulaires(2)	Roche en place	1178(M)	546(E)	78-01(A)	0,13	32	123	7,4

(A) Analyse chimique effectuée par les laboratoires du Ministère des Richesses naturelles
(B) Analyse chimique effectuée à l'aide de trousses de terrain
(C) Analyse chimique provenant des Services de Protection de l'Environnement
(H) Eau traitée pour l'hydrogène sulfuré
(T) Eau traitée pour la substance chimique indiquée

Tableau 1.1 Municipalités alimentées par eau souterraine
Tiré et adapté de Paré (11)

puits de production mais bien au débit pompé au cours d'essais de pompage.

En ce qui regarde la qualité de l'eau, on note que plusieurs puits municipaux contiennent des teneurs élevées en fer, en chlorures, en calcium et en magnésium (11) (voir tableau 1.1). Des concentrations élevées en fer sont mesurées dans les puits de Saint-Calixte et de Saint-Esprit où, dans les deux cas, un traitement est nécessaire avant distribution. L'eau de cette dernière municipalité et celle de Laurentides, de Saint-Liguori et de Saint-Roch-de-L'Achigan possèdent une dureté élevée (sels de calcium et de magnésium). L'eau des puits de Laurentides et de Saint-Esprit dégage en plus une odeur associée aux sulfures d'hydrogène. Il faut préciser que la présence de ces différentes substances dans l'eau ne constitue pas un risque pour la santé, quoiqu'elles soient la source d'inconvénients d'ordre esthétique.

1.3 Physiographie

Le territoire étudié s'étend sur deux régions physiographiques très différentes: les Basses-Terres du Saint-Laurent et le Plateau laurentien (voir figure 1.3).

Le relief dans les Basses-Terres est représenté par une plaine argileuse qui est découpée par de nombreux ravins et marquée par

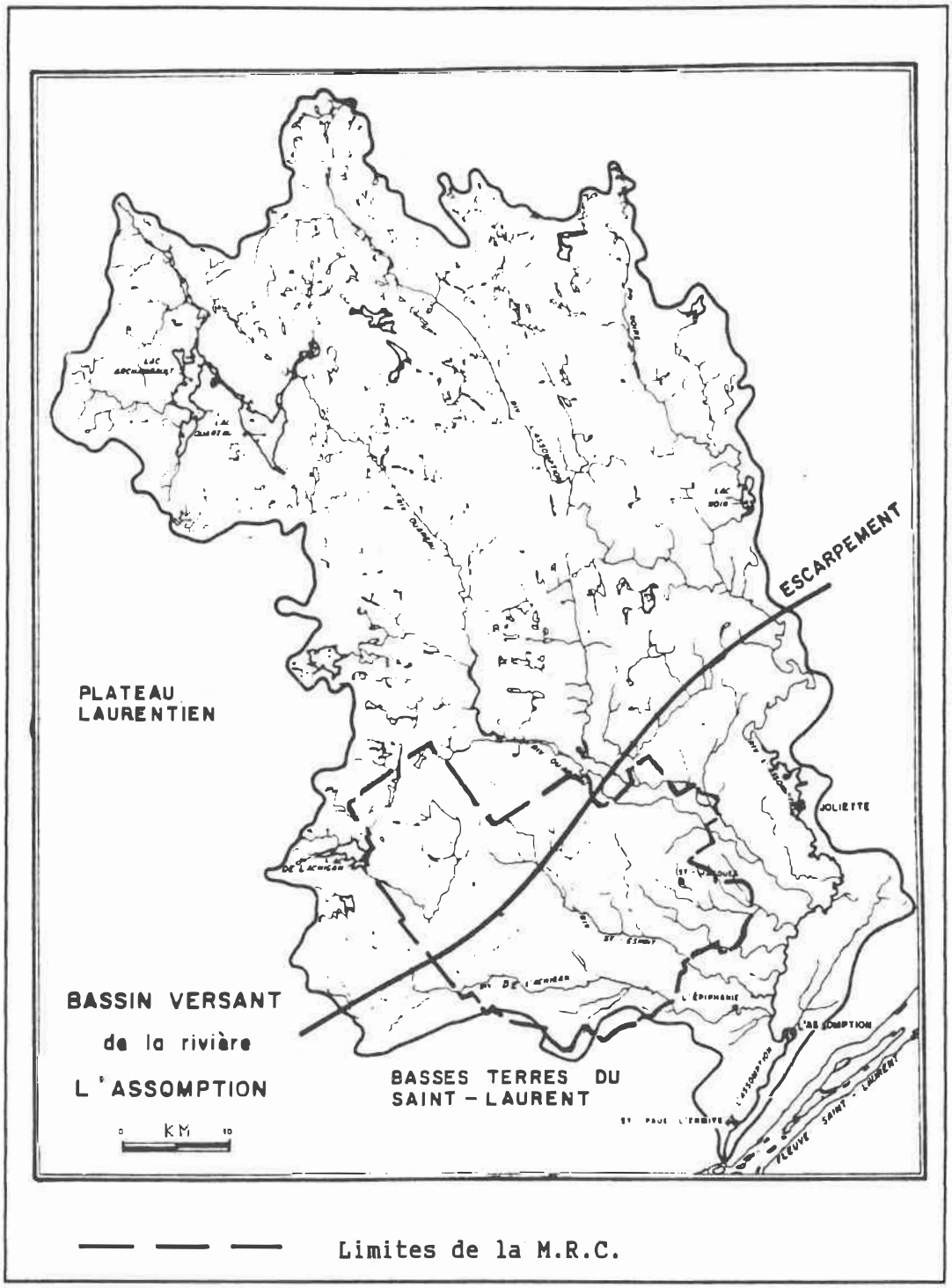


Figure 1.3: Régions physiographiques
Tiré et adapté de Desmeules et Gélinas (13)

plusieurs basses collines (collines de till) (14). L'élévation de la plaine est d'environ 45 m à l'extrémité sud-est du territoire et atteint 100 m (au-dessus du niveau de la mer) à Sainte-Julienne.

Les sols des Basses-Terres contiennent peu de pierres et présentent peu d'affleurements rocheux. Ces sols sont, en général, de texture assez fine et peu perméables (silt et argile), mais on trouve aussi des sols sableux et perméables reposant à faible profondeur sur l'argile (14).

La plaine des Basses-Terres est en grande partie occupée par des terres en culture; on y trouve aussi quelques peuplements d'érables à sucre qui ont pris racine dans les dépôts de till souvent bien drainés (14).

Le Plateau laurentien, qui domine les Basses-Terres, fait partie du Bouclier Canadien. Il est séparé des Basses-Terres par un escarpement bien défini, s'allongeant du sud-ouest au nord-est en passant par Rawdon, Sainte-Julienne et le Lac Lapierre (voir figure 1.3) (13).

Dans la partie du territoire à l'étude, le relief du Plateau est varié, allant de fortement ondulé à montueux. Il est formé d'une série de monts dont l'élévation moyenne fait environ 200 à 250 m. Les principales vallées dans cette partie du Plateau laurentien sont

celles des rivières L'Achigan, Saint-Esprit et Beauport. Les seuls terrains plats ou ondulés se limitent à d'étroites bandes de dépôts graveleux ou de dépôts organiques (14).

Les sols du Plateau laurentien sont surtout représentés par des loams sableux, perméables et à texture légère. Ils sont très rocailleux et les affleurements rocheux excessivement nombreux (13). La région du Plateau est presque entièrement couverte de forêts.

1.4 Hydrogaphie et drainage

Le territoire de la M.R.C. de Montcalm se retrouve entièrement à l'intérieur des limites du bassin versant de la rivière L'Assomption. Le territoire est principalement drainé par les rivières L'Achigan, Saint-Esprit et Ouareau et par les ruisseaux Vacher et Saint-Georges. Le réseau hydrographique de la M.R.C. de Montcalm est illustré à la figure 1.4 et sur la carte 3 (voir volume II).

Rivière L'Achigan - Toutes les eaux de la partie sud des Basses-Terres et une grande partie des eaux du Plateau laurentien se déchargent par la rivière L'Achigan qui prend sa source dans le lac L'Achigan juste à l'extérieur de la limite ouest de la M.R.C. Du lac L'Achigan, elle coule vers le sud sur les roches ignées et métamorphiques du Plateau laurentien. Après une quinzaine de kilomètres, elle dévale en cascades la zone de contact entre le

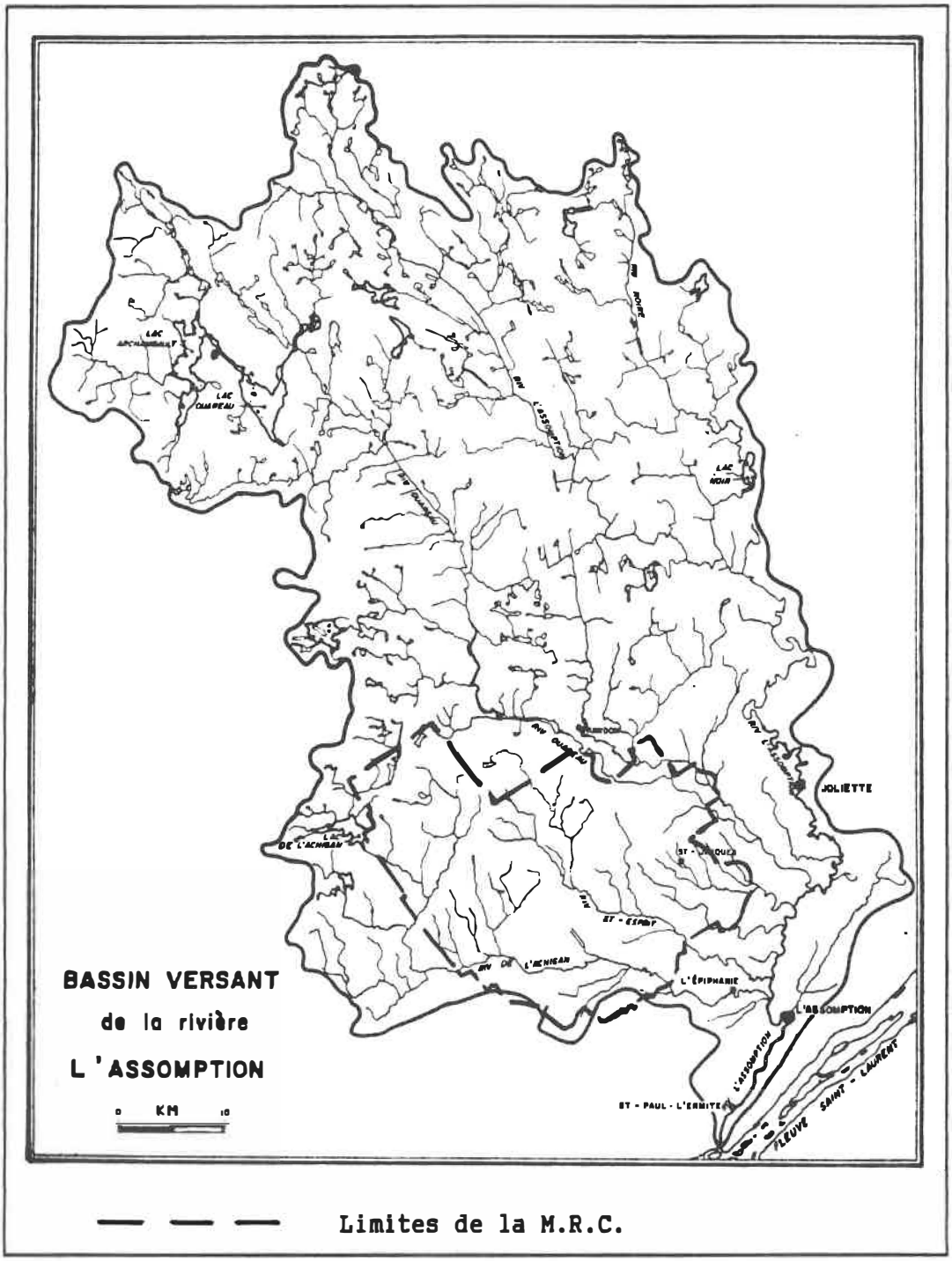


Figure 1.4: **Réseau hydrographique**
Tiré et adapté de Desmeules et Gélinas (13)

Plateau laurentien et les Basses-Terres du Saint-Laurent. Dans cette vallée supérieure, la couverture de dépôts meubles est absente ou très mince; le lit de la rivière est contrôlé par les affleurements rocheux (15).

La rivière poursuit ensuite son cours vers l'est à travers la plaine du Saint-Laurent jusqu'à l'embouchure de la Rivière L'Assomption en passant par Laurentides et Saint-Roch-de-L'Achigan. Dans cette vallée inférieure, la rivière s'encaisse dans les sédiments argileux de la Mer de Champlain et, en certains endroits, dans le till et/ou dans les roches sédimentaires (15).

Rivière Saint-Esprit - La rivière Saint-Esprit et ses affluents drainent toute la partie centrale des Basses-Terres et une partie du Plateau laurentien au nord de Sainte-Julienne où elle prend naissance. Elle s'écoule en direction du sud-est en passant par Sainte-Julienne et Saint-Esprit puis bifurque vers l'est en direction de la rivière L'Assomption. Tout comme la rivière L'Achigan, la Saint-Esprit s'encaisse dans les sédiments argileux des Basses-Terres et, par endroits, s'enfonce jusqu'au roc.

Rivière Ouareau et rivière Rouge - Ces rivières se retrouvent dans la partie nord et nord-est de la M.R.C. Elles s'écoulent vers l'est et le sud-est à travers les Basses-Terres du Saint-Laurent en passant par Saint-Liguori et Les Dalles. Ces rivières s'encaissent

aussi dans les dépôts meubles des Basses-Terres et se creusent parfois jusqu'au roc.

Ruisseaux Vacher et Saint-Georges - Ces deux ruisseaux servent à drainer une partie du territoire localisé entre les rivières Ouareau et Saint-Esprit. Ils coulent en direction est-sud/est et débouchent directement dans la rivière L'Assomption.

Drainage des sols - Le drainage naturel des sols dans les Basses-Terres est généralement imparfait ou mauvais à cause de la prédominance de matériaux de texture fine et peu perméables (silt et argile). Certains matériaux sableux, bien que perméables, souffrent également de lenteur de drainage parce qu'ils reposent, à faible profondeur, sur un substratum plat et imperméable formé par de l'argile (14).

Ces problèmes d'évacuation d'eau ont amené le développement d'un réseau complet de fossés creusés à faible profondeur (1 à 2 m) et de tuyaux souterrains qui permettent le drainage des terres cultivées. Ces terres occupent presque toute la superficie de la plaine des Basses-Terres, soit environ 224 km^2 (16). A partir des relevés du ministère de l'Agriculture du Québec (17), on estime que plus de la moitié de cette surface est dotée de systèmes de drains souterrains.

Du côté du Plateau laurentien, le relief plus accentué (fortement ondulé à montueux) et les matériaux de surface généralement perméables et de texture légère favorisent le drainage qui peut être qualifié de bon à rapide (14).

1.5 Hydrométéorologie

Les caractéristiques générales du climat, la répartition spatiale de la pluie et de la neige, l'évapotranspiration potentielle et les autres aspects climatologiques de la région à l'étude ont été traités par Ferland et al. (18).

Selon la classification de Koappen, le climat de la M.R.C. de Montcalm est un climat de forêt boréale, humide avec été doux.

La température moyenne enregistrée entre 1957 et 1980 à la station météorologique de Saint-Jacques (MENVIQ) varie de 20°C en juillet à -12°C en janvier pour une température moyenne annuelle de 5°C.

Les cartes établies par le Service de la météorologie du MENVIQ (18) (voir figures 1.5 à 1.7) indiquent, pour le secteur des Basses-Terres, des précipitations annuelles totales variant entre 900 et 950 mm dont 24% tombent sous forme de neige et une évapotranspiration potentielle de l'ordre de 580 mm/année. Pour le secteur du Plateau

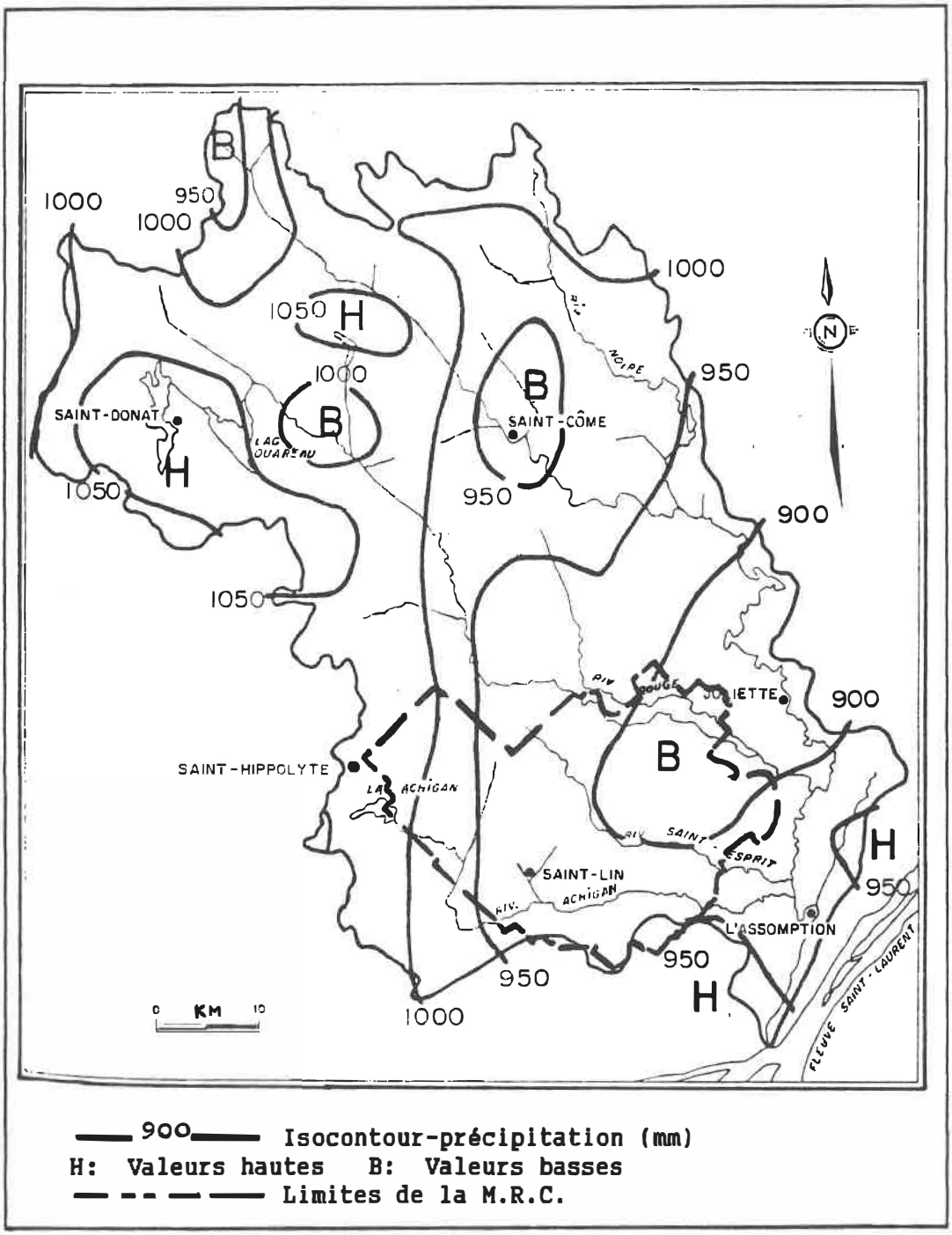


Figure 1.5: **Précipitation totale annuelle (mm)**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

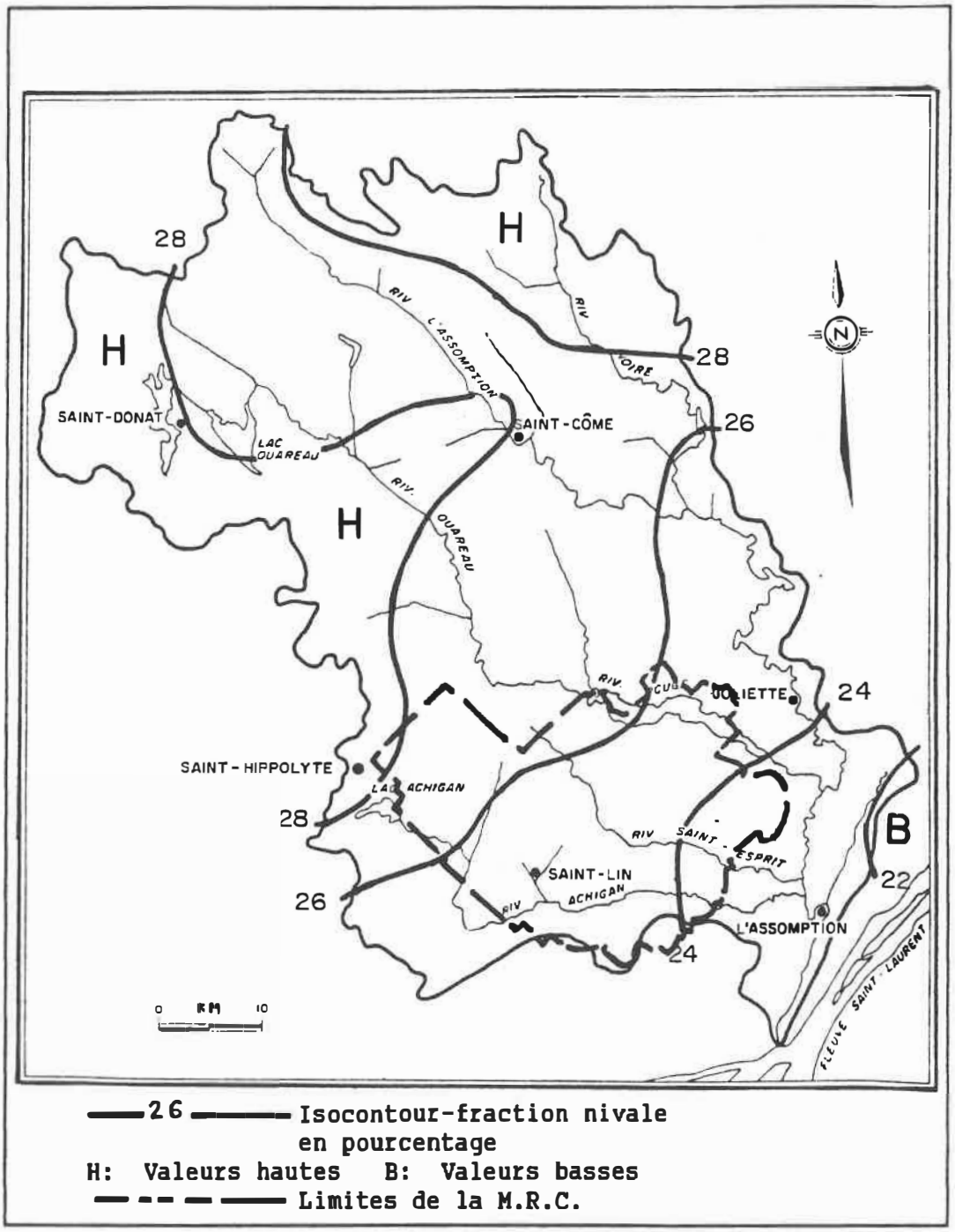


Figure 1.6: **Fraction nivale annuelle en pourcentage**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

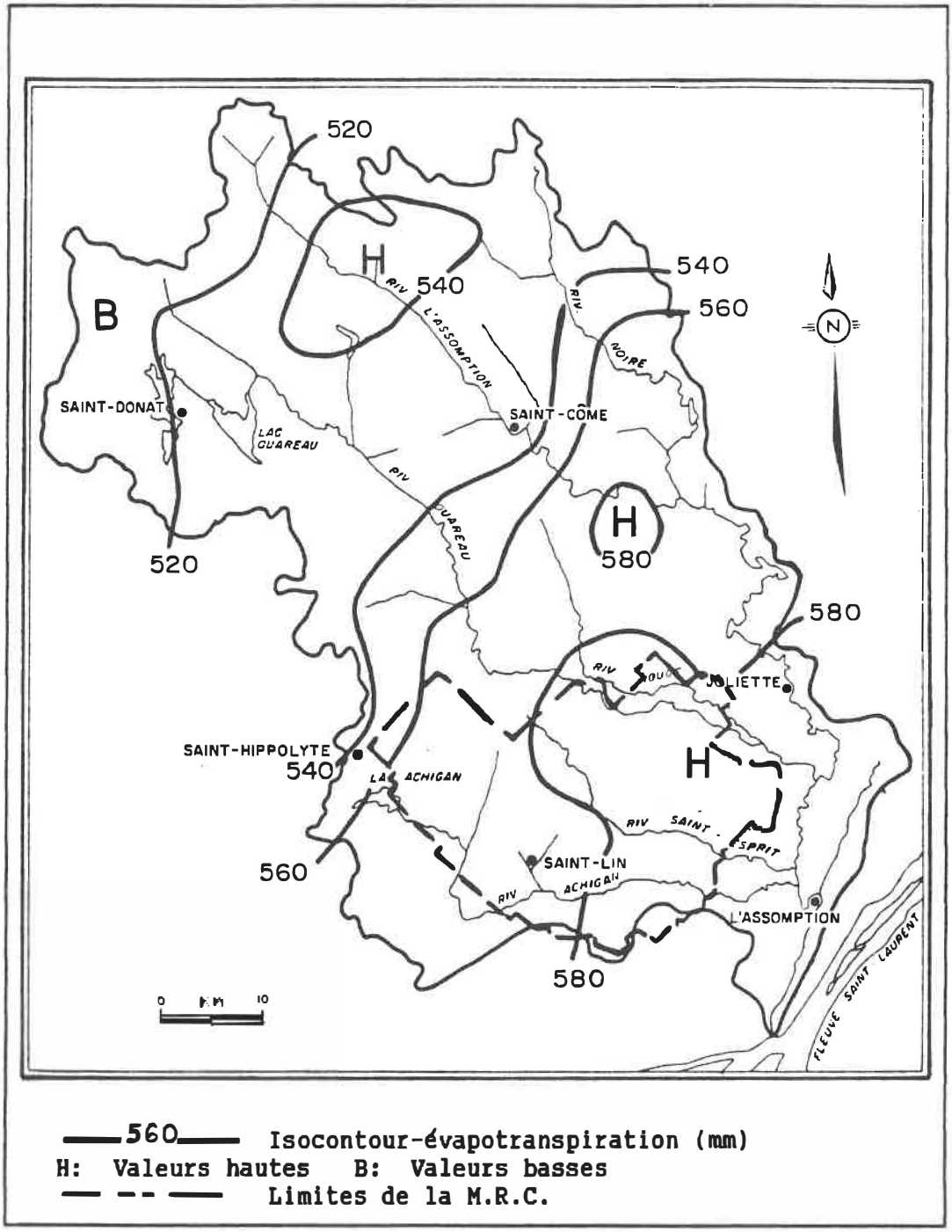


Figure 1.7: **Evapotranspiration potentielle annuelle (mm)**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

laurentien, les précipitations totales vont de 950 à 1000 mm/année dont environ 26% tombent sous forme de neige avec une évapotranspiration potentielle annuelle de l'ordre de 560 à 580 mm.

A partir de l'équation du bilan hydrologique d'un bassin

$$P = ET + R + IE$$

(où P = précipitations, ET = évapotranspiration potentielle, R = ruissellement et IE = infiltration efficace), on évalue le taux d'écoulement moyen à 345 mm par année pour la région des Basses-Terres et à 405 mm par année pour la région du Plateau laurentien. Ces valeurs correspondent à la hauteur d'eau qui s'infiltre plus la hauteur d'eau qui ruisselle (IE + R).

La réalimentation des formations aquifères par infiltration se produit essentiellement au printemps, au moment du dégel et à l'automne alors que les taux d'évapotranspiration sont faibles et les chutes de pluie importantes (voir section 4.4.2).

1.6 Géologie

Pour une description détaillée de la géologie de la roche en place, le lecteur se référera aux travaux de Clark, Globensky et Béland (19, 20, 21 et 22). Pour la géologie des dépôts meubles, les

travaux de Tremblay (23), de LaSalle (24), et de Lajoie (14) seront consultés ainsi que les cartes de dépôts meubles préparés par le Service de la recherche appliquée du ministère de l'Energie et des Ressources du Québec (feuillets 31H13, 31H14 et 31I4) (25).

1.6.1 Roche de fond

Le sommaire des formations de la roche en place pour le territoire de la M.R.C. de Montcalm est présenté au tableau 1.2.

Dans la région des Basses-Terres, les assises rocheuses consistent principalement en des roches sédimentaires du Cambrien supérieur et de l'Ordovicien reposant en discordance sur le socle précambrien. Les formations rocheuses forment des bandes plus ou moins larges orientées parallèlement au fleuve; du nord au sud, ces formations sont successivement: les grès de Potsdam, les dolomies du Beekmantown, les calcaires de Chazy et de Black River et enfin les calcaires et shales de Trenton (19).

Les lits sédimentaires ont, en général, un pendage dans le même sens que la surface topographique, mais l'angle est plus prononcé, soit environ 2° en moyenne. Une importante faille (Sainte-Julienne) de direction nord-est/sud-ouest sépare les terrains précambriens des Basses-Terres (19).

Système	Groupe	Formations	Epaisseur (m)
Ordovicien	Trenton supérieur	Tétreaultville (Terrebonne): calcaire et shale Montréal: calcaire argileux	140 60-90
	.....	.....	.....
	Trenton inférieur	Deschambault: calcaire Ouareau: calcaire	30 5
	Black River	Leray: calcaire Lowville: calcaire Pamélia: dolomie	15
	Chazy	Laval (Membre de Joliette): calcaire	60
	Beekmantown	Beauharnois: dolomie	150
Cambrien	Potsdam	Châteauguay: orthoquartzite Covey Hill: grès	150-300
Précambrien	Gabbro. Série de Morin: roches quartzifères et fortement mafiques; anorthosite et anorthosite gabbroïque. Série de Grenville: gneiss, paragneiss, quartzite et marbre cristallin.		

Tableau 1.2 Roche en place - sommaire
Tiré et adapté de Clark et Globensky (20, 19)
Globensky (21); Béland (22)

Dans la région de Mirabel située à l'ouest du territoire à l'étude et où les mêmes formations sédimentaires sont retrouvées, une zone d'altération particulièrement bien développée a été observée dans les premiers mètres du roc. L'épaisseur moyenne de cette zone atteint 3 m et elle pourrait être le résultat de déformations glacio-tectoniques, de déformations glacio-isostatiques ou encore de la décomposition des roches par les agents météoriques (26 et 27).

Le Plateau laurentien est, quant à lui, formé essentiellement de roches précambriennes intrusives (Série de Morin) et métamorphiques (Série de Grenville) du Bouclier canadien.

Les roches grenvilliennes sont essentiellement représentées par des quartzites de type Grenville et des paragneiss à sillimanite et grenat; des paragneiss et quartzites injectés de granulites; et des calcaires cristallins et roches à diopside et scappolite (19).

La série de Morin est constituée de granulites à quartz-hypersthène, de granulites abondamment semées d'enclaves de paragneiss, de migmatites, d'anorthosites, de norites et de pyroxénites (19).

1.6.2 Dépôts meubles

Les assises rocheuses de la région étudiée sont recouvertes de dépôts non-consolidés d'âge quaternaire constitués principalement de till (till de fond et d'ablation), de sédiments fluvio-glaciaires, d'argiles marines (argiles de la mer de Champlain), de sédiments deltaïques et de sédiments d'origine alluviale (sédiments de hautes terrasses et de basses terrasses). Le tableau 1.3 donne la séquence stratigraphique des dépôts meubles tel qu'établie par Tremblay (23).

Till - Le till repose directement sur la roche de fond et forme, dans les Basses-Terres, plusieurs basses collines qui émergent au milieu de la plaine argileuse surtout au nord de la rivière Saint-Esprit. L'épaisseur de la couche de till est très variable (30 cm à 5 m) (23). Les matériaux grossiers du till consistent en graviers, cailloux et blocs, le tout noyé dans une matrice qui contient de 40 à 85% de sable, de 10 à 50% de gravier et de 5 à 20% de silt et d'argile (23).

Sur le Plateau laurentien, le till peut faire plusieurs mètres d'épaisseur ou ne représenter souvent qu'une mince pellicule de till d'ablation qui consiste avant tout en cailloux et blocs d'origine précambrienne englobés dans une matrice sablonneuse (23). Dans certains secteurs du Plateau laurentien, un till plus grossier est identifié (25).

Colluvions: matériel de glissement. Dépôts de marécage: tourbe surtout, un peu de terre noire. Sédiments des basses terrasses (alluvions de plaine d'inondation): sable surtout, avec occasionnellement un peu de silt. Matériaux d'origine glacielle: sable avec cailloux et blocs. Sédiments éoliens: sables bien classés. Sédiments des hautes terrasses: sable et gravier à stratification subhorizontale recouvrant de façon interrompue les argiles en bordure des vallées principales et la zone de contact entre la plaine et le Bouclier. Sables et graviers marins (généralement fossilifères). Sédiments deltaïques (déposés dans les eaux de la mer Champlain à l'embouchure des rivières). Till remanié. Argiles marines: silt, argile silteuse et argile; sable et argile ou silt interstratifiés; fossilifères par endroits. Sédiments lacustres: a. silt et argile; b. sable. Sédiments de contact glaciaire: matériaux hétérométriques: cailloux, graviers, sables grossiers, blocs dispersés; stratifications mal définies. Ces sédiments se présentent le plus souvent sous forme de terrasses de kames et de kettles adossées aux versants rocheux des vallées. Sédiments fluvio-glaciaires: se présentent sous forme d'épandages. Comprennent également quelques eskers. Accumulation de till, de gravier et de sable au front du glacier (inclut le système morainique Saint-Faustin - Saint-Narcisse). Moraine de fond et d'ablation: non-différenciée sur les Hautes Terres du Bouclier. Moraine de fond dans les Basses-Terres.
Paléozoïque (calcaire).
Précambrien: gneiss, anorthosite, syénite, monzonite, etc.

Tableau 1.3 **Dépôts meubles - sommaire**
Tiré et adapté de Tremblay (23)

Sédiments fluvio-glaciaires - Ces sédiments se présentent sous forme d'épandages recouvrant par endroits le fond des vallées et comprennent aussi quelques eskers. Ils sont composés de sables et graviers stratifiés avec de nombreux cailloux; les graviers et cailloux variant de 40 à 70%, les sables, dans une proportion de 20 à 60%; le reste consistant en particules de la taille des argiles et silts qui ne représentent jamais plus de 5%. L'épaisseur des dépôts peut faire jusqu'à une dizaine de mètres (23).

Dans les Basses-Terres, les dépôts fluvio-glaciaires sont presque partout recouverts d'épais sédiments argileux (14) et leur étendue n'est pas connue avec précision. On les trouve cependant au nord-ouest de Saint-Esprit au fond d'une excavation de quelques mètres et à l'ouest de Sainte-Marie-Salomée où ils se présentent sous la forme d'un esker, lequel est exploité comme gravière. Sur le Plateau laurentien, ils occupent une faible superficie au voisinage de l'agglomération de Saint-Calixte.

Sédiments marins - Dans les Basses-Terres, les argiles de la mer de Champlain constituent l'unité la plus épaisse et la plus fréquemment rencontrée. Au sud-ouest de Laurentides, à la frontière du Plateau laurentien, l'horizon argileux fait plus de 30 m d'épaisseur. Ailleurs sur le territoire, l'épaisseur des argiles dépasse rarement 15 ou 20 m et fait moins de 10 ou même 5 m en bordure des affleurements de till.

Les argiles marines sont aussi présentes dans les Laurentides où elles tapissent de façon assez continue le fond des vallées étroites jusqu'à la cote de 210 m environ (23).

Sédiments deltaïques - Les accumulations deltaïques sont représentées par des dépôts de sables et graviers stratifiés qui font plusieurs mètres d'épaisseur (23). Ces dépôts reposent sur le till et le roc sous-jacents ou sur l'argile marine. Ils sont présents au nord de Sainte-Julienne (delta de Rawdon) où ils occupent une superficie importante.

Sédiments alluviaux - Surmontant les argiles, on trouve de grandes étendues de sables moyens à très fins à stratifications subhorizontales (sédiments de hautes terrasses) qui ne font en moyenne que 1 à 2 m d'épaisseur (14 et 23). Ces dépôts forment une bande continue qui s'allonge en direction est-nord-est à travers toute la région à l'étude depuis Laurentides jusqu'à Sainte-Marie-Salomée.

Au fond des vallées et en bordure des cours d'eau dans les plaines de débordement actuelles (Basses-Terres et Plateau laurentien), on trouve aussi des dépôts alluvionnaires (sédiments de basses terrasses) qui atteignent au maximum quelques mètres d'épaisseur (23). Dans la région d'étude, ces alluvions sont composées de sables très fins et contiennent souvent silts et argiles.

Dépôts organiques - Des dépôts organiques (tourbe, terre noire) se rencontrent au creux de certaines vallées des Laurentides, dans les dépressions de terrain entourant les lacs ou autrefois occupées par les lacs. Sur les hautes terrasses des Basses-Terres, ces dépôts sont peu fréquents.

1.7 Hydrogéologie

Le contexte hydrogéologique du territoire de la M.R.C. de Montcalm est ici décrit de façon sommaire. Les principales formations aquifères du territoire à l'étude sont identifiées et un commentaire préliminaire sur la vulnérabilité de ces formations (vulnérabilité à la pollution) est formulé. Pour une description détaillée de chacune des 15 unités hydrogéologiques identifiées sur le territoire de la M.R.C. de Montcalm, le lecteur se référera au chapitre 3 et consultera les cartes 1 et 2 (voir volume II).

Roches sédimentaires - Les roches sédimentaires des Basses-Terres du Saint-Laurent constituent la principale formation aquifère de la M.R.C. de Montcalm. Cette formation aquifère satisfait les besoins de la majorité des utilisateurs (publics et privés) d'eau souterraine de la M.R.C.; les puits des municipalités de Laurentides, de Saint-Roch-de-L'Achigan, de Saint-Liguori et de Saint-Alexis sont aménagés dans cette formation ainsi que plusieurs milliers de puits à usage domestique.

Cette formation aquifère est composée, pour la région à l'étude, de grès du Potsdam d'âge cambrien suivis d'une succession de roches carbonatées d'âge ordovicien consistant en des dolomies du groupe de Beekmantown, en calcaires du groupe de Chazy, de Black River et en calcaires et shale du Trenton (20 et 19). La perméabilité de ces roches est surtout liée à la présence de zones d'altération, de fractures, de zones de fissuration et de chenaux de dissolution dans les roches carbonatées (26, 28). Dans la région voisine de Mirabel, une zone d'altération particulièrement bien développée a été observée dans la partie supérieure de ces formations rocheuses (premiers trois mètres) (26).

Une couche d'argile marine de grande étendue recouvre en grande partie ces roches, créant des conditions de nappe captive. Cet horizon argileux protège aussi les formations aquifères du roc contre l'infiltration directe des contaminants. Cependant, l'épaisseur de la couche argileuse est très variable et cette couche est discontinue, laissant émerger plusieurs collines de till présentes surtout au nord de la rivière Saint-Esprit.

Ces affleurements de till, relativement perméables (aquitard), servent à l'emmagasinnement des eaux de précipitations et à la réalimentation des formations rocheuses sous-jacentes mais représentent aussi des zones vulnérables où les contaminants peuvent s'infiltrer jusqu'à l'aquifère rocheux.

Les affleurements rocheux au fond des rivières constituent également des zones d'échange entre l'aquifère rocheux et les eaux de surface mais le plus souvent, il y a décharge de l'aquifère vers le cours d'eau (sauf en période de crue).

Roches ignées/métamorphiques - Le Plateau laurentien est formé essentiellement de roches ignées/métamorphiques souvent affleurantes ou recouvertes d'une couche de till d'épaisseur très variable. La productivité des roches ignées/métamorphiques est généralement faible et dépend essentiellement du degré de fracturation du massif rocheux (29). Les nombreux affleurements rocheux rendent la formation aquifère vulnérable à la contamination.

Till - Le till, qui recouvre presque partout les roches sédimentaires et de façon discontinue les roches ignées/métamorphiques, ne représente généralement pas une formation aquifère productive. Cependant, en certains endroits, là où l'épaisseur du dépôt est suffisante et là où le matériau est grossier, le till peut servir à l'approvisionnement en eau (29).

Sédiments fluvio-glaciaires - Les dépôts fluvio-glaciaires sont constitués de matériaux très perméables qui font souvent plusieurs mètres d'épaisseur et peuvent, par conséquent, constituer de bons aquifères.

Dans les Basses-Terres, l'étendue des dépôts fluvio-glaciaires présents sous les argiles marines est mal connue (23), mais on peut citer le cas de la municipalité de Saint-Esprit qui s'approvisionne à même des sables et graviers fluvio-glaciaires; le dépôt serait cependant de dimension restreinte et le potentiel aquifère limité (30). Sur le Plateau laurentien, la municipalité de Saint-Calixte possède aussi un puits crépiné dans des sables et graviers fluvio-glaciaires.

Ces formations très perméables sont très vulnérables à la contamination là où le couvert argileux est mince ou absent.

Sédiments deltaïques - Le long de la limite des Basses-Terres du Saint-Laurent et du Plateau laurentien (région de Sainte-Julienne) se sont déposés des sables et graviers d'origine deltaïque (23). Ces dépôts, qui reposent sur le till et le roc sous-jacents ou sur l'argile, sont souvent de bonne épaisseur (plusieurs mètres) et constituent une formation aquifère productive. Les municipalités de Saint-Jacques (V) et de Saint-Jacques (P) (en partie) s'alimentent à même ces dépôts (11). La grande perméabilité des sables et graviers offre très peu de protection contre la contamination.

Sédiments alluviaux - En quelques endroits, des puits de surface et des puits instantanés (pointes) sont aménagés dans les sables alluviaux qui recouvrent en partie la plaine argileuse des

Basses-Terres et le fond des vallées actuelles (sédiments de hautes terrasses et de basses terrasses).

Ces dépôts formés de sables moyens à très fins parfois silteux sont généralement de faible épaisseur, quelques mètres au plus, et servent surtout à l'approvisionnement individuel. Là où l'épaisseur est suffisante, ces sables peuvent cependant représenter de bons aquifères.

La nature relativement perméable des dépôts, la nappe souvent proche de la surface et l'absence de protection rendent ces formations aquifères vulnérables à la contamination.

CHAPITRE 2

METHODOLOGIE

2.1 Origine de la méthode

La méthode appliquée au territoire de la M.R.C. de Montcalm pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution est une méthode d'origine américaine nommée DRASTIC. Cette méthode développée par l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement (EPA) est décrite en détail dans un document identifié EPA/600-2-87-035, édité conjointement par l'EPA et par la "National Water Well Association (NWWA)" (8). Le lecteur est invité à prendre connaissance de ce document.

La méthode DRASTIC consiste en un système de cotation numérique (calcul d'un indice) jumelé à un document cartographique qui fait appel au concept d'"unité hydrogéologique". Les sept paramètres physiques considérés par la méthode sont la profondeur de l'eau (Depth to water), la recharge annuelle (net Recharge), le milieu aquifère (Aquifer media), le type de sol (Soil media), la topographie (Topography), la zone vadose (Impact of the vadose zone) et la conductivité hydraulique du milieu aquifère (hydraulic Conductivity), d'où l'acronyme anglais "DRASTIC".

2.2 Unité hydrogéologique

Une unité hydrogéologique se définit par un ensemble de caractéristiques qui ont trait à la nature du milieu aquifère, au type d'aquifère (captif, libre), à la stratigraphie, à la géomorphologie, etc. L'identification des unités hydrogéologiques d'une région donnée nécessite donc une connaissance approfondie de ce qu'on peut appeler le "cadre" ou le "contexte" hydrogéologique.

Sur les cartes de vulnérabilité, une unité hydrogéologique correspond à une (ou des) zones(s) géographique(s) bien délimitée(s) auxquelle(s) se rattache un indice de vulnérabilité calculé à partir de l'évaluation des sept paramètres physiques déjà mentionnés.

Les caractères qui sont propres à une unité hydrogéologique vont conditionner le degré de vulnérabilité du milieu aquifère face à la contamination. A titre d'exemple, l'existence ou l'absence d'une couche "imperméable" au-dessus d'une formation aquifère pourra faire la différence entre un risque élevé ou un faible risque de contamination.

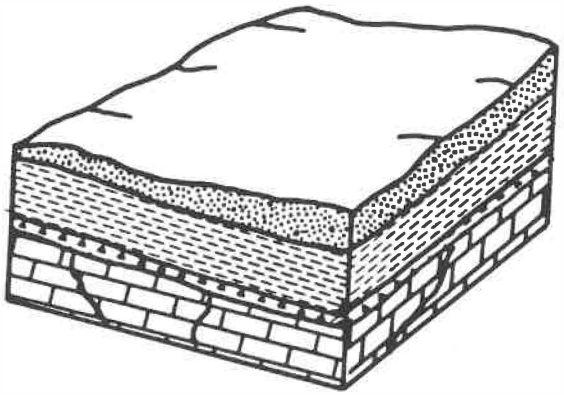
On trouve dans DRASTIC (8) une présentation des grandes régions hydrogéologiques du territoire américain (Etats-Unis) et on y décrit les principales unités hydrogéologiques se rapportant à chacune de ces régions. Les unités hydrogéologiques rencontrées dans la partie

nord-est des Etats-Unis sont aussi retrouvées dans certaines régions du Québec, mais, le plus souvent, l'application de la méthode DRASTIC au territoire du Québec exige la création de nouvelles unités hydrogéologiques propres à la région d'étude. Aux figures 2.1 et 2.2, on illustre et on décrit, à titre d'exemple, deux unités hydrogéologiques identifiées sur le territoire de la M.R.C. de Montcalm et fréquemment rencontrées ailleurs au Québec. L'unité 1Eb est typique des Basses-Terres du Saint-Laurent; alors que l'unité 2Aa représente le contexte hydrogéologique du Plateau Laurentien.

2.3 Système de cotation numérique

L'indice DRASTIC de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution intègre sept paramètres différents: profondeur de l'eau, recharge (infiltration efficace), milieu aquifère, type de sol, topographie, impact de la zone vadose et conductivité hydraulique.

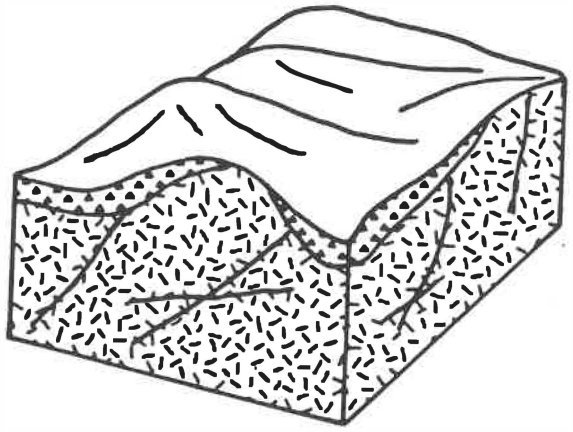
Poids - Chacun de ces paramètres joue un rôle plus ou moins important dans les processus de transport et d'atténuation des contaminants. La méthode DRASTIC permet de tenir compte de l'importance relative de chaque paramètre en assignant à chacun d'eux un poids dont la valeur, entre 1 et 5, a été fixée et prédéterminée



(1Eb) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux

Cette unité hydrogéologique est caractérisée par de grandes étendues de sédiments argileux recouverts par des dépôts alluviaux (sédiments de hautes terrasses ou de basses terrasses). L'argile repose elle-même sur till et roc et, localement, sur des sables et graviers fluvio-glaciaires. La topographie est très plane sauf aux abords des cours d'eau où le relief est formé de dépressions et de berges parfois escarpées. La couverture alluviale est composée en grande partie de sables dont l'épaisseur moyenne fait 1 à 2 m. Les sables alluviaux, le till et les dépôts fluvio-glaciaires peuvent servir à l'approvisionnement en eau, mais c'est le roc qui constitue l'aquifère principal. Il est formé de roches sédimentaires, principalement de calcaires, de dolomies et de grès à pendage subhorizontal. La perméabilité des roches est variable et est liée à l'existence de réseaux de fractures, de zones d'altération et/ou de cavités de dissolution. La présence d'un horizon argileux limite l'infiltration directe des eaux de précipitations et des contaminants jusqu'au roc. La plaine argileuse laisse cependant émerger plusieurs basses collines de till où il y a réalimentation de l'aquifère rocheux. Aussi, en quelques endroits, les rivières ont troué la couche d'argile pour s'encaisser jusqu'au roc; les affleurements rocheux au fond des rivières constituent généralement des zones de décharge mais, en période de crue, les rivières peuvent aussi contribuer à la réalimentation de l'aquifère.

Figure 2.1: **Exemple d'unité hydrogéologique**



(2Aa) Till sur roches ignées/métamorphiques

Cette unité hydrogéologique est caractérisée par la présence d'une couche de till recouvrant de façon discontinue la roche de fond constituée de gneiss, granites et anorthosites. Le relief est très variable, passant de fortement ondulé à montueux. Le till peut faire quelques mètres d'épaisseur, mais il est souvent beaucoup plus mince et laisse apparaître le roc en plusieurs endroits. Il contient de nombreux blocs et cailloux incorporés à une matrice composée d'un mélange variable de graviers, sables, silts et argiles. L'eau souterraine circule dans le roc et le till, mais l'aquifère principal est représenté par le roc. Les débits disponibles sont souvent limités et dépendent essentiellement du degré de fracturation de la roche. Les dépôts de till, là où l'épaisseur est suffisante, peuvent servir à emmagasiner les eaux de précipitations et ainsi contribuer à la recharge du massif rocheux; cependant, le rocher, souvent affleurant et imperméable (peu fracturé) et le relief accentué favorisent le ruissellement. La profondeur de l'eau varie considérablement et est liée, entre autres, à l'épaisseur de la couche de till. L'eau souterraine peut faire résurgence au creux des vallées ou dans les dépressions du terrain. Les nombreux affleurements rocheux rendent la formation aquifère vulnérable à la contamination.

Figure 2.2: **Exemple d'unité hydrogéologique**

par les auteurs de la méthode [1]. Un paramètre prépondérant se voit assigner un poids de 5 alors qu'un paramètre ayant moins d'impact sur le devenir d'un contaminant se voit assigner un poids de 1.

Les auteurs ont établi une pondération d'ordre général s'appliquant aux polluants de diverses natures et ont également établi une pondération qui s'applique exclusivement aux cas des pesticides. Le tableau 2.1 présente les poids assignés à chaque paramètre pour ces deux cas (général et pesticide). On notera que, dans le cas de la pondération qui s'applique aux pesticides, les poids les plus élevés sont assignés aux paramètres "type de sol" et "profondeur de l'eau" (poids = 5), alors que pour la pondération d'ordre général, ce sont les paramètres "profondeur de l'eau" et "impact de la zone vadose" qui se voient assigner le poids maximum (poids = 5). Il importe de rappeler, enfin, que le poids assigné à chaque paramètre est fixe et ne peut être modifié.

Intervalles et cotes - Chaque paramètre doit ensuite faire l'objet d'une évaluation (mesure, estimations, descriptions ...) qui permettra de lui attribuer une cote pouvant varier entre 1 et 10.

---

(1) Consensus d'évaluation de type "Delphi" - Consiste fondamentalement à demander à des experts d'indiquer, à leur jugement, la probabilité d'occurence de certaines situations ou événements).

POIDS		
PARAMETRE	POIDS (général)	POIDS (pesticides)
Profondeur de l'eau	5	5
Recharge annuelle	4	4
Milieu aquifère	3	3
Type de sol	2	5
Topographie	1	3
Impact de la zone vadose	5	4
Conductivité hydraulique	3	2

Tableau 2.1: Poids
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

PROFONDEUR DE L'EAU (m)	
Intervalle	Cote
0 - 1,5	10
1,5 - 4,5	9
4,5 - 9	7
9 - 15	5
15 - 23	3
23 - 31	2
31 +	1
Poids: 5	Poids pour pesticides: 5

Tableau 2.2: Profondeur de l'eau
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

Pour les paramètres "profondeur de l'eau", "infiltration efficace", "topographie" et "conductivité hydraulique", les cotes sont attribuées en fonction d'intervalles numériques; dans le cas des paramètres "milieu aquifère", "type de sol" et "impact de la zone vadose", les cotes sont données en fonction de la description des matériaux composant ces différents milieux (voir tableaux 2.2 à 2.8). A une cote de 1 correspondent des conditions favorables (moindre vulnérabilité) alors qu'une cote de 10 réflète des conditions de haute vulnérabilité propices à la contamination. Les principes et processus qui sous-tendent ce système de cotation font l'objet d'une description sommaire à la section suivante.

Calcul de l'indice - L'indice DRASTIC propre à chaque unité hydrogéologique correspond à la somme du produit du poids par la cote rattachés à chacun des sept paramètres de l'unité. Ce calcul se traduit par l'équation suivante:

$$(D_c D_p) + (R_c R_p) + (A_c A_p) + (S_c S_p) + (T_c T_p) + (I_c I_p) + (C_c C_p)$$
$$= \text{indice DRASTIC}$$

où c = cote et p = poids.

L'indice ainsi calculé représente une mesure du niveau de risque de contamination d'une formation aquifère, ce risque augmentant avec la valeur de l'indice. L'indice "général" maximum possible est de 226 et la valeur minimum de 23.

RECHARGE ANNUELLE (cm)	
Intervalle	Cote
0 - 5	1
5 - 10	3
10 - 18	6
18 - 25	8
25+	9
Poids: 4	Poids pour pesticides: 4

Tableau 2.3: **Recharge annuelle**
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

MILIEU AQUIFERE		
Type d'aquifère	Cote	Cote type
Shale massif	1 - 3	2
Roches ignées/métamorphiques	2 - 5	3
Roches ignées/métamorphiques altérées	3 - 5	4
Till	4 - 6	5
Lits de grès, calcaire et shale	5 - 9	6
Grès massif	4 - 9	6
Calcaire massif	4 - 9	6
Sable et gravier	4 - 9	8
Basalte	2 - 10	9
Calcaire karstique	9 - 10	10
Poids: 3	Poids pour pesticides: 3	

Tableau 2.4: **Milieu aquifère**
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

TYPE DE SOL	
Nature du sol	Cote
Sol mince ou roc	10
Gravier	10
Sable	9
Tourbe	8
Argile fissurée	7
Loam sableux	6
Loam	5
Loam silteux	4
Loam argileux	3
Terre noire	2
Argile	1
Poids: 2	Poids pour pesticides: 5

Tableau 2.5: Type de sol
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

TOPOGRAPHIE (%)	
Intervalle	Cote
0 - 2	10
2 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
18+	1
Poids: 1	Poids pour pesticides: 3

Tableau 2.6: Type de sol
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

IMPACT DE LA ZONE VADOSE		
Zone vadose	Cote	Cote type
Couche imperméable	1	1
Silt/argile	2 - 6	3
Shale	2 - 5	3
Calcaire	2 - 7	6
Grès	4 - 8	6
Lits de calcaire, grès et shale	4 - 8	6
Sable et gravier avec silt et argile	4 - 8	6
Roches métamorphiques/ignées	2 - 8	4
Sable et gravier	6 - 9	8
Basalte	2 - 10	9
Calcaire karstique	8 - 10	10
Poids: 5		Poids pour pesticides: 4

Tableau 2.7: Impact de la zone vadose
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE (m/j)	
Intervalle	Cote
0,04 - 4	1
4 - 12	2
12 - 29	4
29 - 41	6
41 - 82	8
> 82	10
Poids: 3	Poids pour pesticides: 2

Tableau 2.8: Conductivité hydraulique
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

Comme déjà précisé, un indice particulier aux pesticides peut aussi être calculé en utilisant des poids spécifiques à ce type de contaminant; dans ce cas l'indice maximum peut atteindre 256 et un minimum de 26.

2.4 Paramètres DRASTIC et contamination des eaux souterraines

Le système de cotation créé par DRASTIC intègre un ensemble de processus reliés au transport des contaminants et à la défense des aquifères (atténuation des contaminants). Il repose aussi sur trois hypothèses fondamentales qui sont les suivantes:

1. La source de contamination est localisée en surface du sol.

2. Les contaminants sont entraînés depuis la surface du sol jusqu'à l'aquifère par les eaux de précipitations.

3. Les contaminants ont la même mobilité que l'eau.

Dans le cas où l'une ou l'autre de ces hypothèses n'est pas respectée, le système ne permet plus d'évaluer correctement le risque de contamination et l'utilisateur devra interpréter avec précaution le résultat obtenu (voir chapitre 5).

Sans reprendre en détail le cheminement suivi par les auteurs du système, on fait ici une revue sommaire des paramètres DRASTIC en mettant l'accent sur les principaux facteurs et processus qui ont été considérés dans la répartition des cotes. Les relations établies par DRASTIC entre paramètres et cotes sont illustrées aux figures 2.3 à 2.9.

Profondeur de l'eau - La profondeur de l'eau est reliée à l'épaisseur des matériaux que devra traverser un contaminant avant d'atteindre la formation aquifère (épaisseur de la zone vadose) et au temps nécessaire pour atteindre cette formation. Plus la nappe sera profonde, plus les phénomènes d'atténuation seront favorisés et plus le risque de contamination sera faible (voir figure 2.3).

Recharge annuelle - La recharge annuelle nette correspond au taux annuel d'infiltration efficace (cm/année), c'est-à-dire à la partie des eaux de précipitations qui s'infiltre jusqu'à l'aquifère pour le réalimenter. Le transport vertical et la lixiviation des contaminants depuis la surface du sol jusqu'à l'aquifère dépend essentiellement du taux d'infiltration efficace. Plus l'infiltration sera importante, plus le transport des contaminants vers l'aquifère sera facilité (voir figure 2.4).

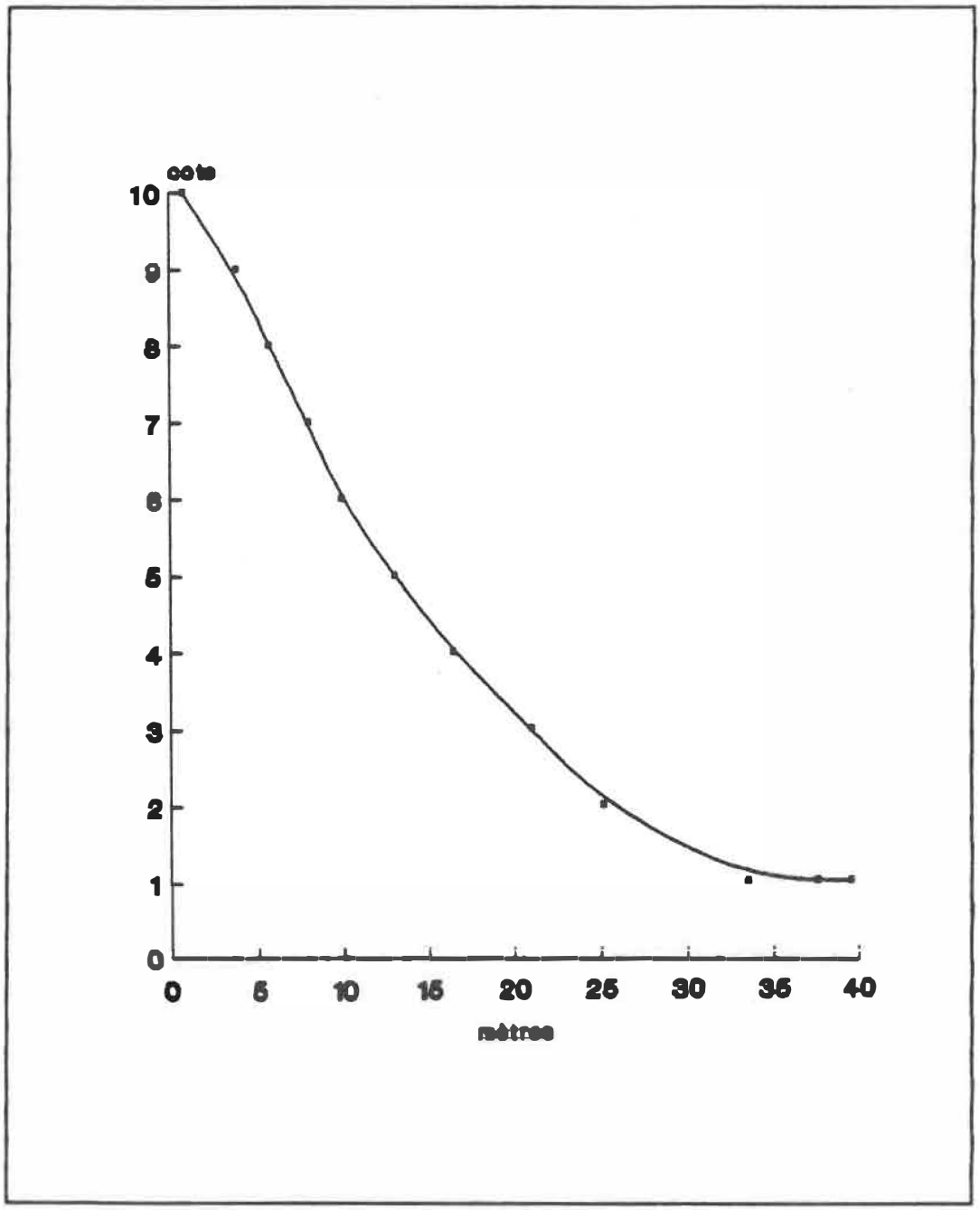


Figure 2.3: Profondeur de l'eau
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

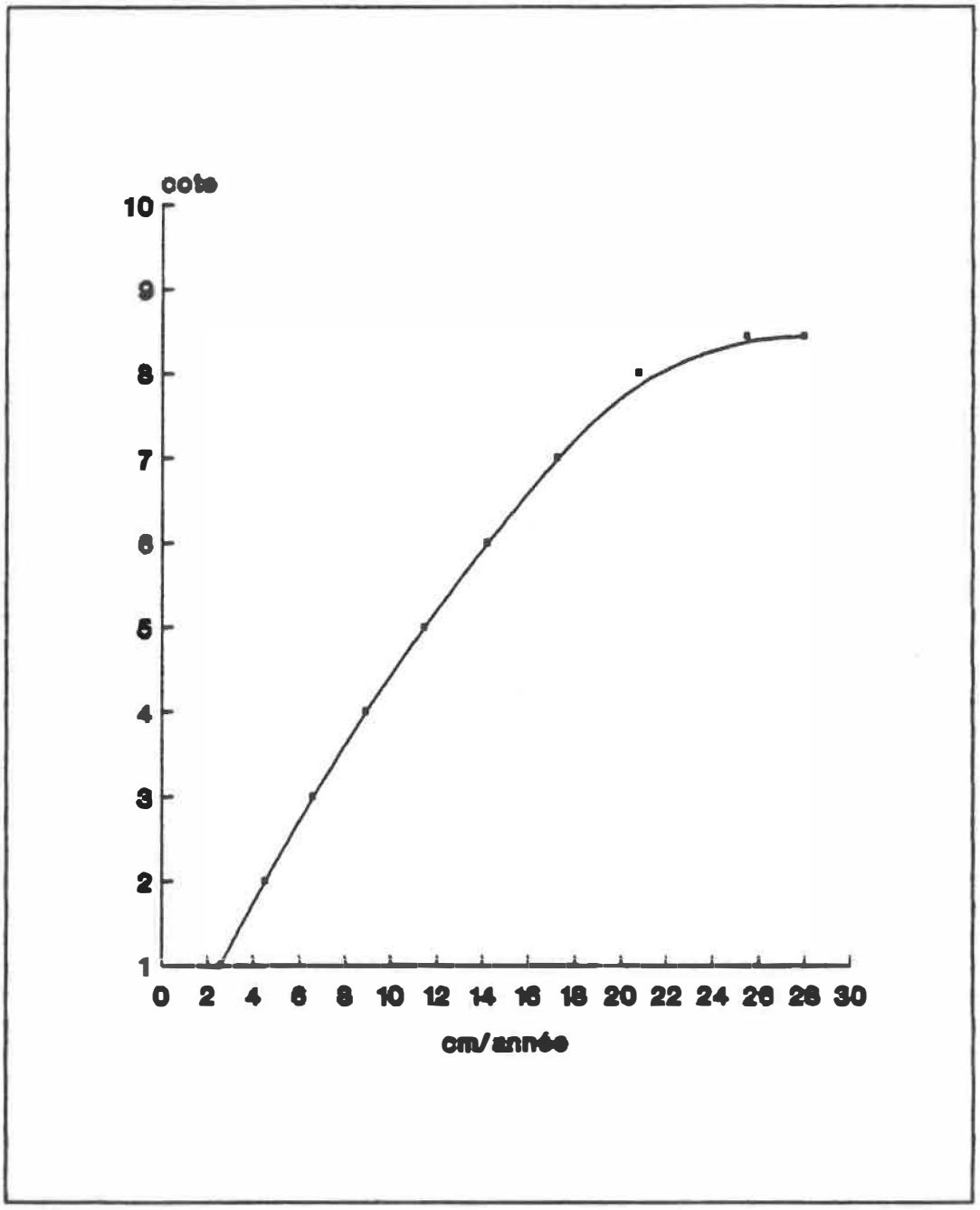


Figure 2.4: Recharge annuelle
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

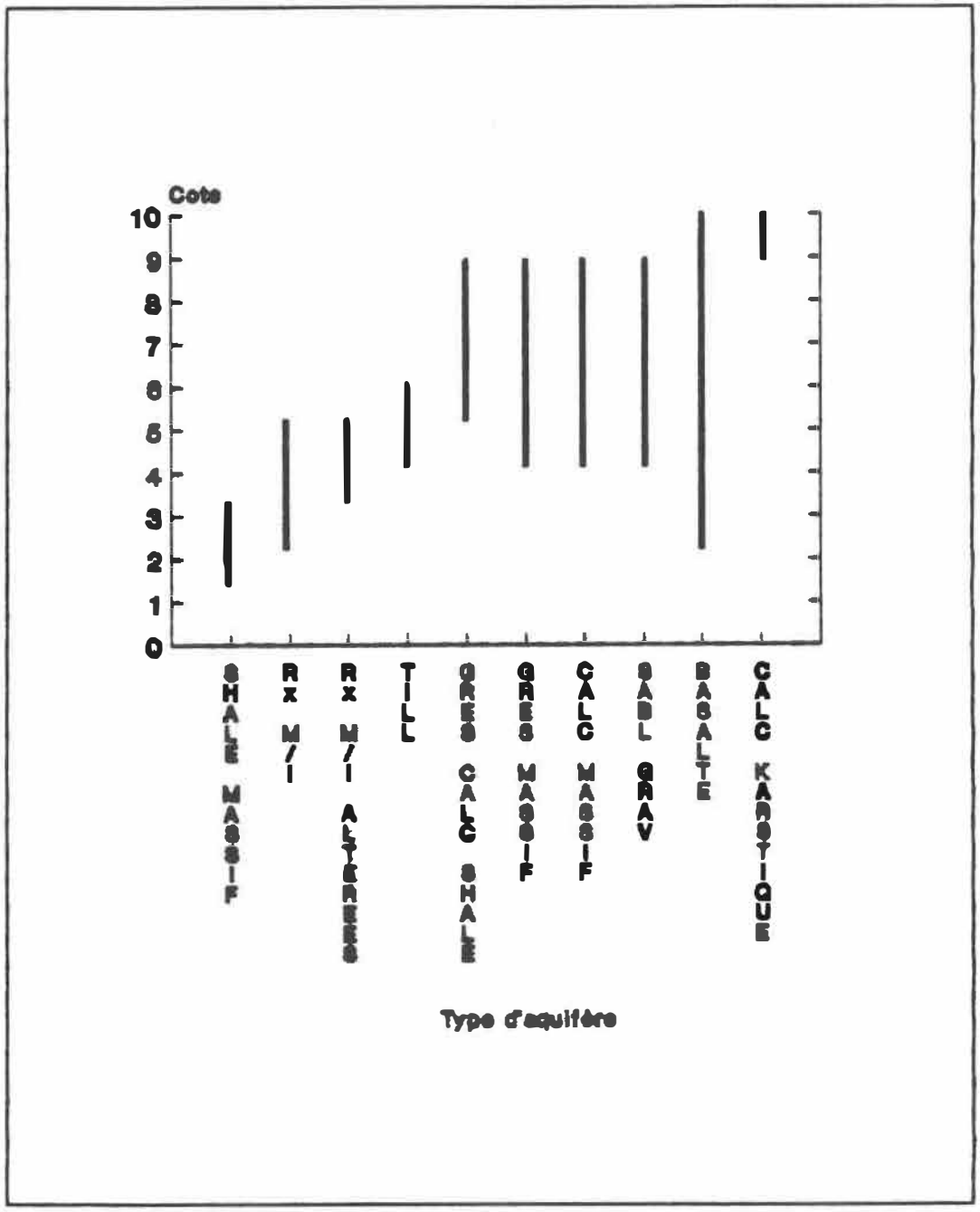


Figure 2.5: Milieu aquifère
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

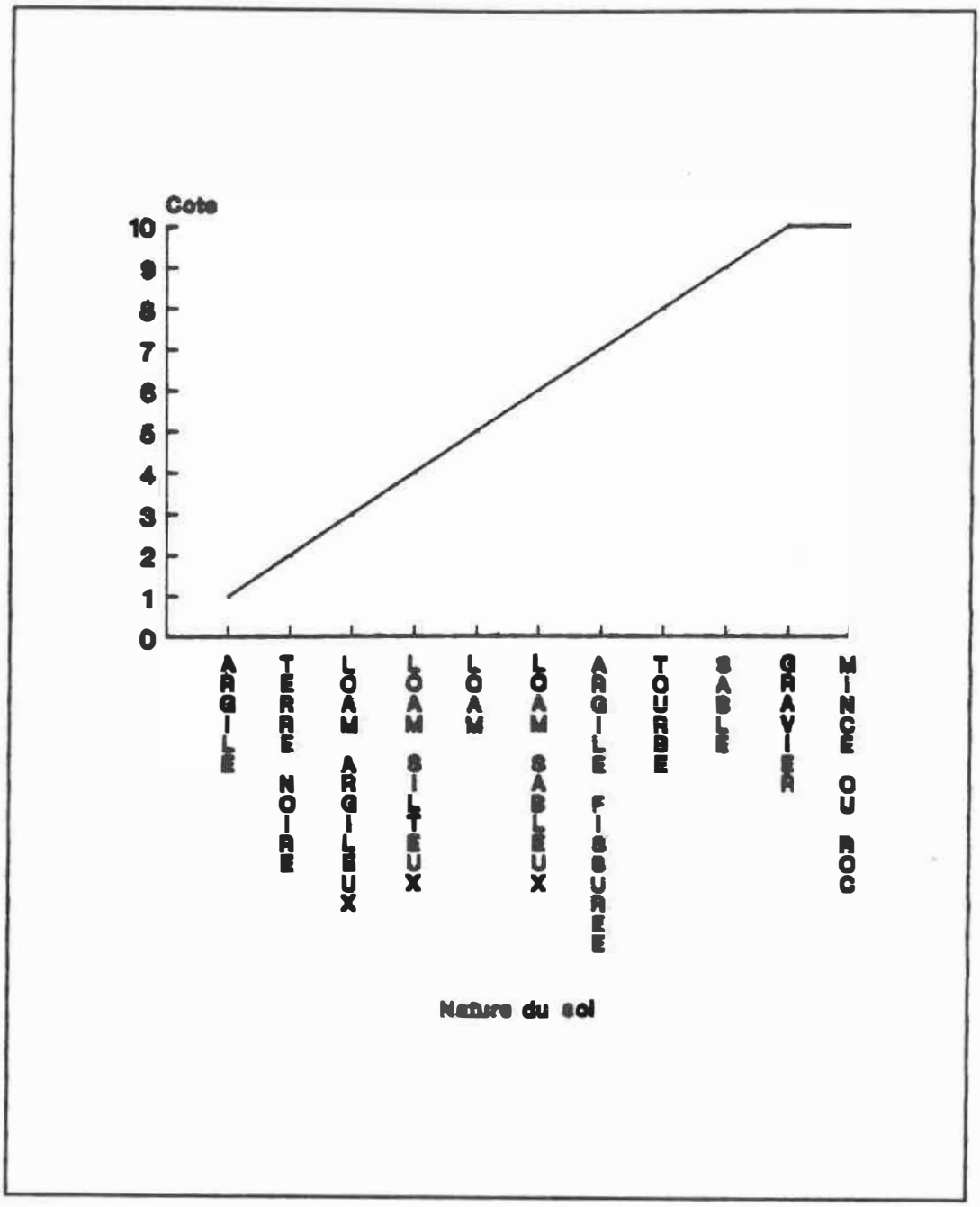


Figure 2.6: Type de sol
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

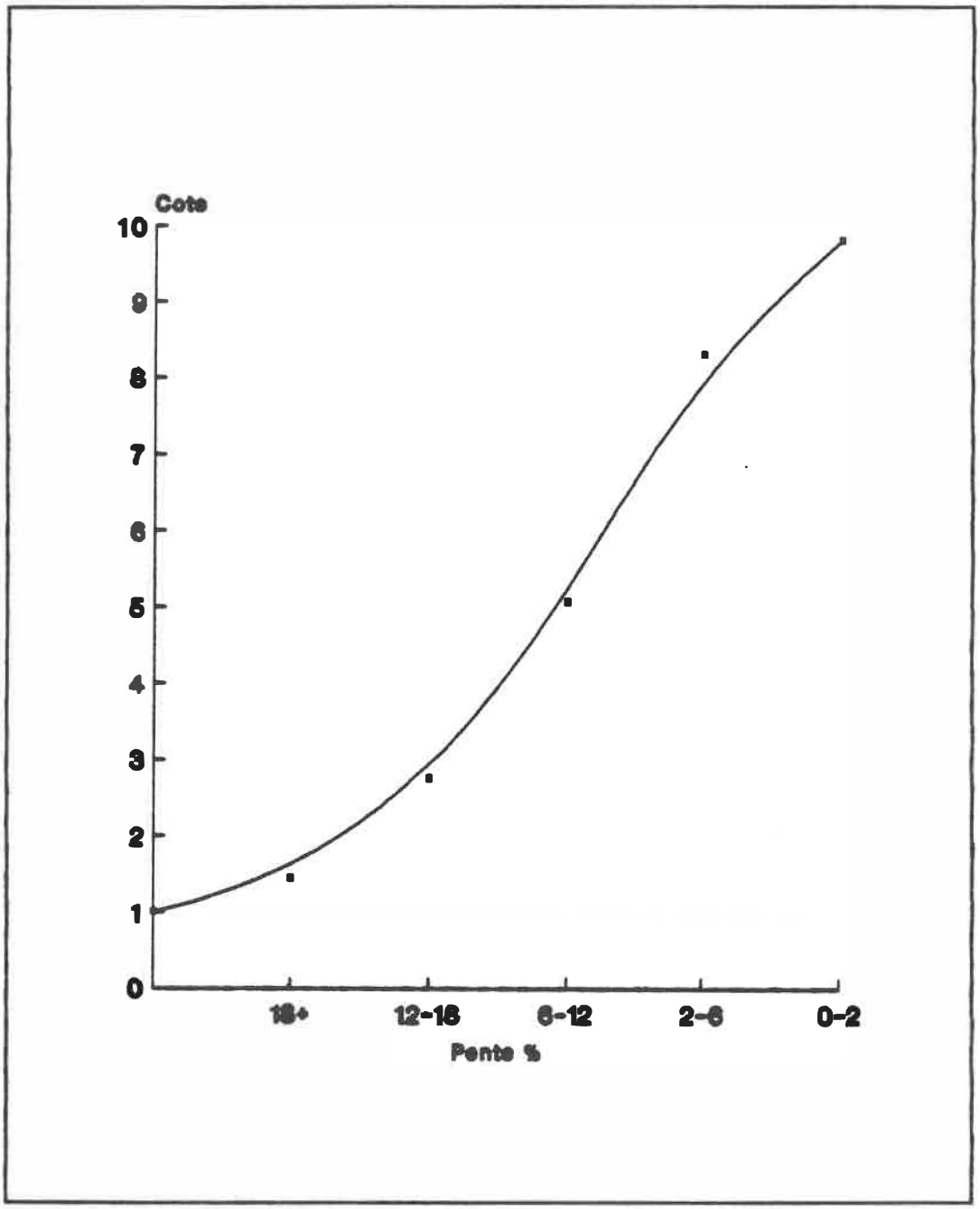


Figure 2.7: Topographie
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

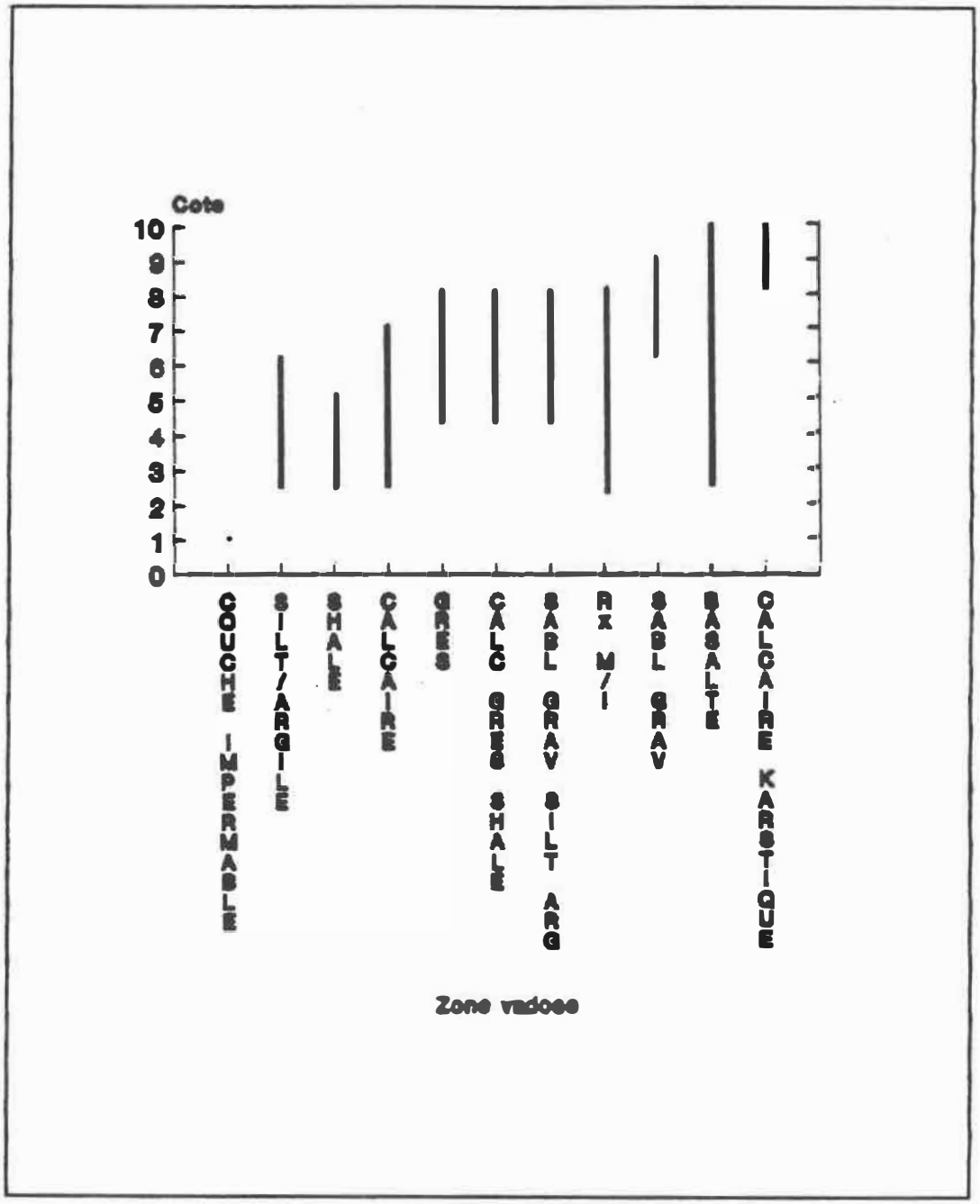


Figure 2.8: Impact de la zone vadose
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

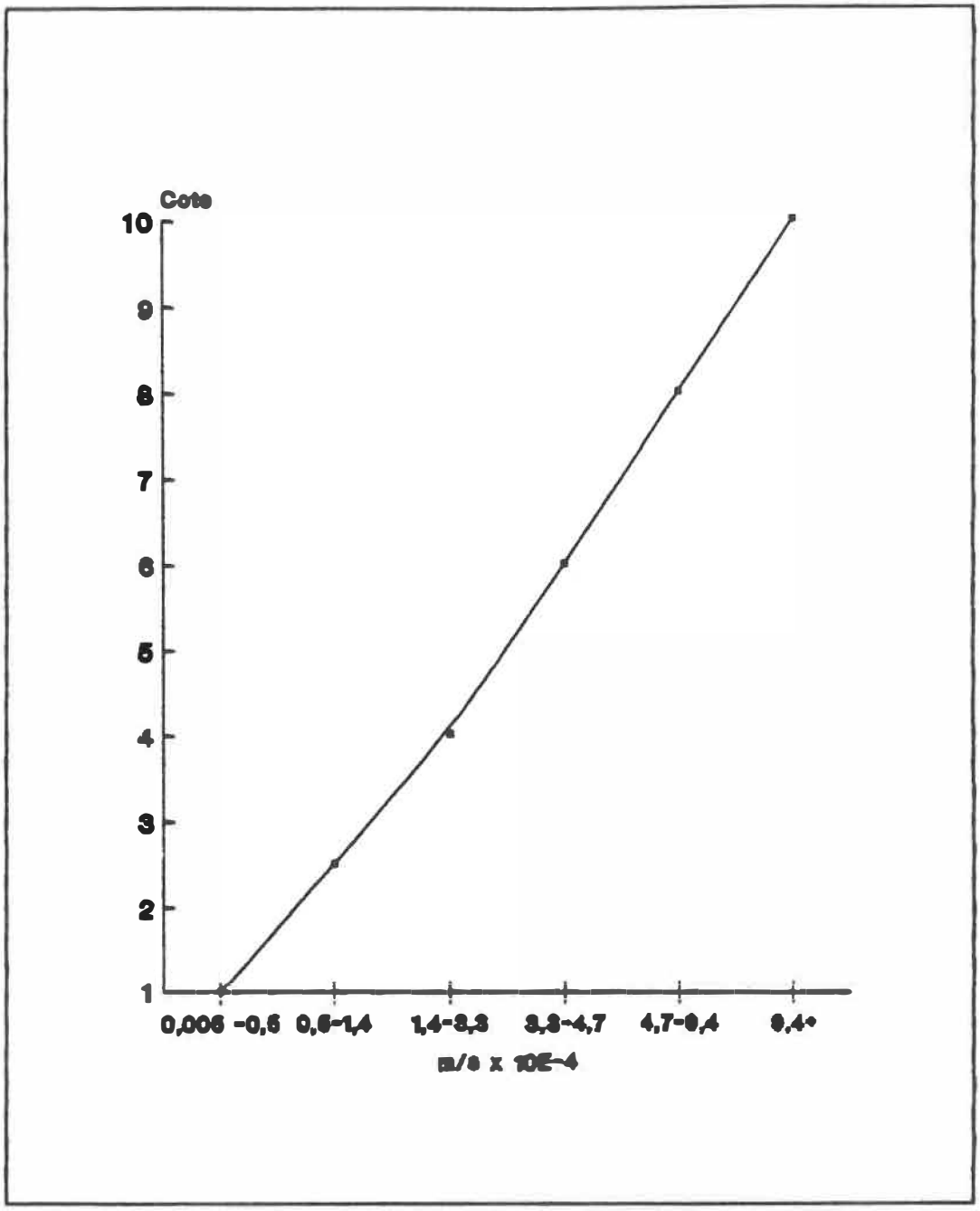


Figure 2.9: **Conductivité hydraulique**
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

Milieu aquifère - La capacité d'un milieu aquifère à transporter ou à atténuer les contaminants dépend essentiellement de la granulométrie des matériaux ou de la porosité secondaire des roches qui constituent cet aquifère. Des dépôts grossiers ou un massif rocheux très fracturé offriront peu de défense contre la contamination, alors qu'un milieu peu perméable limitera la migration des contaminants et favorisera les phénomènes d'atténuation (voir figure 2.5).

Type de sol - La capacité d'atténuation d'un sol (filtration, biodégradation, adsorption) augmentera avec le contenu en argiles et en matières organiques de ce sol. Une texture fine favorisera également les phénomènes d'atténuation et limitera la migration verticale des contaminants. A un sol argileux est donc associé une bonne protection alors qu'à un sol graveleux correspond un risque élevé (voir figure 2.6).

Topographie - En général, le risque de contamination des eaux souterraines diminue avec une augmentation de la pente des terrains. Un relief accentué favorisera le ruissellement, réduisant par le fait même le risque d'infiltration des contaminants (voir figure 2.7).

Zone vadose - La zone vadose est le siège de nombreux phénomènes tels que la biodégradation, la neutralisation, la filtration, l'oxydation, ou la volatilisation. Comme pour le milieu aquifère,

l'atténuation des contaminants est reliée principalement à la granulométrie des matériaux meubles ou au degré de fracturation des roches. Les milieux moins perméables avec des temps de migration plus grands offrent la meilleure protection (voir figure 2.8).

Conductivité hydraulique - La conductivité hydraulique d'un milieu aquifère reflète l'aptitude de ce milieu à transporter (vitesse, débit) un contaminant d'un point à un autre. Une conductivité hydraulique élevée favorise le transport d'un polluant (on suppose ici l'existence d'un gradient hydraulique) et rend, de ce fait même, l'aquifère plus vulnérable (voir figure 2.9).

Comme on peut le constater, chacun des sept paramètres DRASTIC intègre plusieurs processus reliés au transport et à l'atténuation des contaminants. En général, les phénomènes d'atténuation sont favorisés par une augmentation du temps de résidence (temps de migration, temps de contact) et de la distance parcourue par un contaminant ainsi que par une augmentation de la surface spécifique des matériaux géologiques traversés par ce même contaminant. Le temps de migration d'un contaminant dépendra de la profondeur de la nappe, du type de sol, de la nature de la zone vadose, du taux d'infiltration et de la conductivité hydraulique du milieu aquifère. La concentration d'un contaminant dépendra de ces mêmes cinq paramètres, mais aussi de la topographie du terrain et de la nature du milieu aquifère. Quant au débit véhiculé par un aquifère (ou "flux"), il est relié directement à

la nature du milieu aquifère et à sa conductivité hydraulique (voir tableau 2.9) (8).

2.5 Réalisation d'une carte de vulnérabilité

Dans la présente section, on explique, étape par étape, le cheminement à suivre pour la construction d'une carte de vulnérabilité.

Acquisition de données - Cette étape consiste en la revue de toutes les données existantes se rapportant à la région d'étude. On présente au tableau 2.10 une liste des documents utiles à la construction d'une carte de vulnérabilité. Il s'agit d'une étape cruciale de laquelle dépendront la qualité et la précision de la carte de vulnérabilité.

Dans le cas de la conductivité hydraulique des aquifères, de l'infiltration efficace et de la profondeur de la nappe, les données disponibles sont souvent insuffisantes ou imprécises et il devient alors nécessaire de formuler certaines hypothèses ou de procéder à sa propre évaluation, ce qui a constitué, par ailleurs, la principale difficulté rencontrée dans la réalisation des cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm (voir chapitre 4).

Temps de migration	Profondeur de la nappe Taux d'infiltration Type de sol Nature de la zone vadose Conductivité hydraulique
Concentration	Profondeur de la nappe Taux d'infiltration Milieu aquifère Type de sol Topographie Nature de la zone vadose Conductivité hydraulique
Débit ou "flux"	Milieu aquifère Conductivité hydraulique

Tableau 2.9: **Paramètres DRASTIC et contamination des eaux souterraines**
Tiré et adapté de Aller et al. (8)

TYPE DE DOCUMENTS	ORGANISMES RESSOURCES
<u>Cartes et rapports</u>	
- géologie - roche de fond - dépôts meubles	MEER(1)
- géotechnique	MEER
- hydrogéologie	MENVIQ(2), MEER
- pédologie	MAPAQ(3), AGRICULTURE CANADA
- topographie	MEER; ENERGIE, MINES ET RESSOURCES, CANADA
- utilisation du sol	MAPAQ
- drainage des dépôts meubles ou des sols	MAPAQ, MEER
<u>Banques de données</u>	
- hydrogéologie	MENVIQ
- piézométrie	MENVIQ
- météorologie	MENVIQ
- hydrologie	MENVIQ
- forages et sondages	MEER-MTQ(4)
<u>Atlas</u>	
- climatologie	MENVIQ
- hydrologie	MENVIQ
<u>Rapports d'expertises ponctuelles</u>	
- approvisionnement en eau	FIRMES DE GENIE-CONSEIL
- caratérisation de sites contaminés	FIRMES DE GENIE-CONSEIL
- géotechnique	FIRMES DE GENIE-CONSEIL

(1) MEER Min. Energie et ressources (Québec)
(2) MENVIQ Min. Environnement (Québec)
(3) MAPAQ Min. Agriculture, pêcheries et alimentation (Québec)
(4) MTQ Min. Transports (Québec)

Tableau 2.10: **Sources d'information**

Analyse des données - On doit, dans un premier temps, identifier les principales formations aquifères du territoire à l'étude et définir, de façon préliminaire, les unités hydrogéologiques en présence.

La méthode DRASTIC permet d'évaluer la vulnérabilité des formations aquifères libres et des formations captives. Cependant, elle ne permet pas de représenter deux formations aquifères distinctes localisées au même endroit (ex.: aquifère libre au-dessus d'un aquifère captif); pour ce faire, deux cartes différentes devront être produites, l'une où sont représentés les aquifères libres, l'autre, les aquifères captifs (cas de la M.R.C. de Montcalm).

Tracé des cartes thématiques et de la carte synthèse - Il s'agit de tracer les limites géographiques se rapportant à chaque paramètre en fonction des intervalles (ou descriptions) établis par le système de cotation DRASTIC (voir tableaux 2.2 à 2.8). Ces limites sont tracées sur transparent et pour chacune des zones délimitées, on calcule l'indice associé au paramètre concerné (poids x cote = indice). Cette opération est, en principe, répétée pour chacun des sept paramètres, mais il arrive souvent que des limites soient communes à deux ou à trois paramètres, ce qui permet de les représenter sur un même transparent ou carte thématique; par exemple, conductivité hydraulique et milieu aquifère ou sol et infiltration efficace sont souvent associés. On superpose ensuite les 5 à 7

transparents (ou cartes thématiques) qui ont été construits et on retrace, cette fois-ci, sur un seul et même transparent l'ensemble des contours. Le résultat final de cet exercice est la création d'une carte synthèse ou carte de vulnérabilité comportant plusieurs zones, chacune d'elles étant caractérisée par une combinaison spécifique des sept paramètres DRASTIC.

Calcul de l'indice DRASTIC - L'indice DRASTIC associé à chaque zone ainsi délimitée peut alors être déterminé en faisant la somme des indices correspondant à chacun des sept paramètres propres à cette zone. Pour chaque zone, on indique la valeur obtenue pour l'indice DRASTIC.

Identification des unités hydrogéologiques - Il s'agit, en dernière étape, d'identifier l'unité hydrogéologique correspondant à chacune des zones. A une même unité hydrogéologique, peuvent se rattacher plusieurs valeurs différentes d'indices DRASTIC, chacun correspondant à une combinaison précise de paramètres. On distinguera alors l'unité hydrogéologique principale caractérisée essentiellement par le milieu aquifère et le type d'aquifère (captif ou libre) et la sous-unité qui représentera une ou des particularités propres à une zone (ex.: type de sol, profondeur de l'eau, ou épaisseur de l'horizon imperméable (aquifère captif)).

Identification des zones - L'identification de chacune des zones délimitées sur la carte de vulnérabilité se fera comme suit, exemple:

2Ab3 ---- unité hydrogéologique

156 ---- indice DRASTIC

- Le premier nombre (2) fait référence à la région physiographique.
- La lettre ou les lettres (Ab) servent à identifier l'unité hydrogéologique principale.
- Le deuxième nombre (3) fait référence à la sous-unité à laquelle correspond une combinaison précise de paramètres et un indice DRASTIC qui lui est propre (156).

Légende - Chacune des cartes ainsi construites est accompagnée d'une légende sur laquelle on retrouvera une description écrite de chaque unité hydrogéologique principale identifiée sur le territoire d'étude ainsi qu'un bloc diagramme qui représentera de façon schématique cette unité (voir figures 2.1 et 2.2). Pour chacune des sous-unités représentées sur la carte de vulnérabilité, un tableau indiquant les cotes attribuées aux sept paramètres DRASTIC apparaîtra également sur la légende.

Utilisation de couleur - L'utilisation de la couleur n'est pas indispensable mais pourra faciliter la lecture de la carte de

vulnérabilité. Aux zones les plus vulnérables (>160), des couleurs chaudes allant du jaune au rouge seront données, aux zones les moins vulnérables (<120), on donnera des couleurs allant du bleu au violet et le vert pâle ou le vert foncé aux zones de vulnérabilité intermédiaire (120 < indice < 160). Le code de couleur utilisé avec la méthode DRASTIC apparaît au tableau 2.11.

2.6 Adéquation de la méthode DRASTIC en tant que mesure de la vulnérabilité

Dans les paragraphes qui suivent, on discute de façon très sommaire de "l'efficacité" avec laquelle la méthode DRASTIC permet de mesurer la vulnérabilité des formations aquifères (comparaisons avec d'autres méthodes, applicabilité au territoire du Québec, validation de la méthode ...). Rappelons cependant que l'objectif du présent travail n'était pas de vérifier l'adéquation de la méthode DRASTIC en tant que mesure de la vulnérabilité ni de questionner les fondements de la méthode mais, essentiellement, de cartographier la vulnérabilité des formations aquifères de la M.R.C. de Montcalm à l'aide de la méthode DRASTIC.

Comme déjà précisé, bien que DRASTIC ait été appliqué à plusieurs régions des Etats-Unis (8), il s'agit de la première application intégrale de la méthode en territoire québécois

CODE DE COULEUR DRASTIC	
INDICE DRASTIC	COULEUR
< 79	VIOLET
80-99	INDIGO
100-119	BLEU
120-139	VERT FONCE
140-159	VERT PALE
160-179	JAUNE
180-199	ORANGE
> 200	ROUGE

Tableau 2.11: **Code de couleur DRASTIC**
Source: Aller et al. (8)

(définitions et cartographie des unités hydrogéologiques, calculs d'indices ...).

Comparaisons des méthodes empiriques d'évaluation de la vulnérabilité

Fréchette (9) a effectué un relevé exhaustif des méthodes empiriques permettant l'évaluation de la vulnérabilité des aquifères et a classifié les 13 méthodes répertoriées selon leur niveau d'efficacité. Le test de classification considérait les entités physique visées (nappe libre, nappe captive ...), les paramètres mesurables utilisés, le niveau d'intégration (facilité d'application) et enfin la prise en compte d'impacts spécifiques (ex.: dilution, dispersion ...). De cet exercice il est ressorti que les méthodes faisant appel à un système de cotation numérique offrent la plus grande efficacité à estimer la vulnérabilité des aquifères et que la méthode DRASTIC se classe, à ce titre, au premier rang des méthodes étudiées.

De la même façon, après avoir comparé et appliqué six méthodes différentes, Rea et Istok (31), ont conclu que DRASTIC s'avérait la méthode la plus adéquate en précisant toutefois qu'aucune des méthodes étudiées n'était entièrement satisfaisante.

Méthode DRASTIC versus modèle mathématique

Banton et Villeneuve (32) ont, de leur côté, tenté d'établir et ce, sans succès, une corrélation entre l'indice DRASTIC et la quantité où la concentration de pesticides qui atteint une formation aquifère calculée à l'aide d'un modèle mathématique. En effet, selon la démonstration qui a été faite, à un même niveau de contamination peuvent correspondre des indices DRASTIC très différents allant de 40 à 160 par exemple. Il faut cependant souligner que le modèle qui a été utilisé (modèle PRZM) ne tient pas compte des caractéristiques de la formation aquifère elle-même où des phénomènes de dilution et de dispersion se produisent alors que la méthode DRASTIC intègre ces phénomènes dans son système de cotation (via les paramètres milieu aquifère et conductivité hydraulique), ce qui pourrait expliquer la non-corrélation des résultats obtenus par ces deux méthodes.

Par ailleurs, Lafrance et al. (33) prétendent que les modèles mathématiques sont les seuls types d'outils qui devraient être considérés pour l'évaluation de la vulnérabilité des formations aquifères du fait qu'ils sont les seuls à pouvoir tenir compte des propriétés intrinsèques des contaminants. Cependant, les modèles mathématiques sont souvent complexes à utiliser et se prêtent mal à la classification et à la cartographie de la vulnérabilité à l'échelle régionale.

Les méthodes empiriques de type DRASTIC sont, au contraire, relativement simples d'utilisation et mieux adaptées à l'évaluation "en grand" de la vulnérabilité et, à ce titre remplissent bien leur rôle. Il faut cependant toujours prendre soin de préciser les limites de la méthode qui a été employée; il faut aussi informer l'utilisateur potentiel sur la façon d'interpréter les renseignements apparaissant sur les cartes et sur les conditions entourant l'usage de ces cartes (voir chapitre 5 - Utilisation des cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm).

Calcul de l'indice DRASTIC et "effet de moyenne"

Fréchette (9) ainsi que Isabel et al. (34) font remarquer que la valeur de l'indice DRASTIC qui résulte de la somme pondérée de sept paramètres, est affectée d'un "effet de moyenne" propre aux fonctions de pondération. Cet effet uniformisant rendrait le calcul de l'indice moins sensible aux variations de vulnérabilité entre différents sites.

Application de la méthode DRASTIC au Québec

Les notions utilisées et les principes sur lesquels s'appuie la méthode DRASTIC (concept d'unité hydrogéologique et considérations des processus de transport et d'atténuation des contaminants) sont universels et de ce fait, la méthode peut être appliquée quelle que soit la région d'étude et le contexte hydrogéologique. Isabel et al.

(34), qui mentionnent que la répartition des cotes DRASTIC est mal adaptée au contexte québécois, n'ont pas défini les unités hydrogéologiques du territoire québécois couvert, ce qui est obligatoirement requis par la méthode DRASTIC.

Validation de la méthode DRASTIC

Fréchette (9) a voulu vérifier la précision avec laquelle la méthode DRASTIC permet de distinguer les régions vulnérables de celles qui sont bien protégées et pour ce faire a appliqué la méthode à trois sites différents du Québec. Les deux premiers sites présentaient une contamination effective par les pesticides alors que le troisième était vraisemblablement bien protégé (couvert argileux faisant 60 mètres d'épaisseur).

Pour les deux premiers sites, Fréchette (9) a calculé des indices DRASTIC de 200 et de 183 témoignant d'une forte vulnérabilité et concordant avec la contamination réelle observée alors que pour le troisième site, un indice de seulement 79 a été calculé témoignant d'une faible vulnérabilité et d'une bonne protection. Dans le cas de la M.R.C. de Montcalm (présent travail), il est apparu que les deux cas connus de contamination des eaux souterraines (piclorame et sels déglaçants - voir chapitre 5) se retrouvent à l'intérieur de l'unité hydrogéologique 2B1 à laquelle se rattache un indice DRASTIC de 184. Cet indice est l'un des plus élevés de la M.R.C. de Montcalm et

indique une grande vulnérabilité à la contamination (voir chapitres 3 et 5).

Ces données très partielles tendent à valider la méthode DRASTIC en tant que mesure de la vulnérabilité des aquifères, mais il faudra, au fil des prochaines années, tenter de vérifier la corrélation entre la présence de contaminants dans les formations aquifères et la valeur de l'indice DRASTIC se rapportant à ces aquifères. A cet effet, à chacune des cartes de vulnérabilité qui seront construites, il serait intéressant de jumeler un inventaire des cas de contamination des eaux souterraines.

Connaissance des aquifères

Comme expliqué, la méthode DRASTIC exige l'identification et la définition des unités hydrogéologiques du territoire cartographié et nécessite la synthèse de données et informations se rapportant à sept paramètres physiques différents qui interviennent dans les phénomènes de transport et d'atténuation des contaminants. Ce travail contribue à une meilleure connaissance des formations aquifères et des contextes hydrogéologiques et, en ce sens, le produit qui en résulte (cartes et légendes) reste valable et utile, car il s'agit de la collecte et de la synthèse des informations factuelles qui servent à la méthode DRASTIC.

CHAPITRE 3

VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINES A LA POLLUTION M.R.C. DE MONTCALM

L'application de la méthode DRASTIC au territoire de la M.R.C. de Montcalm a résulté en la création de deux cartes de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution; la première concerne les formations aquifères captives et la deuxième porte sur les formations aquifères libres et semi-captives.

Au tableau 3.1, on présente les unités hydrogéologiques principales qui ont été identifiées en précisant le nombre de sous-unités et les indices de vulnérabilité minimum et maximum qui leur sont associés. Dans le cas des formations aquifères captives (carte 1), on compte trois unités hydrogéologiques principales; l'indice général rattaché à ces unités varie de 54 à 119 et l'indice pesticide, de 74 à 160. Dans le cas des aquifères libres et semi-captifs (carte 2), douze unités ont été identifiées avec un indice général s'échelonnant de 94 à 185 et un indice pesticide allant de 127 à 216.

Les cartes de vulnérabilité (cartes 1 et 2), que l'on retrouve au volume II, sont présentées sur fond de carte topographique à l'échelle 1:50 000. Pour chacune des zones délimitées sur les cartes, on indique l'unité hydrogéologique concernée ainsi que la valeur de

Unités hydrogéologiques principales [1]		Nombre de sous-unités [2]	Indice DRASTIC			
			Indice général		Indice pesticide	
			Min	Max	Min	Max
Aquifères libres (ou semi-captifs)						
1A	Till sur roches sédimentaires	17	121	151	143	177
1B	Sables et graviers deltaïques	1	185		216	
1C	Alluvions de plaines d'inondation	1	110		126	
1D	Sables de hautes terrasses	3	123	152	149	190
1H	Marécage	1	152		190	
1I	Sables et graviers fluvio-glaciaires	1	185		216	
2Aa	Till sur roches ignées/métamorphiques	8	94	118	127	161
2Ab	Till grossier sur roches ignées/ métamorphiques	4	111	125	131	153
2B	Sables et graviers deltaïques	3	180	184	197	213
2G	Sédiments alluviaux - vallées des Laurentides	5	122	141	144	197
2H	Dépôts organiques	1	130		167	
2I	Sables et graviers fluvio-glaciaires	1	185		216	

(1) Exemple d'unité hydrogéologique: 2Ab
(2) Exemple de sous-unité: 2Ab4

Tableau 3.1: **Unités hydrogéologiques de la M.R.C. de Montcalm** (1 de 2)

Unités hydrogéologiques principales (1)		Nombre de sous-unités(2)	Indice DRASTIC			
			Indice général		Indice pesticide	
			Min	Max	Min	Max
<u>Aquifères captifs</u>						
1Ea	Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines	34	62	119	88	160
1Eb	Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux	36	64	113	82	158
1F	Roches ignées/métamorphiques recouvertes par argiles marines	3	54	83	74	109

(1) Exemple d'unité hydrogéologique: 2Ab
(2) Exemple de sous-unité: 2Ab4

Tableau 3.1: Unités hydrogéologiques de la M.R.C. de Montcalm (2 de 2)

l'indice de vulnérabilité (indice général) propre à cette zone. Chaque carte est accompagnée d'une légende complète où apparaissent la description écrite de chaque unité hydrogéologique principale ainsi qu'un bloc diagramme illustrant, de façon schématique, le contexte hydrogéologique. La légende comporte aussi des tableaux se rapportant à chacune des zones identifiées sur les cartes de vulnérabilité et sur lesquels apparaissent les cotes attribuées aux sept paramètres DRASTIC.

Ces différents documents (cartes et légendes) représentent la synthèse de toutes les informations qui ont été recueillies et traitées (géologie, hydrogéologie, pédologie, topographie, hydrométéorologie ...) (voir chapitre 4) et constituent le coeur du travail réalisé. Le lecteur est invité à prendre connaissance de ces documents.

CHAPITRE 4

ACQUISITION ET TRAITEMENT DE DONNEES

Le présent chapitre a pour objectif d'identifier les sources d'informations qui ont servi à la réalisation des cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm. Il a aussi pour objectif de renseigner sur l'utilisation et le traitement des données qui ont été recueillies et sur le cheminement qui a mené à l'attribution des cotes rattachées à chacun des sept paramètres considérés par la méthode DRASTIC.

4.1 Documents consultés

Plus d'une quarantaine de rapports, cartes et banques de données ont été consultés et utilisés pour l'identification des unités hydrogéologiques et de leurs sous-unités, l'évaluation des paramètres DRASTIC et la construction des cartes de vulnérabilité; la liste des principaux documents utilisés est présentée au tableau 4.1 (liste complète en bibliographie). L'ensemble de ces documents ont fourni de précieuses informations sur la nature des sols et la topographie de la région; ils ont aussi assez bien renseigné sur la stratigraphie et la nature des matériaux géologiques, ce qui a permis d'identifier sans trop de difficultés les principales formations aquifères en présence (voir section 1.7). Par contre, dans le cas de la conductivité hydraulique, de l'infiltration efficace et de la profondeur de la

SOURCES D'INFORMATION				PARAMETRES DRASTIC [5]						
				D	R	A	S	T	I	C
Géologie de la roche en place	Régions de Laurentides (E) et de Rawdon (S-E) - RG 157 - MRN[1]	Clark et Globensky, 1976	19[4]							
	Région de Verchères - RG 190 - MRN	Clark et Globensky, 1976	20			X			X	
	Région de Rawdon - RG 92 - MRN	Béland, 1960	22							
	Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent - MM 85-02 - MEER[2]	Globensky, 1987	21							
Géologie des dépôts meubles	Géologie du quaternaire, régions de Rawdon, Laurentides, Shawbridge, Sainte-Agathe-des-Monts DP551 - MRN	Tremblay, 1977	23			X			X	
	Géologie des dépôts meubles de la région de Verchères - RP 505 - MRN	Lasalle, 1963	24							
	Carte des dépôts meubles - Feuillets 31H13 - 31H14 - 31I4 - MRN	Anonyme, 1971 MRN	25	X		X			X	
Pédologie	Etude pédologique des comtés de L'Assomption et de Montcalm (Québec) - Agriculture Canada	Lajoie, 1965	14		X	X	X		X	
Topographie	Cartes topographiques - échelle 1:50 000 Feuillets 31H13 - 31H14 - 31I4 Energie, Mines et Ressources Canada	Anonyme, 1984 EMR	35		X			X		

(1) Ministère des Richesses naturelles du Québec
(2) Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec
(3) Ministère de l'Environnement du Québec
(4) Références bibliographiques
(5) D = Profondeur de l'eau
R = Infiltration efficace
A = Milieu aquifère
S = Type de sol
T = Topographie
I = Impact de la zone vadose
C = Conductivité hydraulique

Tableau 4.1 Principales sources d'information et paramètre(s) DRASTIC concerné(s)

SOURCES D'INFORMATION				PARAMETRES DRASTIC [5]						
				D	R	A	S	T	I	C
Hydrogéologie	Etude hydrogéologique du bassin de L'Assomption - MRN	Paré, 1980	11[4]			X				
	Banque de données hydrogéologiques (B.D.H.) MENVIQ[3]	Anonyme, 1986 MENVIQ	12	X						X
	Hydrogéologie de la région de Mirabel HG-11 - MRN	Simard, 1978	26			X				X
	Carte hydrogéologique des Basses-Terres du Saint-Laurent - MRN	Prévôt, 1972	29			X				
	Carte hydrogéologique de l'Ile de Montréal et des Iles Perrot et Bizard - MRN	Bériault et Simard, 1978	28							X
	Qualité des eaux souterraines du Québec HG-13 - MENVIQ	Simard et DesRosiers, 1980	36			X				
Hydrologie et météorologie	Hydrométéorologie - bassin versant de la rivière L'Assomption - MP-58 - MENVIQ	Ferland et al., 1981	18		X					
	Méthode SCS modifiée - Evaluation du coefficient de ruisellement - MP-51 - MRN	Monfet, 1979	37							

(1) Ministère des Richesses naturelles du Québec
(2) Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec
(3) Ministère de l'Environnement du Québec
(4) Références bibliographiques
(5) D = Profondeur de l'eau
R = Infiltration efficace
A = Milieu aquifère
S = Type de sol
T = Topographie
I = Impact de la zone vadose
C = Conductivité hydraulique

Tableau 4.1 Principales sources d'information et paramètre(s) DRASTIC concerné(s)

nappe, les données disponibles étaient peu nombreuses ou imprécises (voir section 4.4), ce qui a rendu nécessaire l'utilisation de méthodes indirectes d'évaluation et la cueillette de données sur le terrain.

4.2 Banque de données hydrogéologiques (B.D.H.)

La Banque de données hydrogéologiques (B.D.H.) du ministère de l'Environnement du Québec (12) contient des données sur 2 577 puits et forages répartis sur l'ensemble du territoire de la M.R.C. Pour chacun des puits ou forages, on retrouve les informations suivantes: coordonnées de localisation (TUM), débit, niveau statique, niveau dynamique, profondeur et description stratigraphique des matériaux géologiques recoupés. Un extrait de la liste condensée des puits et forages de la région à l'étude est présentée à l'annexe 1.

Le traitement des informations contenues dans la B.D.H. s'est fait à l'aide d'un programme informatique spécialement adapté aux besoins des présents travaux. Ce programme est décrit à l'annexe 2.

4.3 Travaux de terrain

Une campagne de forages et sondages a été effectuée au cours de l'été 1988 en collaboration avec le ministère de l'Environnement du Québec. Cette campagne visait essentiellement à préciser la nature et

la perméabilité des dépôts meubles de la région à l'étude. Un total de 40 sondages et de 13 essais de perméabilité en place ont été réalisés; 17 échantillons de sol ont aussi été prélevés pour fins d'analyse granulométrique. Rapports de sondage, analyses granulométriques et essais de perméabilité sont présentés aux annexes 3, 4, et 5.

4.4 Traitement des données

Le traitement des informations se rapportant à chacun des sept paramères a conduit à la création de neuf cartes thématiques (voir section 2.5). On trouve au tableau 4.2 la liste de ces cartes ainsi que le ou les paramètre(s) représenté(s) sur chacune d'elles. On notera que certains paramètres intimement associés ont pu être regroupés sur une même carte (ex.: sol et infiltration efficace dans le cas des aquifères libres). La superposition de six cartes thématiques a été nécessaire pour l'élaboration de la carte de vulnérabilité portant sur les aquifères captifs (carte 1 - volume II) alors que seulement quatre cartes ont été nécessaires dans le cas de la carte de vulnérabilité portant sur les aquifères libres (carte 2 - volume II) (voir tableau 4.2).

Dans ce qui suit, chacun des sept paramètres DRASTIC est passé en revue. Pour chacun d'eux on identifie les sources d'informations, on explique le traitement des données recueillies et on décrit le

AQUIFERES CAPTIFS		AQUIFERES LIBRES	
Carte thématique no	Paramètre(s) représenté(s)	Carte thématique no	Paramètre(s) représenté(s)
1	Profondeur de l'eau (Profondeur du toit de l'aquifère)	2	Profondeur de l'eau
3	Topographie	3	Topographie
4	Sol	5	Sol et infiltration efficace
6	Impact de la zone vadose et infiltration efficace	7	Impact de la zone vadose, milieu aquifère et conductivité hydraulique
8	Milieu aquifère		
9	Conductivité hydraulique		
Nombre total de cartes = 6		Nombre total de cartes = 4	

Tableau 4.2 **Cartes thématiques construites et utilisées pour l'élaboration des cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm**

cheminement qui a mené à la délimitation des zones et à l'attribution des cotes (création des cartes thématiques). On discute également de la qualité et de la quantité des données disponibles et on présente les méthodes indirectes ou les hypothèses formulées pour l'évaluation de certains paramètres (ex.: infiltration efficace, conductivité hydraulique ...). Le cas des aquifères captifs et le cas des aquifères libres et semi-captifs sont traités séparément lorsque nécessaire.

4.4.1 Profondeur de l'eau

4.4.1.1 Aquifères captifs

Pour le cas des formations aquifères captives, la méthode DRASTIC prévoit que la profondeur de l'eau est substituée par celle du toit de l'aquifère captif, soit la profondeur à laquelle est retrouvée la base de la couche "imperméable" (mesurée par rapport à la surface du sol). Sur le territoire à l'étude, cette couche "imperméable" est représentée par un horizon argileux de grande étendue qui surmonte principalement les formations rocheuses des Basses-Terres du Saint-Laurent.

A partir des données de forages contenues dans la Banque de données hydrogéologiques (B.D.H.) du ministère de l'Environnement du Québec (12), il a été possible de calculer, pour chaque surface de 1 km^2, l'épaisseur moyenne de la couverture quaternaire comprise entre

la surface du sol et la base de l'horizon argileux, là où cet horizon est présent.

Les valeurs moyennes obtenues qui correspondent à la profondeur moyenne du toit de l'aquifère captif pour chaque élément de 1 km de côté ont été portées sur carte. Des courbes isobathes ont été ensuite tracées à travers ces valeurs aux intervalles de 1,5 m, 4,5 m, 9 m, 15 m, 23 m et 31 m (intervalles proposés par la méthode DRASTIC - voir tableau 2.2). Ces courbes (carte thématique no 1) ont servi à la construction de la carte de vulnérabilité (carte 1) et ont permis d'attribuer une cote DRASTIC appropriée à chacune des unités hydrogéologiques (1Ea, 1Eb et 1F).

Suivant le résultat de ces travaux, il apparaît que l'épaisseur de l'horizon argileux et des dépôts sus-jacents varie considérablement selon les secteurs de la M.R.C. pour des cotes variant entre 1 et 9. En bordure des affleurements de till qui émergent ici et là au milieu de la plaine argileuse, l'épaisseur de la couche argileuse diminue progressivement et ne fait souvent que 1,5 à 4,5 m (cote = 9). Par contre, aux limites sud et ouest de la M.R.C., la base de l'horizon argileux peut se retrouver à plus de 31 m (cote = 1) de profondeur. En moyenne, le toit de l'aquifère captif se retrouve à une profondeur variant entre 9 et 15 m (cote = 5). Il importe de noter que le degré de confinement des aquifères est très variable et que là où une cote de 8 ou 9 est donnée (unités hydrogéologiques 1Ea5, 1Ea12, 1Ea16,

1Ea17, 1Ea20, 1Ea24, 1Ea32, 1Eb7 à 1Eb21), la faible épaisseur de l'horizon argileux ne garantit pas des conditions de nappe captive.

4.4.1.2 Aquifères libres et semi-captifs

Les cartes de dépôts meubles du ministère de l'Energie et des Ressources du Québec (25) ont fourni de précieuses informations sur le drainage des dépôts de surface et sur la profondeur à laquelle on retrouve la nappe d'eau souterraine. Les données contenues dans la Banque de données hydrogéologiques (B.D.H.) (12) ont également été utilisées ainsi que les données recueillies au cours de la campagne de forages de l'été 1988 (voir annexe 6). A cela s'ajoutent les différentes observations de terrain: présence d'eau au fond des sablières, résurgences et sources, niveau des lacs naturels et artificiels, etc.

Pour toute la partie du territoire occupée par des sédiments d'origine alluviale (unités hydrogéologiques 1C, 1D et 2G), l'eau se retrouve, en général, à moins de 1,5 m de la surface du sol (cote = 10); la faible profondeur de l'eau s'explique souvent par le fait que ces sédiments reposent sur un substratum imperméable formé par de l'argile.

Dans les Basses-Terres, aux endroits où le till affleure (unité hydrogéologique 1A), les données disponibles indiquent que la

profondeur de l'eau est variable mais se situe le plus souvent entre 1,5 et 5 m de la surface du sol (cote = 9).

La profondeur de l'eau est aussi très variable dans les dépôts de sables et graviers d'origine fluvio-glaciaire ou deltaïque (unités hydrogéologiques 1B, 2B, 1I et 2I), mais reste généralement inférieure à 5 m (cote = 9).

Les niveaux statiques (B.D.H.) mesurés dans les puits aménagés dans les roches ignées/métamorphiques du Plateau laurentien (unités hydrogéologiques 2Aa et 2Ab) indiquent des valeurs oscillant entre 1,5 et 15 m en moyenne (cote de 5 à 9). Il faut noter cependant que la profondeur de l'eau dans ce secteur est excessivement variable et dépend, entre autres, du relief et de l'épaisseur des dépôts de till; de plus, les données disponibles étaient peu nombreuses. Les cotes attribuées pour ce paramètre dans cette partie de la région d'étude sont donc sujettes à caution.

Enfin, dans les zones marécageuses ou les zones de dépôts organiques (unités hydrogéologiques 1H et 2H), l'eau est retrouvée en surface (cote = 10) pendant presque toute l'année.

4.4.2 Recharge annuelle

Il s'agit ici d'évaluer la quantité d'eau de précipitations qui atteint les formations aquifères par infiltration verticale à travers les matériaux dont sont formés le sol, la zone non saturée et l'horizon "imperméable" dans le cas des aquifères captifs. Cette quantité d'eau correspond à l'infiltration efficace (IE) et une valeur propre à chacune des zones délimitées sur les cartes de vulnérabilité a été déterminée.

La recharge des formations aquifères de la région d'étude n'a fait l'objet d'aucune évaluation jusqu'à ce jour (aucun des documents consultés n'aborde ce sujet); faute de pouvoir mesurer ou calculer directement l'infiltration efficace, ce paramètre a été estimé par différence en utilisant l'équation du bilan hydrologique:

$$IE = P - ET - R \quad \text{où}$$

IE: infiltration efficace
P: précipitation
ET: évapotranspiration potentielle
R: ruissellement

Le cheminement suivi est expliqué ci-dessous.

Période de recharge des aquifères - Il a été admis que la réalimentation des formations aquifères par infiltration à travers le

sol se produit entre la fin mars et la fin novembre de chaque année. Cette période est caractérisée par des températures moyennes qui restent supérieures à 0°C (été climatologique) et on suppose que le sol est dégelé tout au long de ces huit mois incluant avril et novembre.

Précipitations et évapotranspiration potentielles - Les valeurs mensuelles de précipitations moyennes (pluie) et d'évapotranspiration potentielle sont tirées des cartes établies par le Service de la météorologie du Ministère de l'Environnement (18). Les cartes de pluies moyennes ont été construites à partir des statistiques mensuelles provenant de huit stations météorologiques situées à l'intérieur du bassin de la rivière L'Assomption et de quatre stations limitrophes (voir annexe 7); les données enregistrées couvrent une période de 30 ans (1941 à 1970). Quant aux cartes d'évapotranspiration potentielle, elles sont le résultat d'une estimation semi-empirique basée sur les températures moyennes mensuelles en un lieu (méthode de Thornthwaite (18)) (voir annexe 7).

Pour le secteur des Basses-Terres, les chutes de pluie mensuelles moyennes entre avril et novembre varient d'un minimum de 60 mm (avril) à un maximum de 85 mm (juillet et août). En ce qui concerne l'évapotranspiration potentielle, le maximum est atteint en juillet (134 mm) alors qu'en novembre elle est négligeable avec 3 mm. Pour le Plateau laurentien, l'évapotranspiration potentielle est un

peu moins importante (de 130 mm à 1 mm) alors que les précipitations atteignent un maximum de 90 à 100 mm en juillet.

Quant à la couverture de neige, les cartes établies au 31 mars indiquent une hauteur de neige au sol (hauteur médiane) de 25 cm dans le secteur des Basses-Terres et de 50 cm dans le secteur du Plateau laurentien (voir annexe 7), ce qui correspond respectivement à 25 mm et 50 mm d'eau en admettant un rapport neige/eau de 10. Dans le calcul du bilan, ces valeurs ont été ajoutées aux chutes de pluie enregistrées au cours du mois d'avril.

Relation pluie-ruissellement - Le ruissellement a été évalué en utilisant la méthodologie "SCS" développée par le Service de conservation des sols du ministère de l'Agriculture des Etats-Unis (USDA) et adaptée aux conditions du Québec par le ministère des Richesses naturelles en 1979 (37).

Basée sur les caractéristiques physiques et sur l'utilisation du sol, la méthode SCS modifiée est usuellement utilisée pour prédire le volume d'eau ruisselée généré par un événement pluvieux spécifique, mais elle peut aussi servir à établir le bilan mensuel du ruissellement (38).

Cette méthode a donc été utilisée pour calculer la lame d'eau ruisselée pour chacun des mois considérés (avril à novembre) à partir

des données de précipitations mensuelles. Le ruissellement a été évalué pour différents coefficients de ruissellement correspondant à différentes caractéristiques et différentes utilisations du sol (voir annexe 8). Les résultats obtenus sont présentés à l'annexe 9.

Infiltration efficace - L'infiltration efficace est calculée pour chaque mois en soustrayant du total des précipitations (pluie et neige) le taux d'évapotranspiration potentielle et la lame d'eau ruisselée (IE = P + N - ET - R). Là où les terrains présentent des conditions favorisant au maximum le ruissellement (sol imperméable, terrain en pente, CN(1) 80-90), l'infiltration efficace calculée est de l'ordre de 5 à 7 cm par année (voir annexe 9).

La recharge des aquifères se produit essentiellement en avril au moment du dégel printanier et en octobre et novembre alors que les taux d'évapotranspiration sont à leur minimum et les chutes de pluie sont importantes.

Soulignons que pour la période qui s'échelonne de mai à août l'évapotranspiration potentielle est supérieure au total des précipitations; pour cette période, on suppose que l'infiltration et le ruissellement sont négligeables et que les eaux de précipitations

---

(1) Coefficient de ruissellement

retournent à l'atmosphère par évaporation directe et par transpiration des plantes.

Unités hydrogéologiques et infiltration efficace - A partir des critères établis par la méthode SCS modifiée (37) (voir annexe 8), un coefficient de ruissellement (CN) minimum et un coefficient maximum ont été attribués à chacune des zones délimitées sur les cartes de vulnérabilité. Au tableau de l'annexe 10, on présente les coefficients de ruissellement (minimum et maximum) rattachés à chacune des unités hydrogéologiques et on indique les taux d'infiltration efficace correspondants.

L'examen du tableau de l'annexe 10 montre que toutes les valeurs d'infiltration efficace calculées oscillent entre 5 et 10 cm par année sauf dans le cas des unités hydrogéologiques 1B, 1I, 2B et 2I où l'infiltration efficace atteint 10 à 13 cm ou plus; ces quatre unités sont caractérisées par des sols composés de matériaux sablo-graveleux (classe A).

Ces taux d'infiltration supposent cependant que les matériaux sous-jacents au sol, qui constituent la zone non saturée ou la formation aquifère elle-même, ont une capacité d'infiltration au moins égale aux taux calculés. En admettant une conductivité hydraulique (K) minimum de 3×10^{-7} m/s (0,03 m/j) pour ces matériaux (voir section 4.4.7) et un gradient hydraulique vertical (i_v) descendant

égal à 1, la capacité d'infiltration (I = K x 1) est de l'ordre de 10 m annuellement, ce qui est au moins 100 fois supérieur aux taux d'infiltration calculés (5 à 10 cm/année).

En ce qui concerne le cas spécial des aquifères captifs, l'infiltration est contrôlée par l'horizon argileux qui forme le toit de l'aquifère; en supposant une conductivité hydraulique de 2×10^{-9} m/s (39 et 40) et un gradient hydraulique vertical descendant de 1, la capacité d'infiltration maximale de l'horizon argileux est de l'ordre de 6 cm par année. Les estimations faites pour l'infiltration efficace varient entre 5 et 7 cm (voir annexe 10), ce qui correspond à toute fin pratique à l'infiltration maximale possible.

En résumé, pour tous les secteurs de la région étudiée où les dépôts de surface (sol) appartiennent aux classes de sol B, C ou D, l'infiltration efficace varie entre 5 et 10 cm/année pour une cote DRASTIC de 3 et ce, que les surfaces soient cultivées ou boisées et que les terrains soient plats ou en pente. Dans le cas des sols de classe A (unités hydrogéologiques 1B, 1I, 2B et 2I), l'infiltration ne peut être évaluée avec précision, mais elle est supérieure à 10 ou 13 cm/année selon les cas et une cote de 6 (10-18 cm/année) est attribuée.

4.4.3 Milieu aquifère

4.4.3.1 Aquifères captifs

Les milieux aquifères captifs sont représentés par des roches sédimentaires et des roches ignées/métamorphiques. Les formations sédimentaires forment les assises de toute la partie est de la région d'étude (Basses-Terres) où elles sont, en grande partie, recouvertes de sédiments argileux créant des conditions de nappe captive. Dans la pointe nord de la région, à l'est de Rawdon, les roches ignées/métamorphiques sont elles aussi recouvertes, sur une faible superficie, par les argiles.

Le potentiel aquifère des formations rocheuses est très variable et dépend essentiellement du degré de fracturation et/ou de dissolution du roc. Les grès de Potsdam, les dolomies du Beekmantown et les calcaires du Chazy, du Black River et du Trenton sont reconnus comme faisant partie des meilleures formations aquifères rocheuses du Québec (36). Pour la région d'étude, les valeurs de transmissivité associées aux roches sédimentaires oscillent entre 10^{-3} m^2/s et 10^{-6} m^2/s pour une moyenne de 10^{-4} m^2/s indépendamment de la composition des roches (voir section 4.4.7.1). Quant aux roches ignées/métamorphiques, elles sont reconnues pour leur faible productivité en général (26, 29).

Pour chacune des zones identifiées sur la carte de vulnérabilité (carte 1 - voir volume II), on précise la nature des roches qui constituent le milieu aquifère soit: grès, dolomie, calcaire, calcaire et shale ou roches ignées/métamorphiques. Une cote, fonction du potentiel aquifère associé à chacune de ces zones, est ensuite attribuée [1]; une cote de 3 est donnée aux roches ignées/métamorphiques et des cotes variant entre 5 (milieu peu fracturé, faible transmissivité) et 9 (milieu très fracturé, haute transmissivité) sont données aux roches sédimentaires.

Notons, en dernier lieu, que la faible étendue et la nature discontinue de la couverture argileuse au fond des vallées des Laurentides (Plateau laurentien) ne permettent pas d'identifier avec précision les zones où des conditions de nappe captive sont présentes.

4.4.3.2 Aquifères libres et semi-captifs

Les cartes de dépôts meubles préparés par le ministère de l'Energie et des Ressources (25) et celles de Tremblay (23), la carte des sols de Lajoie (14), la carte hydrogéologique du Bassin de la rivière L'Assomption (11) et la géologie de la roche de fond établie par Clark et Globensky (20, 19) et Béland (22) ont servi à identifier

---

(1) Voir section 4.4.7.1.

les différentes formations aquifères libres et semi-captives du territoire à l'étude.

Les dépôts sablo-graveleux de bonne épaisseur associés au delta de Rawdon (unités hydrogéologiques 1B et 2B) représentent une formation aquifère libre à potentiel élevé pour laquelle une cote de 8 (ou 9) a été allouée. Cette même cote a été attribuée aux dépôts fluvio-glaciaires (unités hydrogéologiques 1I et 2I) rencontrés à l'ouest de Sainte-Marie-Salomée, à Saint-Esprit et à Saint-Calixte.

Les alluvions récentes et anciennes qui recouvrent en partie la plaine argileuse des Basses-Terres et le fond des vallées du Plateau laurentien (unités hydrogéologiques 1C, 1D, 1H et 2G) constituent des aquifères de surface surtout utilisés pour des fins d'approvisionnement domestique. La granulométrie des matériaux qui composent ces formations varie selon les endroits; une cote de 7 est donnée aux sables moyens à fins, une cote de 6, aux sables fins à très fins et une cote de 5 (ou 4), aux sables avec silts.

Des cotes variant entre 5 et 9, fonction du potentiel aquifère (voir milieu aquifère - aquifères captifs), sont attribuées aux roches sédimentaires recouvertes d'une couche de till affleurante (unité hydrogéologique 1A). Le till est ici considéré comme un aquitard [1]

---

(1) K (till) = 10^{-6} à 10^{-7} m/s (voir annexe 13)

et des conditions de nappe libre et/ou semi-captive prévalent au niveau du roc.

Enfin, aux roches ignées/métamorphiques du Plateau laurentien (unités hydrogéologiques 2Aa, 2Ab et 2H), une cote type de 3 a été accordée. Rappelons que la productivité de ces roches est généralement faible et dépend essentiellement du degré de fracturation.

4.4.4 Type de sol

La carte des sols des comtés de L'Assomption-Montcalm préparée par Lajoie (14) couvre toute la région d'étude. Cette carte à l'échelle d'un pouce au mille a été transposée à l'échelle 1:50 000; elle indique les divers types de sols ainsi que leur relief et la proportion relative de pierres qu'on y trouve. Le système de classification utilisée est celui qui apparaît dans "Soil survey manual; U.S. Department of Agriculture; Handbook 18, 1951" (14).

Basses-Terres - Les sols des Basses-Terres contiennent peu de pierres et présentent peu d'affleurements rocheux. La texture de ces sols est, en général, assez fine et peu perméable, mais on rencontre aussi des matériaux sableux et perméables.

La série Sainte-Rosalie est le sol le plus important formé sur sédiments marins et le plus fréquemment rencontré dans les Basses-Terres (unités hydrogéologiques 1Ea et 1F). Il est surtout composé de loam argileux mais aussi d'argile et de loam sablo-argileux; pour fins de simplification, le type "loam argileux" (cote = 3) a été considéré comme représentatif de la série Sainte-Rosalie.

De grandes étendues de sols constitués de sables moyens, fins et très fins (cote = 9), parfois loameux (cote = 5 ou 6) (séries Achigan, Saint-Jude, Joliette, Uplands, Saint-Thomas et Sorel) forment une bande continue d'environ 6 km de largeur qui s'allonge en direction est-nord-est à travers toute la région à l'étude depuis Laurentides jusqu'à Sainte-Marie-Salomée. Des sols semblables se rencontrent également près de Saint-Liguori, le long de la rivière Ouareau. Tous ces sols se sont développés sur des sables alluviaux reposant sur l'argile marine (unités hydrogéologiques 1D, 1H et 1Eb).

Les dépôts de till (unité hydrogéologique 1A) ont favorisé la formation de loam argileux (cote = 3), de loam (cote = 5) et de loam sableux (cote = 6) (séries Saint-Bernard, Belle-Rivière, Perrot, Matilda, Dorval et Châteauguay). En bordure des cours d'eau, les sols des plaines d'inondation (unité hydrogéologique 1C) sont surtout représentés par un loam (cote = 5). Enfin, des sols sablonneux (cote = 9) développés sur des sables et graviers deltaïques et

fluvio-glaciaires (unités hydrogéologiques 1B et 1I) sont surtout retrouvés au nord de Sainte-Julienne (séries Péningue et Morin).

Plateau laurentien - Les sols du Plateau laurentien sont pour la plupart des loams sableux (cote = 6) perméables et à texture légère (séries Gatineau, Lakefield et Saint-Coloban) développés sur les dépôts de till (unités hydrogéologiques 2Aa et 2Ab); les affleurements rocheux sont cependant nombreux et le sol souvent très mince (cote = 10).

On trouve aussi des sols sablonneux (cote = 9) développés sur des sables et graviers deltaïques et fluvio-glaciaires (unités hydrogéologiques 2B et 2I) présents surtout au nord de Sainte-Julienne (séries Péningue et Morin). Au fond des vallées (unités hydrogéologiques 2G), les sols prédominants sont des loams sableux (cote = 6) et des sables (cote = 9) (séries Brébeuf, Allumette, Achigan et Guindon). Enfin, des dépôts de tourbe (cote = 8) sont retrouvés en quelques endroits du Plateau laurentien dans les dépressions entourant les lacs ou autrefois occupées par des lacs (unité hydrogéologique 2H).

4.4.5 Topographie

Les cartes topographiques préparées par Energie, Mines et Ressources, Canada (35) ont servi à évaluer la pente moyenne des

différents secteurs de la région d'étude. Les coupures 31H13, 31H14 et 31I4 à l'échelle 1:50 000 ont été utilisées; les isocourbes sont représentées à des intervalles d'altitude de 7,6 m (25 pieds) pour les deux premières coupures et de 15,2 m (50 pieds) pour la dernière.

La plaine argileuse des Basses-Terres est caractérisée par un relief généralement plat parfois ondulé mais où les pentes n'excèdent pas 2% (cote = 10) (unités hydrogéologiques 1A, 1B, 1D, 1H, 1I 1Ea, 1Eb). Le long des cours d'eau (unité hydrogéologique 1C) cependant, des ravins aux berges souvent abruptes (12 à 18% - cote = 3) sont rencontrés.

Le relief du Plateau laurentien est, quant à lui, beaucoup plus variable avec des pentes qui oscillent en général entre 2 et 6% (cote = 9) dans sa partie est, le long d'une bande parallèle à l'escarpement qui définit la limite Basses-Terres/Plateau laurentien, et entre 6 et 12% (cote = 5) dans sa partie ouest (unités hydrogéologiques 2Aa, 2Ab, 2B, 2G1, 2G3, 2G4). En quelques endroits, la pente moyenne est plus accentuée pour atteindre 12 à 18% (cote = 3) (unités hydrogéologiques 2Aa6 et 2Ab2) alors qu'en d'autres endroits, dans les dépressions de terrain entourant les lacs ou autrefois occupées par les lacs le relief local est plat avec moins de 2% de pente (cote = 10) (unités hydrogéologiques 2H, 2I, 2G2, 2G5).

4.4.6 Impact de la zone vadose

4.4.6.1 Aquifères captifs

Tel que le prescrit la méthode DRASTIC, une cote de 1 est systématiquement attribuée au paramètre "Impact de la zone vadose" dans le cas des formations aquifères captives. La zone vadose correspond, dans ce cas, à la couche dite "imperméable" qui surmonte la formation aquifère indépendamment du fait que cette couche soit saturée ou non. Cette couche est ici représentée par une argile silteuse (Argiles de la mer de Champlain) dont le contenu en particules argileuses (< 2μ) oscille entre 60 et 82% (15).

4.4.6.2 Aquifères libres et semi-captifs

La carte des sols préparée par Lajoie (14) et les cartes de dépôts meubles préparées par le Ministère de l'Energie et des Ressources (25) et par Tremblay (23) ont fourni les informations nécessaires à l'identification de la zone vadose associée aux différentes unités hydrogéologiques.

Pour les formations aquifères de surface formées de sédiments alluviaux (unités hydrogéologiques 1C, 1D, 1H et 2G), la zone non saturée ou zone vadose est généralement de faible épaisseur, ou voire absente. Les matériaux rencontrés sont les mêmes que ceux qui composent la formation aquifère elle-même: sables moyens à fins

(cote = 7), sables fins à très fins (cote = 6) et sables avec silt (cote = 5).

Dans le cas des sables et graviers associés aux dépôts deltaïques et fluvio-glaciaires (unités hydrogéologiques 1B, 2B, 1I et 2I), la zone non saturée peut faire quelques mètres d'épaisseur et est représentée ici aussi par les mêmes matériaux qui composent l'aquifère, soit des sables et graviers auxquels une cote de 8 est accordée.

Les matériaux du till, un mélange de graviers, sables, silts et argiles, constituent la zone vadose présente au-dessus des roches sédimentaires aux endroits où le till affleure (unité hydrogéologique 1A); une cote type de 6 a été donnée à ces matériaux.

Les roches ignées/métamorphiques du Plateau laurentien avec une cote type de 4, représentent la zone vadose là où la couche de till est de faible épaisseur ou absente (unités hydrogéologiques 2Aa1 à 2Aa4). Lorsque l'épaisseur du till est significative, la zone vadose correspond au mélange de graviers, sables, silts et argiles avec une cote type de 6 (unités hydrogéologiques 2Aa5 à 2Aa8). Enfin, aux endroits où les roches ignées/métamorphiques sont recouvertes d'un till grossier à matrice sablo-graveleuse, une cote de 7 a été attribuée (unité hydrogéologique 2Ab).

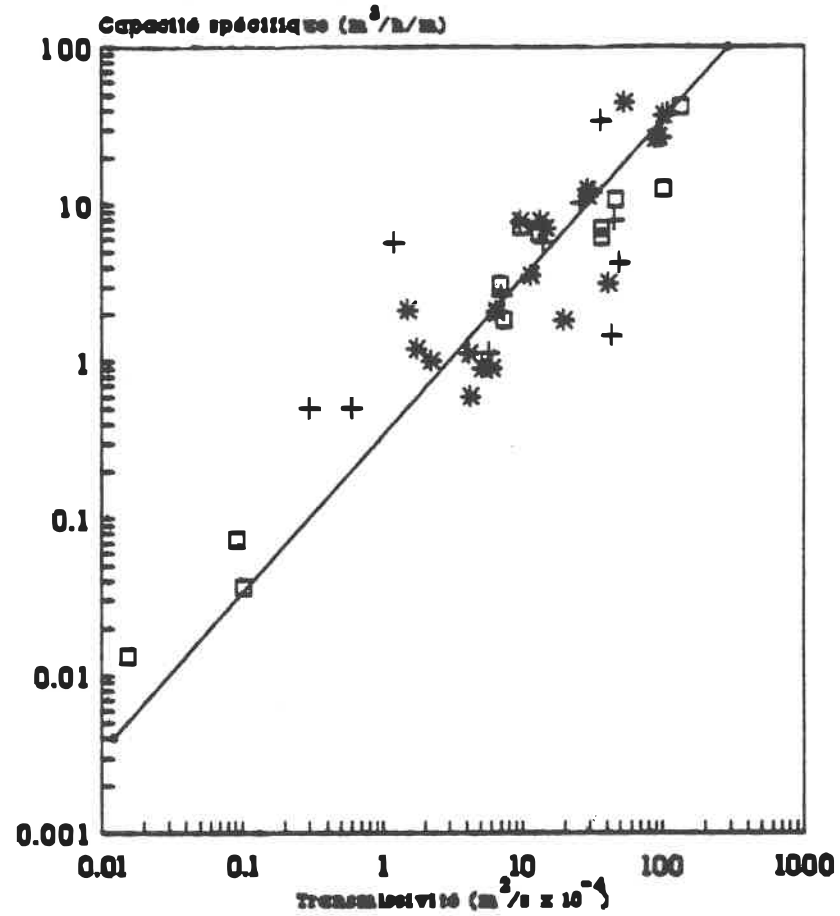
4.4.7 Conductivité hydraulique

4.4.7.1 Aquifères captifs

La conductivité hydraulique des formations rocheuses est rarement mesurée directement (essais de perméabilité en place) et, lors d'essais de pompage, on détermine le plus souvent la transmissivité du milieu sans se préoccuper d'établir la valeur de la conductivité hydraulique. De plus, pour passer de la transmissivité (T) à la conductivité hydraulique (K), il est nécessaire de connaître l'épaisseur saturée de l'aquifère (b) ($K = T/b$), ce qui, dans le cas d'un milieu fracturé, est difficile à établir à moins d'avoir une connaissance détaillée du réseau de fractures.

Pour le territoire étudié, aucun des documents consultés ne contient de données sur la conductivité hydraulique des formations rocheuses et seuls quelques essais de pompage renseignent sur la transmissivité des roches. Aussi, pour les fins de cartographie, la conductivité hydraulique des roches a dû être déterminée de façon indirecte.

Relation entre capacité spécifique et transmissivité - La figure 4.1 montre la relation qui existe entre la capacité spécifique d'un puits et la transmissivité du milieu aquifère. Cette relation, qui n'est valable que dans le cas où des conditions de nappe captive sont rencontrées, a été établie à partir de valeurs de



$T = Q/s \times \log (r_e/r_w) \times 1/2{,}73 \times 1/3600$
où
T (Transmissivité) m^2/s
Q/s (Capacité spécifique) - $m^3/h/m$
$\log r_e/r_w = 2{,}8$ (roc non différencié)
et si :
régime permanent
aquifère confiné

Figure 4.1: Relation entre Q/s et T
Formations aquifères rocheuses

transmissivité (T) et de capacité spécifique (S) déterminées suite à des essais de pompage de longue durée (24, 48 et 72 heures) réalisés pour la plupart à l'extérieur de la zone d'étude mais dans les mêmes formations rocheuses (grès de Potsdam, dolomies de Beekmantown et calcaires de Chazy, de Black River et de Trenton). Les données utilisées et les références apparaissent à l'annexe 11.

Simard (26) avait traduit la relation entre capacité spécifique et transmissivité par une équation de type transitoire (équation de Theis) et avait noté un mauvais ajustement de la droite de régression. En fait, cette relation suppose un régime permanent et doit être définie par l'équation d'équilibre suivante qui est l'équation de Dupuit, soit le passage à la limite de la formulation de Cooper-Jacob exprimée en "rabattement-distance" (27):

$$T = Q/s \times \log r_o/r_w \times 1/2{,}73 \times 1/3600 \qquad \text{(Equation 4.1)}$$

où

T = transmissivité (m^2/s)
Q = débit constant (m^3/h)
s = rabattement stabilisé (m)
r_o = rayon d'influence (m)
r_w = rayon du puits (m)

Suivant les données recueillies, il est constaté que le rapport moyen entre le rayon d'un puits et son rayon d'influence (r_o/r_w) est égal à 630, ce qui correspond à un rapport log r_o/r_w de 2,8. En admettant cette dernière valeur pour le log de r_o/r_w, la relation

entre la capacité spécifique d'un puits et la transmissivité du milieu aquifère (condition de nappe captive) peut se présenter sous la forme suivante (droite de la figure 4.1):

$$T\ (m^2/s) = Q/s\ (m^3/h.m) \times 2{,}8 \times 10^{-4} \quad \text{(Equation 4.2)}$$

A noter que cette relation qui est vérifiée pour les roches sédimentaires ne semble pas liée à la nature des roches et devrait également s'appliquer aux roches ignées/métamorphiques là où elles sont recouvertes d'argile.

Détermination de la conductivité hydraulique - En première étape, les données de débits et de niveaux statiques et dynamiques enregistrées dans la Banque de données hydrogéologiques du Ministère de l'Environnement du Québec (12) ont servi à calculer la capacité spécifique de plus de 660 puits répartis dans le secteur des Basses-Terres où des conditions de nappe captive sont présentes. Tous les puits retenus pour fins de calcul sont terminés dans la roche en place et recoupent un horizon imperméable (argile). Dans tous les cas un régime permanent stabilisé a été admis. Les pertes de charge associées aux puits eux-mêmes (construction) et les autres facteurs pouvant avoir une incidence sur la capacité spécifique n'ont pas été considérés. Les valeurs de capacité spécifiques calculées ne sont donc pas des mesures rigoureuses, mais elles sont jugées satisfaisantes pour le besoin des présents travaux.

En deuxième étape, la transmissivité associée à chacun des 660 puits a été calculée à partir de la relation entre la capacité spécifique et la transmissivité établie à l'équation 4.2 (voir ci-dessus). Ensuite, de façon à permettre d'attribuer une cote DRASTIC, les valeurs de transmissivité ont été converties en valeurs de conductivité hydraulique. Pour ce faire, on a supposé que l'écoulement de l'eau souterraine se fait principalement dans les premiers 3 m du roc (b = 3 m); cette hypothèse, bien que difficile à vérifier en l'absence de données précises sur la fracturation des formations rocheuses, s'appuie sur les observations faites dans la région de Mirabel par Simard (26), où une zone d'altération particulièrement bien développée faisant en moyenne 3 m d'épaisseur a été identifiée en surface des formations sédimentaires, les mêmes que celles retrouvées sur le territoire à l'étude. Cette zone d'altération serait le résultat de déformations glacio-tectoniques, de déformations glacio-isostatiques et/ou de la décomposition des roches par les agents météoriques (26 et 27). Dans le cas des roches ignées/métamorphiques, l'hypothèse d'une épaisseur saturée de 3 m se défend cependant moins bien et tient davantage de l'arbitraire.

Sur la base de cette hypothèse, les valeurs de transmissivité calculées ont donc été converties en valeurs de conductivité hydraulique. En troisième étape, une valeur moyenne de conductivité hydraulique a été calculée pour chaque kilomètre carré du territoire à l'étude où une nappe captive a été identifiée. A partir des valeurs

obtenues pour chaque élément de 1 km de côté, des zones correspondant aux intervalles suivants ont été délimitées: 0,04 à 4 m/j, 4 à 12 m/j, 12 à 29 m/j, 29 à 41 m/j et 41 à 82 m/j (intervalles proposés par la méthode DRASTIC, voir tableau 2.8).

Les zones ainsi délimitées ont servi à la construction de la carte de vulnérabilité (carte 1) et ont permis d'attribuer une cote DRASTIC appropriée à chacune des unités hydrogéologiques (1Ea, 1Eb, 1F). Ces cotes varient de 1 à 8 pour des conductivités hydrauliques correspondantes allant de 0,041 m/j à 82 m/j. La grande variabilité des valeurs de conductivité hydraulique témoignent de l'hétérogénéité des milieux fracturés. L'annexe 12 présente un résumé des propriétés hydrauliques des formations rocheuses du territoire étudié.

4.4.7.2 Aquifères libres et semi-captifs

Dépôts meubles - Les valeurs de conductivité hydraulique qui ont été attribuées aux dépôts meubles sont basées sur la description et l'origine des dépôts et sur des mesures directes et indirectes de la conductivité hydraulique (essais de perméabilité en place, essais de pompage, analyses granulométriques).

La carte des sols préparée par Lajoie (14) donne une description détaillée des matériaux à l'origine des sols et renseigne sur leur distribution. La réalisation de 37 sondages et la visite des

sablières de la région d'étude au cours de l'été 1988 ont également permis de préciser la nature et la composition des dépôts.

Onze essais de perméabilité en place ont été réalisés au cours de ce même été et 17 échantillons de sols ont été prélevés pour fins d'analyse granulométrique. Les rapports de sondages, les essais de perméabilité et les analyses granulométriques sont présentés aux annexes 3, 4 et 5.

A ces données, vient s'ajouter l'inventaire de tous les essais de perméabilité réalisés pour le compte du ministère de l'Agriculture dans le cadre du programme de drainage souterrain des terres agricoles (17). Ces essais ont été réalisés selon la méthode du "trou à la tarière". Quatorze essais au total, réalisés dans les dépôts sablonneux (sables alluviaux-sédiments de hautes terrasses), ont été répertoriés. Enfin, quelques données obtenues lors d'essais de pompage effectués dans le cadre de travaux de recherche en eau ont aussi été recueillies.

Aux annexes 13 et 14, on présente un résumé des valeurs de conductivité hydraulique associées aux dépôts meubles en précisant la méthode de mesure et l'unité hydrogéologique concernée.

La revue et la synthèse des différentes informations disponibles a permis de déterminer la valeur de la conductivité hydraulique

rattachée à chacun des milieux aquifères. Pour les formations aquifères formées de sables fins et très fins ou de sables et silts d'origine alluviale (unités hydrogéologiques 1D2, 1D3, 1C, 2G2, 2G3, 2G4 et 2G5) la conductivité hydraulique se situe, en général, entre 0,04 et 4 m/j (cote = 1). Pour le cas des aquifères de sables moyens à fins, toujours d'origine alluviale (unités hydrogéologiques 1D1 et 2G1), une valeur de 4 à 12 m/j (cote = 2) est plus représentative. Enfin, les dépôts sablo-graveleux d'origine deltaïque ou fluvio-glaciaire (unités hydrogéologiques 1B, 1I, 2B et 2I) sont beaucoup plus perméables avec des valeurs oscillant entre 41 et 82 m/j (cote = 8).

Roche en place - La conductivité hydraulique des roches sédimentaires a déjà été déterminée là où ces roches sont recouvertes d'argile (voir conductivité hydraulique - aquifères captifs). Ces données ont été utilisées et extrapolées aux secteurs où les roches ne sont surmontées que d'une couche de till (îlots au milieu de la plaine argileuse). Les cotes attribuées varient de 1 à 6 pour des conductivités hydrauliques correspondantes allant de 0,041 m/j à 41 m/j (unité hydrogéologique 1A).

Pour les roches ignées/métamorphiques du Plateau laurentien (unités hydrogéologiques 2Aa et 2Ab), on estime que la conductivité hydraulique ne dépasse pas 4 m/j (cote = 1), ceci en faisant

l'hypothèse raisonnable que le massif rocheux est généralement peu fracturé.

CHAPITRE 5

UTILISATION DES CARTES DE VULNERABILITE DE LA M.R.C. DE MONTCALM

Dans le présent chapitre, on traite de l'usage approprié des cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm ainsi que de l'interprétation qui doit être faite des différentes informations qui apparaissent sur ces cartes. On insistera sur les limites et les conditions qui concernent leur utilisation.

On trouve aussi, en dernière partie de ce chapitre, quelques brefs commentaires concernant les sources potentielles de contamination inventoriées sur le territoire de la M.R.C. de Montcalm.

5.1 Interprétation de l'indice de vulnérabilité DRASTIC

L'indice DRASTIC - L'indice de vulnérabilité rattaché à une unité hydrogéologique représente une mesure du niveau de risque de contamination du milieu aquifère identifié à cette unité. Il ne représente pas une mesure absolue du risque de contamination mais plutôt une mesure relative ou comparative; un indice DRASTIC inférieur à 120 se rapportera aux zones les moins vulnérables alors qu'un indice supérieur à 160 concernera les zones les plus vulnérables (8). Il serait toutefois difficile de prétendre qu'une zone (A) soit vraiment plus vulnérable qu'une zone (B) dans le cas où l'écart entre les

indices calculés pour chacune de ces zones soit peu important. Au tableau 5.1, on présente les différentes unités hydrogéologiques de la M.R.C. de Montcalm où elles sont classifiées selon un niveau de risque croissant.

Par ailleurs, l'indice DRASTIC se refère à une zone géographique bien délimitée. La valeur de l'indice est attribuée à la zone elle-même et non pas au contour de cette zone; il n'y a pas de transition progressive de la valeur de l'indice d'une zone à une autre et il est important de noter que la notion d'isocontours ne s'applique pas.

Indice général et indice pesticide - Comme déjà mentionné, un indice particulier aux pesticides a été calculé pour chaque unité hydrogéologique en utilisant des "poids" qui tiennent compte des caractéristiques propres à ce type de contaminants. L'indice "pesticide" doit être utilisé exclusivement pour évaluer le degré de vulnérabilité associé aux pesticides et ne doit pas faire l'objet de comparaison avec l'indice "général", ces deux indices étant tout à fait indépendants l'un de l'autre.

Indice DRASTIC et unités hydrogéologiques - Pour juger de la vulnérabilité d'un site, l'utilisateur des cartes de vulnérabilité doit non seulement considérer la valeur de l'indice DRASTIC associé à ce site mais aussi prendre en considération l'unité hydrogéologique à laquelle cet indice se rapporte.

Unités hydrogéologiques	Indice DRASTIC (général)	Risque de contamination
1F 1Ea 1Eb 1C 2Aa 2Ab	< 120	-
2H 2G 1A 1D 1H	120-160	
1B 2B 1I 2I	> 160	V +

Tableau 5.1: **Unités hydrogéologiques et risques de contamination - M.R.C. de Montcalm**

En jumelant indice DRASTIC et unité hydrogéologique, l'utilisateur sera à même de visualiser et de mieux comprendre les conditions qui sous-tendent la vulnérabilité d'un site.

Fiabilité de l'indice DRASTIC - La fiabilité d'un indice de vulnérabilité est tributaire de la qualité et de la quantité des informations et des données qui ont servi à l'évaluation des sept paramètres considérés dans le calcul de l'indice. Dans le cas de certains paramètres, les données disponibles pour la M.R.C. de Montcalm sont imprécises ou peu nombreuses et il s'est avéré nécessaire de poser quelques hypothèses (ex.: conductivité hydraulique, recharge). L'utilisateur des cartes de vulnérabilité doit être informé et conscient du cheminement et des hypothèses qui, le cas échéant, ont mené à l'attribution des cotes DRASTIC pour chaque paramètre et pourra ainsi juger du "biais" introduit ou de l'influence du coteur sur la valeur des cotes attribuées (voir chapitre 4).

Compte tenu, donc, de l'évaluation imprécise ou approximative de certains paramètres et compte tenu du caractère régional des cartes de vulnérabilité, il se peut que les conditions hydrogéologiques et le degré de vulnérabilité associés à un site précis ne correspondent pas aux renseignements apparaissant sur les cartes. De plus, il faut préciser que la méthode DRASTIC a été conçue pour s'appliquer à des superficies de plus de 400,000 m^2 (8).

Hypothèses DRASTIC - L'utilisateur doit aussi être conscient des hypothèses qui sont à la base du système de cotation de la méthode DRASTIC. Ces hypothèses sont les suivantes:

1. La source de contamination est localisée en surface du sol.
2. Le contaminant est entraîné depuis la surface du sol jusqu'à l'aquifère par les eaux de précipitations.
3. Le contaminant possède la même mobilité que l'eau.

Dans le cas où l'une ou l'autre de ces conditions n'est pas respectée, l'utilisateur devra alors interpréter avec prudence l'indice DRASTIC calculé et, au besoin, réévaluer le degré de vulnérabilité en fonction des conditions rencontrées ou du type de contaminant en cause.

Par exemple, si la source de contamination est représentée par une masse de déchets enfouis à 2 ou 3 m sous la surface du sol, il devient évident que l'indice calculé qui considère les phénomènes de surface (type de sol, topographie, zone vadose et profondeur de l'eau) sous-évalue le risque réellement encouru. De la même façon, un contaminant plus dense ou moins dense que l'eau (hydrocarbures) n'obéira aux lois "normales" régissant le transport des contaminants; la vulnérabilité d'un site par rapport à ce type de contaminant doit alors faire l'objet d'une évaluation spécifique.

L'indice DRASTIC (général) s'applique donc aux polluants de diverses natures en supposant que ces derniers sont transportés avec l'eau (même mobilité) depuis la surface du sol jusqu'à l'aquifère et dans le milieu aquifère.

Indice DRASTIC et rique pour la santé - L'indice DRASTIC traduit le degré de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution en fonction de critères d'ordres géologique et hydrogéologique. Cet indice ne rend cependant pas compte du risque encouru par une population humaine (risque pour la santé) face à un problème éventuel de contamination des eaux souterraines.

L'évaluation du risque pour la santé fait appel à d'autres considérations qui sont les suivantes (8):

- Localisation de la source de contamination par rapport à la population exposée (en amont ou en aval par rapport à la direction d'écoulement des eaux souterraines).
- Distance séparant la source de contamination de la population exposée.
- Concentration et toxicité des contaminants en cause.

L'indice DRASTIC représente donc un outil qui permet d'évaluer le danger de contamination d'une formation aquifère, mais l'évaluation

du risque associé à une contamination éventuelle (risque pour la santé) doit tenir compte des facteurs ci-haut mentionnés.

5.2 Gestion et protection de la ressource eau souterraine

En identifiant et en délimitant les zones vulnérables à la contamination, les cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm se veulent des outils destinés à protéger la ressource eau souterraine. Elles sont mises à la disposition de tous les intervenants concernés par la gestion et la protection des eaux souterraines (municipalités, ministères, experts-conseils, agriculteurs ...).

Elles pourront servir de base à l'élaboration d'une politique visant à prévenir la contamination des formations aquifères. Les zones cibles (zones vulnérables) pourront faire l'objet de règlements spécifiques concernant l'installation des réservoirs d'hydrocarbures, les pratiques d'épandage des pesticides et des fertilisants, l'utilisation des sels déglaçants, l'entreposage des fumiers pour ne citer que quelques exemples.

Elles pourront aussi servir à établir les priorités d'action en ce qui concerne la surveillance de la qualité des eaux souterraines ("monitoring") ou la restauration des sites contaminés.

Elles serviront à l'aménagiste du territoire pour la sélection préliminaire des zones propices à l'enfouissement de déchets, à l'implantation d'industries potentiellement polluantes, à la localisation d'un puits d'alimentation en eau, etc.

Advenant le déversement accidentel d'un contaminant (ex.: accident routier impliquant une citerne d'hydrocarbures), elles pourront aider les intervenants à juger du risque de contamination de l'aquifère et des puits d'alimentation en eau.

Cependant, on se doit de rappeler que les cartes de vulnérabilité revêtent un caractère général et régional et que tout projet tel que, par exemple, l'implantation d'un lieu d'enfouissement sanitaire doit obligatoirement faire l'objet, au préalable, d'une étude hydrogéologique détaillée du site visé.

De la même façon, tout cas de contamination doit faire l'objet d'une évaluation spécifique, les cartes de vulnérabilité ne devant servir que de documents de base.

Il faut aussi être conscient que l'échelle de cartographie (1:50 000) peut amener une imprécision de quelques centaines de mètres sur le tracé d'un contour ou des limites d'une unité hydrogéologique, d'où l'importance de vérifier par une étude de terrain les données et informations apparaissant sur les cartes.

5.3 Sol et eau souterraine - Inventaire des activités

La carte 3 (voir volume II), "Sol et eau souterraine, inventaire des activités" se veut un complément aux deux cartes de vulnérabilité de la M.R.C de Montcalm en renseignant sur les différentes activités du territoire qui touchent, de près ou de loin, la ressource eau souterraine. On y trouve, entre autres, les informations suivantes [1]:

- Localisation des sources potentielles de contamination telles que les lieux d'élimination de déchets (anciens et actuels), les réservoirs d'hydrocarbures, les lignes de transport d'énergie, les carrières et sablières, les rejets d'eaux usées, etc.
- Localisation des cas connus de contamination d'eau souterraine inventoriés sur le territoire de la M.R.C. (MENVIQ, bilan préliminaire, décembre 1989).
- Localisation des entreprises agricoles dont le bilan d'épandage des fumiers est négatif, c'est-à-dire celles où les superficies disponibles pour l'épandage sont insuffisantes par rapport aux quantités de fumier qui sont produites (dernière mise à jour en 1985).
- Localisation des puits et sources servant à l'alimentation des réseaux d'aqueducs municipaux et privés.

---

(1) Ces informations sont tirées, en partie, de l'Atlas environnemental du ministère de l'Environnement Québec (41).

La superposition des cartes de vulnérabilité (cartes 1 et 2 du volume II) et de la carte d'inventaire (carte 3 du volume II) attire l'attention sur les faits suivants:

- Les puits et/ou sources des municipalités de Saint-Jacques, de Sainte-Julienne et de Saint-Calixte sont localisés à l'intérieur ou à proximité de zones où le risque estimé de contamination est le plus élevé de la région (unités hydrogéologiques: 2B1, 2B2, 2I et 1B1). L'épandage de pesticides (piclorame) sous la ligne de transport d'énergie passant juste au sud de la municipalité de Rawdon avait par ailleurs entraîné, il y a quelques années, la contamination des sources servant (en partie) à l'alimentation du réseau de Saint-Jacques (3). Des puits domestiques ont aussi été contaminés par des sels déglaçants utilisés sur une portion de la route 125 située juste au nord de Sainte-Julienne (1).
- Une sablière voisine des puits de la municipalité de Saint-Jacques fait l'objet d'une exploitation intensive, ce qui pourrait éventuellement affecter la qualité et la quantité d'eau qui est soutirée de ces puits (déversement accidentel d'hydrocarbures, assèchement de l'excavation ...) (unité hydrogéologique 2B1).
- A proximité du puits du village de Saint-Esprit, une imposante excavation faisant environ 100 m sur 400 m a troué le couvert argileux pour atteindre la formation aquifère constituée à cet

endroit de dépôts fluvio-glaciaires (unité hydrogéologique 1I); cette excavation représente un site propice à l'infiltration des contaminants.

- Les puits de la municipalité de Saint-Roch et celui de Saint-Alexis (aqueduc privé) sont localisés au coeur de zones cultivées où la formation aquifère (roche en place) est recouverte d'une couche d'argile relativement mince par endroits (unités hydrogéologiques 1Ea6, 1Ea12 et 1Ea16) ou d'une couche de till affleurante (unités hydrogéologiques 1A1 et 1A7) faisant au plus 2 à 3 m d'épaisseur. Ces conditions ne garantissent pas toute la protection voulue contre l'infiltration de contaminants.
- Partout dans les Basses-Terres, on retrouve des entreprises agricoles avec surproduction de fumier. L'épandage abusif de fumier sur les terres cultivées représente une menace pour la qualité des eaux de surface mais aussi pour les formations aquifères qui ne bénéficient pas toujours de la protection souhaitée (unités hydrogéologiques 1A et 1D)[1].
- En plusieurs endroits du territoire, on retrouve d'anciens dépotoirs municipaux et industriels; certains d'entre eux reposent directement sur le till et/ou le roc (ex.: Saint-Esprit, unités hydrogéologiques 1A6 et 1A7; Sainte-Julienne,

---

(1) Selon un rapport de la firme SNC daté de 1985, la M.R.C. de Montcalm est aux prises avec un surplus de lisier de porc de l'ordre de 75,000 tonnes/an (16).

unité hydrogéologique 1A13; Saint-Calixte, unités hydrogéologiques 2Aa4 et 2Aa7), d'autres sont aménagés à même les aquifères de surface (Laurentides, Saint-Roch-de-L'Achigan, Sainte-Marie-Salomée, Saint-Liguori; unités hydrogéologiques 1D1 et 1D2). Chacun de ces anciens lieux d'élimination de déchets représente un danger de contamination des eaux souterraines.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La présente étude a porté sur le territoire de la M.R.C. de Montcalm et a consisté à évaluer le degré de vulnérabilité des formations aquifères face à la contamination.

Ce travail a été effectué à l'aide de la méthode d'évaluation "DRASTIC" développée en 1987 par l'"Agence américaine de protection de l'environnement, (EPA)". Cette méthode s'appuie sur un système de cotation numérique considérant sept paramètres physiques distincts (profondeur de l'eau, recharge, milieu aquifère, sol, topographie, zone vadose et conductivité hydraulique), lequel système a permis le calcul d'indices de vulnérabilité, ces indices traduisant le degré de vulnérabilité des formations aquifères. Chaque indice calculé est associé à une unité hydrogéologique (et sous-unité) dont les limites géographiques ont été représentées sur cartes.

Les données qui ont été utilisées pour la définition des unités hydrogéologiques et le calcul des indices de vulnérabilité proviennent de différents documents, cartes et rapports portant sur la région d'étude (géologie, pédologie, topographie, drainage des sols, hydrogéologie). La Banque de données hydrogéologiques du Ministère de l'Environnement et les données recueillies au cours des travaux de terrain réalisés l'été 1988 ont également été utilisées.

Dans le cas de la conductivité hydraulique des roches et de la recharge (infiltration efficace), les informations disponibles étaient insuffisantes ou imprécises, ce qui a rendu nécessaire la formulation d'hypothèses et la mesure indirecte de ces paramètres. La conductivité hydraulique des formations rocheuses sédimentaires a été estimée à partir de la capacité spécifique des puits et en supposant une épaisseur saturée de 3 m. Quant à l'infiltration efficace, elle a été déduite par différence en utilisant l'équation du bilan hydrologique. La rareté des données concernant la profondeur de la nappe dans le secteur du Plateau laurentien et le caractère variable de ce paramètre dans ledit secteur ont aussi forcé certaines approximations.

Deux cartes de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution ont été dressées, l'une portant sur les formations aquifères captives, l'autre s'adressant aux formations aquifères libres et semi-captives. Dans le cas des aquifères captifs (carte 1), trois unités hydrogéologiques principales et 73 sous-unités ont été identifées pour des indices de vulnérabilité variant entre 54 et 119. Dans le cas des aquifères libres et semi-captifs (carte 2), douze unités principales et 46 sous-unités ont été identifiées avec des indices s'échelonnant de 94 à 185.

Les cartes sont présentées à l'échelle 1:50 000 et sont accompagnées d'une légende complète où l'on retrouve une description

écrite et schématique de chaque unité hydrogéologique principale ainsi qu'une série de tableaux indiquant les cotes attribuées à chacun des sept paramètres DRASTIC et ce pour chacune des sous-unités délimitées sur les cartes.

L'examen des cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm montre que la principale formation aquifère de la M.R.C. représentée par les roches sédimentaires des Basses-Terres du Saint-Laurent est, là où l'on retrouve un couvert argileux, relativement bien protégée contre la contamination avec des indices DRASTIC variant entre 62 et 119 (unités hydrogéologiques 1Ea et 1Eb), les indices les plus élevés se rattachant, en général, aux unités où l'épaisseur de l'horizon argileux est moindre (0 à 4,5 m).

Par contre, aux nombreux endroits où le till affleure, formant des îlots au milieu de la plaine argileuse, la formation aquifère est davantage vulnérable avec des indices qui vont de 123 jusqu'à 152 (unité hydrogéologique 1A). Ces affleurements de till, au coeur d'une zone à vocation fortement agricole, pourraient constituer des sites préférentiels pour l'infiltration des contaminants tels que les pesticides ou les fertilisants jusqu'à l'aquifère rocheux qui, rappelons-le, constitue la principale source d'alimentation en eau de la M.R.C.

Les formations aquifères libres formées de sables et graviers d'origine deltaïque ou fluvio-glaciaire (unités hydrogéologiques 1B, 2B, 1I et 2I) sont les plus exposées à la contamination avec des indices allant de 180 à 185. Les municipalités de Saint-Jacques, de Sainte-Julienne (en partie) et de Saint-Calixte s'approvisionnent à même ces formations.

Aux roches ignées/métamorphiques du Plateau laurentien recouvertes de façon discontinue d'une couche de till et/ou de dépôts organiques se rattachent des indices dont la valeur oscille entre 94 et 130, traduisant un niveau de protection allant de bon à moyen (unités hydrogéologiques 2Aa, 2Ab et 2H). La faible perméabilité des roches et la nappe phréatique souvent rencontrée à plus grande profondeur expliquent, en partie, la valeur des indices calculés. Localement ces mêmes roches sont cependant bien protégées là où elles sont surmontées d'argile (unité hydrogéologique 1F, indices allant de 54 à 83).

En ce qui concerne les sables de terrasses (unités hydrogéologiques 1C, 1D, 1H et 2G) qui représentent des formations aquifères de second ordre pour la M.R.C. de Montcalm, les indices calculés vont de 110 à 152 indiquant un risque de contamination comparable, en général, à celui évalué pour les roches sédimentaires recouvertes de till (unité hydrogéologique 1A). La protection

relative dont jouissent ces formations aquifères est assurée par la texture souvent fine ou très fine des matériaux qui les composent.

En résumé, les cartes de vulnérabilité de la M.R.C. de Montcalm indiquent que, sur la majeure partie du territoire, les formations aquifères ne bénéficient pas de toute la protection souhaitée et qu'elles restent (à différents degrés) vulnérables à la contamination à l'exception des aquifères captifs là où le couvert argileux est suffisamment important en étendue et en épaisseur (unités hydrogéologiques 1Ea et 1Eb).

Considérant que la ressource eau souterraine représente l'unique source d'alimentation en eau potable de toute la région, il apparaît vital d'assurer sa protection et de la préserver de toute pollution. Pour ce faire, les mesures suivantes sont proposées:

- Elaborer un programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines ("monitoring") qui inclurait, prioritairement, le suivi de la formation aquifère rocheuse des Basses-Terres, la plus importante formation aquifère de la région. Les nitrates et les pesticides devraient faire l'objet d'une surveillance particulière considérant le caractère agricole de la région.
- Faire le suivi des pratiques d'épandage des pesticides et des fertilisants dans la plaine cultivée des Basses-Terres et particulièrement aux endroits où l'aquifère rocheux n'est

protégé que par une couche de till (unité hydrogéologique 1A) et aux endroits où l'on retrouve un aquifère sablonneux de surface (unité hydrogéologique 1D) (contrôle des quantités à épandre vs superficies disponibles, périodes d'épandage ...)

- Considérer le degré de vunérabilité des formations aquifères lors du choix de l'emplacement d'un nouveau puits destiné à l'alimentation en eau potable d'une collectivité. Les zones à faible indice de vulnérabilité (ex.: unité hydrogéologique 1Ea) offriront la meilleure protection contre une contamination éventuelle. Le degré de vulnérabilité des zones adjacentes à l'emplacement choisi devrait également être pris en compte.
- En autant que possible, prohiber toute activité potentiellement polluante dans les secteurs très vulnérables de Sainte-Julienne, Saint-Calixte, Sainte-Marie-Salomée et Saint-Esprit (unités hydrogéologiques 1B, 2B, 1I et 2I).
- Procéder à la caractérisation et à la restauration des anciens lieux d'élimination de déchets retrouvés en plusieurs endroits du territoire en accordant priorité aux sites localisés dans les zones les plus vulnérables.
- Avant d'établir de nouveaux lieux d'élimination de déchets ou de réaliser tout autre projet susceptible de contaminer les eaux souterraines, procéder à une étude hydrogéologique détaillée afin de préciser les conditions hydrogéologiques du site retenu. Du point de vue protection des eaux souterraines, les terrains couverts par l'unité hydrogéologique 1Ea sont les plus propices

à l'implantation d'activités potentiellement polluantes. Cependant, la vocation agricole de la plupart de ces terrains pourra constituer une contrainte majeure.

- Elaborer un programme de détection des fuites de réservoirs souterrains en s'occupant prioritairement des réservoirs les plus âgés et de ceux localisés dans les zones les plus vulnérables.
- Voir à ce que toute nouvelle installation de réservoir souterrain soit réglementée et conforme, là où les aquifères sont vulnérables à la contamination, aux exigences les plus sévères (réservoirs double paroi).
- Veiller à l'application stricte des règlements relatifs à l'évacuation des eaux usées des résidences isolées et à l'entreposage des fumiers en accordant, ici aussi, une attention particulière aux zones les plus vulnérables.

Cette série de mesures n'est évidemment pas exhaustive et pourra être intégrée à une politique globale visant la protection de la ressource eau souterraine sur le territoire de la M.R.C. de Montcalm. L'expertise des différents ministères concernés (Environnement, Agriculture, Engergie et Ressources) pourrait être mis à profit dans l'élaboration d'une telle politique.

L'élaboration d'une telle politique pourra s'appuyer et s'inspirer des informations apparaissant sur les cartes de

vulnérabilité et sur la carte d'inventaire des activités (sol et eau souterraine) qui ont été préparées et qui sont maintenant mises à la disposition des différents intervenants concernés par la ressource eau souterraine de la M.R.C. de Montcalm.

BIBLIOGRAPHIE

1. McCORMACK, R., *Communication personnelle*. Ministère de l'Environnement, Québec (1990).
2. ALAIN, D., DUFRESNE, P. et BELAND, A., *Hydrogéologie et contamination des eaux souterraines, Ville Mercier*. Hydrogéo Canada inc., Boucherville (1981).
3. FRECHETTE, R., *Inventaire des cas de contamination de l'eau par les pesticides au Québec*. Environnement Canada, Québec (1985).
4. GRENIER, C., *Problématique de la qualité des eaux souterraines au Québec*. Les Consultants H.G.E. inc., Sainte-Foy (1989).
5. SYLVESTRE, M. et GRENIER, C., *L'eau souterraine, une ressource à exploiter*. Ministère de l'Environnement, Québec (1987).
6. McCORMACK, R., *Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution, M.R.C. de l'Assomption*. Ministère de l'Environnement, Québec (1986).
7. McCORMACK, R., *Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution, M.R.C. de Joliette*. Ministère de l'Environnement, Québec (1986).
8. ALLER, L., BENNETT, T., LEHR, J.H. et al., *"DRASTIC": A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings, rapport no EPA-600/2-87-035*. National Water Well Association, Ohio (1987).

9. FRECHETTE, R., *Etude comparative des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines face au risque de contamination engendré par l'usage des pesticides.* Institut national de la recherche scientifique, Québec (1987).

10. ANONYME, *Répertoire des municipalités du Québec.* Ministère des Affaires municipales, Québec (1988).

11. PARE, D., *Etude hydrogéologique du bassin de la rivière L'Assomption.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1980).

12. ANONYME, *Banque de données hydrogéologiques, liste des puits et forages.* Ministère de l'Environnement, Québec (1986).

13. DESMEULES, J. et GELINAS, J.P., *Caractéristiques physiques et démographiques, bassin versant de la Rivière L'Assomption.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1977).

14. LAJOIE, P.G., *Etude pédologique des comtés de l'Assomption et de Montcalm (Québec).* Ministère de l'Agriculture du Canada et Ministère de l'Agriculture et de la Colonisation de Québec. Collège McDonald, Université McGill (1965).

15. THEBERGE, J., *Cartographie des zones exposées aux mouvements de terrain le long de la rivière L'Achigan, rapport no MB 86-18.* Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec (1986).

16. MARTINOLI, D. et RACINE, G., *Municipalité régionale du comté de Montcalm; Etude de faisabilité pour l'implantation d'une usine de compostage.* Brisset et Aimaro et SNC, Montréal (1985).

17. ANONYME, *Cartes de drainage souterrain, feuillets 31H13, 31H14 et 31I4, échelle 1:20 000.* Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Pêcheries, Québec (1988).

18. FERLAND, M., GARIEPY, J., JACQUES, G. et al., *Hydrométéorologie, bassin versant de L'Assomption, rapport no MP-58.* Ministère de l'Environnement, Québec (1981).

19. CLARK, T.H. et GLOBENSKY, Y., *Région de Laurentides (moitié est) et de Rawdon (partie sud-est), rapport géologique no 157.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1976).

20. CLARK, T.H. et GLOBENSKY, Y., *Région de Verchères, rapport géologique no 190.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1977).

21. GLOBENSKY, Y., *Géologie des Basses-Terres du Saint-Laurent, rapport no MM 85-02.* Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec (1987).

22. BELAND, R., *Région de Rawdon, rapport géologique no 92.* Ministère des Mines, Québec (1960).

23. TREMBLAY, G., *Géologie du quaternaire, région de Rawdon, Laurentides, Shawbridge, Sainte-Agathe-des-Monts, rapport DP-551.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1977).

24. LASALLE, P., *Géologie des dépôts meubles de la région de Verchères, rapport préliminaire no 505.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1963).

25. ANONYME, *Cartes des dépôts meubles, feuillets 31H13, 31H14 et 31I4, échelle 1:50 000.* Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec (1971).

26. SIMARD, G., *Hydrogéologie de la région de Mirabel, rapport no HG-11.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1978).

27. CHAPUIS, R., *Communication personnelle.* Ecole Polytechnique de Montréal, Département de génie minéral, Montréal (1990).

28. BERIAULT, A. et SIMARD, G., *Carte hydrogéologique de l'Ile de Montréal et des Iles Perrot et Bizard, carte no 0-43.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1978).

29. PREVOT, J.M., *Carte hydrogéologique des Basses-Terres du Saint-Laurent.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1972).

30. CARVALHO, J. de, *Expertise de forages, Saint-Esprit, comté de Montcalm.* Compagnie internationale des eaux Ltée, Montréal (1967).

31. REA, A.H. et ISTOK, J.D., *Groundwater Vulnerability to Contamination: A Literature Review.* Oregon State University, Corvallis, OR, USA (1987).

32. BANTON, O. et VILLENEUVE, J.P., *Evaluation of Groundwater Vulnerability to Pesticides: A Comparison between the Pesticide DRASTIC Index and the PRZM Leaching Quantities.* Institut national de la recherche scientifique, Québec (1989).

33. LAFRANCE, P., BANTON, O., CAMPBELL, P. et al., *Des pesticides dans l'eau souterraine.* Institut national de la recherche scientifique, Québec (1989).

34. ISABEL, D., GELINAS, P., ET AUBRE, F., *Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines au Québec.* Groupe de Recherche en Géologie de l'Ingénieur (GRGI), Département de Géologie, Université Laval, Québec (1990).

35. ANONYME, *Cartes topographiques, feuillets 31H13, 31H14 et 31I4, échelle 1:50 000.* Energie, Mines et Ressources Canada, Ottawa (1984).

36. SIMARD, G. et DESROSIERS, R., *Qualité des eaux souterraines du Québec, rapport no HG-13.* Ministère de l'Environnement, Québec (1980).

37. MONFET, J., *Evaluation du coefficient de ruissellement à l'aide de la méthode SCS modifiée, rapport HP-51.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1979).

38. HOANG, V.D., *Communication personnelle.* Ministère de l'Environnement, Québec (1990).

39. POULIN, M., *Caractérisation de la sablière Thouin à l'Assomption.* Foratek International Inc., Dorval (1987).

40. LAPALME, R., *Evaluation du site proposé d'enfouissement sanitaire et de déchets industriels à Sainte-Marie-Salomée.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1978).

41. ANONYME, *Atlas environnemental du Québec.* Ministère de l'Environnement, Québec (1985).

42. RAINVILLE, C., KEIRA, H., BILODEAU, D., *Centre de traitement des résidus inorganiques industriels, Etude hydrogéologique.* ABBDL-TECSULT, Montréal (1981).

43. ANONYME, *Lecture de rabattements et analyse d'eau des puits nos (1) et (2). Municipalité de Saint-Roch-de-L'Achigan.* H. Fontaine Ltée, Magog (1978).

44. PARE, D., *Etude hydrogéologique du bassin versant de la rivière du Nord.* Ministère des Richesses naturelles, Québec (1980).

45. McCORMACK, R., *Etude hydrogéologique du bassin versant de la Châteauguay.* Ministère de l'Environnement, Québec (1981).

46. ANONYME, *Etude hydrogéologique à Saint-Charles-Borromée, comté de Joliette.* Foratek International inc., Dorval (1982).

47. ROUILLARD, R., *Etude hydrogéologique à Saint-Bernard-de-Lacolle.* Montréal (1988).

48. DESROCHERS, R., *Etude hydrogéologique, Recherche en eau souterraine, municipalité de Sainte-Anne de Bellevue.* Hydrogéo Canada Inc., Montréal (1986).

49. TREMBLAY, J.J., *Levé hydrogéologique, recherches stratigraphiques à Saint-Donat, comté de Montcalm.* Foratek international inc., Dorval (1974).

50. TREMBLAY, J.J. et POULIN, M., *Rapport hydrogéologique concernant le puits no 2-77 à Saint-Félix-de-Valois, comté de Joliette.* Foratek international inc., Dorval (1977).

51. DESSUREAULT, R., *Epreuve de pompage à Saint-Liguori, comté de Joliette-Montcalm.* Foratek international inc., Dorval (1977).

52. DESSUREAULT, R., *Aménagement d'un puits tubulaire à La Plaine.* Services techniques en eau souterraine Inc., Dorval (1975).

53. DECRUZ, J., *Hydrological Site Investigation. Gulf Oil of Canada, Montreal East Refinery.* Ground Water Technical Services Inc., Dorval (1973).

54. MAILHOT, M., *Réalisation et interprétation d'un essai de pompage, municipalité de Saint-Barthélémy.* Tek Eau Inc., Victoriaville (1980).

55. JOLICOEUR, M., *Essai de pompage à Sainte-Anne-des-Plaines, Québec.* International Water Supply Ltd., Dorval (1976).

56. TREMBLAY, J.J., *Epreuve de pompage à Sainte-Julienne, comté de Montcalm.* Foratek international inc., Dorval (1975).

57. MAILHOT, M., *Recherche en eau souterraine à Saint-Jacques de Montcalm.* Tek Eau inc., Victoriaville (1980).

58. PICARD, M., *Avis technique sur un terrain proposé pour l'enfouissement sanitaire, M.R.C. de Montcalm.* Ministère de l'Environnement, Québec (1987).

Annexe 1

Liste condensée des puits et forages (B.D.H.)

M.R.C. de Montcalm

ANNEXE 1

LISTE CONDENSEE DES PUITS ET FORAGES (B.D.H.)

M.R.C. DE MONTCALM

Explications concernant les diverses rubriques du tableau

La liste des puits et forages extraite de la Banque de données hydrogéologiques (12) du ministère de l'Environnement du Québec contient, pour le territoire de la M.R.C. de Montcalm, des informations sur plus de 2577 puits.

Les puits sont regroupés par municipalité et les informations sont présentées sous forme de tableaux sur lesquels de la gauche vers la droite, on retrouve:

1. le numéro du puits, constitué de trois groupes de chiffres

   AN. : année d'archivage (78)

   PRO. : projet (200)

   DOSS. : dossier (30 002)

2. ZONE

   la localisation du point dans le système T.U.M.

3. CARTE TOPO.

   le numéro de la carte topographique à l'échelle 1:50 000 où on retrouve le puits

4. AN. : l'année du forage

5. PERMIS : le numéro du permis du puisatier

6. DIA. : le diamètre du forage (pouces)

7. NIVEAU STAT.|DYN. : les niveaux statiques et dynamiques mesurés en pieds par rapport à la surface du sol

8. DEBIT : le débit du puits en gallon par minute (gipm)

9. QUALITE : une appréciation de la qualité de l'eau

D: dureté
S: sel
F: fer
O: odeur
S: sale

1 présence
0 absence

10. PROF.: la profondeur du puits en pieds

11. COUPE GEOLOGIQUE : EP. |MATERIAUX — Une description géologique des matériaux recoupés à partir de la surface et leur épaisseur respective en pieds. A lire de gauche à droite. Voici une liste des abréviations mnémoniques utilisées.

	Abréviation mnémonique
Roche en place	ROCH
fissurée	ROCH/FISS
peu fissurée	ROCH/PFIS
triturée	ROTR
triturée sale	ROTR/SALE
triturée propre	ROTR/PROP
Sédimentaire	SEDI
fissurée	SEDI/FISS
peu fissurée	SEDI/PFIS
triturée	ROTR/SEDI
triturée sale	ROTR/SEDI/SALE
triturée propre	ROTR/SEDI/PROP

Schiste	SCHS
fissuré	SCHS/FISS
peu fissuré	SCHS/PFIS
trituré	ROTR/SCHS
trituré sale	ROTR/SCHS/SALE
trituré propre	ROTR/SCHS/PROP
Calcaire	CALC
fissuré	CALC/FISS
dissous	CALC/DISS
trituré	ROTR/CALC
trituré sale	ROTR/CALC/SALE
trituré propre	ROTR/CALC/PROP
Grès	GRES
fissuré	GRES/FISS
poreux (semi-consolidé)	GRES/PORX
trituré	ROTR/GRES
trituré sale	ROTR/GRES/SALE
trituré propre	ROTR/GRES/PROP
Conglomérat	CONG
fissuré	CONG/FISS
poreux	CONG/PORX
trituré	ROTR/CONG
trituré sale	ROTR/CONG/SALE
trituré propre	ROTR/CONG/PROP

Ignée et métamorphique	IGME
fissurée	IGME/FISS
peu fissurée	IGME/PFIS
triturée	ROTR/IGME
triturée sale	ROTR/IGME/SALE
triturée propre	ROTR/IGME/PROP
Granite et gneiss	GRAN
fissuré	GRAN/FISS
peu fissuré	GRAN/PFIS
trituré	ROTR/GRAN
trituré sale	ROTR/GRAN/SALE
trituré propre	ROTR/GRAN/PROP
Calcaire cristallin	CALC/CRIS
fissuré	CALC/CRIS/FISS
dissous	CALC/CRIS/DISS
trituré	ROTR/CRIS
trituré sale	ROTR/CRIS/SALE
trituré propre	ROTR/CRIS/PROP
Quartzite	QUAR
fissurée	QUAR/FISS
peu fissurée	QUAR/PFIS
triturée	ROTR/QUAR
triturée sale	ROTR/QUAR/SALE
triturée propre	ROTR/QUAR/PROP
Dépôt non consolidé	DEPO
Terre végétale	TERR
Remblai	REMB
Eau	EAU

Argile			ARGL
	homogène		ARGL/HOMG
	hétérogène		ARGL/HETG
	hétérogène	silteuse	ARGL/SILT
		graveleuse	ARGL/GRAV
		à blocaux	ARGL/BLOC
Silt			SILT
	homogène		SILT/HOMG
	hétérogène		SILT/HETG
	hétérogène	argileux	SILT/ARGL
		sablonneux	SILT/SABL
		graveleux	SILT/GRAV
		à blocaux	SILT/BLOC
Sable			SABL
	au grain	fin	SABL/FIN
		moyen	SABL/MOYE
		grossier	SABL/GROS
	homogène		SABL/HOMG
	homogène au grain	fin	SABL/HOMG/FIN
		moyen	SABL/HOMG/MOYE
		grossier	SABL/HOMG/GROS
	hétérogène		SABL/HETG
	hétérogène	argileux	SABL/ARGL
		silteux	SABL/SILT
		graveleux	SABL/GRAV
		à blocaux	SABL/BLOC

Gravier			GRAV
	au grain	fin	GRAV/FIN
		moyen	GRAV/MOYE
		grossier	GRAV/GROS
	homogène		GRAV/HOMG
	homogène au grain	fin	GRAV/HOMG/FIN
		moyen	GRAV/HOMG/MOYE
		grossier	GRAV/HOMG/GROS
	hétérogène		GRAV/HETG
	hétérogène	argileux	GRAV/ARGL
		silteux	GRAV/SILT
	hétérogène	sablonneux	GRAV/SABL
		à blocaux	GRAV/BLOC
Blocaux			BLOC

Un extrait de la liste des puits et forages de la M.R.C. de Montcalm est présenté ci-après à titre d'exemple.

Annexe 2

Liste condensée des puits et forages (B.D.H)

Traitement des données

ANNEXE 2

LISTE CONDENSEE DES PUITS ET FORAGES (B.D.H.)

TRAITEMENT DE DONNEES

Les informations que contient la liste des puits et forages extraite de la Banque de données hydrogéologiques du ministère de l'Environnement (plus de 2500 puits pour le territoire étudié - voir annexe 1) ont été traitées à l'aide d'un programme informatique spécialement créé pour les besoins de la présente étude[1].

Ce programme permet d'effectuer les opérations suivantes (voir exemples ci-après):

- Sélection des puits en fonction des coordonnées géographiques (système TUM) (exemple 2.1).

- Sélection des puits en fonction de la stratigraphie des matériaux géologiques recoupés (exemple 2.2).

- Sélection des puits en fonction de l'épaisseur des matériaux géologiques recoupés (exemple 2.3).

- Calcul de l'épaisseur de la couverture quaternaire comprise entre la surface du sol et la base de l'horizon d'argile, lorsque présent.

---

(1) Collaboration de M. Alain Hogue, spécialiste en informatique.

La valeur calculée correspond à la profondeur du toit de l'aquifère captif (TOIT)[1] (exemple 2.1).

- Calcul de la transmissivité (TRANSM) du milieu aquifère (aquifères captifs seulement) à partir de l'équation suivante (exemple 2.1.):

  $T = Q/s \times \log r_o/r_w \times 1/2{,}73$

  où

  T = transmissivité

  Q = débit pompé

  s = (niveau statique) - (niveau dynamique)

  $\log r_o/r_w$ = 2,8 (rapport moyen entre le rayon d'un puits (r_w) et son rayon d'action (r_o) - aquifère captif, régime permanent)

- Calcul de la conductivité hydraulique du milieu aquifère (PERMEA) (aquifères captifs seulement à partir de l'équation suivante (exemple 2.1)

  K = T/b où

  K = conductivité hydraulique

  T = transmissivité

  b = épaisseur saturée de l'aquifère fixé arbitrairement à 3 m (peut être modifiée au besoin).

---

(1) Fait référence au titre de la colonne sous laquelle ces valeurs sont retrouvées - voir exemple annexe 2.1.

- Calcul des moyennes arithmétiques et des écarts-types (exemples 2.1 et 2.2):

  niveau statique (pieds)

  niveau dynamique (pieds)

  débit (gipm)

  profondeur du toit de l'aquifère (aquifère captif) (pieds)

  transmissivité ($m^2/s \times 10^{-4}$)

  conductivité hydraulique ($m/s \times 10^{-4}$)

  épaisseur des matériaux géologiques (pieds)

Extrait de la liste des puits et forages de la M.R.C. de Montcalm

BRGM-80-5931 — LISTE CONDENSEE DES PUITS ET FORAGES (LES INFORMATIONS SONT DONNEES SELON LE SYSTEME ANGLAIS) — 88/02/29 P. 1 BB1

PUIT AN-PRO-DOSS	ZONE	U T M X	Y	CARTE TOPO	AN MIS	PER MET	DIA STAT	NIVEAU	DYN	DEBIT	QUALITE D/S/F/O/S	PROF	COUPES GEOLOGIQUES EP MATERIAU	EP MATERIAU	EP MATERIAU
81-100-09069	18	604.9	5089.5	31H13	78	260	6	6.0	74.0	15	0 0 0 0 0	74	22ARGL	35ABL/BLOC	49ROCH
81-100-09109	18	605.6	5089.1	31H13	81	156	6	-	-	25	1 - - - -	40	20ARGL	20ROTR	
81-100-09234	18	603.6	5090.2	31H13	80	260	6	16.0	45.0	30	- - - - -	45	29TERR	16ROCH	
81-100-09235	18	606.1	5086.6	31H13	80	260	6	4.0	25.0	20	- - - - -	25	15ARGL	10ROCH	
81-100-09236	18	609.8	5086.9	31H13	80	260	6	7.0	42.0	12	0 0 0 0 0	42	40ARGL	2GRAV	
81-100-09259	18	603.5	5089.6	31H13	80	156	6	-	-	25	0 - - - -	40	20SABL/BLOC	20ROCH	
81-100-09278	18	605.7	5089.2	31H13	80	156	6	-	-	25	0 - - - -	30	20ARGL	10ROTR	
81-100-09282	18	603.4	5090.0	31H13	80	156	6	-	-	G7	0 - - - -	25	23ARGL	2ROCH	
81-100-09312	18	606.9	5088.0	31H13	79	394	6	31.0	85.0	5	0 0 0 0 0	85	9TERR	76ROCH	
81-100-09318	18	605.9	5089.1	31H13	78	156	6	-	-	13	0 - - - -	140	21ARGL/BLOC	119SCHS	
81-100-09327	18	606.5	5088.3	31H13	78	156	6	-	-	17	- - - - -	60	19ARGL/BLOC	41SCHS	
81-100-09329	18	606.6	5088.1	31H13	79	394	6	12.0	65.0	5	0 0 0 0 0	65	9TERR	56ROCH	
81-100-09332	18	605.8	5088.1	31H13	79	113	2	4.0	20.0	17	0 0 0 0 0	65	14ARGL	51ROCH	
81-100-09349	18	605.4	5089.4	31H13	80	207	6	4.0	55.0	7	- - - - -	80	10ARGL	70ROCH	
81-100-09357	18	609.4	5085.8	31H13	80	258	6	7.0	30.0	13	0 0 0 0 0	85	5TERR 11ROCH	40ARGL	29ARGL/BLOC
81-100-09360	18	606.1	5086.6	31H13	79	156	6	-	-	25	- - - - -	60	42TERR	AVBLOC	18ROCH
81-100-09365	18	602.5	5089.3	31H13	79	156	6	10.0	12.0	6	0 - - - -	60	20SABL/BLOC	40ROCH	
81-100-09366	18	602.8	5088.5	31H13	79	156	6	18.0	22.0	4	0 - - - -	60	18SABL/BLOC	42ROCH	
81-100-09368	18	609.0	5085.9	31H13	79	258	6	6.0	23.0	20	0 0 0 0 0	125	7TERR 19ROCH	10ARGL	89GRAV
81-100-09385	18	608.4	5086.5	31H13	80	207	6	10.0	105.0	1	- - - - -	105	2ARGL	AV5ABL/BLOC	103ROCH
84-100-03222	18	G11.3	5086.6	31H13	82	207	6	28.0	30.0	13	0 0 0 0 0	55	5SABL	14ARGL	36ROCH
84-100-06253	18	G01.5	5090.2	31H13	82	156	6	-	-	10	0 - - - -	60	38ARGL	22ROCH	
84-100-06256	18	606.4	5088.5	31H13	81	156	6	-	-	50	0 - - - -	40	18ARGL	22ROCH	
84-100-06274	18	601.4	5090.9	31H13	81	156	6	-	-	25	0 - - - -	60	48ARGL	12ROCH	
84-100-06288	18	603.7	5089.3	31H13	81	260	6	21.0	64.0	10	0 0 0 0 0	64	40ARGL	24ROCH	
84-100-06290	18	602.8	5090.3	31H13	81	260	6	2.0	43.0	30	0 0 0 0 0	43	24BLOC	AVGRAV	19ROCH
84-100-06291	18	604.5	5088.7	31H13	81	260	6	6.0	35.0	5	0 0 0 0 0	35	8TERR	27ROCH	
84-100-06311	18	614.1	5083.9	31H13	82	156	6	-	-	25	0 - - - -	45	42ARGL	3ROCH	
84-100-06385	18	605.4	5089.6	31H13	82	113	2	6.0	20.0	5	0 0 0 1 0	103	30ARGL 41ROCH	32BLOC	AVGRAV
84-100-06387	18	G05.1	5087.5	31H13	82	113	2	11.0	20.0	7	0 0 0 0 0	51	11BLOC	AV5ABL	40CALC
84-100-06404	18	G01.1	5090.0	31H13	83	156	6	-	-	50	0 - - - -	60	43ARGL	17ROCH	
84-100-06408	18	606.1	5090.4	31H13	83	156	6	-	-	17	0 - - - -	50	43ARGL	7ROCH	
85-100-02601	18	608.7	5086.0	31H13	84	151	6	28.0	80.0	4	- - - - -	94	8TERR 73ROCH	9ARGL	4ARGL/BLOC
86-100-02241	18	603.2	5092.8	31H13	85	156	6	-	-	8	- - - - -	60	23SABL	37ROCH	
COMTE : 61 MONTCALM										MUNICIPALITE : 09 SAINT-ALEXIS					
81-100-06557	18	603.4	5087.3	31H13	79	258	6	4.0	30.0	13	0 0 0 0 0	53	5DEPO	9ARGL	39ROCH

18/05/90 LISTE DES PUITS ET FORAGES

PUITS AN-PRO-DOSS	U X	T Y	M	DI AM	PRO FON	NIVEAU STAT	NIVEAU DYN	DE BIT	AQUIFERE CONFINEE TOIT	TRANSM	PERMEA	COUPES GEOLOGIQUES EP	MATERIAUX	EP	MATERIAUX	EP	MATERIAUX
78-100-25831	607.7	5073.8	6	121	0.0	0.0	2	70	-	-		69	SABL	1	ARGL	51	BLOC
81-100-06352	608.0	5074.0	6	95	30.0	80.0	13	82	0.67	0.22		10	SABL	72	ARGL	13	ROCH
81-100-06354	607.7	5073.8	6	103	30.0	80.0	5	82	0.26	0.09		10	SABL	72	ARGL	21	ROCH
81-100-06403	608.3	5073.9	6	105	30.0	60.0	17	84	1.45	0.48		10	SABL	74	ARGL	21	ROCH
81-100-06422	608.0	5073.9	6	95	50.0	70.0	13	93	1.66	0.55		10	SABL	83	ARGL	2	ROCH
81-100-05429	607.6	5073.5	6	150	20.0	150.0	2	89	0.04	0.01		10	SABL	79	ARGL	61	ROCH
81-100-06591	608.0	5073.9	6	77	30.0	50.0	5	45	0.64	0.21		5 2	SABL ROCH	40	ARGL	30	ARGL/BLOC
81-100-06592	608.3	5074.0	6	160	30.0	50.0	1	70	0.13	0.04		10 76	SABL ROCH	60	ARGL	14	ARGL/BLOC
81-100-06615	607.8	5073.8	6	70	30.0	60.0	8	50	0.68	0.23		8 4	SABL ROCH	42	ARGL	16	ARGL/BLOC
81-100-06616	607.9	5073.7	6	80	30.0	60.0	13	60	1.11	0.37		8 3	SABL ROCH	52	ARGL	17	ARGL/BLOC
82-100-09175	607.8	5073.9	6	85	30.0	50.0	5	60	0.64	0.21		10 9	SABL ROCH	50	ARGL	16	ARGL/MET6
84-100-06244	607.9	5073.8	6	100	30.0	100.0	17	82	0.62	0.21		18	SABL	64	ARGL	18	ROCH
85-100-02790	607.9	5073.8	6	84	23.0	70.0	13	68	0.71	0.24		16 5	SABL ROCH	52	ARGL	11	ARGL/BLOC
MOYENNE:						30.3	73.3	9	72	0.72	0.24						
ECART TYPE:						7.1	28.4	6	15	0.49	0.16						

NOMBRES DE PUITS 13

UTM X		UTM Y	
DE	A	DE	A
607.5	608.5	5073.5	5074.5

Exemple 2.1: **Sélection en fonction des coordonnées géographiques**

19/05/90 LISTE DES PUITS ET FORAGES

PUITS AN-PRO-DOSS	U X	T Y	M AM	DI	PRO FON	NIVEAU STAT	NIVEAU DYN	DE BIT	AQUIFERE CONFINEE TOIT	TRANSM	PERMEA	COUPES GEOLOGIQUES EP	MATERIAUX	EP	MATERIAUX	EP	MATERIAUX
81-100-06352	608.0	5074.0	6		95	30.0	80.0	13	82	0.67	0.22	10	SABL	72	ARGL	13	ROCH
81-100-06354	607.7	5073.8	6		103	30.0	90.0	5	82	0.26	0.09	10	SABL	72	ARGL	21	ROCH
81-100-06403	608.3	5073.9	6		105	30.0	60.0	17	84	1.45	0.48	10	SABL	74	ARGL	21	ROCH
81-100-06422	608.0	5073.9	6		95	50.0	70.0	13	93	1.66	0.55	10	SABL	83	ARGL	2	ROCH
81-100-06429	607.6	5073.5	6		150	20.0	150.0	2	89	0.04	0.01	10	SABL	79	ARGL	61	ROCH
84-100-06244	607.9	5073.8	6		100	30.0	100.0	17	82	0.62	0.21	18	SABL	64	ARGL	18	ROCH
MOYENNE:						31.7	90.0	11	85	0.78	0.26						
ECART TYPE:						9.8	32.2	6	5	0.64	0.21						

NOMBRES DE PUITS 6

COUPES GEOLOGIQUES	MIN	MAX	MOYENNE	ECART TYPE
SABL	-	-	11.3	3.3
ARGL	-	-	74.0	6.5
ROCH	-	-	22.7	20.1

Exemple 2.2: **Sélection en fonction de la stratigraphie**

18/05/90 L I S T E D E S P U I T S E T F O R A G E S

PUITS AN-PRO-DOSS	U X	T Y	M AM	DI PRO	NIVEAU STAT	NIVEAU DYN	DE BIT	AQUIFERE CONFINEE TOIT	TRANSM	PERMEA	COUPES GEOLOGIQUES EP	MATERIAUX	EP	MATERIAUX	EP	MATERIAUX
81-100-06352	608.0	5074.0	6	95	30.0	80.0	13	82	0.67	0.22	10	SABL	72	ARGL	13	ROCH
81-100-06354	607.7	5073.8	6	103	30.0	80.0	5	82	0.26	0.09	10	SABL	72	ARGL	21	ROCH
81-100-06403	608.3	5073.9	6	105	30.0	60.0	17	84	1.45	0.48	10	SABL	74	ARGL	21	ROCH
MOYENNE:					30.0	73.3	12	83	0.79	0.26						
ECART TYPE:					0.0	11.5	6	1	0.60	0.20						

NOMBRES DE PUITS 3

COUPES GEOLOGIQUES	MIN	MAX	MOYENNE	ECART TYPE
SABL	10	15	10.0	0.0
ARGL	70	75	72.7	1.2
ROCH	-	-	18.3	4.6

Exemple 2.3: **Sélection en fonction de l'épaisseur des matériaux géologiques**

Annexe 3

Sondages stratigraphiques

Sondage no	Date	TUM X	TUM Y	Carte Topo.	Epaisseur et description des matériaux (pieds)
M1	88-06-28	608,35	5091,33	31H13	1 Terre végétale / 2 Argile silteuse / 3 Silt sablonneux / 3 Silt sablonneux avec sable fin / 3 Silt sablonneux avec cailloux par endroit / 3 Silt sablonneux
M2	88-06-28	611,12	5091,08	31H13	3 Till sablonneux avec cailloux et blocaux / Roc
M3	88-06-28	610,92	5091,28	31H13	3 Sable avec trace de gravier et de silt / 2 Sable silteux et argileux / 1 Argile silteuse / Roc ou blocaux
M4	88-06-28	609,43	5092,83	31H13	3 Silt argileux avec trace de sable / 2 Silt argileux / 1 Argile plastique / 3 Argile plastique (passage d'argile brune à argile grise) / 2 Argile avec cailloux / Blocaux ou roc
M5	88-06-29	610,05	5095,15	31H04	4 Sable fin avec trace de silt / 2 Silt argileux à argile silteuse / 3 Argile silteuse saturée à partir de 8.5 pieds / 6 Argile silteuse /
M6	88-06-29	613,56	5093,40	31H13	4 Sable fin / 11 Sable moyen à fin avec lits contenant gravier et lits silteux
M7	88-06-29	608,11	5093,49	31H13	3 Silt argileux avec trace de sable / 4 Silt argilo-sableux, blocaux et cailloux / Bloc ou roc
M8	88-06-29	605,55	5095,40	31I04	4 Silt argileux avec trace de sable / 3 Argile silteuse avec trace de matière organique plastique / 2 Argile avec trace de silt saturée à partir de 7.5 pieds / 12 Argile saturée
M9	88-06-29	604,53	5090,11	31H13	4.5 Sable fin argileux / 10.5 Silt sablonneux saturé avec trace d'argile
M10	88-07-05	601,30	5093,30	31H13	3 Sable moyen / 10 Sable moyen à grossier avec trace de gravier

Annexe 3: Sondages stratigraphiques (1 de 5)

Sondage no	Date	TUM X	TUM Y	Carte Topo.	Epaisseur et description des matériaux (pieds)
M11	88-07-06	606,52	5088,30	31H13	5 Argile silteuse avec trace de sable / 4 Argile sablonneuse silteuse et cailloux devenant plus sablonneuse vers le bas / Blocaux ou roc
M12	88-07-06	608,51	5088,55	31H13	3 Till sablonneux et silteux avec cailloux et blocaux / Blocaux ou roc
M13	88-07-06	606,22	5093,32	31H13	2 Sable silteux avec trace d'argile / 2 Argile sablonneuse et silteuse / 5 Argile plastique saturée à partir de 7 pieds
M14	88-07-06	605,35	5083,50	31H13	2.5 Argile très compacte un peu silteuse / .5 Argile et cailloux / Blocaux
M15	88-07-06	607,72	5083,89	31H13	3 Argile silteuse / 6 Argile plastique
M16	88-07-06	603,32	5086,22	31H13	2 Till sablonneux et silteux avec trace d'argile et cailloux / 5.5 Till sablonneux (sable silteux et cailloux, blocaux) / Blocaux ou roc
M17	88-07-07	602,20	5087,05	31H13	4 Silt argileux et sablonneux (sable fin) saturé à partir de 2 pieds / 2 Silt argileux et sablonneux avec cailloux / 4 Blocaux, cailloux, silt argileux et sable
M18	88-07-07	600,80	5087,65	31H13	3 Sable très fin avec gravier / 3 Sable fin silteux (saturé) / 6 Silt argileux et très peu sablonneux passant à argile silteuse
M19	88-07-07	599,60	5095,70	31I04	3 Sable moyen à fin un peu silteux (saturé à partir de 2 pieds) / 9 Sable fin à moyen silteux, gravier beaucoup de cailloux et blocaux
M20	88-07-07	598,40	5084,75	31H13	2 Silt argileux avec trace de sable / 2 Sable fin silteux avec trace d'argile / Blocaux

Annexe 3: Sondages stratigraphiques (2 de 5)

Sondage no	Date	TUM X	TUM Y	Carte Topo.	Epaisseur et description des matériaux (pieds)
M21	88-07-07	597,40	5086,45	31H13	2 Sable fin à très fin / 5 Sable fin à très fin saturé / 4 Sable fin à très fin avec débris de coquillage / Blocaux ou roc
M22	88-07-11	617,95	5087,25	31H14	2 Sable fin à très fin jaune / 2 Sable fin à très fin brun / 8 Sable gris fin à très fin saturé passant progressivement à un silt / 3 Argile grise bleue plastique avec trace de sable
M23	88-07-11	614,40	5083,40	31H13	5 Sable jaune fin à très fin (saturé à 4 pieds) / 2 Sable fin à très fin/ 2 Sable brun fin à très fin avec trace de silt / 2 Sable gris très fin argileux / 5 Argile grise bleue avec trace de sable
M24	88-07-11	608,43	5080,90	31H13	4 Argile silteuse / .5 Bloc et cailloux / 4.5 Argile silteuse avec cailloux et blocaux
M25	88-07-12	608,90	5079,70	31H13	3 Argile silteuse avec cailloux et blocaux
M26	99-07-12	610,00	5078,50	31H13	1 Sable fin silteux / 3 Argile silteuse plastique sèche avec trace de sable / Blocaux
M27	88-07-12	609,20	5076,55	31H13	2 Sable jaune fin à très fin / 2 Sable brun fin à très fin / 6 Sable gris très fin / 5 Argile bleu gris molle
M28	88-07-12	605,95	5075,70	31H13	3 Argile silteuse avec trace de sable (sèche) compacte avec cailloux / Blocaux
M29	88-07-12	602,25	5073,95	31H13	1 Sable silteux avec matière organique / 3 Sable brun fin à très fin / 3 Sable gris fin à très fin saturé à 4 pieds / 5 Argile bleu gris molle

Annexe 3: Sondages stratigraphiques (3 de 5)

Sondage no	Date	TUM X	TUM Y	Carte Topo.	Epaisseur et description des matériaux (pieds)
M30	88-07-12	604,55	5079,20	31H13	3 Silt sablonneux avec trace d'argile / 3 Sable brun très fin sec avec trace d'argile / 3 Sable brun très fin argileux / 6 Sable très fin argileux saturé à partir de 9 pieds / 3 Argile brune sablonneuse
M31	88-07-12	598,50	5079,10	31H13	1 Sable jaune très fin / 2 Sable fin argileux / 3 Argile brune plastique
M32	88-07-12	Lit de la rivière (pelle)			Sable fin gris argileux
M33	88-07-12	597,75	5081,10	31H13	6 Sable très fin brun argileux avec cailloux et blocaux
M34	88-07-13	589,65	5091,00	31H13	1.5 Sable brun très avec trace d'argile / 1.5 Argile brune sablonneuse (sèche) / 4.5 Argile brune sablonneuse saturée / Bloc ou roc
M35	88-07-13	589,65	5092,30	31H13	6 Sable fin à très fin humide / 11 Sable fin à très fin saturé / 6 Sable fin à très fin saturé avec cailloux / Blocaux ou roc
M36	88-07-13	589,55	5088,95	31H13	9 Sable fin à très fin / 9 Sable fin silteux / 6 Argile bleue molle saturée à 23 pieds
M37	88-07-13	590,50	5085,50	31H13	1.5 Sable fin / 1.5 Silt organique / 3 Sable moyen et gravier / 4.5 Gravier / Roc ou blocaux
M38	88-07-13	603,35	5082,10	31H13	7 Argile molle saturée à partir de 5 pieds / 2 Argile molle
M39	88-07-15	509,55	5091,20	31H13	2 Sable très fin sec / 10 Sable très fin silteux passant progressivement à un sable très fin silteux et argileux, saturé à partir de 2 pieds
M40	88-07-15	599,00	5091,30	31H13	4.5 Sable fin à très fin avec gravier / 1.5 Sable très fin légèrement silteux avec gravier / 4.5 Sable très fin argileux / Blocaux ou roc

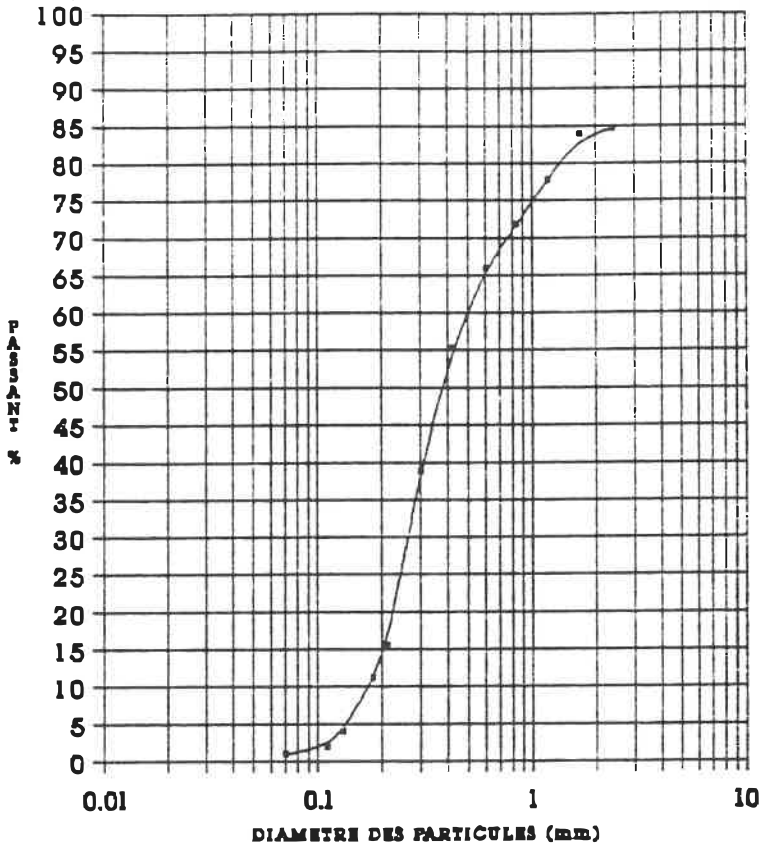
Sondage no	Date	TUM X	TUM Y	Carte Topo.	Epaisseur et description des matériaux (pieds)
1	88-07-07	601,60	5092,80	31H13	20 Sable fin à moyen avec lits de graviers
2	88-07-07	599,00	5091,20	31H13	1 Sable fin à très fin
3	88-07-07	597,40	5086,60	31H13	6 Gravier avec sable fin
3A	88-07-07	597,40	5086,60	31H13	3 Sable fin à très fin
5	88-07-11	614,50	5087,60	31H14	50 Sable fin avec par endroits lentilles d'argile
6	88-07-11	581,10	5076,90	31H13	15 Sable fin / argile grise
7	88-07-12	594,70	5078,20	31H13	10 Sable fin
77		609,80	5076,40	31H13	8 Sable et silt
MTQ-1		608,15	5078,43		12 Sable avec traces de silt / 9 argile
MTQ-5		614,70	5093,50		26 Sable silteux

Annexe 3: Sondages stratigraphiques (5 de 5)

Annexe 4

Analyses granulométriques

tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	69.5	69.5	84.51	2.38	1.19
10	1.68	3.5	73	83.73	2.23	2.03
16	1.18	26.9	99.9	77.73	2.07	1.43
20	0.84	26.7	126.6	71.78	1.92	1.01
30	0.60	26.5	153.1	65.87	1.77	0.72
40	0.42	47.7	200.8	55.24	1.62	0.51
50	0.30	74	274.8	38.74	1.47	0.36
70	0.21	104	378.8	15.56	1.32	0.25
80	0.18	19.9	398.7	11.12	1.26	0.20
120	0.13	32.1	430.8	3.97	1.10	0.15
140	0.11	9.3	440.1	1.89	1.03	0.12
200	0.07	4.3	444.4	0.94	0.85	0.09
pan		4.2	448.6	0.00		0.04

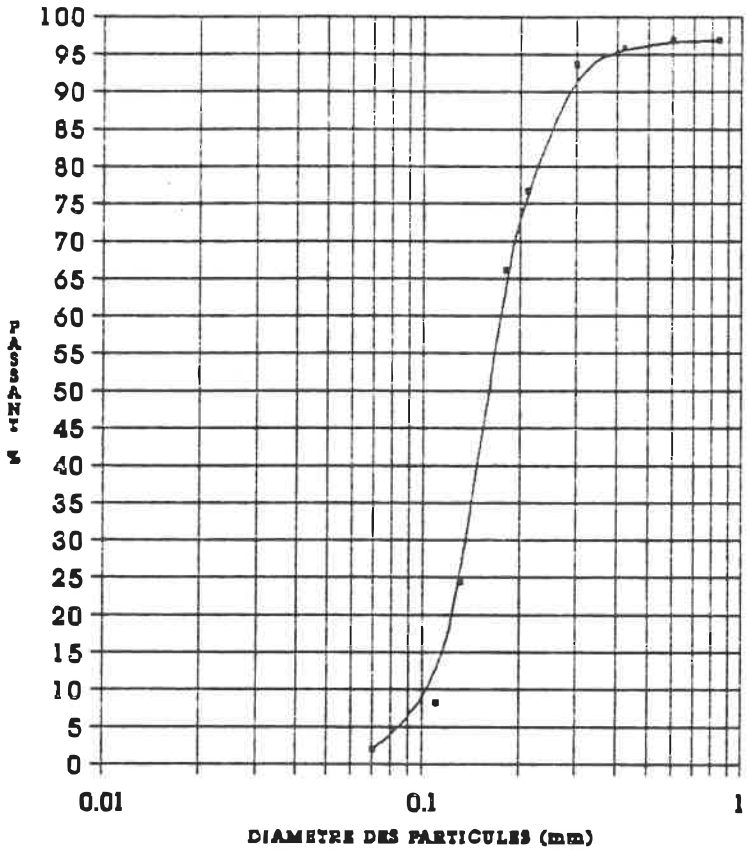


X: 601.6
Y: 6092.80
PROFONDEUR (m): -

D10: 0.17 mm
D60/D10: 2.2
D10/D6: 1.3

COURBE GRANULOMéTRIQUE - *Echantillon:* 1

tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0	0	100.00	2.38	1.19
10	1.68	0	0	100.00	2.23	2.03
16	1.18	0	0	100.00	2.07	1.43
20	0.84	16.2	16.2	96.76	1.92	1.01
30	0.60	0	16.2	96.76	1.77	0.72
40	0.42	4.9	21.1	95.79	1.62	0.51
50	0.30	10.8	31.9	93.63	1.47	0.36
70	0.21	84.1	116	76.83	1.32	0.25
80	0.18	53.8	169.8	66.09	1.26	0.20
120	0.13	209	378.8	24.35	1.10	0.15
140	0.11	81.1	459.9	8.15	1.03	0.12
200	0.07	31.1	491	1.94	0.85	0.09
pan		9.7	500.7	0.00		0.04

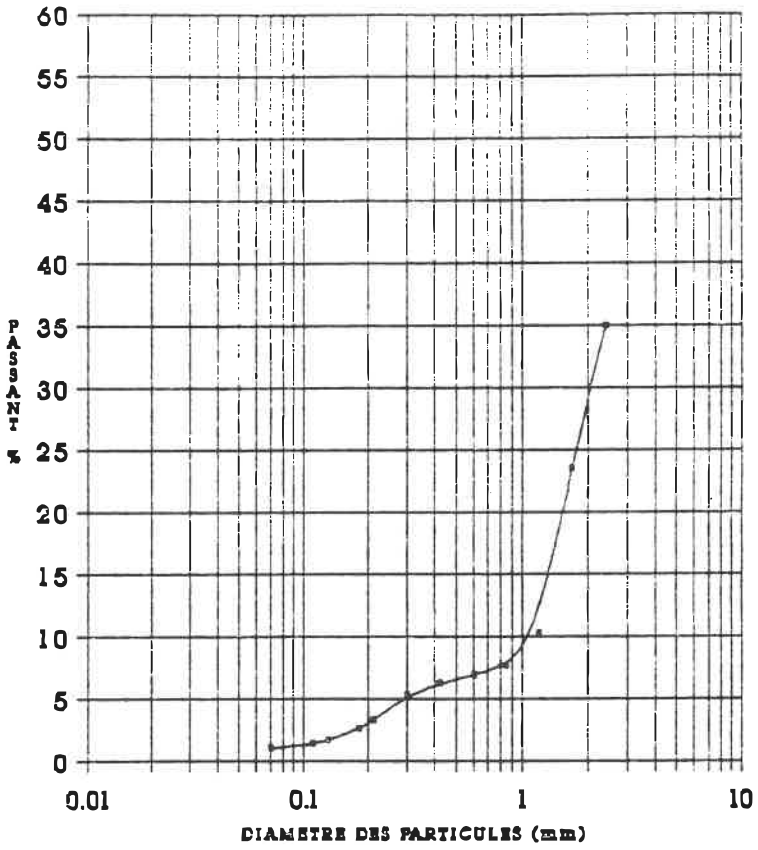


X: 599.0
Y: 5091.2
PROFONDEUR (m): 0-.80

D10: 0.10 mm
D60/D10: 1.6
D10/D5: 1.2

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillon:* 2

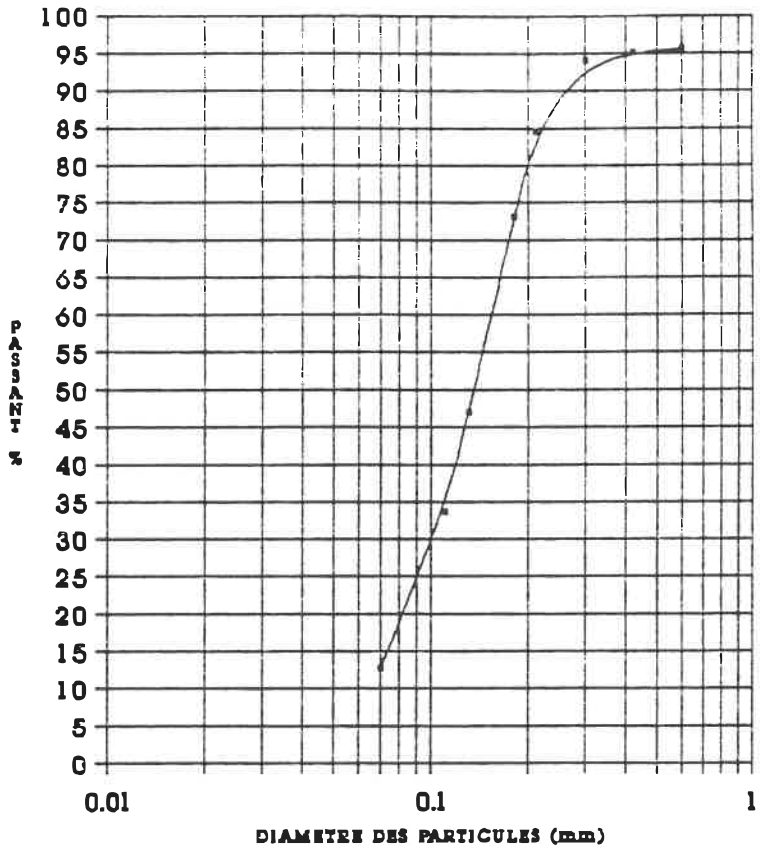
tamis	mm	poids retenu par tamis g	cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	638.2	638.2	34.93	2.38	1.19
10	1.68	112	750.2	23.51	2.23	2.03
16	1.18	130.3	880.5	10.23	2.07	1.43
20	0.84	25.3	905.8	7.65	1.92	1.01
30	0.60	6.9	912.7	6.94	1.77	0.72
40	0.42	6.9	919.6	6.24	1.62	0.51
50	0.30	9.2	928.8	5.30	1.47	0.36
70	0.21	19.8	948.6	3.28	1.32	0.25
80	0.18	6.9	955.5	2.58	1.26	0.20
120	0.13	8.9	964.4	1.67	1.10	0.15
140	0.11	3.2	967.6	1.35	1.03	0.12
200	0.07	3.4	971	1.00	0.85	0.09
pan		9.8	980.8	0.00		0.04



X: 597.40 D10: 1.0 mm
Y: 5086.6 D60/D10: -
PROFONDEUR (m): 0-2 D10/D6: 3.3

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillon:* 3

tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0	0	100.00	2.38	1.19
10	1.68	0	0	100.00	2.23	2.03
16	1.18	0	0	100.00	2.07	1.43
20	0.84	0	0	100.00	1.92	1.01
30	0.60	22.1	22.1	95.58	1.77	0.72
40	0.42	2.5	24.6	95.08	1.62	0.51
50	0.30	5.6	30.2	93.96	1.47	0.36
70	0.21	47.4	77.6	84.48	1.32	0.25
80	0.18	57	134.6	73.07	1.26	0.20
120	0.13	131	265.6	46.87	1.10	0.15
140	0.11	66.2	331.8	33.63	1.03	0.12
200	0.07	104.4	436.2	12.74	0.85	0.09
pan		63.7	499.9	0.00		0.04

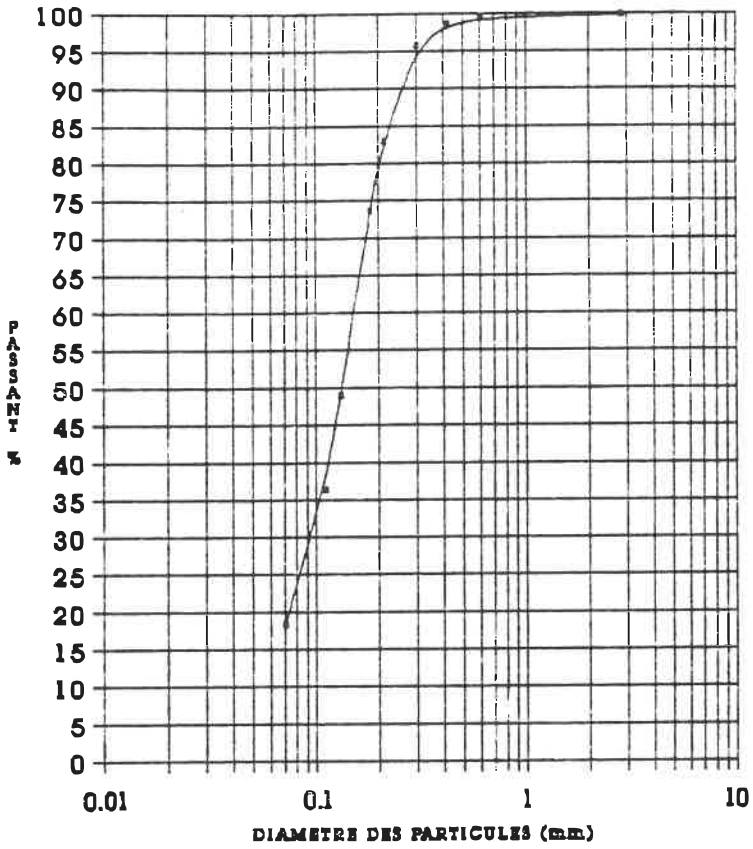


X: 697.40
Y: 6086.6
PROFONDEUR (m): 3-4

D10: 0.065 mm
D60/D10: 2.0
D10/D5: 1.1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE – *Echantillons* 3A

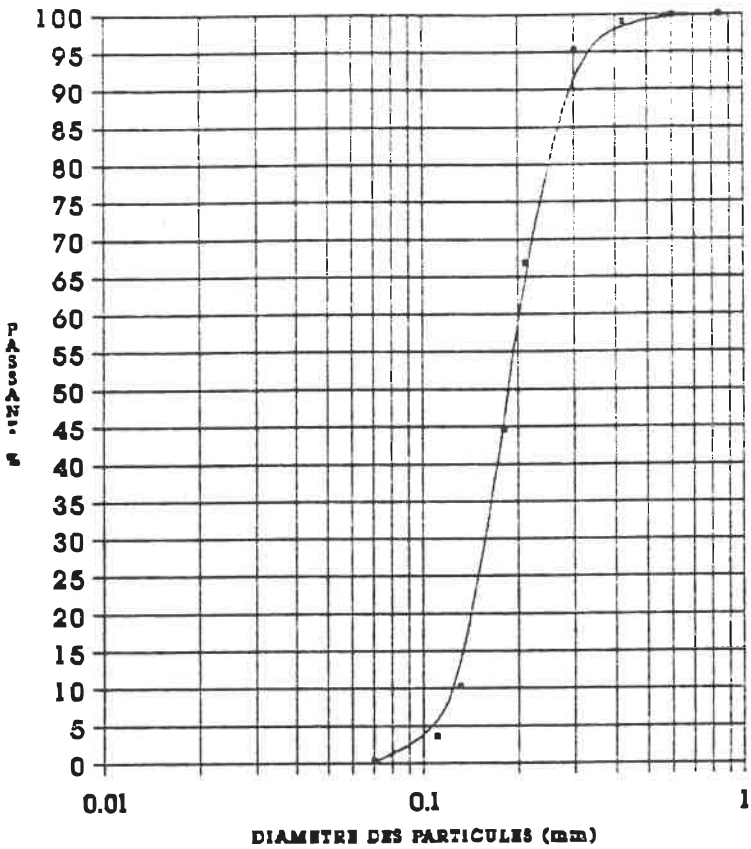
tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0	0	100.00	2.38	1.19
10	1.68	0	0	100.00	2.23	2.03
16	1.18	0	0	100.00	2.07	1.43
20	0.84	2	2	99.79	1.92	1.01
30	0.60	3.4	5.4	99.45	1.77	0.72
40	0.42	8.4	13.8	98.58	1.62	0.51
50	0.30	28.6	42.4	95.64	1.47	0.36
70	0.21	124.5	166.9	82.85	1.32	0.25
80	0.18	91	257.9	73.50	1.26	0.20
120	0.13	239.9	497.8	48.85	1.10	0.15
140	0.11	122.1	619.9	36.31	1.03	0.12
200	0.07	174.9	794.8	18.34	0.85	0.09
pan		178.5	973.3	0.00		0.04



X: 614.5 D10: 0.06 mm
Y: 5087.6 D60/D10: 2.3
PROFONDEUR (m): 0-20 D10/D5: 1.1

COURBE GRANULOMéTRIQUE - *Echantillons* 5

tamis	mm	poids retenu par tamis g	cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0	0	100.00	2.38	1.19
10	1.68	0	0	100.00	2.23	2.03
16	1.18	0	0	100.00	2.07	1.43
20	0.84	0.4	0.4	99.92	1.92	1.01
30	0.60	0.5	0.9	99.82	1.77	0.72
40	0.42	4.1	5	98.99	1.62	0.51
50	0.30	19	24	95.17	1.47	0.36
70	0.21	140.9	164.9	66.81	1.32	0.25
80	0.18	110.7	275.6	44.54	1.26	0.20
120	0.13	170.2	445.8	10.28	1.10	0.15
140	0.11	33.7	479.5	3.50	1.03	0.12
200	0.07	16.3	495.8	0.22	0.85	0.09
pan		1.1	496.9	0.00		0.04

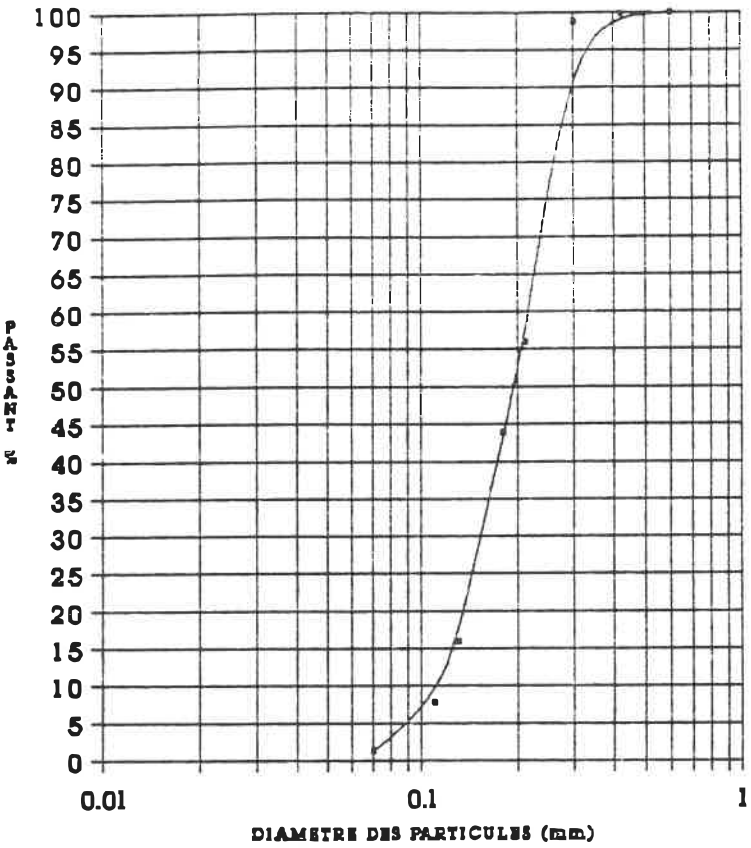


X: 631.1
Y: 6076.9
PROFONDEUR (m): 2.8

D10: 0.12 mm
D60/D10: 1.7
D10/D5: 1.2

COURBE GRANULOMÉTRIQUE – *Echantillon:* 6

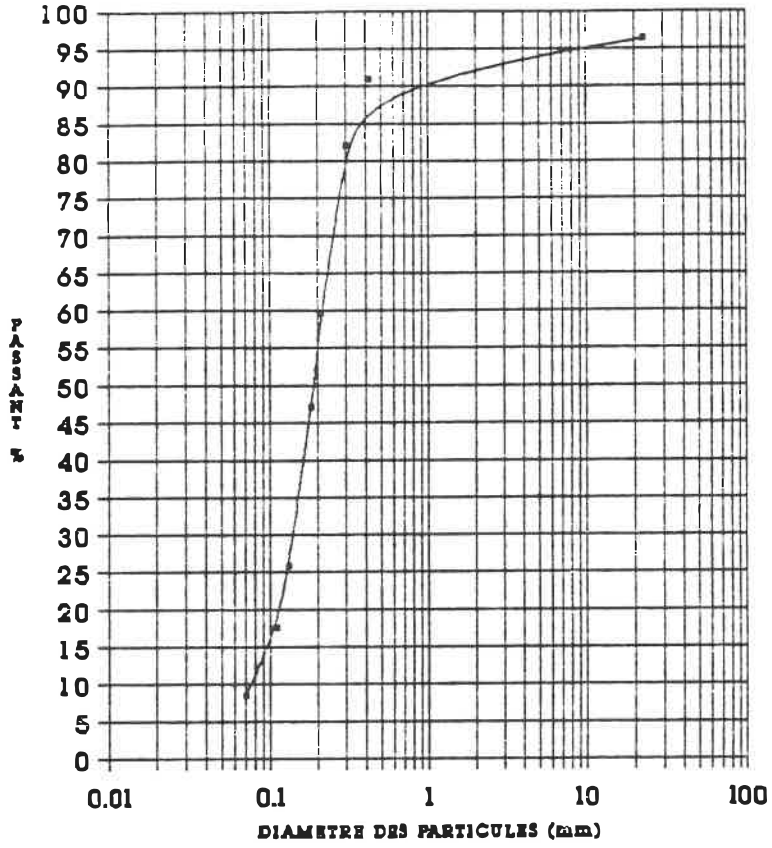
tamis	mm	poids retenu par tamis g	cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0	0	100.00	2.38	1.19
10	1.68	0	0	100.00	2.23	2.03
16	1.18	0	0	100.00	2.07	1.43
20	0.84	0	0	100.00	1.92	1.01
30	0.60	0.5	0.5	99.91	1.77	0.72
40	0.42	1.3	1.8	99.66	1.62	0.51
50	0.30	5.5	7.3	98.62	1.47	0.36
70	0.21	226	233.3	55.90	1.32	0.25
80	0.18	63.9	297.2	43.82	1.26	0.20
120	0.13	147.6	444.8	15.92	1.10	0.15
140	0.11	43.9	488.7	7.62	1.03	0.12
200	0.07	34	522.7	1.19	0.85	0.09
pan		6.3	529	0.00		0.04



X: 694.7 D10: 0.11 mm
Y: 6078.2 D60/D10: 1.9
PROFONDEUR (m): 3 D10/D5: 1.2

COURBE GRANULOMETRIQUE - *Echantillon: 7*

tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0	0	100.00	2.38	1.19
10	1.68	0	0	100.00	2.23	2.03
16	1.18	0	0	100.00	2.07	1.43
20	0.84	0	0	100.00	1.92	1.01
30	0.60	18.6	18.6	96.28	1.77	0.72
40	0.42	27.5	46.1	90.77	1.62	0.51
50	0.30	43.7	89.8	82.02	1.47	0.36
70	0.21	111.8	201.6	59.63	1.32	0.25
80	0.18	62.9	264.5	47.04	1.26	0.20
120	0.13	106.1	370.6	25.79	1.10	0.15
140	0.11	41.6	412.2	17.46	1.03	0.12
200	0.07	44.9	457.1	8.47	0.85	0.09
pan		42.3	499.4	0.00		0.04

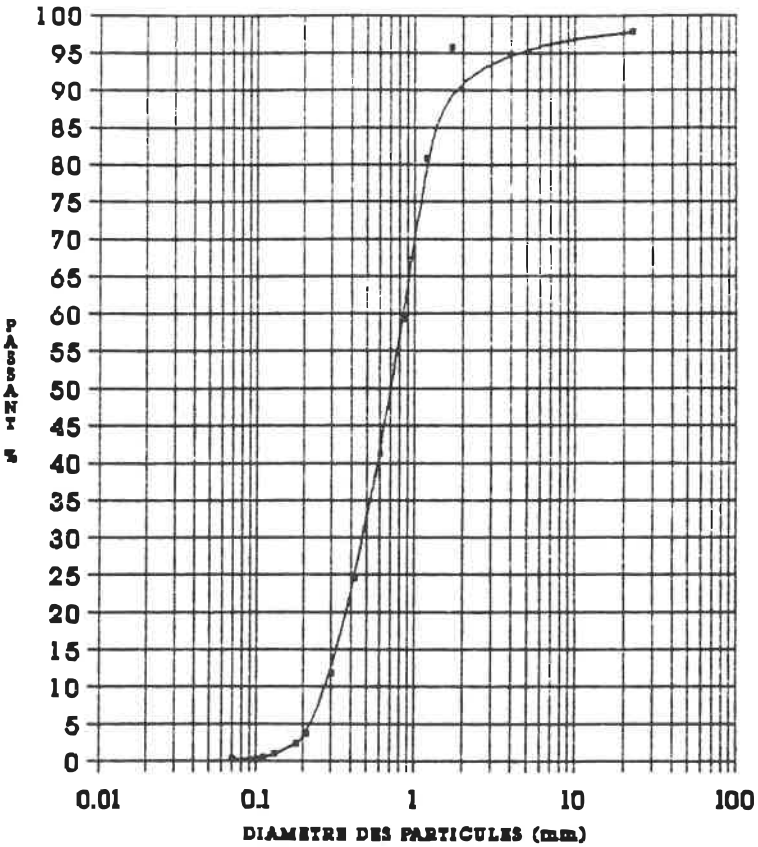


X: 613.56
Y: 6093.40
PROFONDEUR (m): 2.1

D10: .075 mm
D60/D10: 2.7
D10/D5: 1.3

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillon:* M6

tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	21.6	21.6	97.80	2.38	1.19
10	1.68	20.4	42	95.71	2.23	2.03
16	1.18	146.9	188.9	80.72	2.07	1.43
20	0.84	210.7	399.6	59.22	1.92	1.01
30	0.60	177	576.6	41.16	1.77	0.72
40	0.42	162.5	739.1	24.58	1.62	0.51
50	0.30	125.6	864.7	11.77	1.47	0.36
70	0.21	80.3	945	3.57	1.32	0.25
80	0.18	12.6	957.6	2.29	1.26	0.20
120	0.13	13.9	971.5	0.87	1.10	0.15
140	0.11	4.1	975.6	0.45	1.03	0.12
200	0.07	2.6	978.2	0.18	0.85	0.09
pan		1.8	980	0.00		0.04

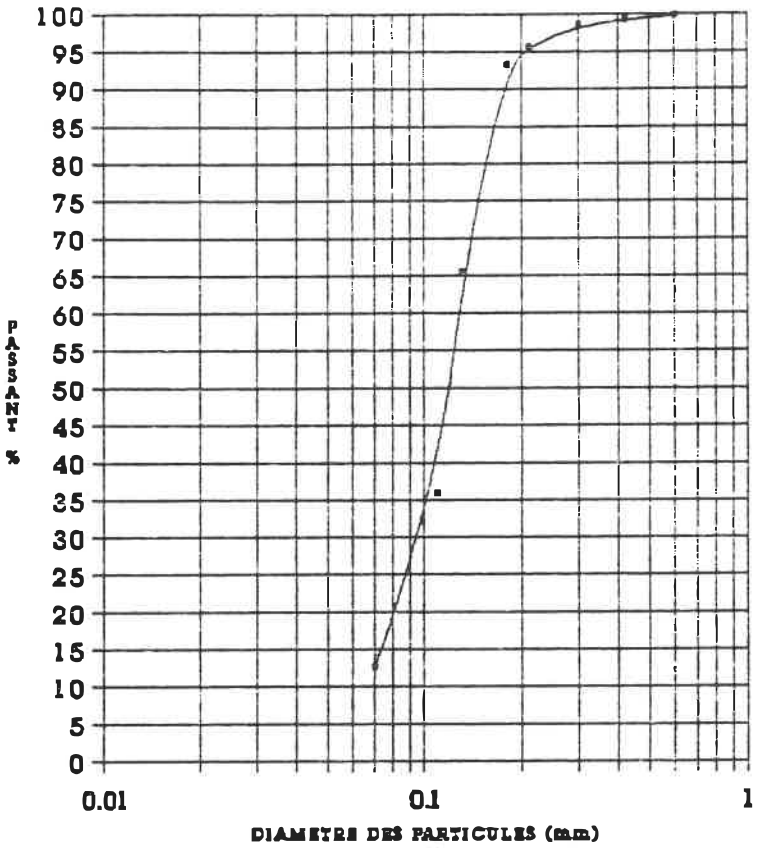


X: 601.80
Y: 5093.5
PROFONDEUR (m): 2-3

D10: 0.27 mm
D60/D10: 2.6
D10/D5: 1.3

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillon:* M10B

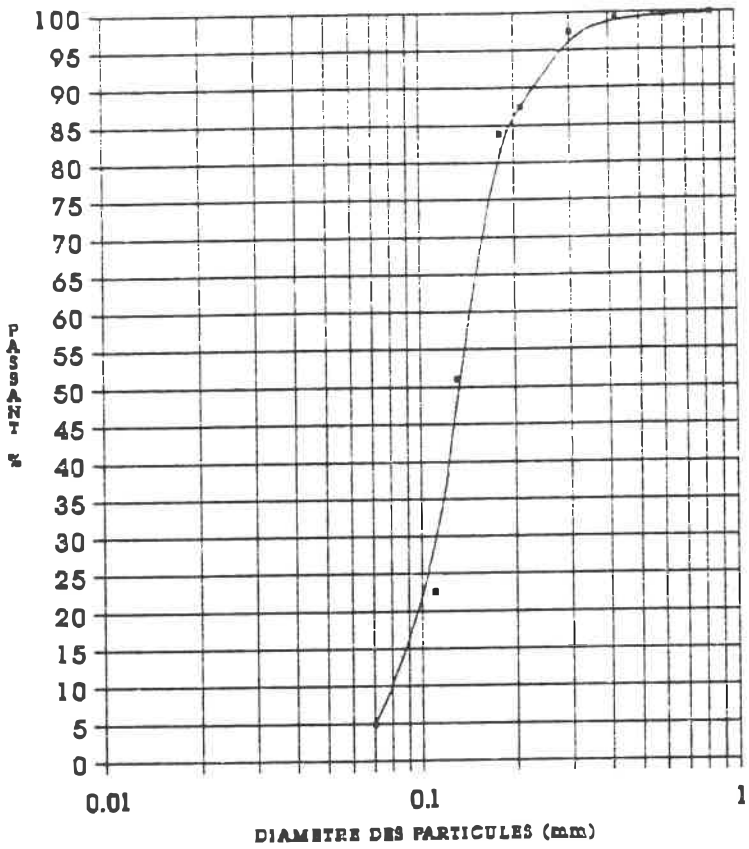
tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0	0	100.00	2.38	1.19
10	1.68	0	0	100.00	2.23	2.03
16	1.18	0	0	100.00	2.07	1.43
20	0.84	0	0	100.00	1.92	1.01
30	0.60	1.4	1.4	99.72	1.77	0.72
40	0.42	2.6	4	99.20	1.62	0.51
50	0.30	3.2	7.2	98.56	1.47	0.36
70	0.21	14.9	22.1	95.59	1.32	0.25
80	0.18	12.2	34.3	93.16	1.26	0.20
120	0.13	139.1	173.4	65.44	1.10	0.15
140	0.11	148.7	322.1	35.80	1.03	0.12
200	0.07	116.3	438.4	12.62	0.85	0.09
pan		63.3	501.7	0.00		0.04



X: 617.95 D10: 0.066 mm
Y: 8087.25 D60/D10: 1.8
PROFONDEUR (m) 1.2-2.7 D10: 1.1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE – *Echantillon:* M22

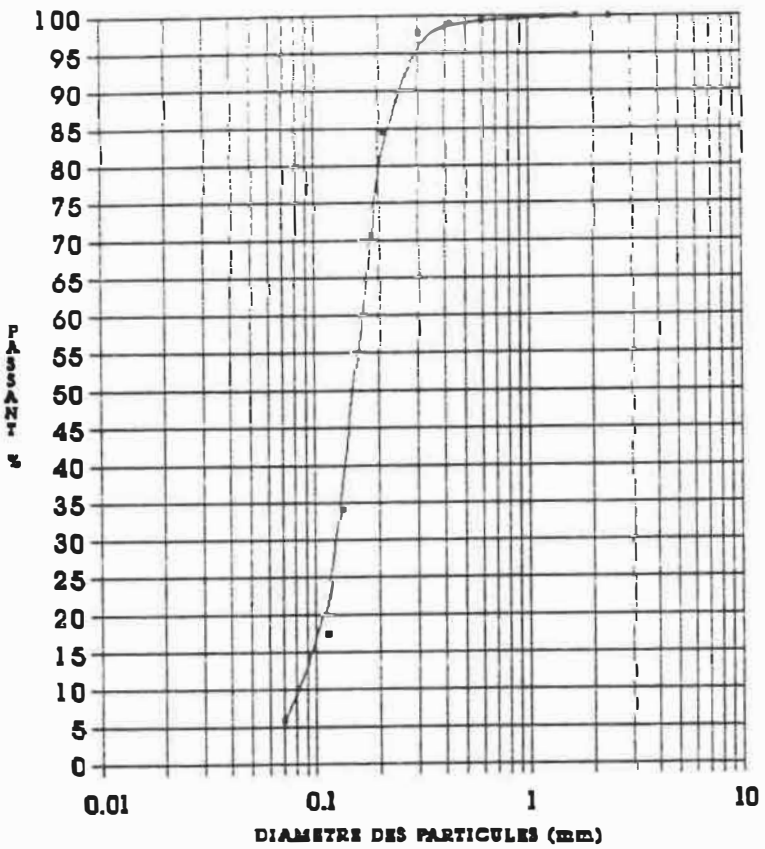
tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0	0	100.00	2.38	1.19
10	1.68	0	0	100.00	2.23	2.03
16	1.18	0	0	100.00	2.07	1.43
20	0.84	1.4	1.4	99.71	1.92	1.01
30	0.60	0.7	2.1	99.57	1.77	0.72
40	0.42	1.9	4	99.19	1.62	0.51
50	0.30	9.5	13.5	97.25	1.47	0.36
70	0.21	48.9	62.4	87.29	1.32	0.25
80	0.18	17.8	80.2	83.67	1.26	0.20
120	0.13	160.4	240.6	51.01	1.10	0.15
140	0.11	140	380.6	22.50	1.03	0.12
200	0.07	87.2	467.8	4.74	0.85	0.09
pan		23.3	491.1	0.00		0.04



X: 609.20 D10: 0.08 mm
Y: 8076.85 D60/D10: 1.6
PROFONDEUR (m): .6-3.1 D10/D5: 1.1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillon:* M27A

tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0.7	0.7	99.86	2.38	1.19
10	1.68	0.2	0.9	99.82	2.23	2.03
16	1.18	0.8	1.7	99.65	2.07	1.43
20	0.84	0.6	2.3	99.53	1.92	1.01
30	0.60	1.1	3.4	99.31	1.77	0.72
40	0.42	2.9	6.3	98.72	1.62	0.51
50	0.30	6.8	13.1	97.33	1.47	0.36
70	0.21	63.9	77	84.32	1.32	0.25
80	0.18	68.3	145.3	70.41	1.26	0.20
120	0.13	179.3	324.6	33.89	1.10	0.15
140	0.11	81.8	406.4	17.23	1.03	0.12
200	0.07	56.1	462.5	5.80	0.85	0.09
pan		28.5	491	0.00		0.04

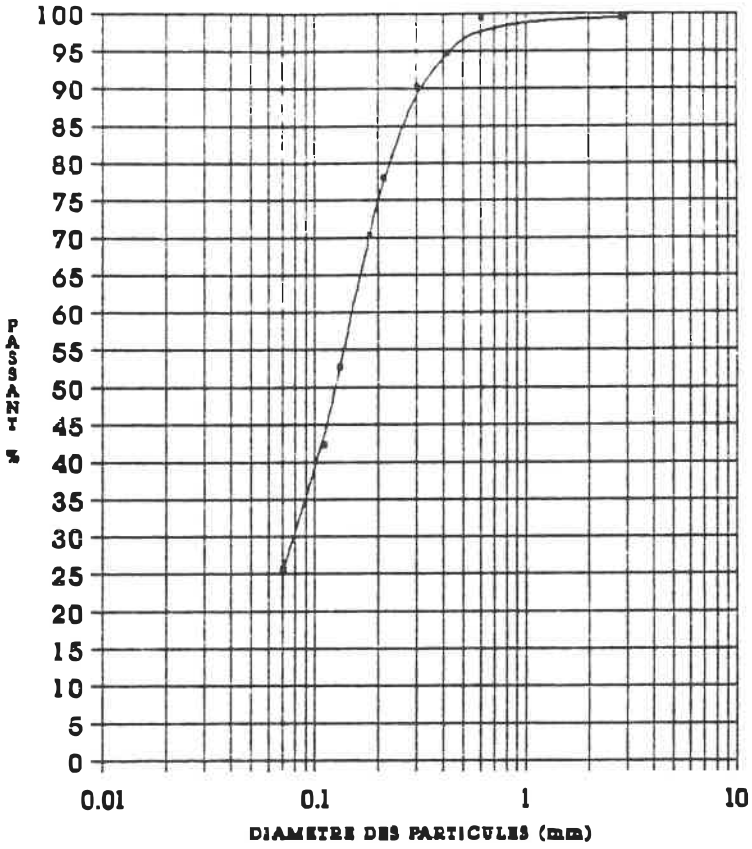


X: 603.25
Y: 5073.95
PROFONDEUR (m): 1-2

D10: 0.06 mm
D60/D10: 1.8
D10/D6: 1.1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillon:* M29

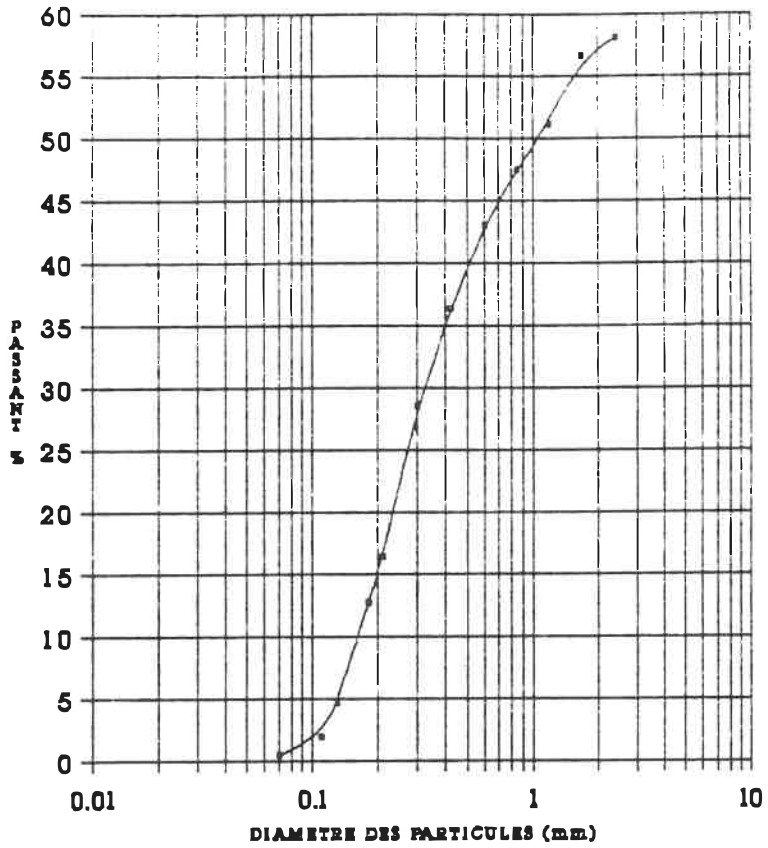
tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	0	0	100.00	2.38	1.19
10	1.68	0	0	100.00	2.23	2.03
16	1.18	0	0	100.00	2.07	1.43
20	0.84	3.4	3.4	99.32	1.92	1.01
30	0.60	0	3.4	99.32	1.77	0.72
40	0.42	23.4	26.8	94.64	1.62	0.51
50	0.30	22.5	49.3	90.15	1.47	0.36
70	0.21	61.3	110.6	77.89	1.32	0.25
80	0.18	38.1	148.7	70.28	1.26	0.20
120	0.13	88.3	237	52.63	1.10	0.15
140	0.11	51.9	288.9	42.25	1.03	0.12
200	0.07	83.4	372.3	25.58	0.85	0.09
pan		128	500.3	0.00		0.04



X: 589.65 D10/D5: 0.45 mm
Y: 5092.30 D60/D10: 2.9
PROFONDEUR (m): - D10: 1.1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillons* M35

tamis	mm	poids retenu par tamis g	poids retenu cumul. g	passant %	log tamis	di mm
8	2.38	403.9	403.9	58.08	2.38	1.19
10	1.68	14.6	418.5	56.56	2.23	2.03
16	1.18	51.8	470.3	51.18	2.07	1.43
20	0.84	35.8	506.1	47.47	1.92	1.01
30	0.60	43.1	549.2	42.99	1.77	0.72
40	0.42	64.5	613.7	36.30	1.62	0.51
50	0.30	75.3	689	28.48	1.47	0.36
70	0.21	116.3	805.3	16.41	1.32	0.25
80	0.18	35	840.3	12.78	1.26	0.20
120	0.13	78.2	918.5	4.66	1.10	0.15
140	0.11	26.3	944.8	1.93	1.03	0.12
200	0.07	14.5	959.3	0.43	0.85	0.09
pan		4.1	963.4	0.00		0.04

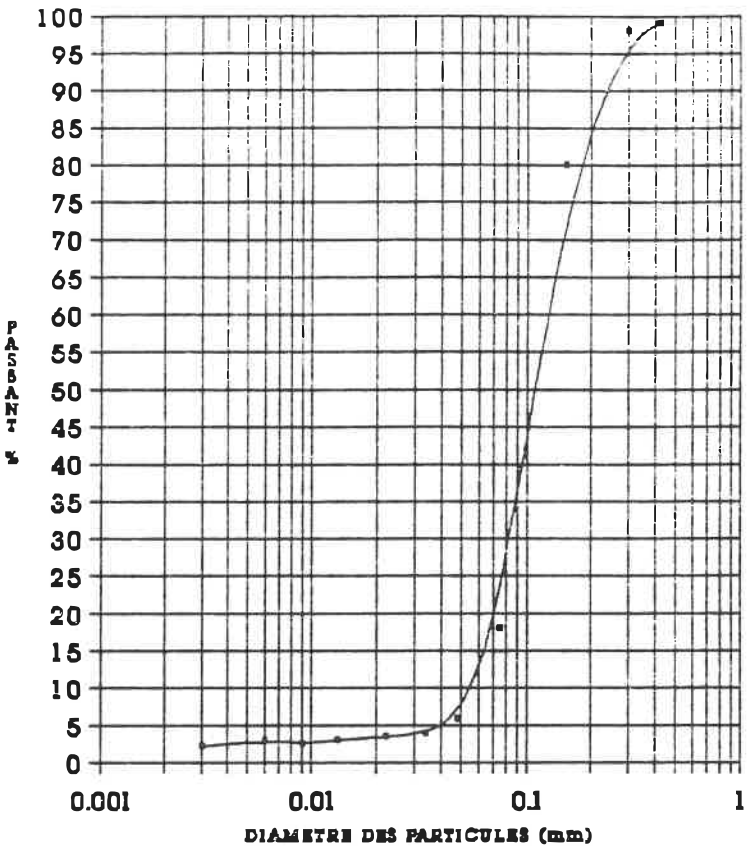


X: 590.60
Y: 5085.60
PROFONDEUR (m): -

D10: 0.16 mm
D60/D10: 2
D10/D8: 1.3

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillons* M37A

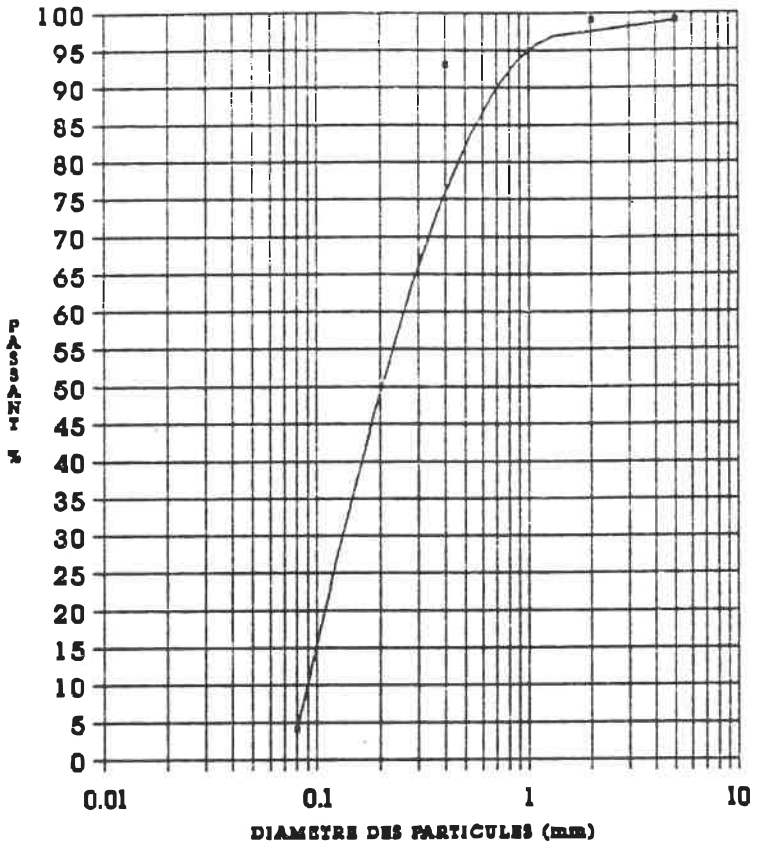
COURBE GRANULOMETRIQUE
ECHANTILLON NO: 77



X: 609.8 D10: 0.053 mm
Y: 5076.4 D60/D10: 2.1
PROFONDEUR (m): 2.1-2.4 D10/D5: 1.3

COURBE GRANULOMETRIQUE - *Echantillons* 77

COURBE GRANULOMETRIQUE
ECHANTILLON NO: MTQ-1

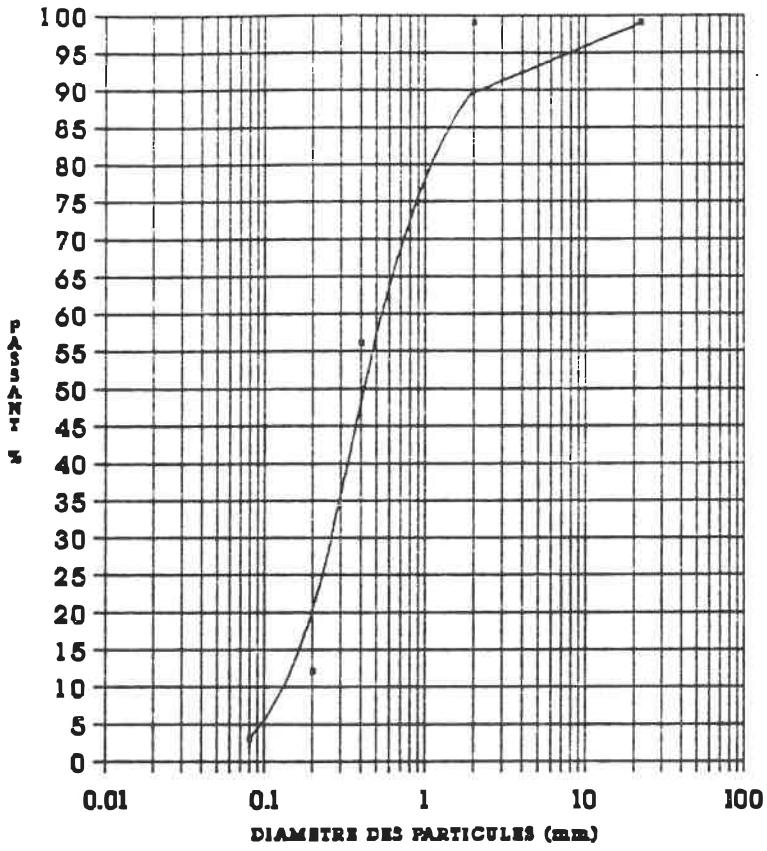


X: 608.150
Y: 5073.425
PROFONDEUR (m): 2.28

D10: 0.09 mm
D60/D10: 2.8
D10/D6: 1.1

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillon:* MTQ-1

COURBE GRANULOMETRIQUE
ECHANTILLON NO: MTQ-5



X: 614.700 D10: 0.13 mm
Y: 6093.600 D60/D10: 3.1
PROFONDEUR (m): 3.04 D10/D6: 1.4

COURBE GRANULOMÉTRIQUE - *Echantillons* MTQ-5

Annexe 5

Essais de perméabilité en place

Sondage no	Coordonnées TUM x	y	Description du sol	m/s (1)	(2)
M1 - essai 1	608.35	5091.33	Silt sablonneux	$2,33 \times 10^{-6}$	$2,44 \times 10^{-6}$
M6 - essai 3	613.56	5093.40	Sable moyen à fin	$9,24 \times 10^{-5}$	$9,45 \times 10^{-5}$
M6spéc.-essai 1	613.56	5093.40	Sable moyen à fin	$8,36 \times 10^{-5}$	$9,18 \times 10^{-5}$
M9 - essai 1	604.53	5090.11	Silt sablonneux avec trace argile	$4,78 \times 10^{-6}$	$4,72 \times 10^{-6}$
M17 - essai 2	602.20	5087.05	Silt avec argile et sable et cailloux et blocs (till)	$1,36 \times 10^{-6}$	$1,37 \times 10^{-6}$
M19 - essai 1	599.60	5095.70	Sable fin à moyen silteux avec graviers et blocs (till)	$1,73 \times 10^{-6}$	$1,79 \times 10^{-6}$
M21 - essai 1	597.40	5086.40	Sable fin à très fin gris avec débris de coquillage	$5,88 \times 10^{-7}$	$5,89 \times 10^{-7}$
M22 - essai 1	617.95	5087.25	Sable gris fin à très fin	$1,39 \times 10^{-6}$	$1,40 \times 10^{-6}$
M22 - essai 3	617.95	5087.25	Sable gris fin à très fin	$2,10 \times 10^{-6}$	$2,27 \times 10^{-6}$
M27 - essai 1	609.20	5076.55	Sable gris très fin	$1,85 \times 10^{-5}$	$2,09 \times 10^{-5}$
M27 - essai 3	609.20	5076.55	Sable gris très fin	$1,42 \times 10^{-6}$	$1,43 \times 10^{-6}$
M35 - essai 1	589.65	5092.30	Sable fin à très fin	$1,34 \times 10^{-5}$	$1,38 \times 10^{-5}$
M35 - essai 4	589.65	5092.30	Sable fin à très fin	$8,44 \times 10^{-6}$	$8,97 \times 10^{-6}$
M37 - essai 1	590.50	5085.50	Mélange de sable et gravier	$2,06 \times 10^{-5}$	$2,11 \times 10^{-5}$

(1) Courbe H moy = F D(H)/D(t)
(2) Courbe ln (Hr/Hi) = F(t)

Annexe 5: **Essais de perméabilité en place - Tableau synthèse**

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No:M1
LIEU: X608.35 Y5091.33 DATE: 88-07-05 ESSAI No:1

SOL-Description au niveau de l'essai: SILT SABLONNEUX

Niveau Statique /sommet tubage 1.32 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.32 m
EL. DU N.P.: ERR m
EL. DE L'ESSAI: -2.95 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= 0.48
Pente de la courbe : p1 = 4.99

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = A / (6000 * p1 * C) = 2.33E-06 \ m/s$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

             t       ln(Hr/Hi)

   P1       00:07:00    -1.64
   P2       00:18:00    -3.95

Calcul de p':
              p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
              p' =      0.21  /min

Calcul de la permeabilite:

         k = A*p'/6000*C =   2.44E-06    m/s
        ----------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires        :
--------------------

Charge maximum: 89 cm       Claquage hydraulique possible
Charge appliquee:  132 cm



DRASTIC RATING:  1
```

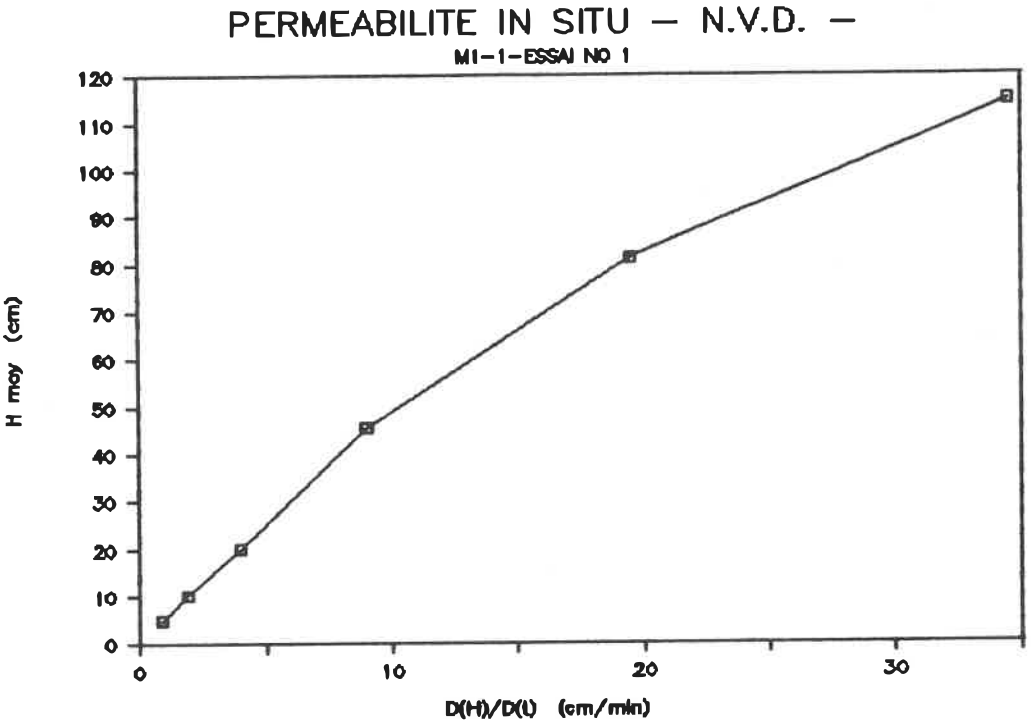
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

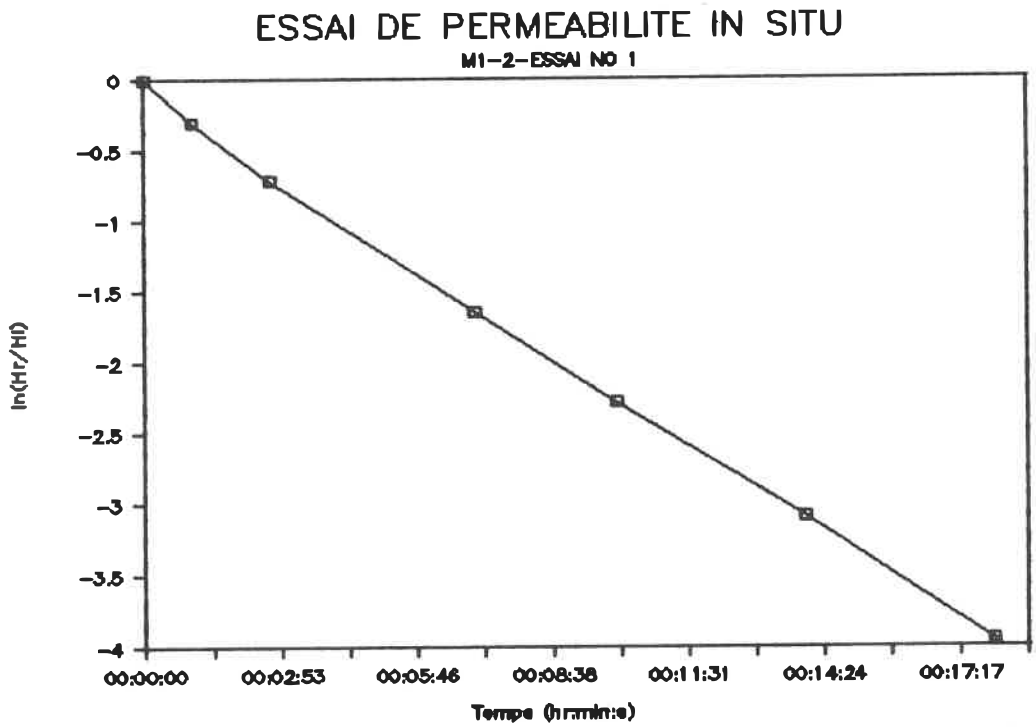
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	132.00				
		60.0	34.50	114.75	34.50
00:01:00	97.50				
		100.0	32.50	81.25	19.50
00:02:40	65.00				
		260.0	39.00	45.50	9.00
00:07:00	26.00				
		180.0	12.00	20.00	4.00
00:10:00	14.00				
		240.0	7.50	10.25	1.88
00:14:00	6.50				
		240.0	3.50	4.75	0.88
00:18:00	3.00				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 132.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		131.52	1.00	0.00
	60.0			
00:01:00		97.02	0.74	-0.30
	100.0			
00:02:40		64.52	0.49	-0.71
	260.0			
00:07:00		25.52	0.19	-1.64
	180.0			
00:10:00		13.52	0.10	-2.27
	240.0			
00:14:00		6.02	0.05	-3.08
	240.0			
00:18:00		2.52	0.02	-3.95


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M1-1-ESSAI NO 1
H moy (cm)
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M1-2-ESSAI NO 1
ln(Hr/Hi)
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
-3
-3.5
-4
00:00:00
00:02:53
00:05:46
00:08:38
00:11:31
00:14:24
00:17:17
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M6
LIEU: X 613.56 Y 5093.40 DATE: 88-07-05 ESSAI No: 3

==========

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE MOYEN A FIN

Niveau Statique /sommet tubage 1.05 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.05 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -3.21 m

==========

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

==========

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

==========

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

==========

Valeur de la constante : H0 (cm)= 2.94
Pente de la courbe : p1 = 0.13

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = \frac{A}{6000 * p1 * C} = 9.24E\text{-}05 \text{ m/s}$$

==========

COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)

==========

Choix de deux points sur la courbe:

	t	ln(Hr/Hi)
P1	00:00:08	-1.44
P2	00:00:31	-4.56

Calcul de p':

p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1

p' = 8.14 /min

Calcul de la permeabilite:

k = A*p'/6000*C = 9.45E-05 m/s

A: section du tubage (cm2) A= 7.94 cm2

C: coef. forme de la lanterne C= 113.93 cm

==========

Commentaires :

CHARGE MAXIMUM : 94 cm

CHARGE APPLIQUEE : 105 cm

ECHANTILLON PRELEVE POUR ANALYSE GRANULOMETRIQUE (ECHANTILLON M6)

DRASTIC RATING : 2

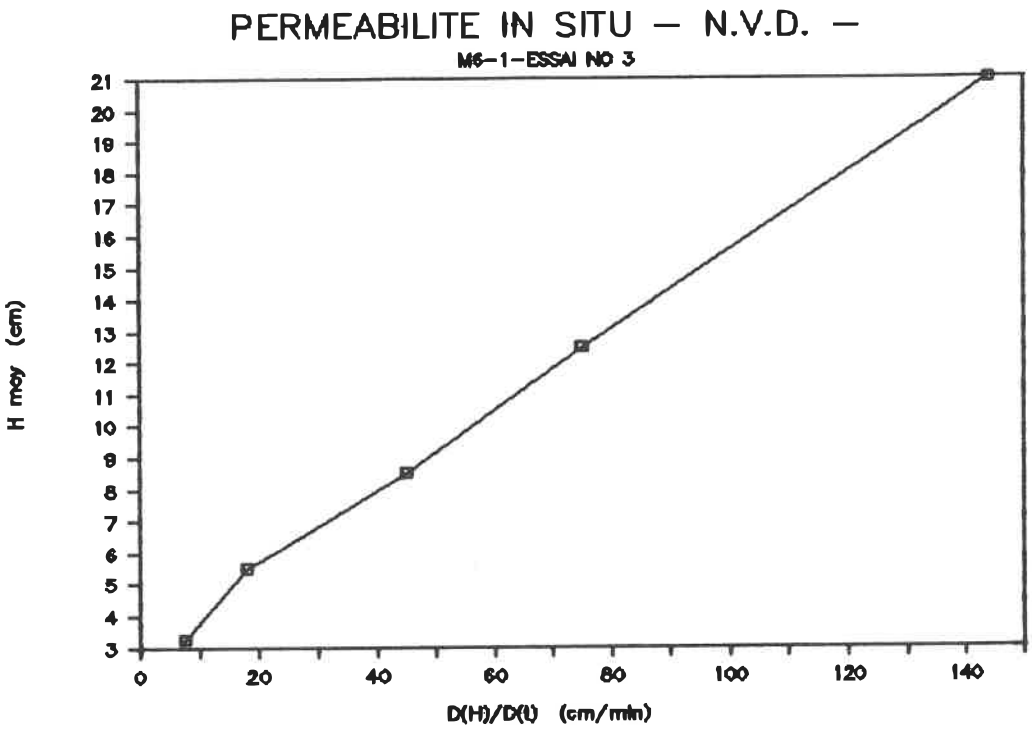
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

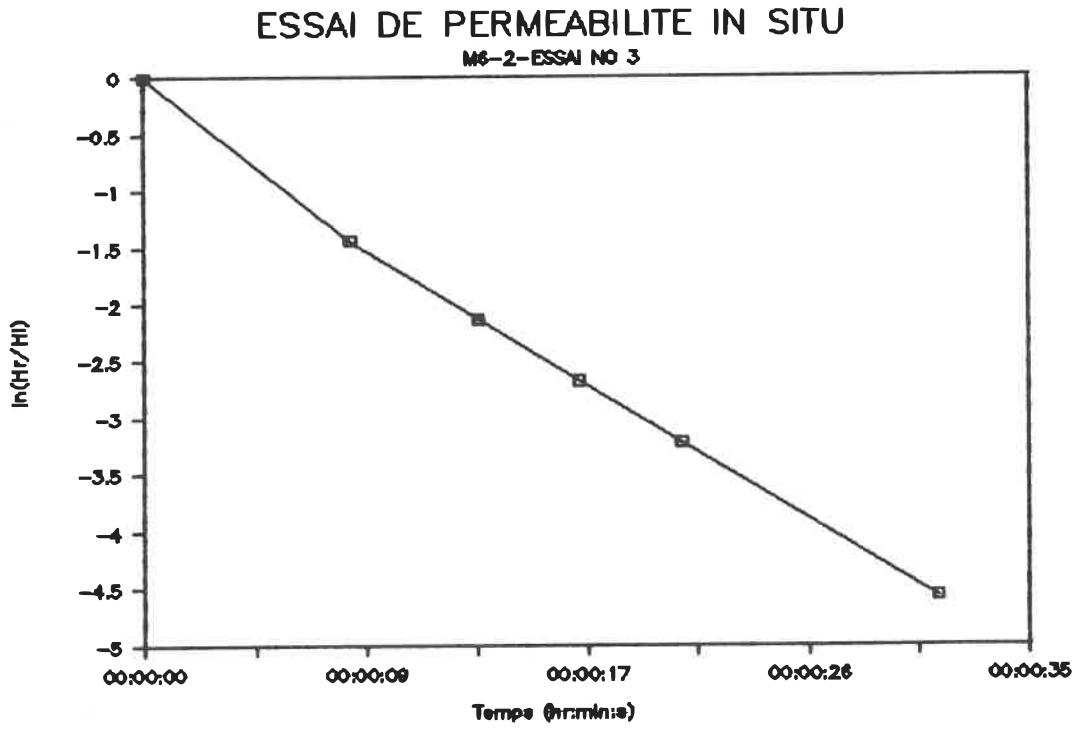
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	105.00				
		8.0	78.00	66.00	585.00
00:00:08	27.00				
		5.0	12.00	21.00	144.00
00:00:13	15.00				
		4.0	5.00	12.50	75.00
00:00:17	10.00				
		4.0	3.00	8.50	45.00
00:00:21	7.00				
		10.0	3.00	5.50	18.00
00:00:31	4.00				
		12.0	1.50	3.25	7.50
00:00:43	2.50				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 105.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		102.06	1.00	0.00
	8.0			
00:00:08		24.06	0.24	-1.44
	5.0			
00:00:13		12.06	0.12	-2.14
	4.0			
00:00:17		7.06	0.07	-2.67
	4.0			
00:00:21		4.06	0.04	-3.22
	10.0			
00:00:31		1.06	0.01	-4.56
	12.0			
00:00:43		-0.44	0.00	ERR


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M6-1-ESSAI NO 3
H moy (cm)
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
0
20
40
60
80
100
120
140
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M6-2-ESSAI NO 3
ln(Hr/Hi)
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
-3
-3.5
-4
-4.5
-5
00:00:00
00:00:09
00:00:17
00:00:26
00:00:35
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M6 SPECIAL
LIEU: X 613.56 Y 5093.4 DATE: 88-07-05 ESSAI No: 1

==========

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE MOYEN A FIN

Niveau Statique /sommet tubage 1.18 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.18 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -2.98 m

==========

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

==========

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

==========

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

==========

Valeur de la constante : H0 (cm)= 2.00
Pente de la courbe : p1 = 0.14

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = A / (6000 * p1 * C) = 8.36E-05 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

             t       ln(Hr/Hi)

   P1       00:00:10    -1.29
   P2       00:00:28    -3.66

Calcul de p':
              p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
              p' =      7.90  /min

Calcul de la perméabilité:

         k = A*p'/6000*C =   9.18E-05    m/s
        ------------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires        :
--------------------

CHARGE MAXIMUM : 87.5 cm    CLAQUAGE HYDRAULIQUE POSSIBLE
CHARGE APPLIQUEE : 118 cm

POINTE FILTRANTE ENFONCEE PAR BATTAGE SUR 30 cm

ECHANTILLON PRELEVE POUR ANALYSE GRANULOMETRIQUE (M6 SPECIAL)

DRASTIC RATING:  2
```

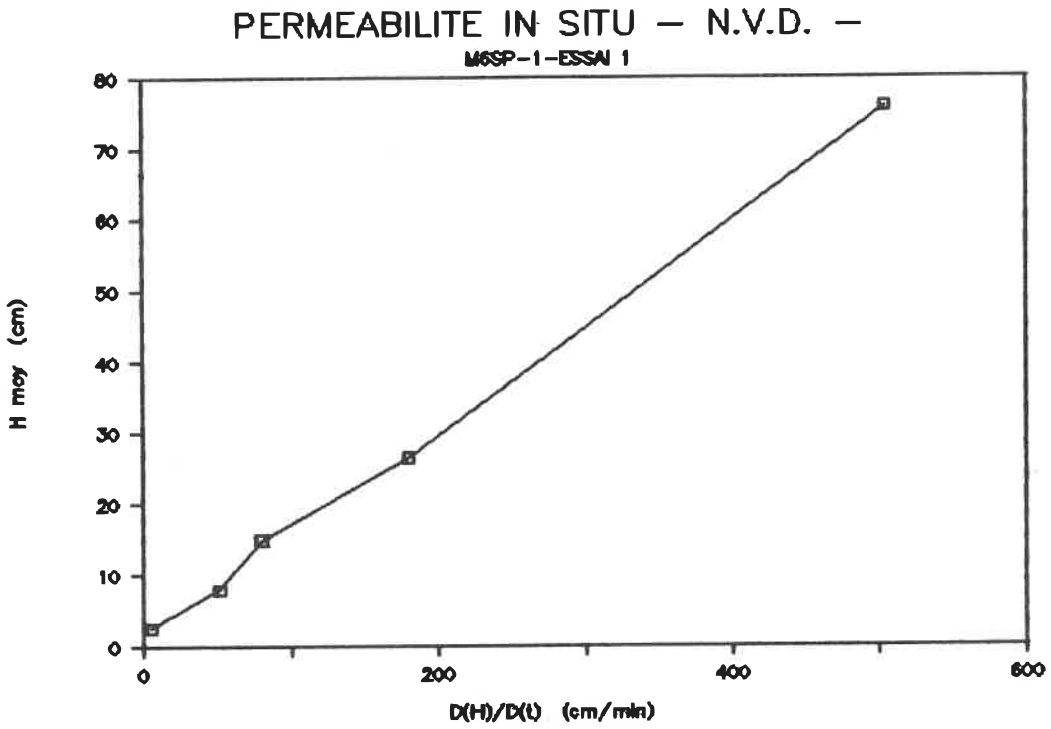
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

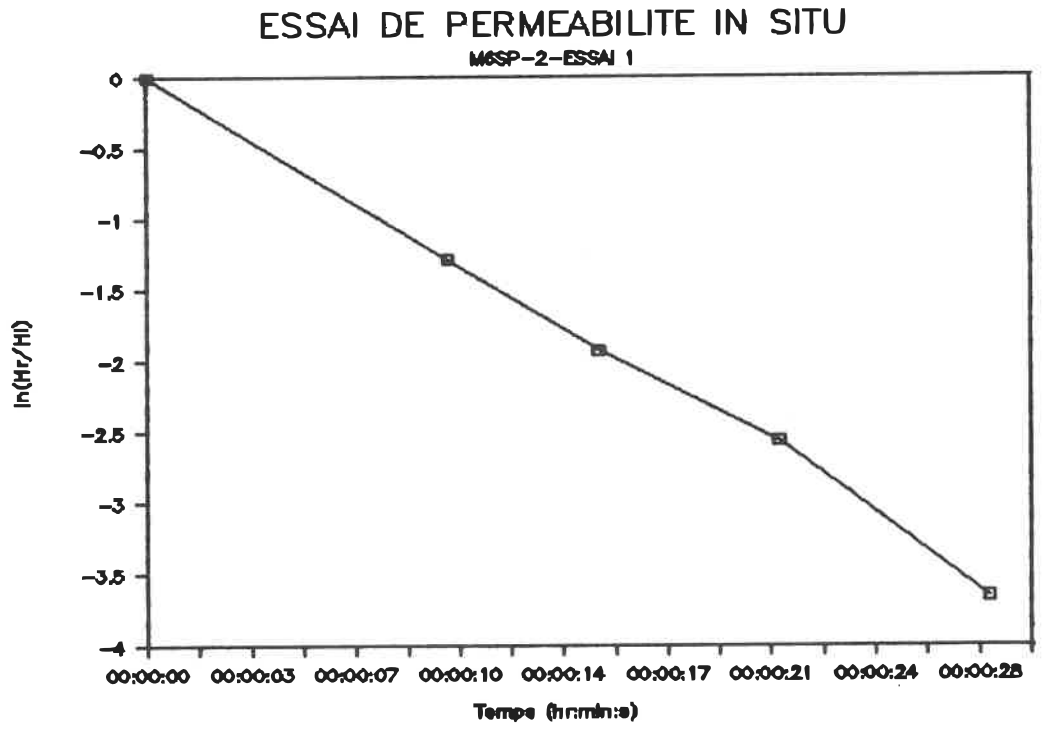
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	118.00				
		10.0	84.00	76.00	504.00
00:00:10	34.00				
		5.0	15.00	26.50	180.00
00:00:15	19.00				
		6.0	8.00	15.00	80.00
00:00:21	11.00				
		7.0	6.00	8.00	51.43
00:00:28	5.00				
		57.0	5.00	2.50	5.26
00:01:25	0.00				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 118.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		116.00	1.00	0.00
	10.0			
00:00:10		32.00	0.28	-1.29
	5.0			
00:00:15		17.00	0.15	-1.92
	6.0			
00:00:21		9.00	0.08	-2.56
	7.0			
00:00:28		3.00	0.03	-3.66
	57.0			
00:01:25		-2.00	-0.02	ERR


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M6SP-1-ESSAI 1
H moy (cm)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
200
400
600
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M6SP-2-ESSAI 1
ln(Hr/Hi)
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
-3
-3.5
-4
00:00:00
00:00:03
00:00:07
00:00:10
00:00:14
00:00:17
00:00:21
00:00:24
00:00:28
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M9
LIEU: X 604.53 Y 5090.11 DATE: 88-07-05 ESSAI No: 1

SOL-Description au niveau de l'essai: SILT SABLONNEUX AVEC TRACE ARGILE

Niveau Statique /sommet tubage 0.83 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 0.83 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -3.53 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= 5.41
Pente de la courbe : p1 = 243.23

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = A / (6000 * p1 * C) = 4.7BE-08 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

              t       ln(Hr/Hi)

   P1       00:16:00     -0.08
   P2       01:15:00     -0.32

Calcul de p':
               p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
               p' =      0.00  /min

Calcul de la permeabilite:

          k = A*p'/6000*C =   4.72E-08    m/s
         ------------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires        :
---------------------

CHARGE MAXIMUM:  88 cm
DRASTIC RATING:  1
```

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	83.00				
		960.0	5.70	80.15	0.36
00:16:00	77.30				
		1740.0	8.10	73.25	0.28
00:45:00	69.20				
		900.0	3.80	67.30	0.25
01:00:00	65.40				
		900.0	3.60	63.60	0.24
01:15:00	61.80				

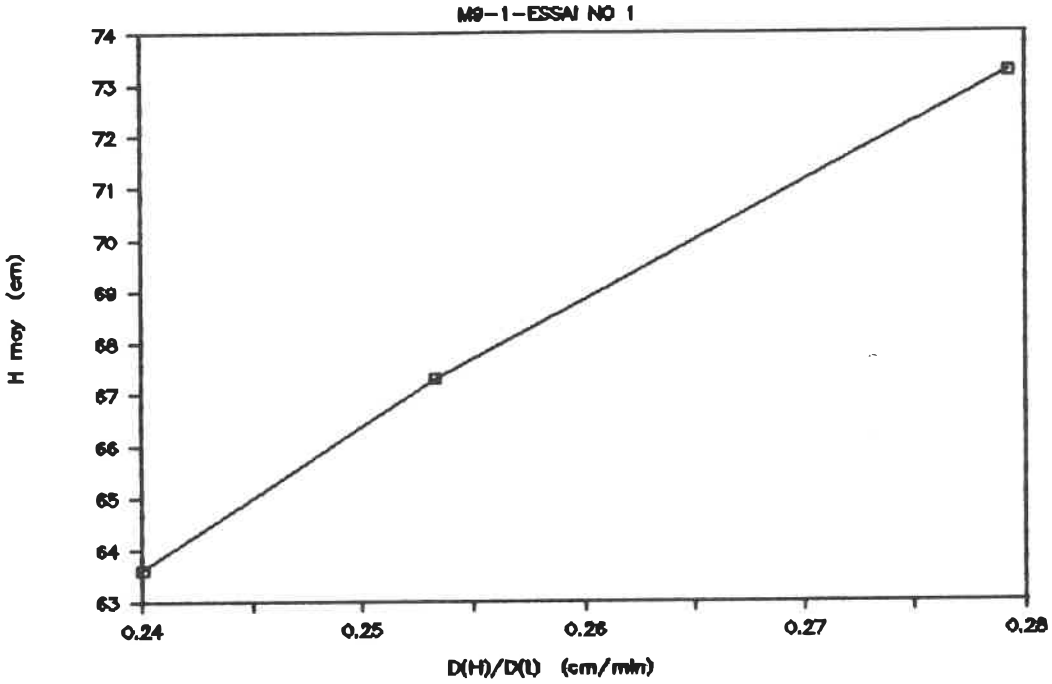
Colonne d'eau initiale:

Hi (cm) = 83.00

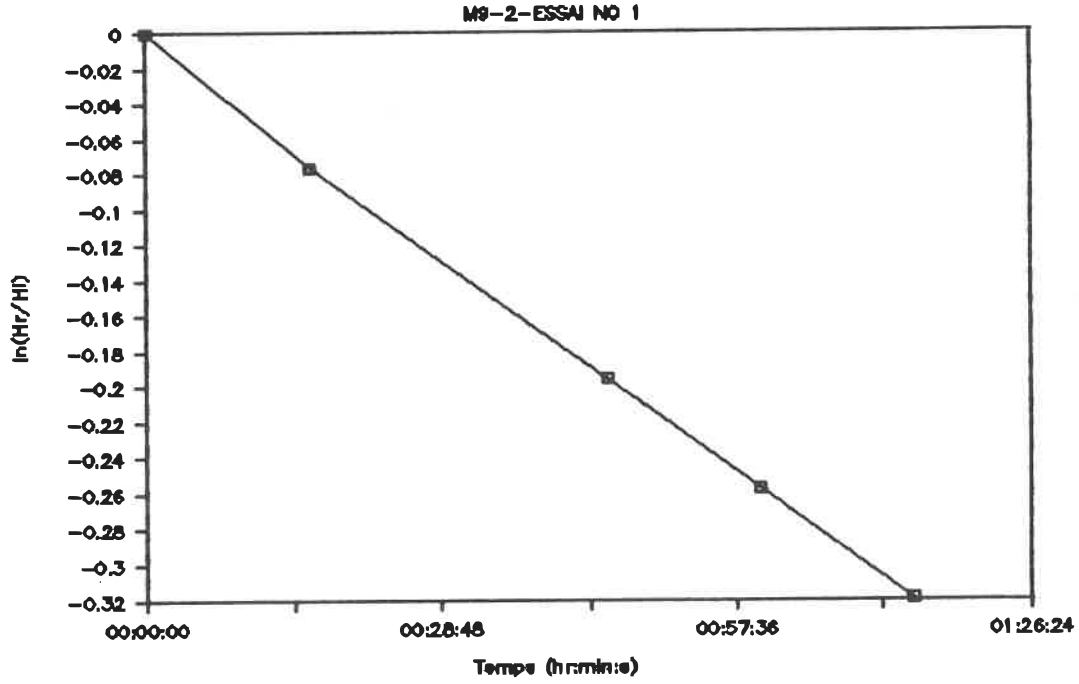
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		77.59	1.00	0.00
	960.0			
00:16:00		71.89	0.93	-0.08
	1740.0			
00:45:00		63.79	0.82	-0.20
	900.0			
01:00:00		59.99	0.77	-0.26
	900.0			
01:15:00		56.39	0.73	-0.32

PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —



ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU



ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M17
LIEU: X 602.2 Y 5087.05 DATE: 88-07-08 ESSAI No: 2

SOL-Description au niveau de l'essai: SILT AVEC ARGILE ET SABLE ET CAILLOUX ET BLOCS (TILL)

Niveau Statique /sommet tubage 0.93 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 0.93 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -1.95 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= 9.64
Pente de la courbe : p1 = 8.54

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = \frac{A}{(6000 * p1 * C)} = 1.36E-06 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

              t       ln(Hr/Hi)

   P1       00:02:30     -0.54
   P2       00:12:00     -1.66

Calcul de p':
               p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
               p' =      0.12  /min

Calcul de la permeabilite:

          k = A*p'/6000*C =   1.37E-06    m/s
         ------------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires       :
--------------------
CHARGE APPLIQUEE:  75.5 cm
CHARGE MAXIMUM:  63 cm

DRASTIC RATING:  1
```

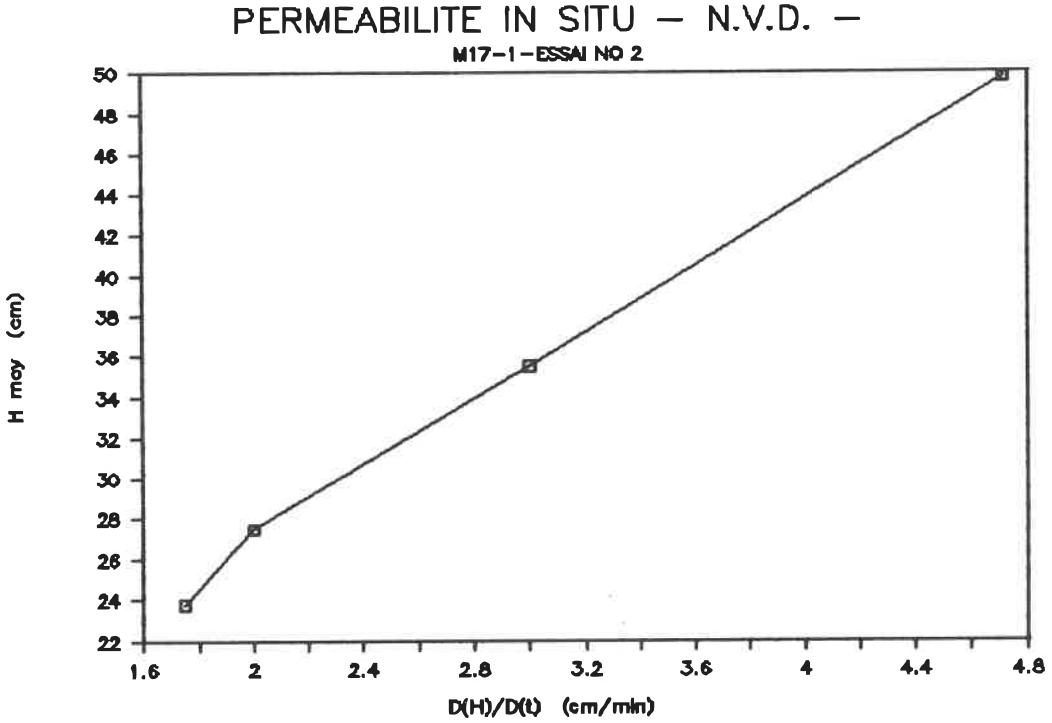
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

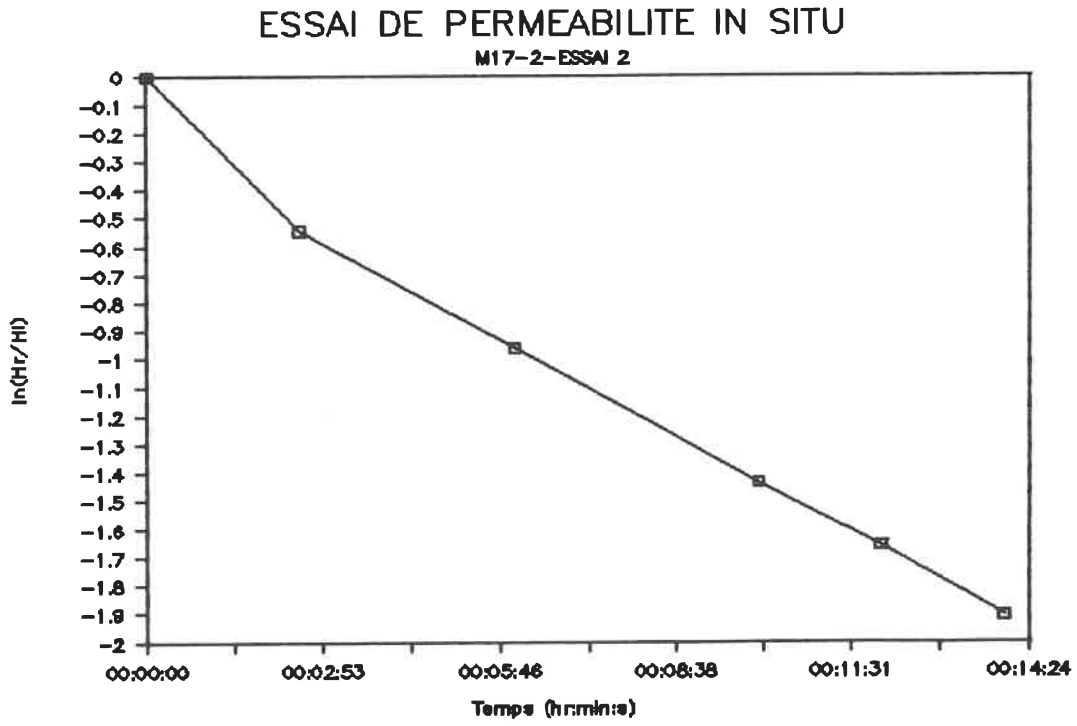
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	93.00				
		150.0	35.00	75.50	14.00
00:02:30	58.00				
		210.0	16.50	49.75	4.71
00:06:00	41.50				
		240.0	12.00	35.50	3.00
00:10:00	29.50				
		120.0	4.00	27.50	2.00
00:12:00	25.50				
		120.0	3.50	23.75	1.75
00:14:00	22.00				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 93.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		83.36	1.00	0.00
	150.0			
00:02:30		48.36	0.58	-0.54
	210.0			
00:06:00		31.86	0.38	-0.96
	240.0			
00:10:00		19.86	0.24	-1.43
	120.0			
00:12:00		15.86	0.19	-1.66
	120.0			
00:14:00		12.36	0.15	-1.91


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M17-1-ESSAI NO 2
H moy (cm)
50
48
46
44
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
1.6
2
2.4
2.8
3.2
3.6
4
4.4
4.8
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M17-2-ESSAI 2
ln(Hr/Hi)
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-0.6
-0.7
-0.8
-0.9
-1
-1.1
-1.2
-1.3
-1.4
-1.5
-1.6
-1.7
-1.8
-1.9
-2
00:00:00
00:02:53
00:05:46
00:08:38
00:11:31
00:14:24
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M19
LIEU: X 599.6 Y 5095.7 DATE: 88-07-08 ESSAI No: 1

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE FIN A MOYEN SILTEUX AVEC GRAVIERS ET BLOCS (TILL)

Niveau Statique /sommet tubage 0.88 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 0.88 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -2.67 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= -1.52
Pente de la courbe : p1 = 6.71

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = A / (6000 * p1 * C) = 1.73E-06 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

             t      ln(Hr/Hi)

   P1       00:05:00    -0.79
   P2       00:18:00    -2.79

Calcul de p':
              p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
              p' =      0.15  /min

Calcul de la permeabilite:

         k = A*p'/6000*C =   1.79E-06    m/s
        ------------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires       :
--------------------

CHARGE MAXIMUM:  72 cm        CLAQUAGE HYDRAULIQUE POSSIBLE
CHARGE APPLIQUEE:  88 cm

DRASTIC RATING:  1
```

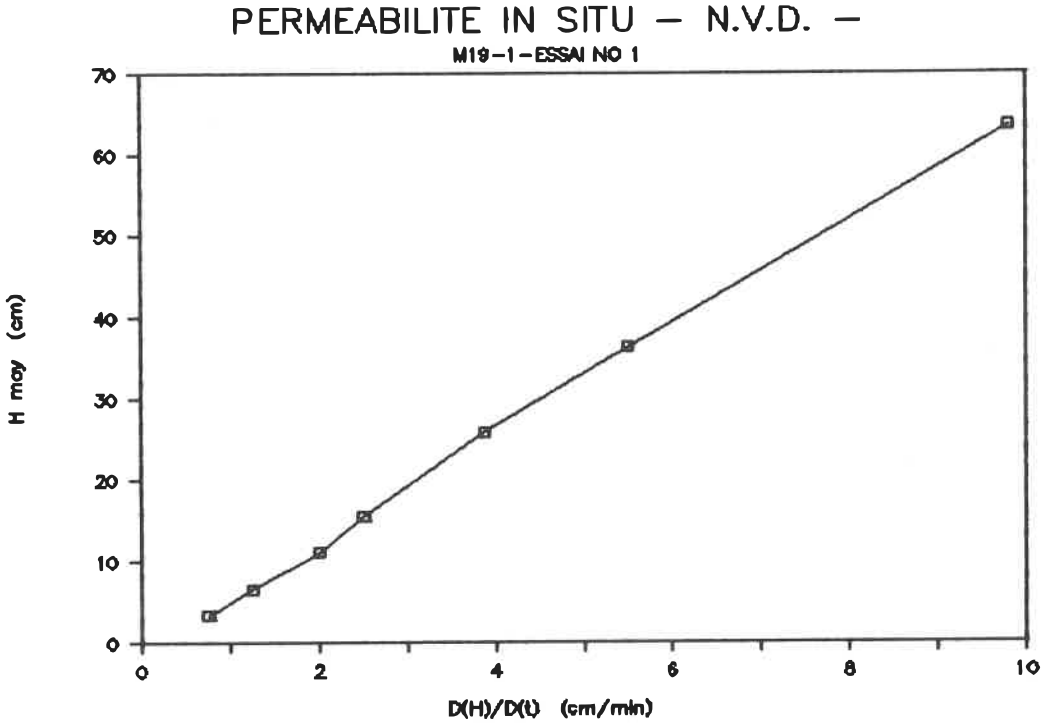
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

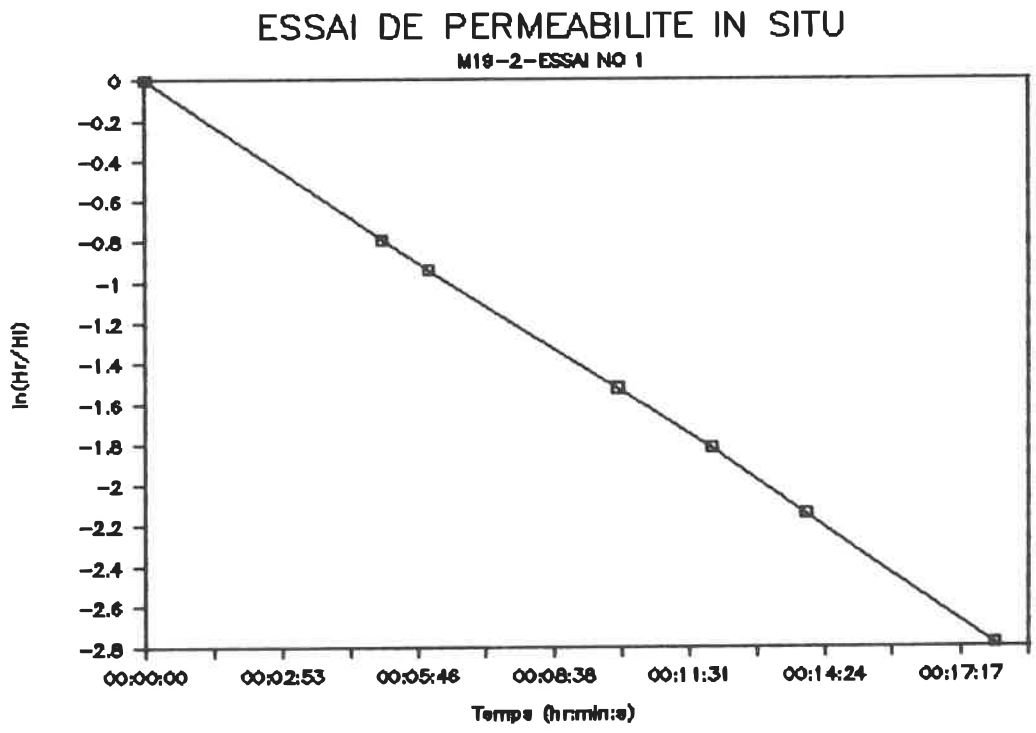
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	88.00				
		300.0	49.00	63.50	9.80
00:05:00	39.00				
		60.0	5.50	36.25	5.50
00:06:00	33.50				
		240.0	15.50	25.75	3.88
00:10:00	18.00				
		120.0	5.00	15.50	2.50
00:12:00	13.00				
		120.0	4.00	11.00	2.00
00:14:00	9.00				
		240.0	5.00	6.50	1.25
00:18:00	4.00				
		120.0	1.50	3.25	0.75
00:20:00	2.50				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 88.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		89.52	1.00	0.00
	300.0			
00:05:00		40.52	0.45	-0.79
	60.0			
00:06:00		35.02	0.39	-0.94
	240.0			
00:10:00		19.52	0.22	-1.52
	120.0			
00:12:00		14.52	0.16	-1.82
	120.0			
00:14:00		10.52	0.12	-2.14
	240.0			
00:18:00		5.52	0.06	-2.79
	120.0			
00:20:00		4.02	0.04	-3.10


PERMEABILITE IN SITU – N.V.D. –
M19-1-ESSAI NO 1
H moy (cm)
70
60
50
40
30
20
10
0
0
2
4
6
8
10
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M19-2-ESSAI NO 1
ln(Hr/Hi)
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1.2
-1.4
-1.6
-1.8
-2
-2.2
-2.4
-2.6
-2.8
00:00:00
00:02:53
00:05:46
00:08:38
00:11:31
00:14:24
00:17:17
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M21
LIEU: X 597.40 Y 5086.40 DATE: 88-07-08 ESSAI No: 1

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE FIN A TRES FIN GRIS AVEC DEBRIS DE COQUILLAGE

Niveau Statique /sommet tubage 0.76 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 0.76 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -1.93 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= -3.16
Pente de la courbe : p1 = 19.74

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = \frac{A}{6000 * p1 * C} = 5.88E-07 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

             t      ln(Hr/Hi)

   P1       00:10:00    -0.86
   P2       00:25:00    -1.62

Calcul de p':
              p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
              p' =      0.05  /min

Calcul de la permeabilite:

          k = A*p'/6000*C =   5.89E-07    m/s
         -----------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires        :
--------------------

CHARGE MAXIMUM:  54 cm        CLAQUAGE HYDRAULIQUE POSSIBLE
CHARGE APPLIQUEE:  76 cm

DRASTIC RATING:  1
```

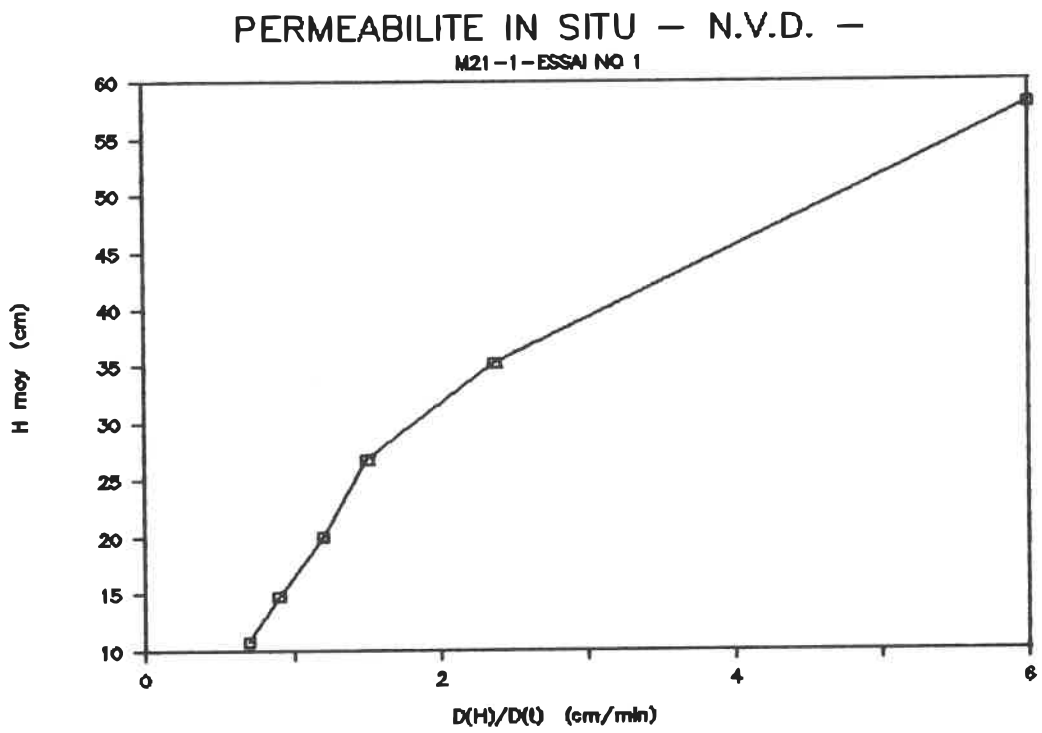
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

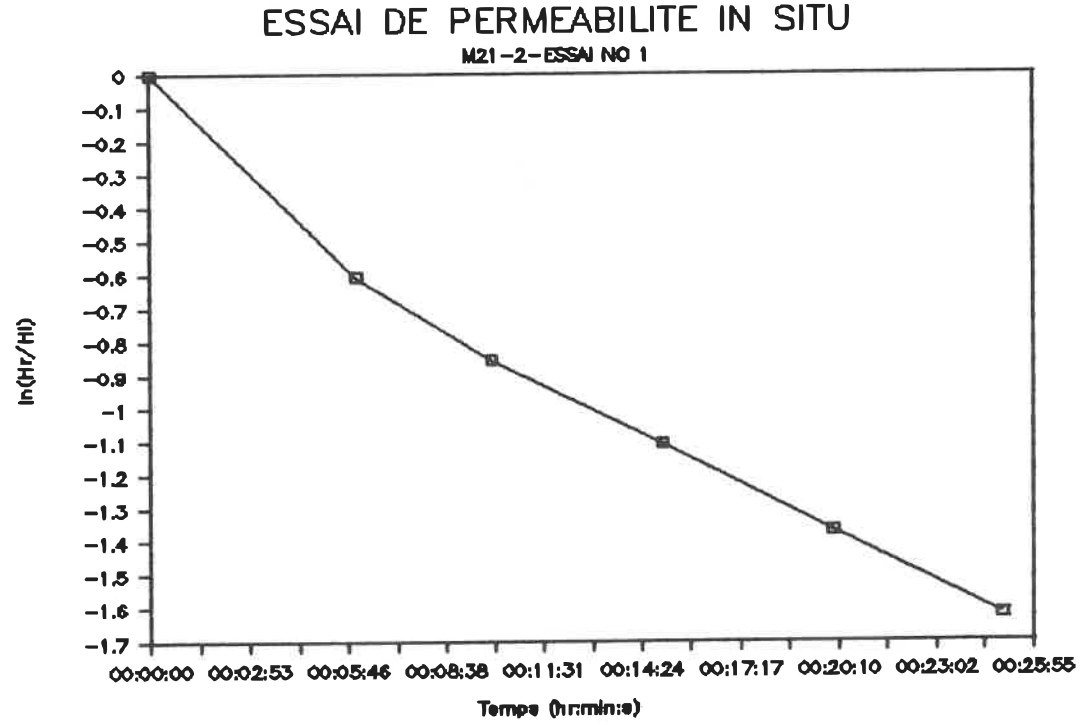
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	76.00				
		360.0	36.00	58.00	6.00
00:06:00	40.00				
		240.0	9.50	35.25	2.38
00:10:00	30.50				
		300.0	7.50	26.75	1.50
00:15:00	23.00				
		300.0	6.00	20.00	1.20
00:20:00	17.00				
		300.0	4.50	14.75	0.90
00:25:00	12.50				
		300.0	3.50	10.75	0.70
00:30:00	9.00				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 76.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		79.16	1.00	0.00
	360.0			
00:06:00		43.16	0.55	-0.61
	240.0			
00:10:00		33.66	0.43	-0.86
	300.0			
00:15:00		26.16	0.33	-1.11
	300.0			
00:20:00		20.16	0.25	-1.37
	300.0			
00:25:00		15.66	0.20	-1.62
	300.0			
00:30:00		12.16	0.15	-1.87


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M21-1-ESSAI NO 1
H moy (cm)
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
0
2
4
6
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M21-2-ESSAI NO 1
ln(Hr/Hi)
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-0.6
-0.7
-0.8
-0.9
-1
-1.1
-1.2
-1.3
-1.4
-1.5
-1.6
-1.7
00:00:00
00:02:53
00:05:46
00:08:38
00:11:31
00:14:24
00:17:17
00:20:10
00:23:02
00:25:55
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M22
LIEU: X 617.95 Y 5087.25 DATE: 88-07-14 ESSAI No: 1

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE GRIS FIN A TRES FIN

Niveau Statique /sommet tubage 1.80 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.80 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -1.09 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= -1.46
Pente de la courbe : pl = 8.33

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = \frac{A}{6000 * pl * C} = 1.39E-06 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

             t       ln(Hr/Hi)

   P1       00:04:30    -0.83
   P2       00:18:00    -2.46

Calcul de p':
              p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
              p' =      0.12  /min

Calcul de la permeabilite:

          k = A*p'/6000*C =   1.40E-06    m/s
         -----------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires       :
---------------------

CHARGE MAXIMUM:  73 cm
CHARGE APPLIQUEE:  86 cm

DRASTIC RATING:  1
```

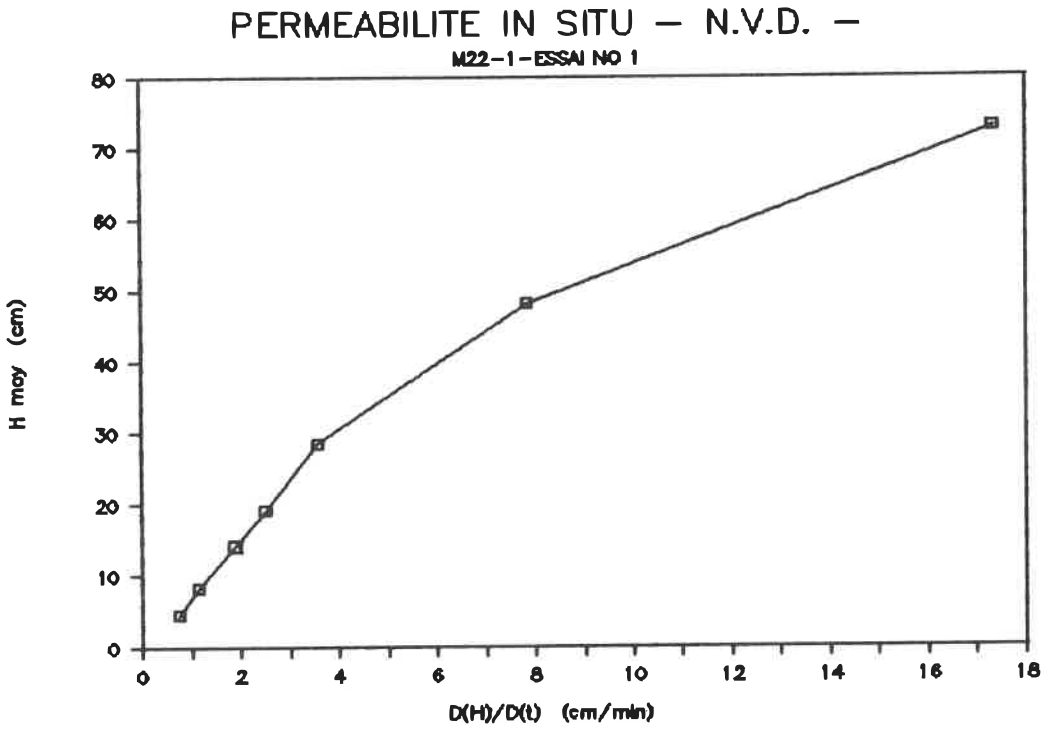
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

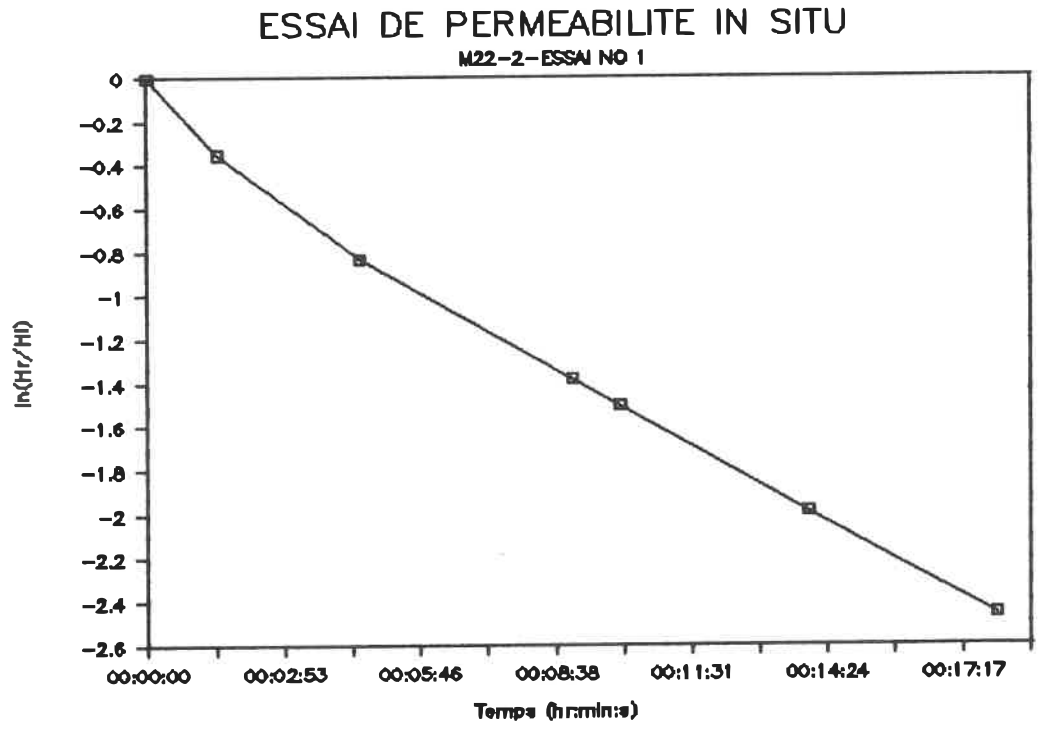
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	86.00				
		90.0	26.00	73.00	17.33
00:01:30	60.00				
		180.0	23.50	48.25	7.83
00:04:30	36.50				
		270.0	16.00	28.50	3.56
00:09:00	20.50				
		60.0	2.50	19.25	2.50
00:10:00	18.00				
		240.0	7.50	14.25	1.88
00:14:00	10.50				
		240.0	4.50	8.25	1.13
00:18:00	6.00				
		240.0	3.00	4.50	0.75
00:22:00	3.00				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 86.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		87.46	1.00	0.00
	90.0			
00:01:30		61.46	0.70	-0.35
	180.0			
00:04:30		37.96	0.43	-0.83
	270.0			
00:09:00		21.96	0.25	-1.38
	60.0			
00:10:00		19.46	0.22	-1.50
	240.0			
00:14:00		11.96	0.14	-1.99
	240.0			
00:18:00		7.46	0.09	-2.46
	240.0			
00:22:00		4.46	0.05	-2.98


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M22-1-ESSAI NO 1
H moy (cm)
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M22-2-ESSAI NO 1
ln(Hr/Hi)
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1.2
-1.4
-1.6
-1.8
-2
-2.2
-2.4
-2.6
00:00:00
00:02:53
00:05:46
00:08:38
00:11:31
00:14:24
00:17:17
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M22
LIEU: X 617.95 Y 5087.25 DATE: 88-07-14 ESSAI No: 3

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE GRIS FIN A TRES FIN

Niveau Statique /sommet tubage 1.80 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.80 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -1.09 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= 1.62
Pente de la courbe : p1 = 5.53

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = A / (6000 * p1 * C) = 2.10E-06 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

             t      ln(Hr/Hi)

   P1       00:09:00    -2.17
   P2       00:20:00    -4.32

Calcul de p':
              p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
              p' =      0.20  /min

Calcul de la permeabilite:

         k = A*p'/6000*C =   2.27E-06    m/s
        ------------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires       :
--------------------

CHARGE MAXIMUM:  73 cm        CLAQUAGE HYDRAULIQUE POSSIBLE
CHARGE APPLIQUEE:  180 cm


DRASTIC RATING:  1
```

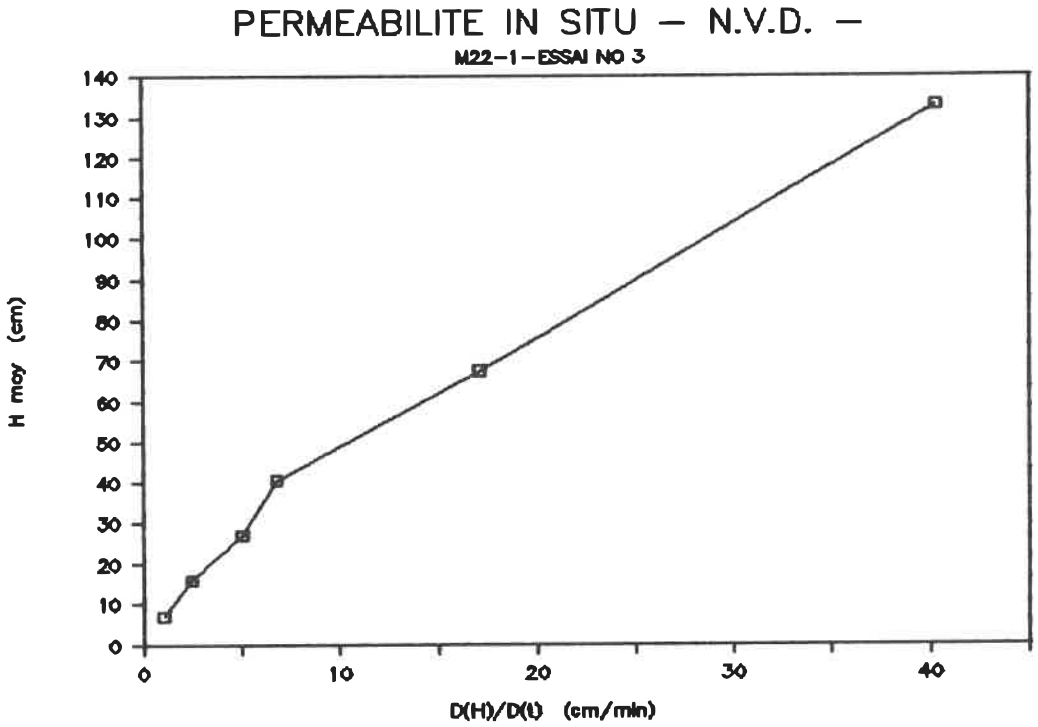
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

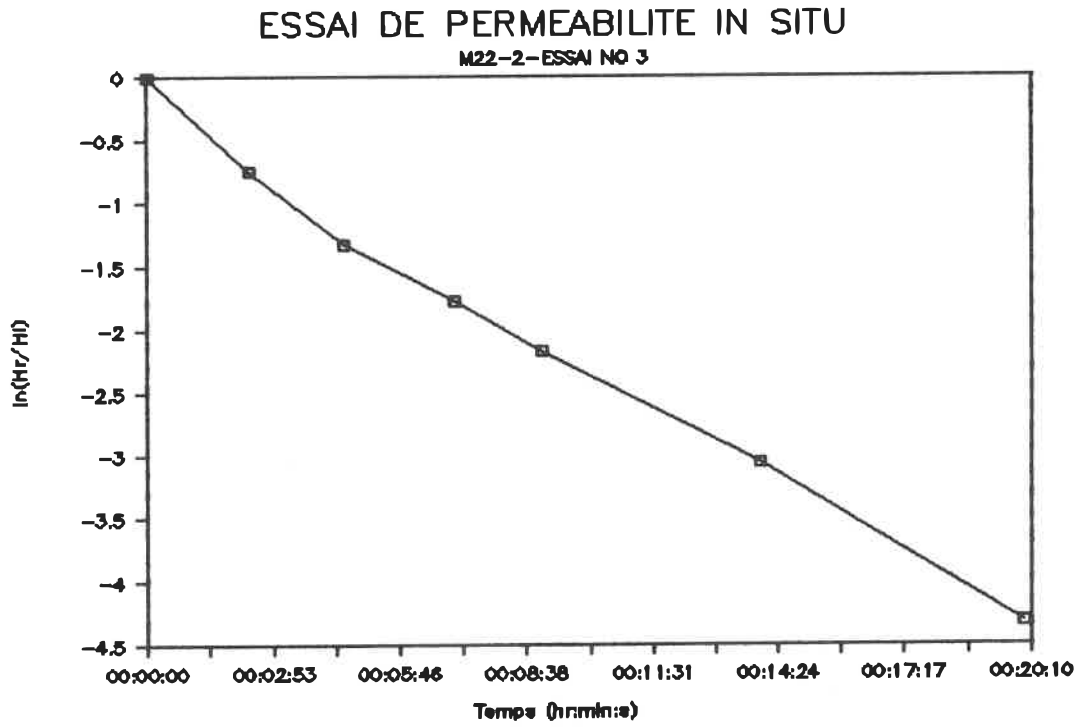
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	180.00				
		140.0	94.00	133.00	40.29
00:02:20	86.00				
		130.0	37.00	67.50	17.08
00:04:30	49.00				
		150.0	17.00	40.50	6.80
00:07:00	32.00				
		120.0	10.00	27.00	5.00
00:09:00	22.00				
		300.0	12.00	16.00	2.40
00:14:00	10.00				
		360.0	6.00	7.00	1.00
00:20:00	4.00				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 180.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		178.38	1.00	0.00
	140.0			
00:02:20		84.38	0.47	-0.75
	130.0			
00:04:30		47.38	0.27	-1.33
	150.0			
00:07:00		30.38	0.17	-1.77
	120.0			
00:09:00		20.38	0.11	-2.17
	300.0			
00:14:00		8.38	0.05	-3.06
	360.0			
00:20:00		2.38	0.01	-4.32


PERMEABILITE IN SITU – N.V.D. –
M22-1-ESSAI NO 3
H moy (cm)
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M22-2-ESSAI NO 3
ln(Hr/Hi)
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
-3
-3.5
-4
-4.5
00:00:00
00:02:53
00:05:46
00:08:38
00:11:31
00:14:24
00:17:17
00:20:10
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M27
LIEU: X 609.20 Y 5076.55 DATE: 88-07-14 ESSAI No: 1

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE GRIS TRES FIN

Niveau Statique /sommet tubage 1.36 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.36 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -1.42 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= 38.90
Pente de la courbe : p1 = 0.63

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = \frac{A}{6000 * p1 * C} = 1.85E-05 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

             t      ln(Hr/Hi)

   P1       00:03:00    -2.02
   P2       00:05:00    -5.62

Calcul de p':
              p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
              p' =      1.80  /min

Calcul de la permeabilite:

          k = A*p'/6000*C =   2.09E-05    m/s
         ------------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires       :
--------------------

CHARGE MAXIMUM:  63 cm
CHARGE APPLIQUEE:  66 cm
PAS DE DEVELOPPEMENT

DRASTIC RATING:  1
```

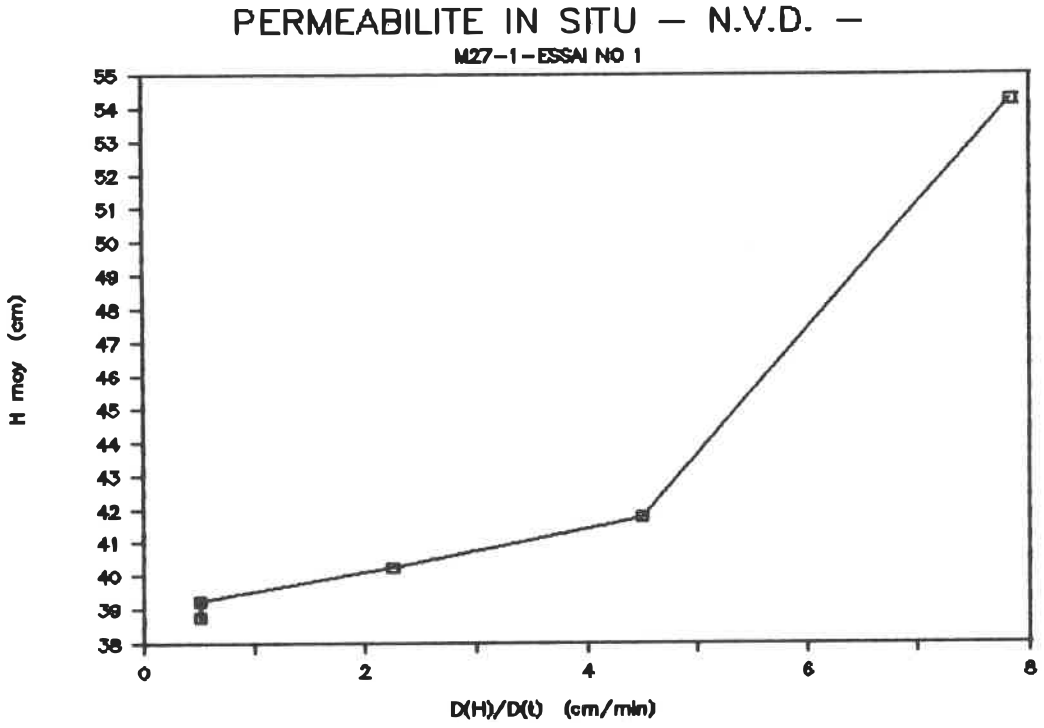
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

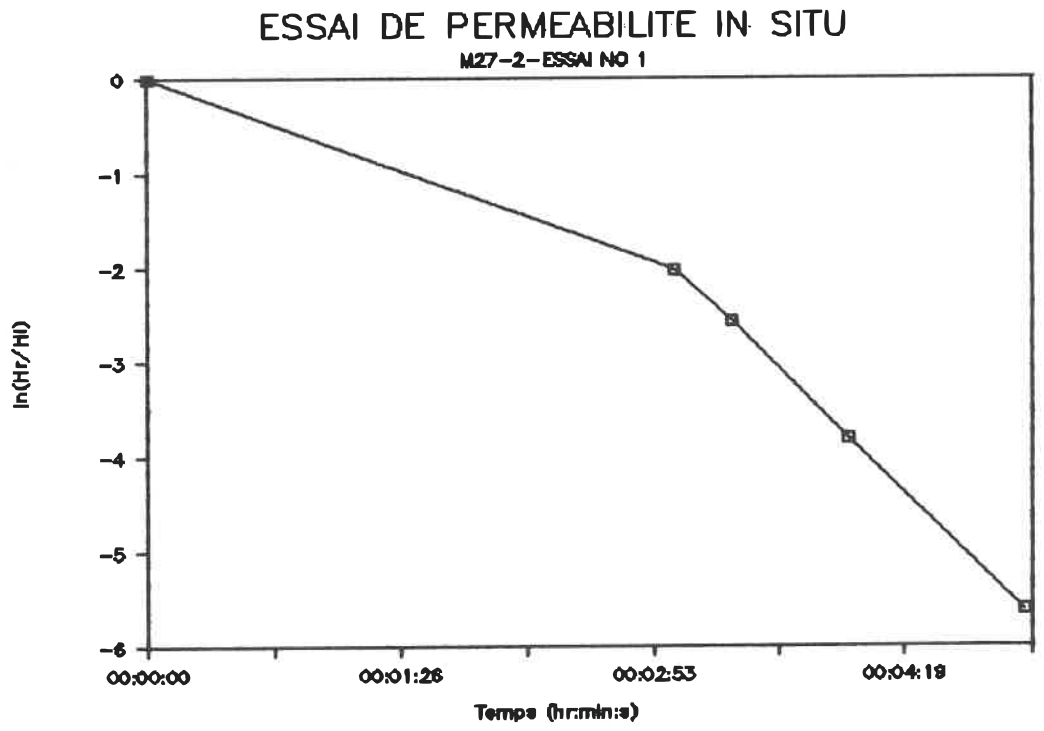
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	66.00				
		180.0	23.50	54.25	7.83
00:03:00	42.50				
		20.0	1.50	41.75	4.50
00:03:20	41.00				
		40.0	1.50	40.25	2.25
00:04:00	39.50				
		60.0	0.50	39.25	0.50
00:05:00	39.00				
		60.0	0.50	38.75	0.50
00:06:00	38.50				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 66.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		27.10	1.00	0.00
	180.0			
00:03:00		3.60	0.13	-2.02
	20.0			
00:03:20		2.10	0.08	-2.56
	40.0			
00:04:00		0.60	0.02	-3.81
	60.0			
00:05:00		0.10	0.00	-5.62
	60.0			


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M27-1-ESSAI NO 1
H moy (cm)
55
54
53
52
51
50
49
48
47
46
45
44
43
42
41
40
39
38
0
2
4
6
8
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M27-2-ESSAI NO 1
ln(Hr/Hi)
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
00:00:00
00:01:26
00:02:53
00:04:19
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M27
LIEU: X 609.20 Y 5076.55 DATE: 88-07-14 ESSAI No: 3

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE GRIS TRES FIN

Niveau Statique /sommet tubage 1.36 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.36 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -1.42 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= 22.79
Pente de la courbe : p1 = 8.21

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = \frac{A}{6000 * p1 * C} = 1.42E-06 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

             t       ln(Hr/Hi)

   P1       00:04:00    -1.09
   P2       00:16:00    -2.57

Calcul de p':
              p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
              p' =      0.12  /min

Calcul de la permeabilite:

          k = A*p'/6000*C =   1.43E-06    m/s
         -----------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires        :
---------------------

CHARGE MAXIMUM:  63 cm
CHARGE APPLIQUEE:  136 cm

PAS DE DEVELOPPEMENT

DRASTIC RATING:  1
```

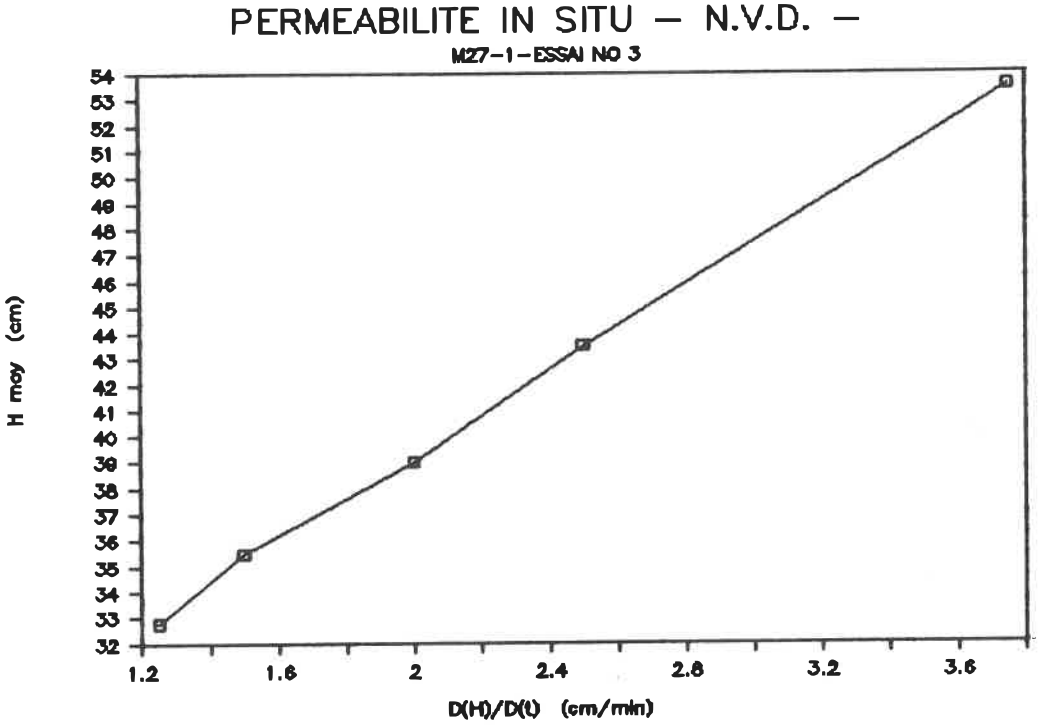
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

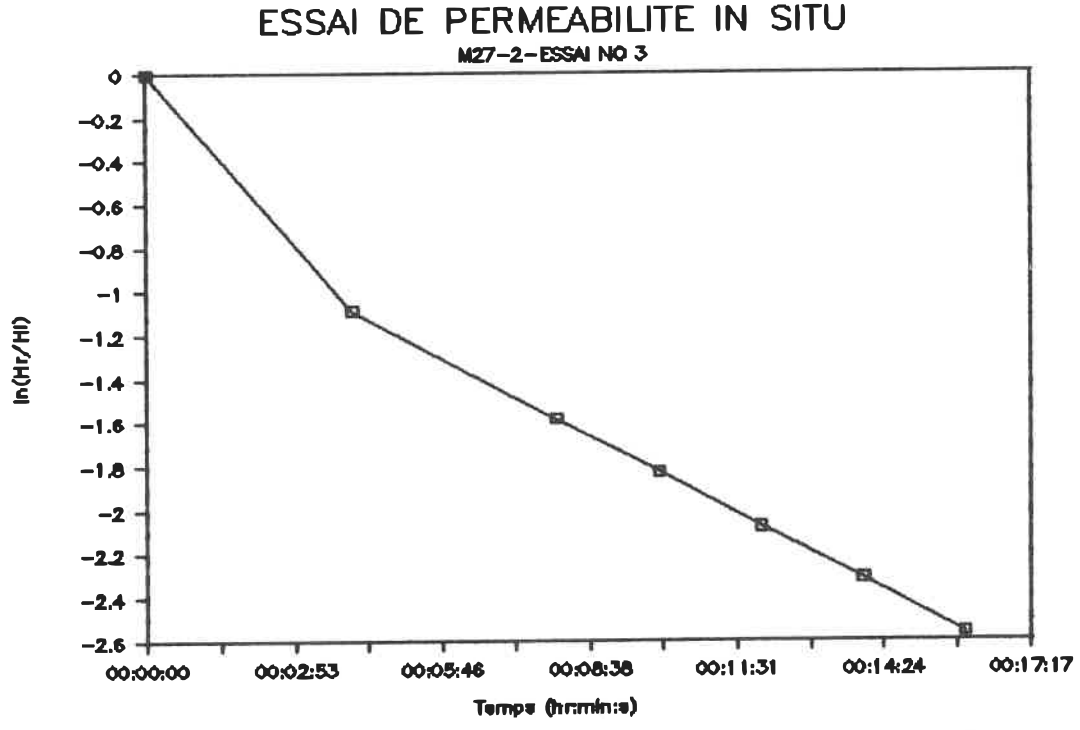
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	136.00				
		240.0	75.00	98.50	18.75
00:04:00	61.00				
		240.0	15.00	53.50	3.75
00:08:00	46.00				
		120.0	5.00	43.50	2.50
00:10:00	41.00				
		120.0	4.00	39.00	2.00
00:12:00	37.00				
		120.0	3.00	35.50	1.50
00:14:00	34.00				
		120.0	2.50	32.75	1.25
00:16:00	31.50				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 136.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		113.21	1.00	0.00
	240.0			
00:04:00		38.21	0.34	-1.09
	240.0			
00:08:00		23.21	0.20	-1.58
	120.0			
00:10:00		18.21	0.16	-1.83
	120.0			
00:12:00		14.21	0.13	-2.08
	120.0			
00:14:00		11.21	0.10	-2.31
	120.0			
00:16:00		8.71	0.08	-2.57


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M27-1-ESSAI NO 3
H moy (cm)
54
53
52
51
50
49
48
47
46
45
44
43
42
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
1.2
1.6
2
2.4
2.8
3.2
3.6
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M27-2-ESSAI NO 3
ln(Hr/Hi)
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1.2
-1.4
-1.6
-1.8
-2
-2.2
-2.4
-2.6
00:00:00
00:02:53
00:05:46
00:08:38
00:11:31
00:14:24
00:17:17
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M35
LIEU: X 589.65 Y 5092.30 DATE: 88-07-14 ESSAI No: 1

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE FIN A TRES FIN

Niveau Statique /sommet tubage 1.84 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.84 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -1.67 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= 0.96
Pente de la courbe : p1 = 0.86

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = A / (6000 * p1 * C) = 1.34E-05 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

              t       ln(Hr/Hi)

   P1       00:00:20     -0.40
   P2       00:01:45     -2.08

Calcul de p':
               p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
               p' =      1.19  /min

Calcul de la permeabilite:

          k = A*p'/6000*C =   1.38E-05    m/s
         ------------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires        :
--------------------

CHARGE MAXIMUM:  88 cm
CHARGE APPLIQUEE:  77.5 cm


DRASTIC RATING:  1
```

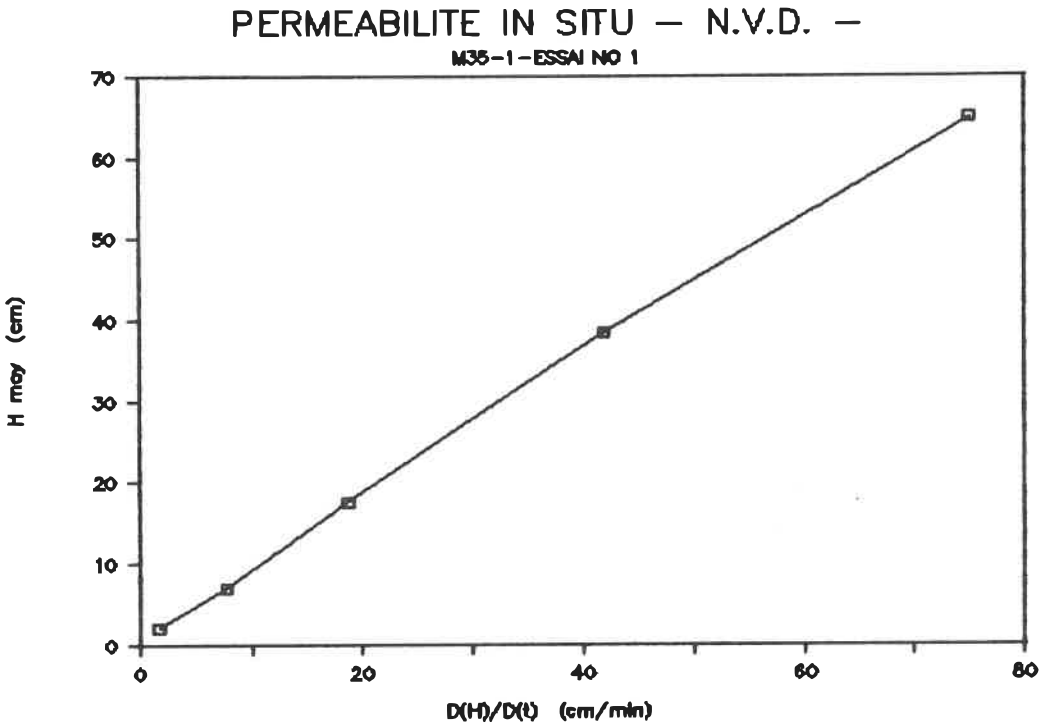
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)
RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE
VALEUR DE PERMEABILITE

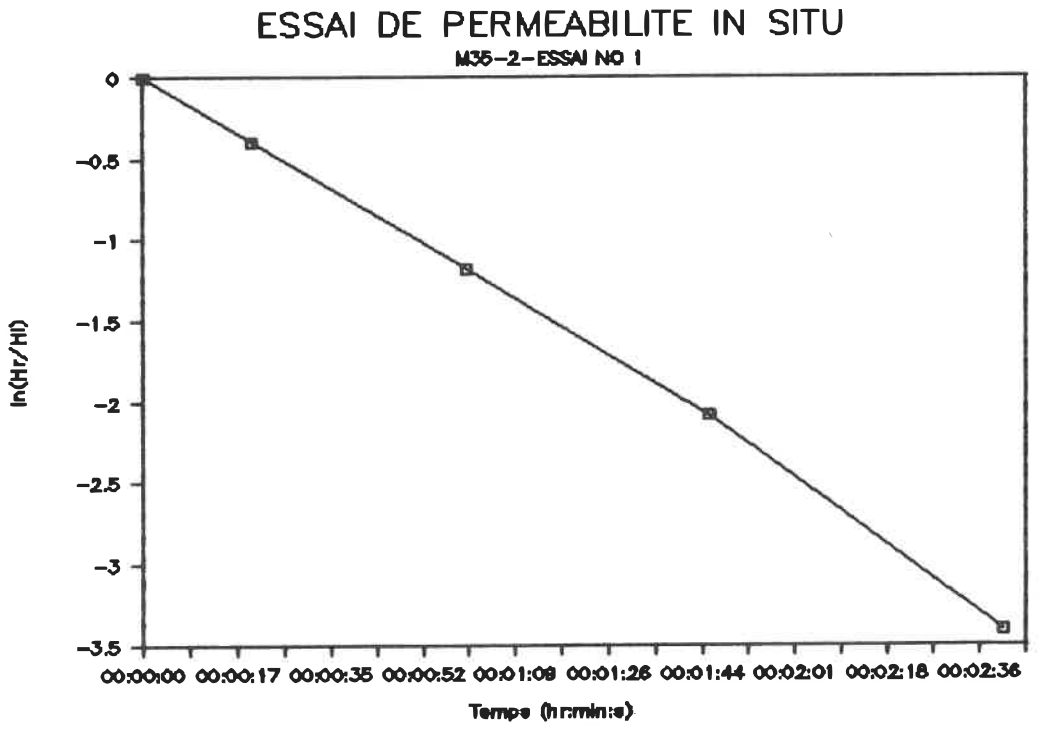
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	77.50				
		20.0	25.00	65.00	75.00
00:00:20	52.50				
		40.0	28.00	38.50	42.00
00:01:00	24.50				
		45.0	14.00	17.50	18.67
00:01:45	10.50				
		55.0	7.00	7.00	7.64
00:02:40	3.50				
		110.0	3.00	2.00	1.64
00:04:30	0.50				
		-270.0	0.50	0.25	-0.11

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 77.50

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t)
ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		76.54	1.00	0.00
	20.0			
00:00:20		51.54	0.67	-0.40
	40.0			
00:01:00		23.54	0.31	-1.18
	45.0			
00:01:45		9.54	0.12	-2.08
	55.0			
00:02:40		2.54	0.03	-3.41
	110.0			
00:04:30		-0.46	-0.01	ERR
	-270.0			


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M35-1-ESSAI NO 1
H moy (cm)
70
60
50
40
30
20
10
0
0
20
40
60
80
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M35-2-ESSAI NO 1
ln(Hr/Hi)
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
-3
-3.5
00:00:00 00:00:17 00:00:35 00:00:52 00:01:09 00:01:26 00:01:44 00:02:01 00:02:18 00:02:36
Temps (hr:min:s)

ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M35
LIEU: X 589.65 Y 5092.30 DATE: 88-07-14 ESSAI No: 4

SOL-Description au niveau de l'essai: SABLE FIN A TRES FIN

Niveau Statique /sommet tubage 1.84 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.84 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -1.67 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= 0.80
Pente de la courbe : p1 = 1.38

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = \frac{A}{6000 * p1 * C} = 8.44E\text{-}06 \text{ m/s}$$

==========

COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)

==========

Choix de deux points sur la courbe:

	t	ln(Hr/Hi)
P1	00:02:00	-2.28
P2	00:04:30	-4.21

Calcul de p':

p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1

p' = 0.77 /min

Calcul de la permeabilite:

$$k = A * p' / 6000 * C = 8.97E-06 \text{ m/s}$$

A: section du tubage (cm2) A= 7.94 cm2

C: coef. forme de la lanterne C= 113.93 cm

==========

Commentaires :

CHARGE MAXIMUM: 88 cm CLAQUAGE HYDRAULIQUE POSSIBLE

CHARGE APPLIQUEE: 183.5 cm

DRASTIC RATING: 1

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

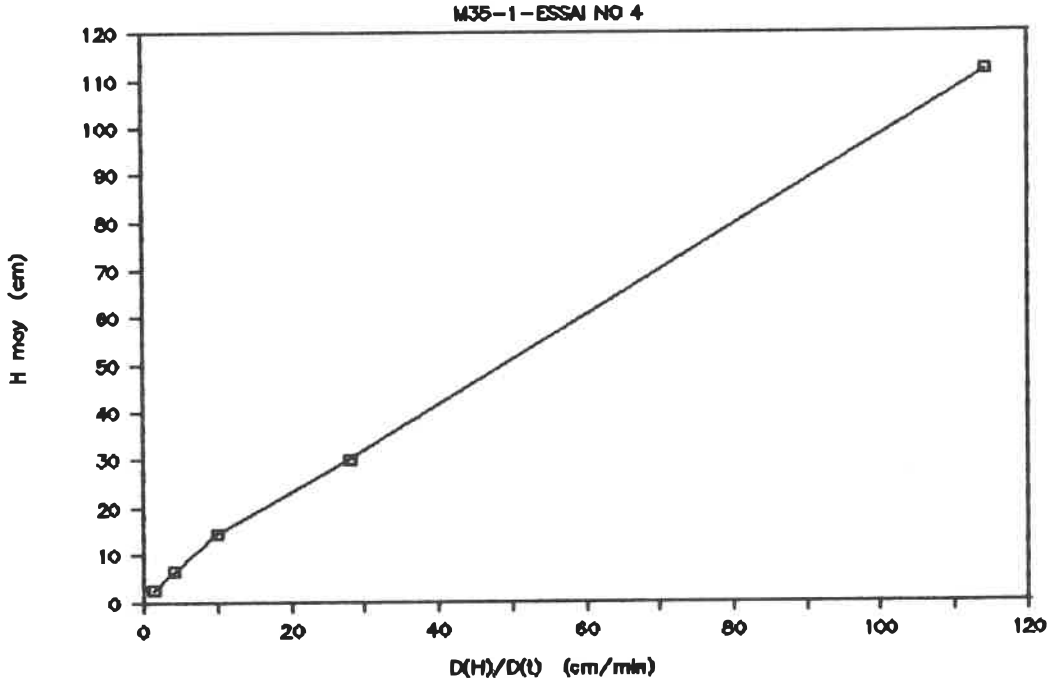
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	183.50				
		75.0	143.00	112.00	114.40
00:01:15	40.50				
		45.0	21.00	30.00	28.00
00:02:00	19.50				
		60.0	10.00	14.50	10.00
00:03:00	9.50				
		90.0	6.00	6.50	4.00
00:04:30	3.50				
		90.0	2.00	2.50	1.33
00:06:00	1.50				

Colonne d'eau initiale:
Hi (cm) = 183.50

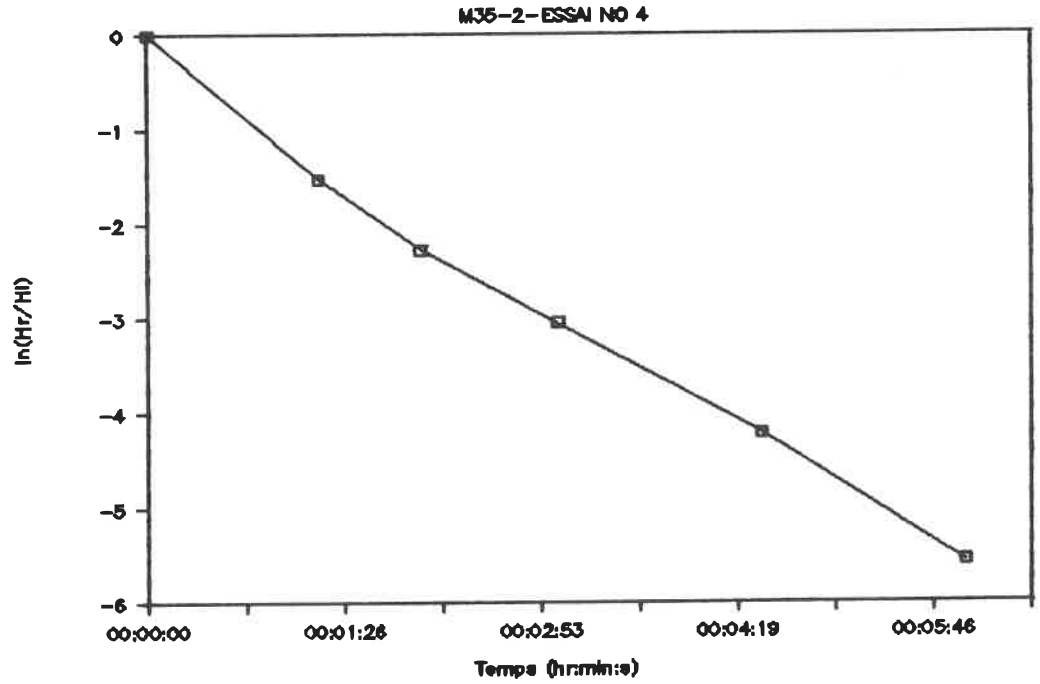
DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		182.70	1.00	0.00
	75.0			
00:01:15		39.70	0.22	-1.53
	45.0			
00:02:00		18.70	0.10	-2.28
	60.0			
00:03:00		8.70	0.05	-3.04
	90.0			
00:04:30		2.70	0.01	-4.21
	90.0			
00:06:00		0.70	0.00	-5.57

PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —



ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU



ESSAI DE PERMEABILITE IN-SITU
Niveau Variable Descendant

PROJET: MRC MONTCALM No: SONDAGE No: M37
LIEU: X 590.50 Y 5085.50 DATE: 88-07-14 ESSAI No: 1

SOL-Description au niveau de l'essai: MELANGE DE SABLE ET GRAVIER

Niveau Statique /sommet tubage 1.01 m
prof. d'immersion de la sonde / PVC h3 (m)= ERR m

EL. DU SOMMET TUBAGE 1.01 m
EL. DU N.P.: 0.00 m
EL. DE L'ESSAI: -1.98 m

TUBAGE:
Section du tubage (de la colonne d'eau), A = 7.94 cm2

CALCUL DE C (coefficient de forme de la lanterne)

LANTERNE Materiau: CREPINE D1(cm): 4.22 L(cm): 61.00
C=2*pi*L/ln(2*L/D1) = 113.93 cm

COURBE H moy = f (D(H)/D(t))

Valeur de la constante : H0 (cm)= -0.33
Pente de la courbe : p1 = 0.56

CALCUL DE LA PERMEABILITE A PARTIR DE LA PENTE
DE LA COURBE H moy = f(D(H)/D(t))

$$k = \frac{A}{6000 * p1 * C} = 2.06E\text{-}05 \text{ m/s}$$

```
============================================================
COURBE: ln(Hr/Hi) = f(t)
============================================================
Choix de deux points sur la courbe:

             t       ln(Hr/Hi)

   P1       00:01:00    -2.50
   P2       00:01:30    -3.41

Calcul de p':
              p' = (ln(Hr/Hi)1-ln(Hr/Hi)2) / t2-t1
              p' =      1.82  /min

Calcul de la permeabilite:

          k = A*p'/6000*C =   2.11E-05    m/s
         ------------------------------

A: section du tubage (cm2)          A=      7.94 cm2
C: coef. forme de la lanterne       C=    113.93 cm
============================================================

Commentaires        :
---------------------

CHARGE   MAXIMUM: 68 cm       CLAQUAGE HYDRAULIQUE POSSIBLE
CHARGE APPLIQUEE: 101 cm


DRASTIC RATING: 1
```

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE H moy = F(D(H)/D(t)), POUR LA RECHERCHE DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE REEL ET L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

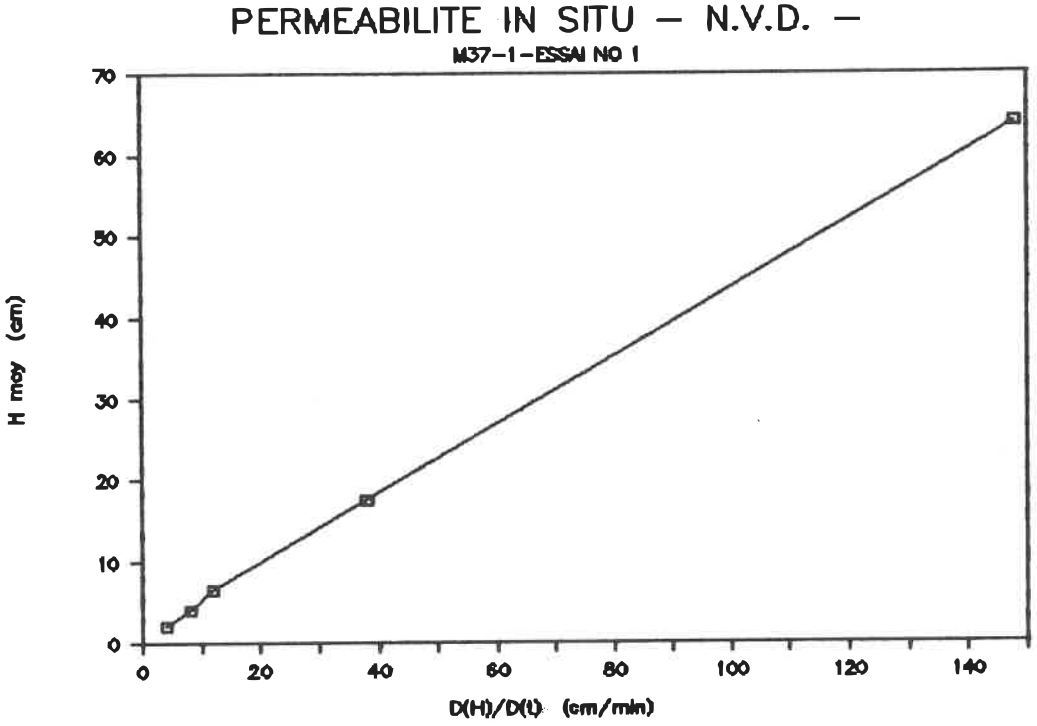
HEURE (h,min,s)	H colonne (cm)	DELTA T (s)	DELTA H (cm)	H moy. (cm)	D(H)/D(t) (cm/min)
00:00:00	101.00				
		30.0	74.00	64.00	148.00
00:00:30	27.00				
		30.0	19.00	17.50	38.00
00:01:00	8.00				
		15.0	3.00	6.50	12.00
00:01:15	5.00				
		15.0	2.00	4.00	8.00
00:01:30	3.00				
		30.0	2.00	2.00	4.00
00:02:00	1.00				

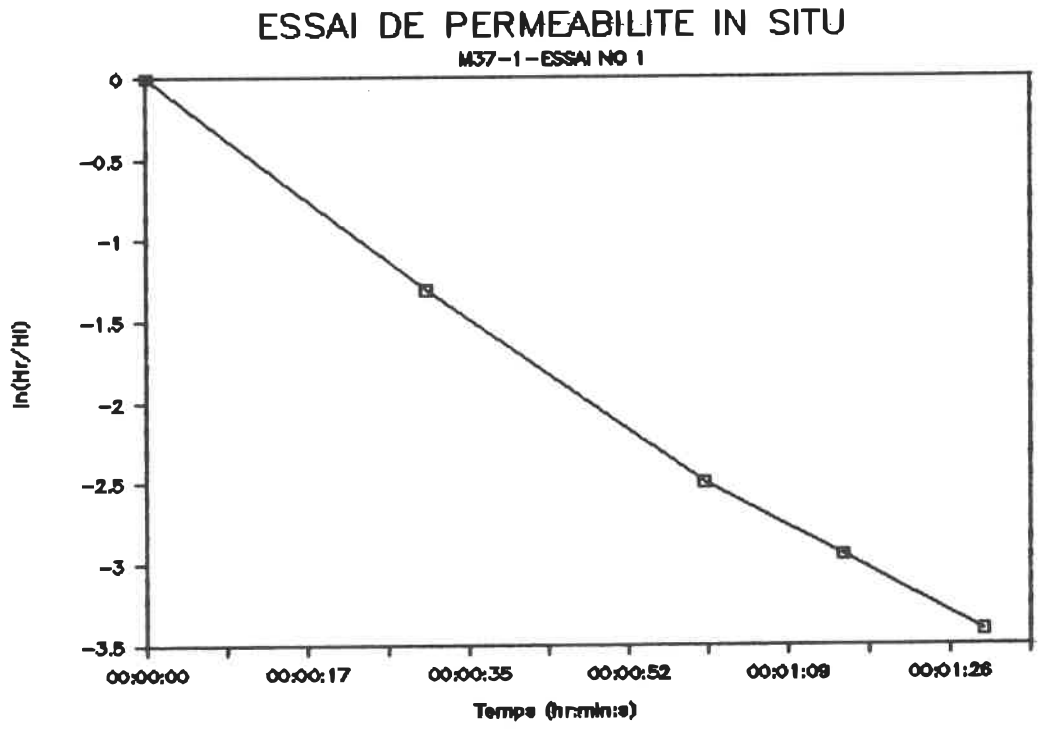
Colonne d'eau initiale:

Hi (cm) = 101.00

DONNEES POUR L'OBTENTION DE LA COURBE ln(Hr/Hi) = f(t) ET POUR L'OBTENTION D'UNE VALEUR DE PERMEABILITE

HEURE (h,min,s)	DELTA t (s)	Hr=H-Ho (cm)	Hr/Hi	ln(Hr/Hi)
00:00:00		101.33	1.00	0.00
	30.0			
00:00:30		27.33	0.27	-1.31
	30.0			
00:01:00		8.33	0.08	-2.50
	15.0			
00:01:15		5.33	0.05	-2.94
	15.0			
00:01:30		3.33	0.03	-3.41
	30.0			
00:02:00		1.33	0.01	-4.33


PERMEABILITE IN SITU — N.V.D. —
M37-1-ESSAI NO 1
H moy (cm)
70
60
50
40
30
20
10
0
0
20
40
60
80
100
120
140
D(H)/D(t) (cm/min)


ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU
M37-1-ESSAI NO 1
ln(Hr/Hi)
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
-3
-3.5
00:00:00
00:00:17
00:00:35
00:00:52
00:01:09
00:01:26
Temps (hr:min:s)

Annexe 6

Profondeur de l'eau

Aquifères libres et semi-captifs

Unité hydrogéologique	Localisation (1) X	Y	Profondeur (2) de l'eau (m)	Cote DRASTIC	Références (3)
1A1	608,40	5080,90	> 2,7	< 10	M-24
1A2	597,75	5081,10	1,2	10	M-33
1A6	602,20	5087,05	0,8	10	M-17
1A8	608,35	5091,33	1,1	10	M-1
1A8	610,92	5091,28	> 1,8	< 10	M-3
1A8	607,65	5088,15	< 4,5	9-10	L
1A10	602,95	5089,85	< 4,5	9-10	L
1A16	608,11	5093,49	> 2,1	< 10	M-7
1B1	601,30	5093,30	1,6	9	M-10
1B1	603,75	5093,90	< 4,5	9-10	L
1B1	615,00	5089,10	< 4,5	9-10	L
1B1	602,70	5095,75	< 4,5	9-10	L
1D1	613,56	5093,40	0,9	10	M-6
1D1	605,55	5095,40	2,3	9	M-8
1D1	594,70	5073,20	3,0	9	L
1D1	613,60	5093,35	< 4,5	9-10	L
1D1	596,00	5075,20	< 4,5	9-10	L
1D1	597,45	5074,58	< 4,5	9-10	L
1D1	599,80	5074,78	< 4,5	9-10	L
1D1	600,60	5074,30	< 4,5	9-10	L

(1) Coordonnées TUM - Zone 18
(2) Profondeur de l'eau en mètres par rapport à la surface du sol - août et septembre 1988
(3) M-1: Sondage - Août 1988
L : Nappe affleurante - lac naturel - lac artificiel

Annexe 6: **Profondeur de l'eau - Aquifères libres et semi-captifs** (1 de 3)

Unité hydrogéologique	Localisation (1) X	Y	Profondeur (2) de l'eau (m)	Cote DRASTIC	Références (3)
1D1	597,55	5085,55	< 4,5	9-10	L
1D1	599,42	5085,95	< 4,5	9-10	L
1D2	610,05	5095,15	2,7	9	M-5
1D2	617,95	5087,25	1,5	10	M-22
1D2	614,40	5083,40	1,2	10	M-23
1D2	609,20	5076,55	1,0	10	M-27
1D2	602,25	5073,95	1,2	10	M-29
1D2	613,10	5076,90	6,0	7	L
1D2	607,85	5073,85	< 4,5	9-10	L
1D2	618,00	5087,85	< 4,5	9-10	L
1D2	618,95	5086,95	< 4,5	9-10	L
2G1	589,65	5091,00	0,9	10	M-34
2Aa2	588,88	5086,98	< 4,5	9-10	L
2Aa2	588,35	5087,90	< 4,5	9-10	L
2Aa4	583,00	5091,30	< 4,5	9-10	L
2Aa4	584,80	5091,55	< 4,5	9-10	L
2Aa5	597,40	5086,45	0,5	10	M-21
2Aa5	597,40	5086,60	3-4	9	L
2Aa5	593,95	5082,85	< 4,5	9-10	L

(1) Coordonnées TUM - Zone 18

(2) Profondeur de l'eau en mètres par rapport à la surface du sol - août et septembre 1988

(3) M-1: Sondage - Août 1988
L : Nappe affleurante - lac naturel - lac artificiel

Annexe 6: **Profondeur de l'eau - Aquifères libres et semi-captifs** (2 de 3)

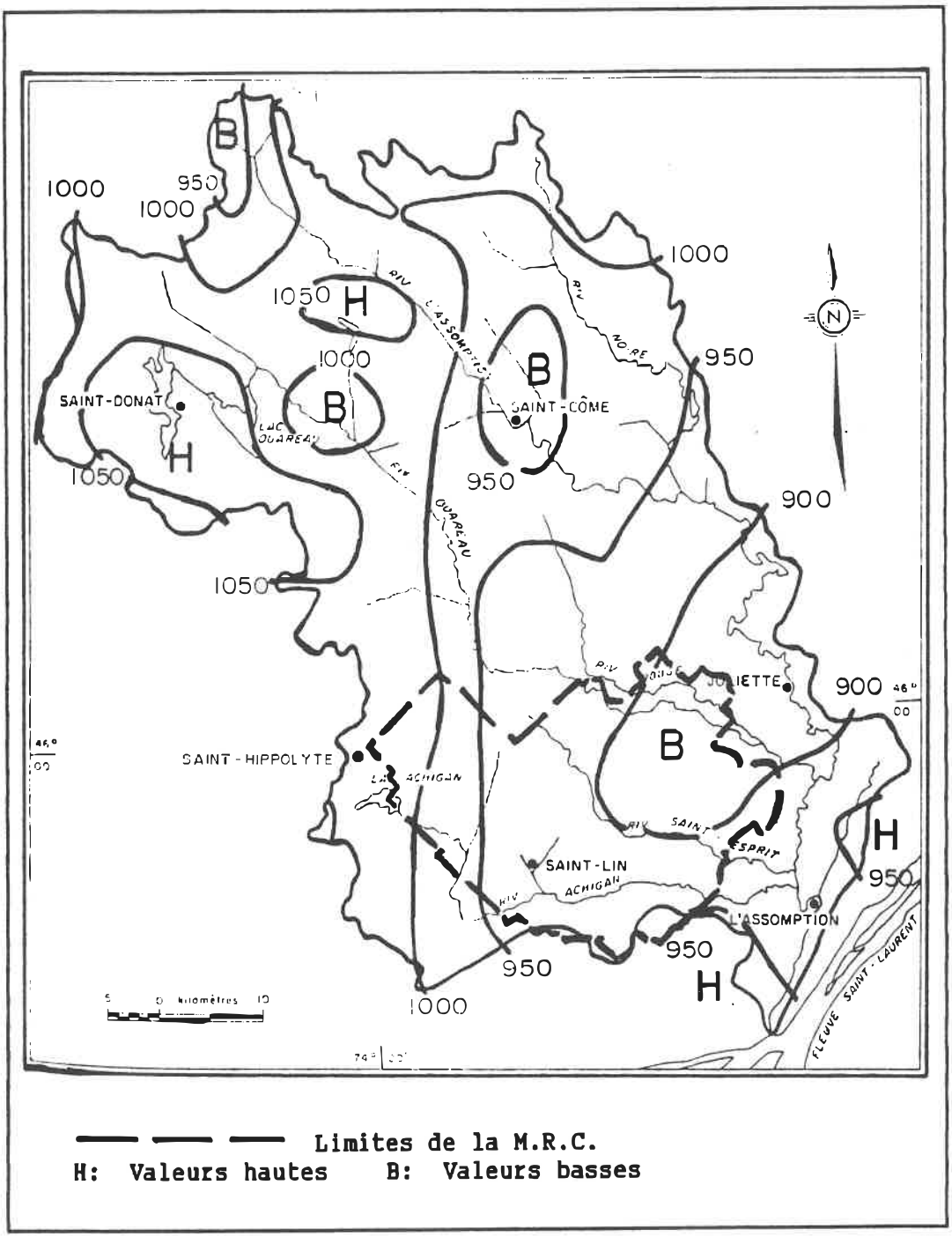
Unité hydrogéologique	Localisation (1) X	Y	Profondeur (2) de l'eau (m)	Cote DRASTIC	Références (3)
2Aa5	590,45	5082,35	< 4,5	9-10	L
2Aa5	591,15	5085,45	< 4,5	9-10	L
2Aa7	584,20	5092,80	< 4,5	9-10	L
2Aa7	584,40	5093,35	< 4,5	9-10	L
2Aa7	589,32	5087,72	< 4,5	9-10	L
2Ab1	599,15	5094,75	< 4,5	9-10	L
2Ab1	599,60	5095,70	0,7	10	M-19
2B1	598,55	5091,20	0,6	10	M-39
2B1	599,00	5091,30	1,2	10	M-40
2B1	598,90	5093,20	< 4,5	9-10	L
2B1	600,15	5097,05	< 4,5	9-10	L
2B1	599,75	5095,40	< 4,5	9-10	L
2B2	599,35	5091,35	< 4,5	9-10	L
2G1	589,65	5092,30	1,7	9	M-35
2G1	589,32	5092,20	< 4,5	9-10	L
2G2	595,95	5083,65	< 4,5	9-10	L
2G3	586,85	5081,40	< 4,5	9-10	L
2G4	589,55	5088,95	0,7	10	M-36
2G4	590,50	5085,50	0,8	10	M-37
2G4	589,52	5089,32	< 4,5	9-10	L

(1) Coordonnées TUM - Zone 18
(2) Profondeur de l'eau en mètres par rapport à la surface du sol - août et septembre 1988
(3) M-1: Sondage - Août 1988
L : Nappe affleurante - lac naturel - lac artificiel

Annexe 6: Profondeur de l'eau - Aquifères libres et semi-captifs (3 de 3)

Annexe 7

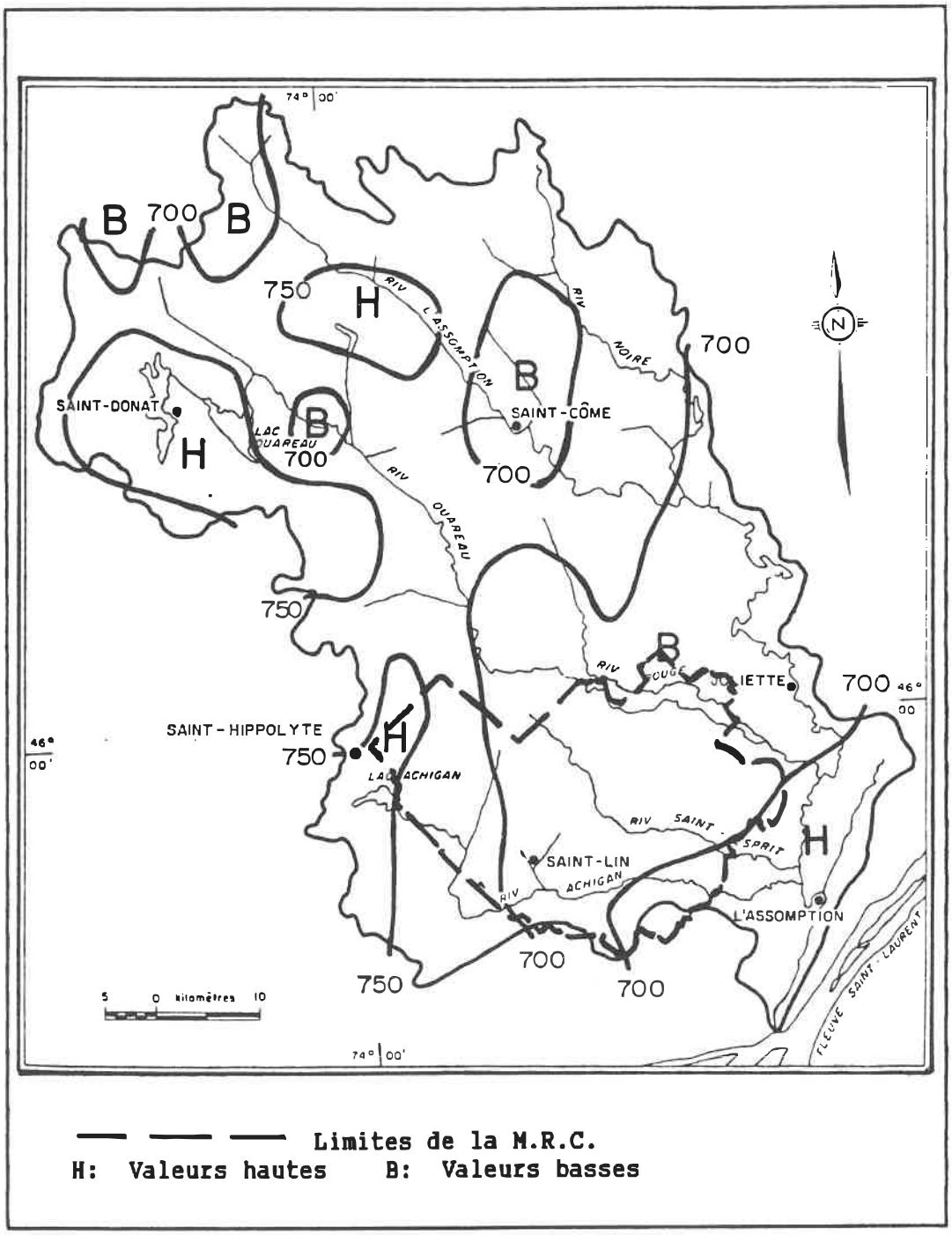
Données météorologiques



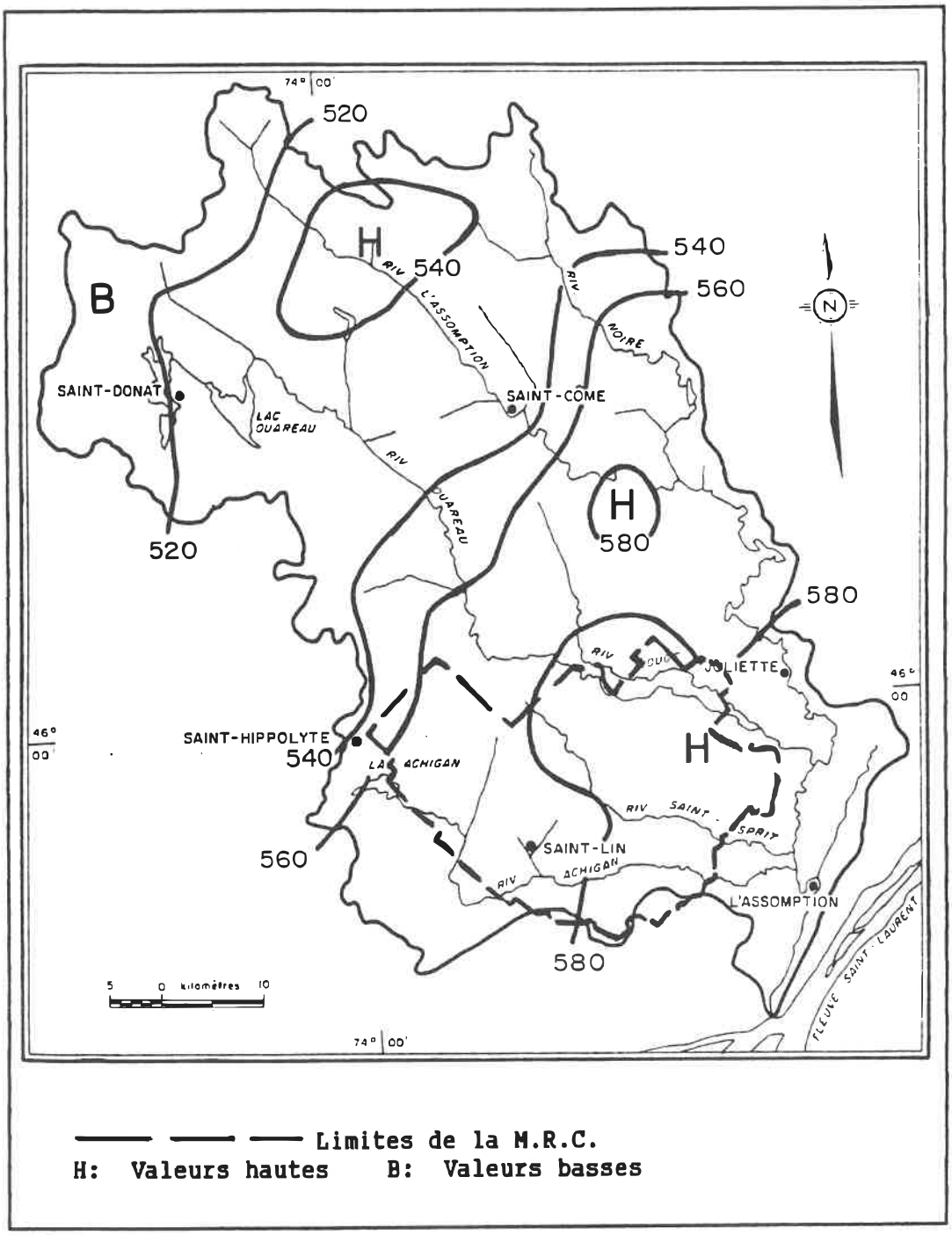
Limites de la M.R.C.

H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

Annexe 7: **Précipitation totale annuelle (mm)**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

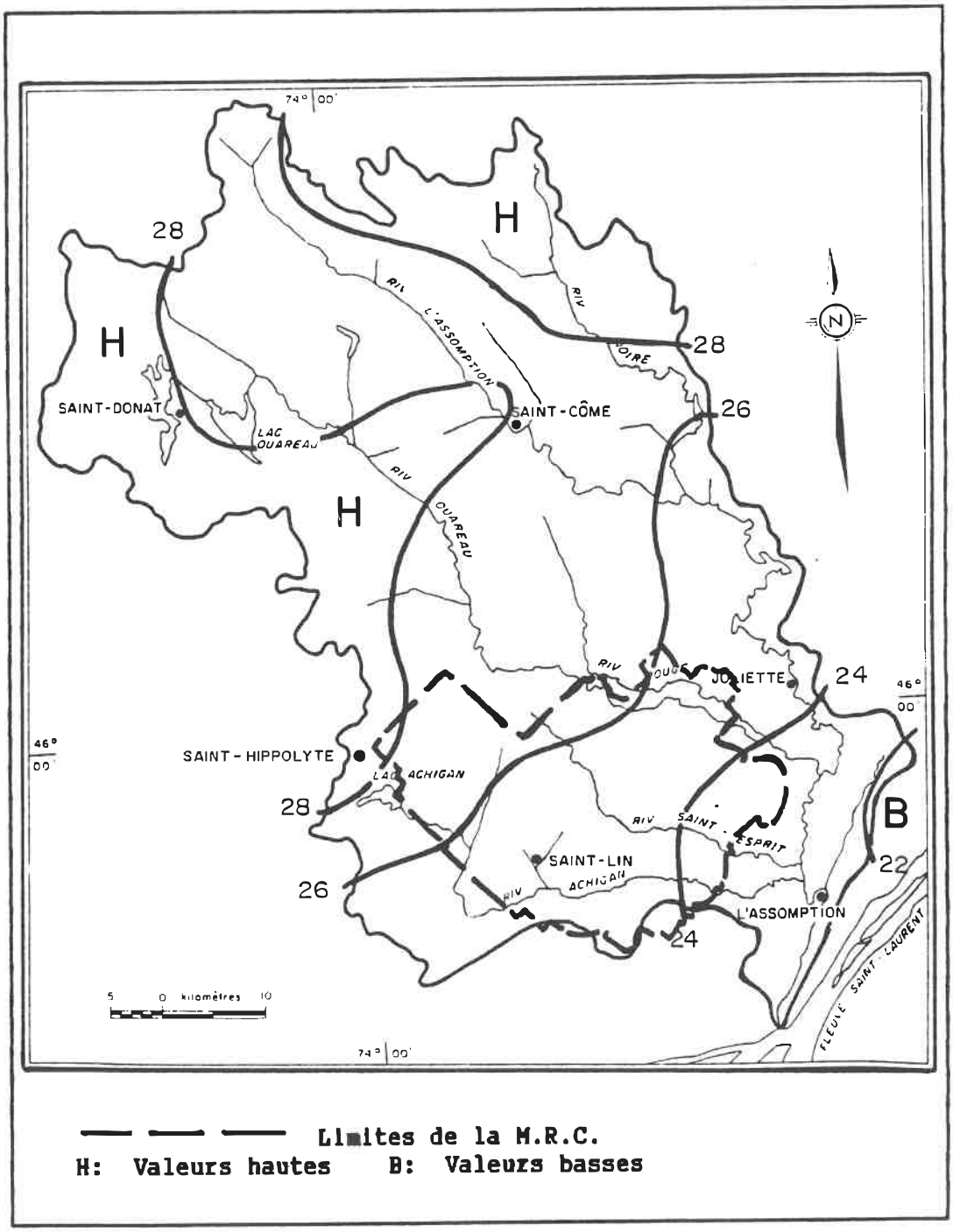


Annexe 7: **Chute de pluie annuelle (mm)**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

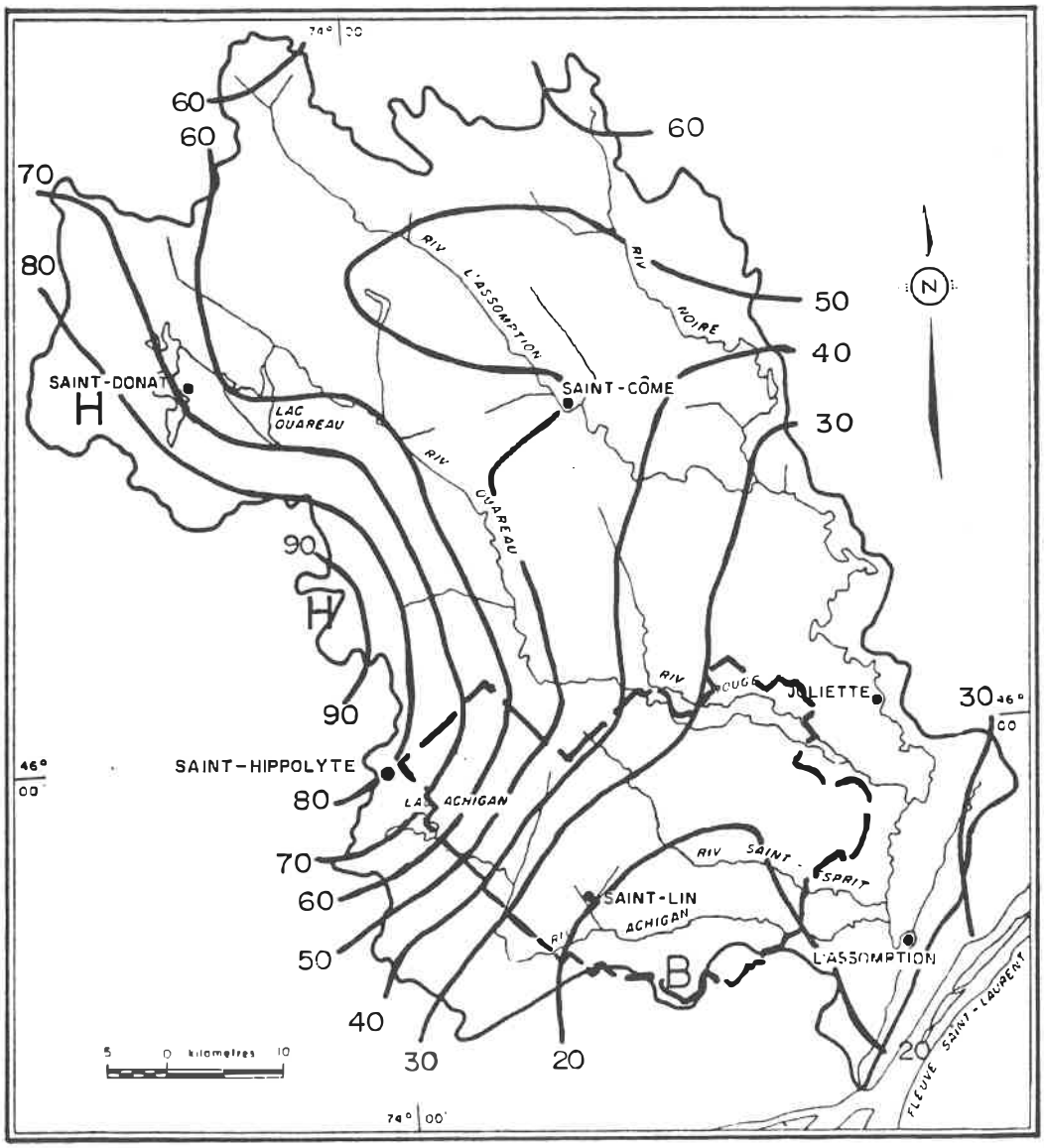


Limites de la M.R.C.
H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

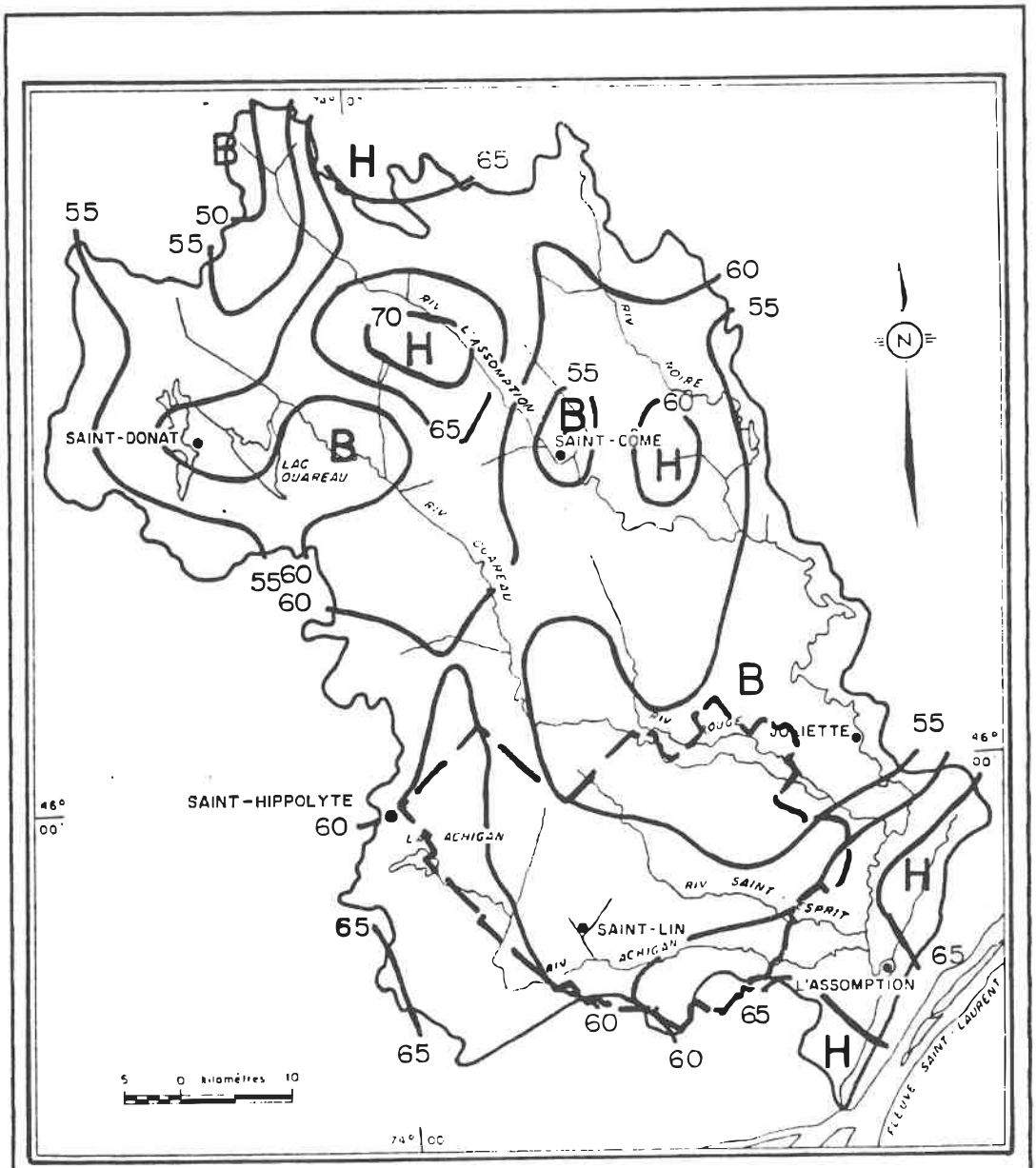
Annexe 7: Evapotranspiration potentielle annuelle (mm)
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



Annexe 7: Fraction nivale annuelle en pourcentage
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



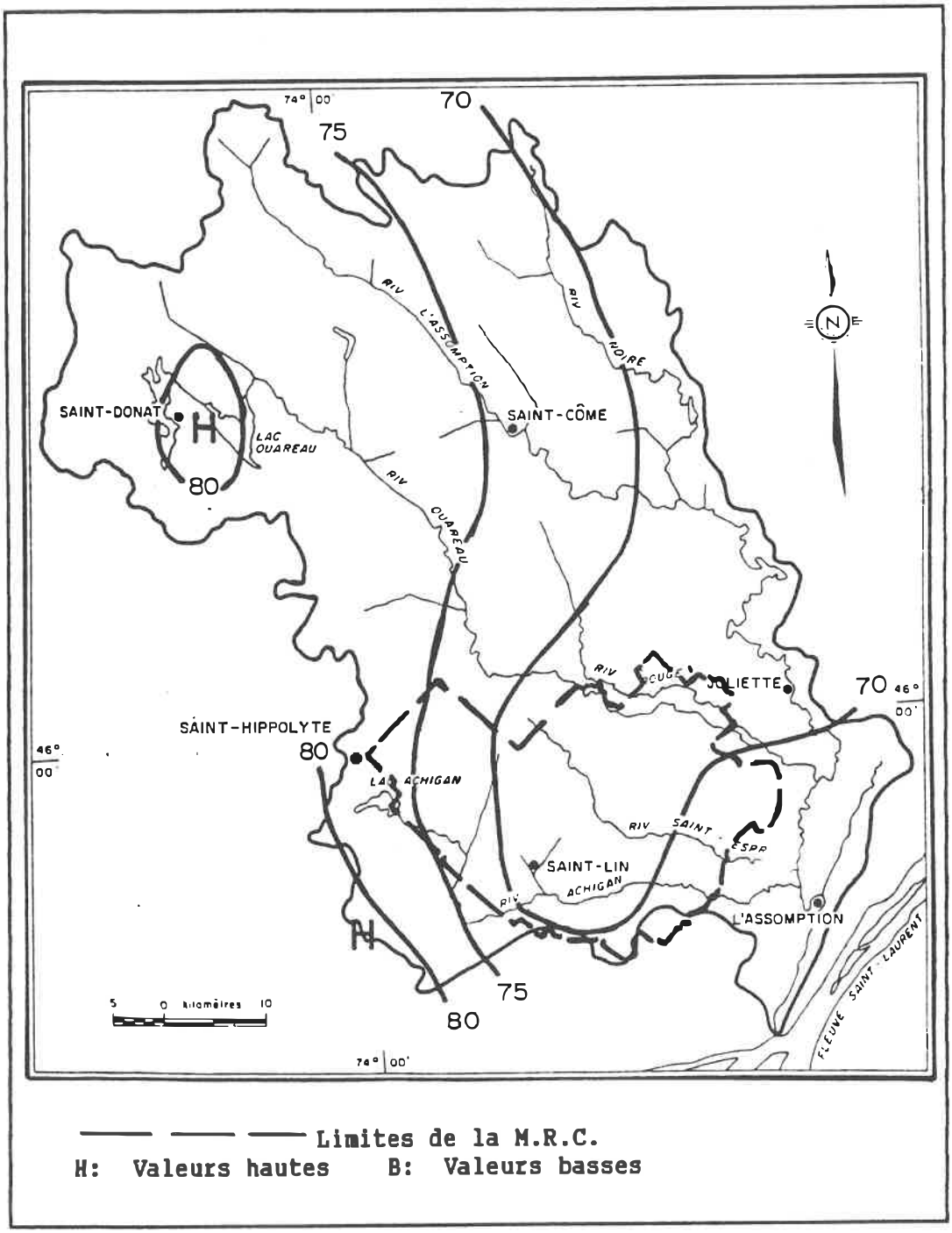
Annexe 7: **Hauteurs médianes de neige au sol (cm) aux station climatologiques au 31 mars. Tiré et adapté de Ferland et al. (18)**



——— ——— ——— Limites de la M.R.C.

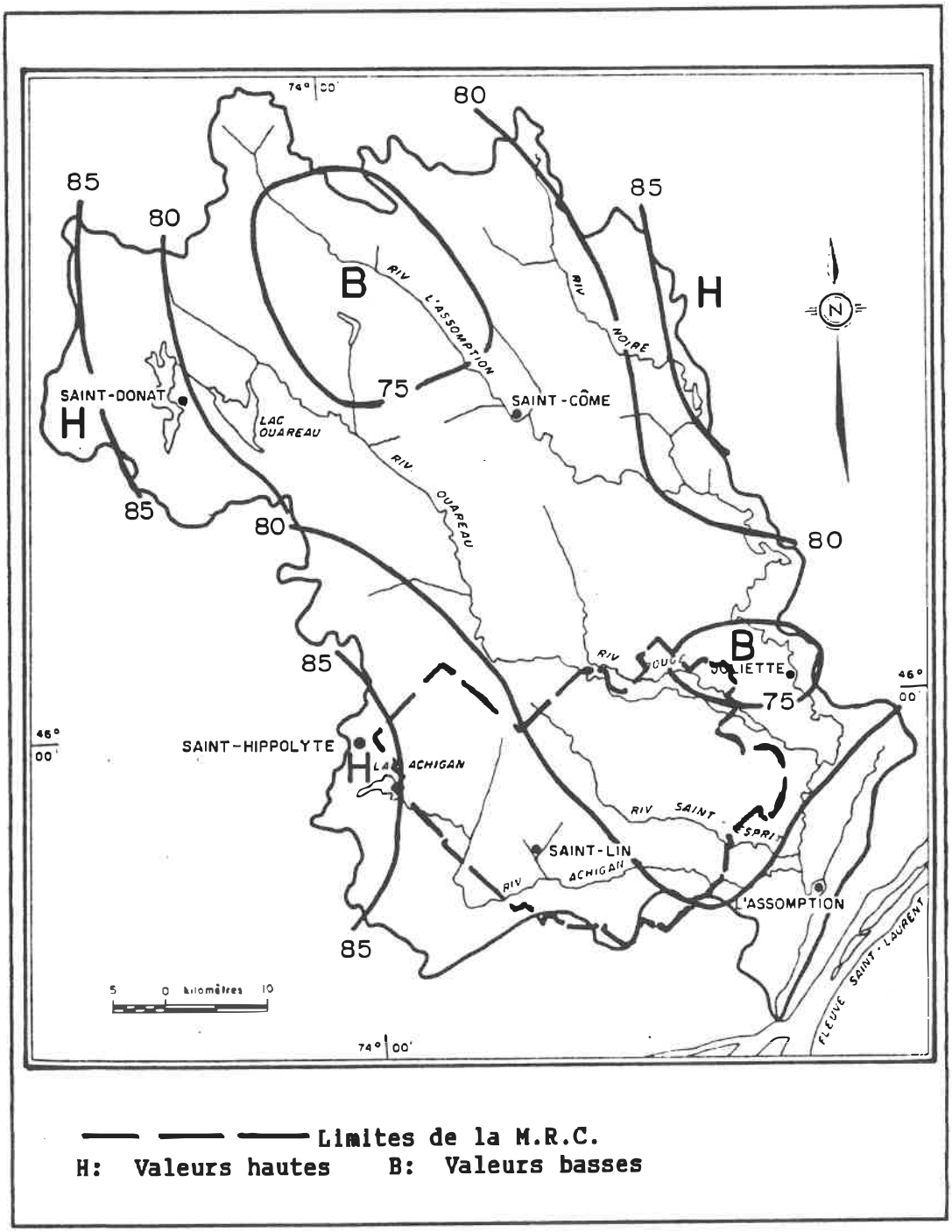
H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

Annexe 7: **Chute de pluie (mm) - Avril**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

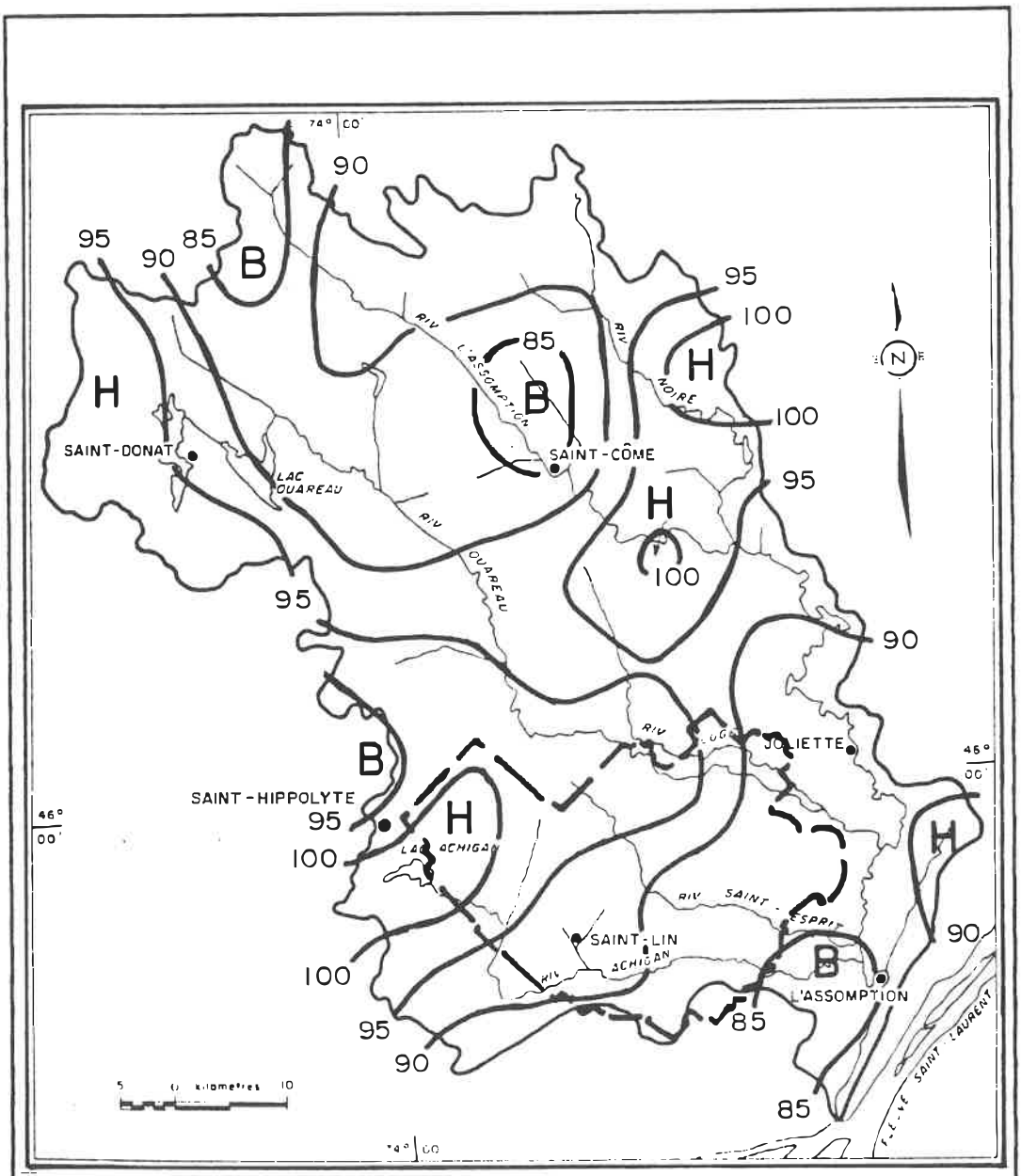


——— ——— ——— Limites de la M.R.C.
H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

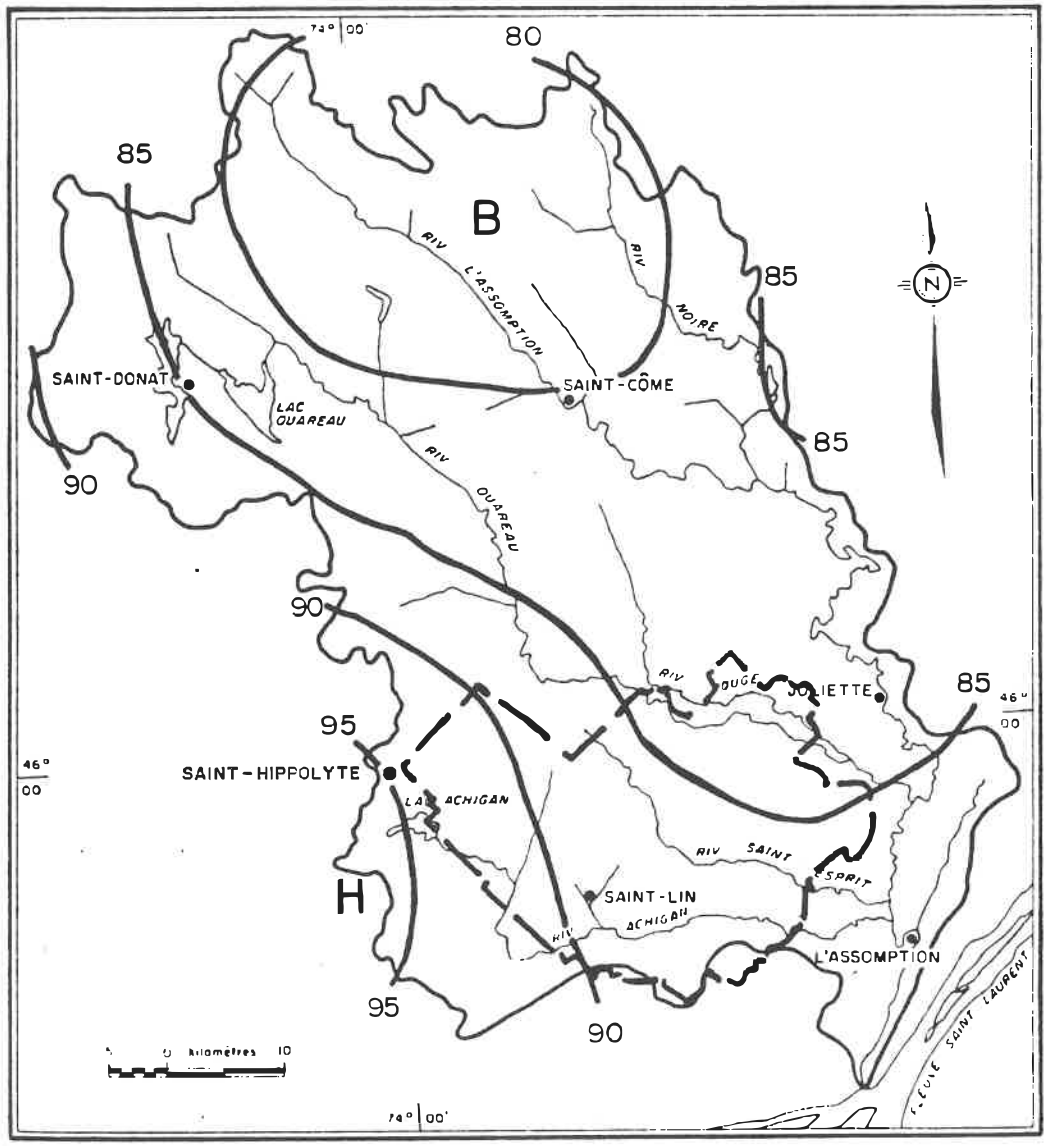
Annexe 7: **Chute de pluie (mm) - Mai**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



Annexe 7: **Chute de pluie (mm) - Juin**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

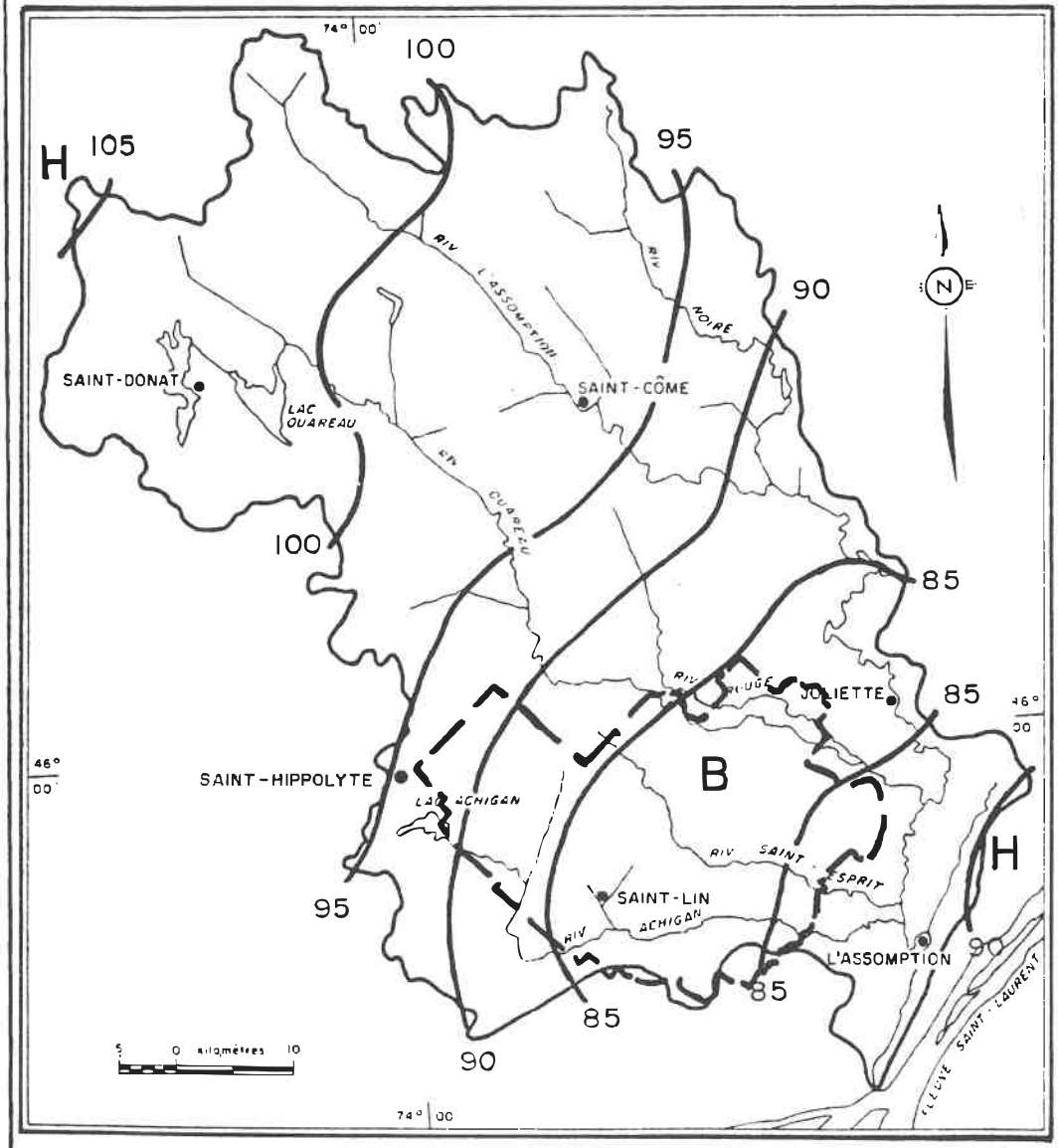


Annexe 7: **Chute de pluie (▬) - Juillet**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



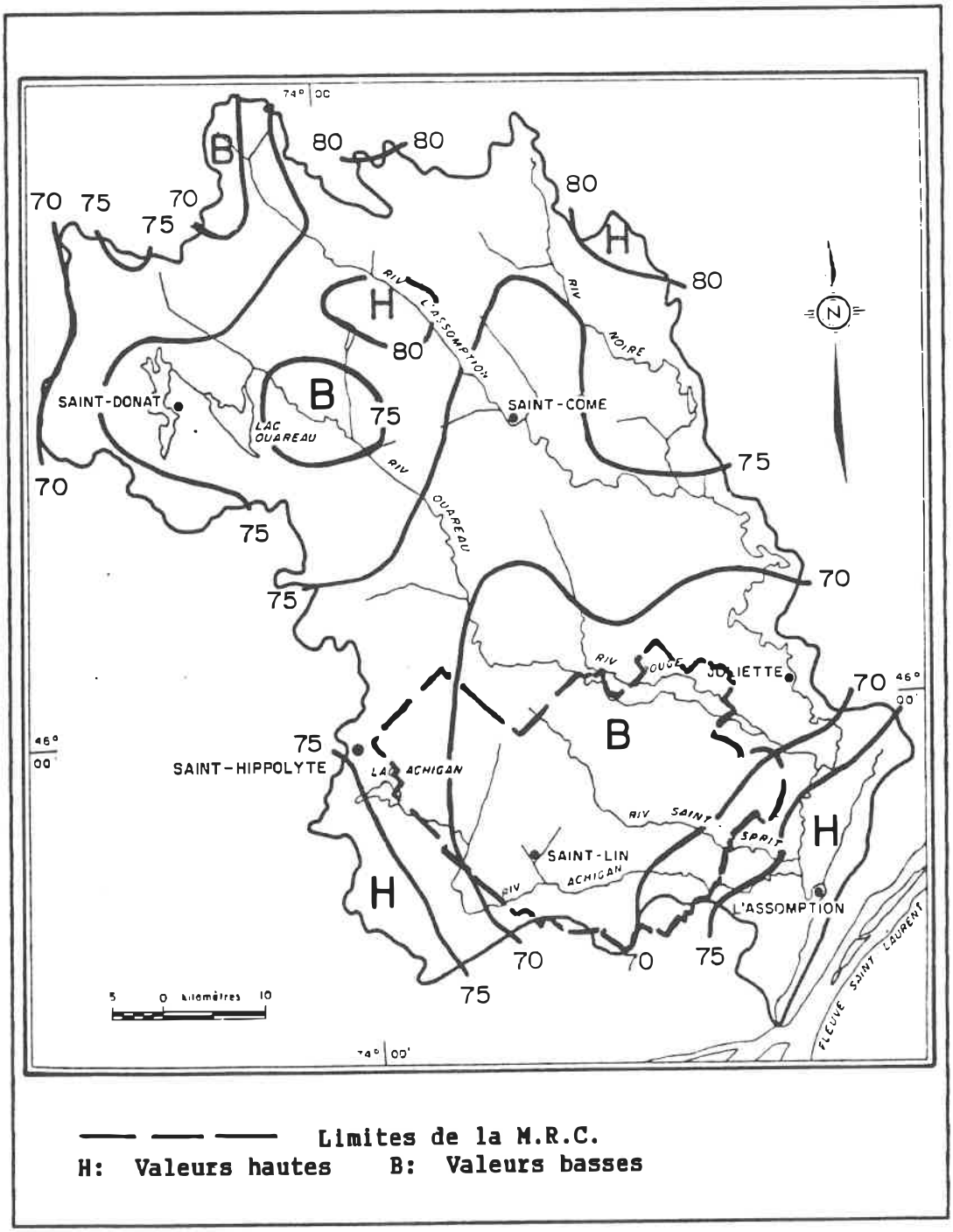
——— ——— ——— Limites de la M.R.C.
H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

Annexe 7: Chute de pluie - Août
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



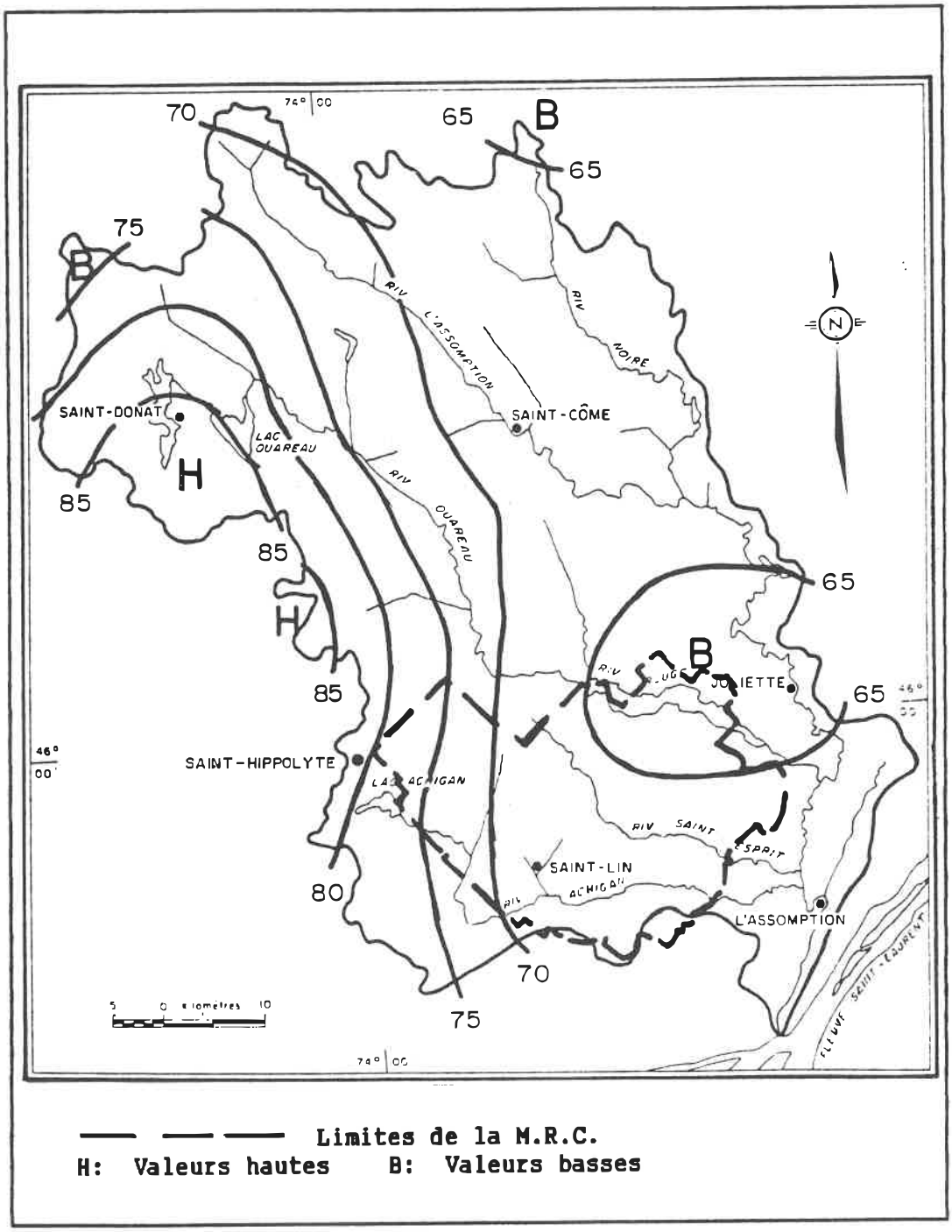
——— ——— ——— Limites de la M.R.C.
H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

Annexe 7: **Chute de pluie (mm) - Septembre**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

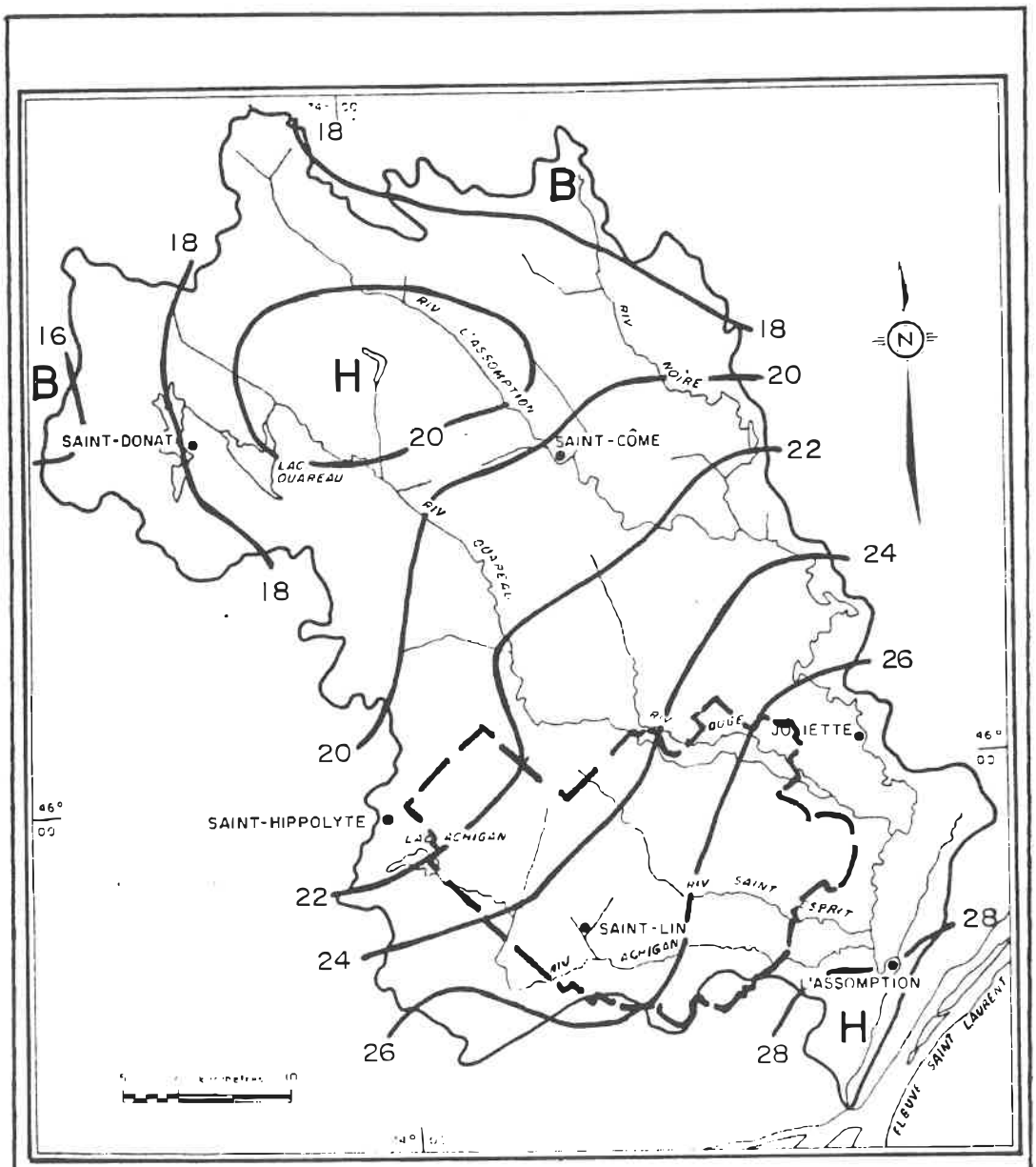


——— ——— ——— Limites de la M.R.C.
H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

Annexe 7: **Chute de pluie (mm) - Octobre**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



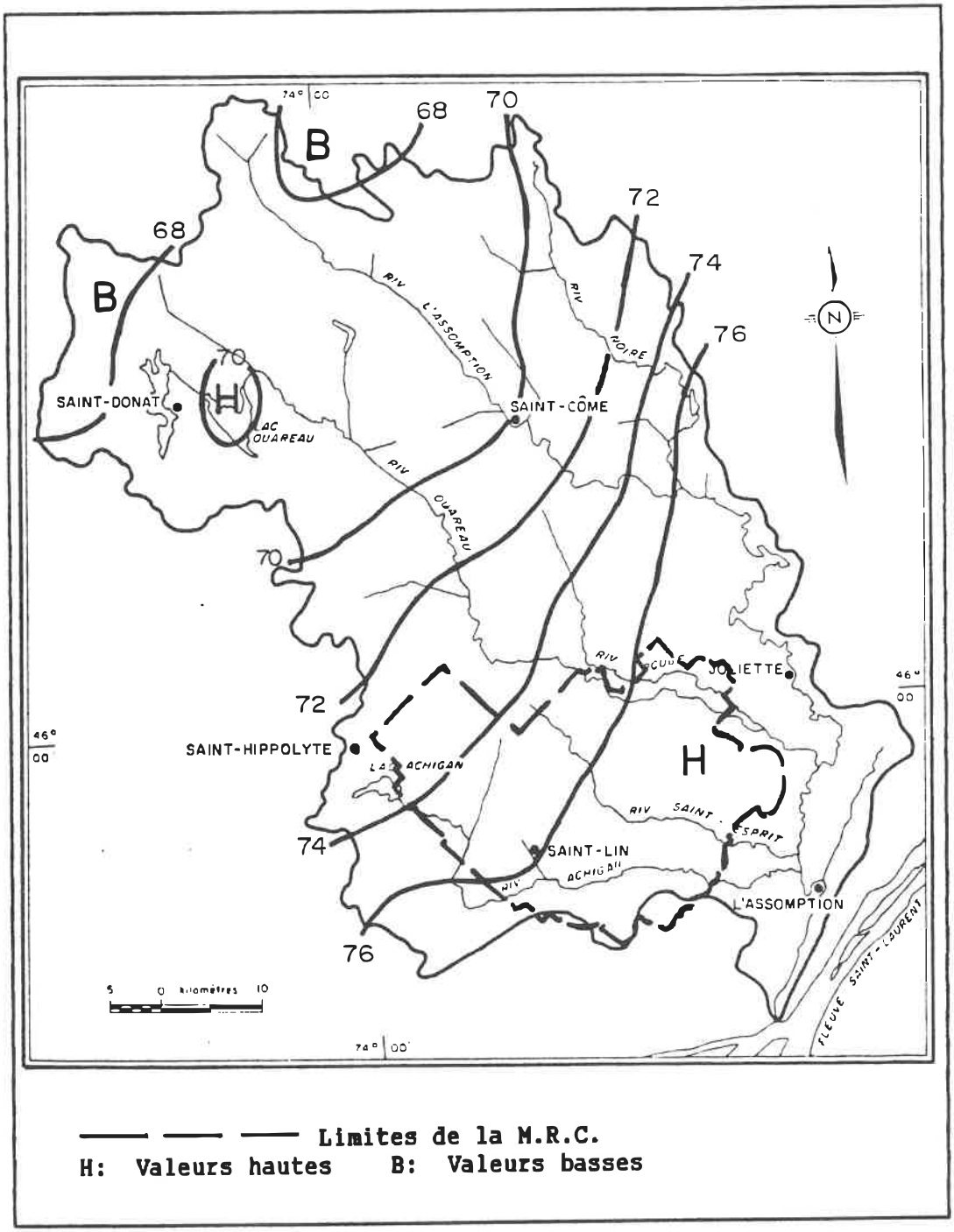
Annexe 7: **Chute de pluie (mm) - Novembre**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



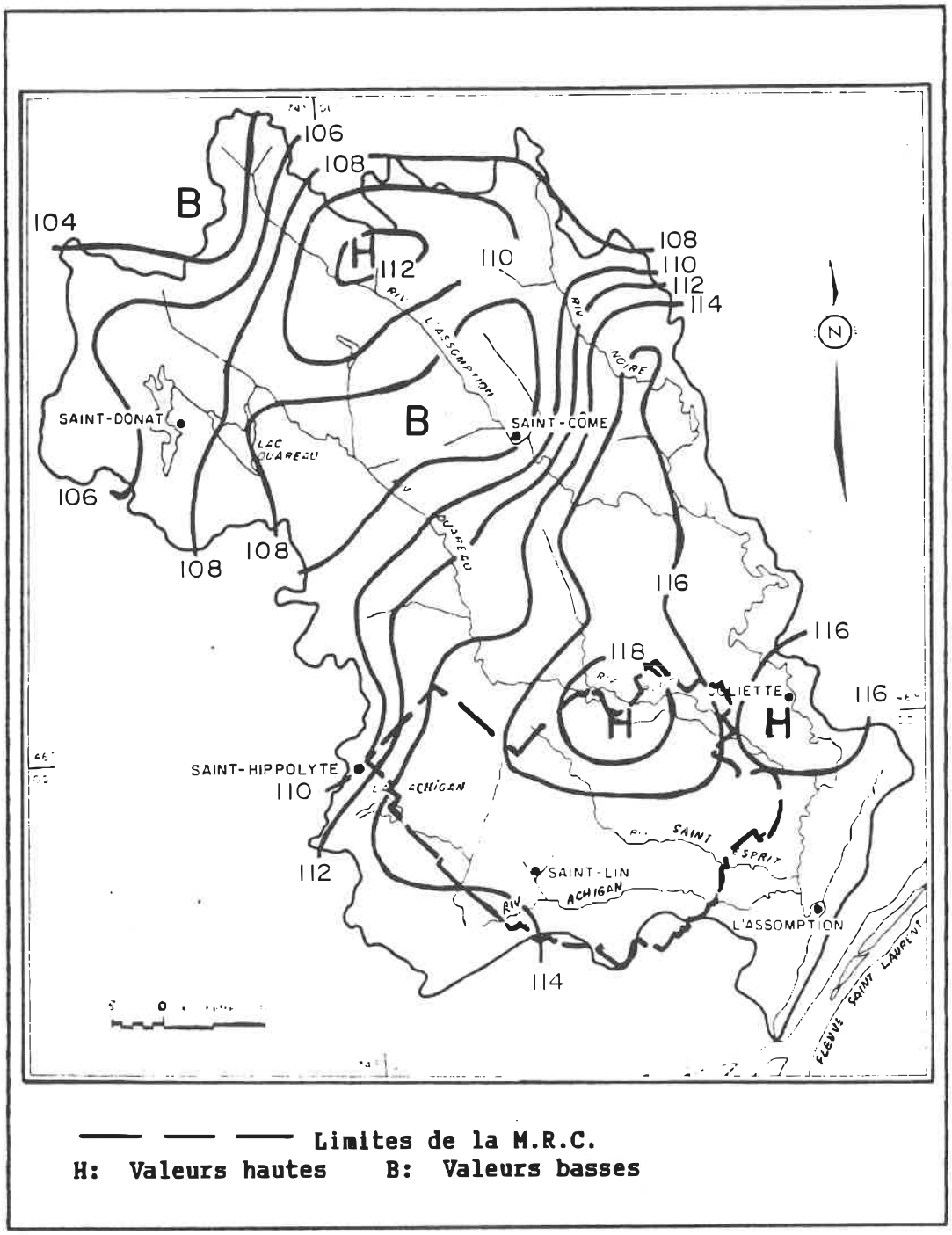
Limites de la M.R.C.

H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

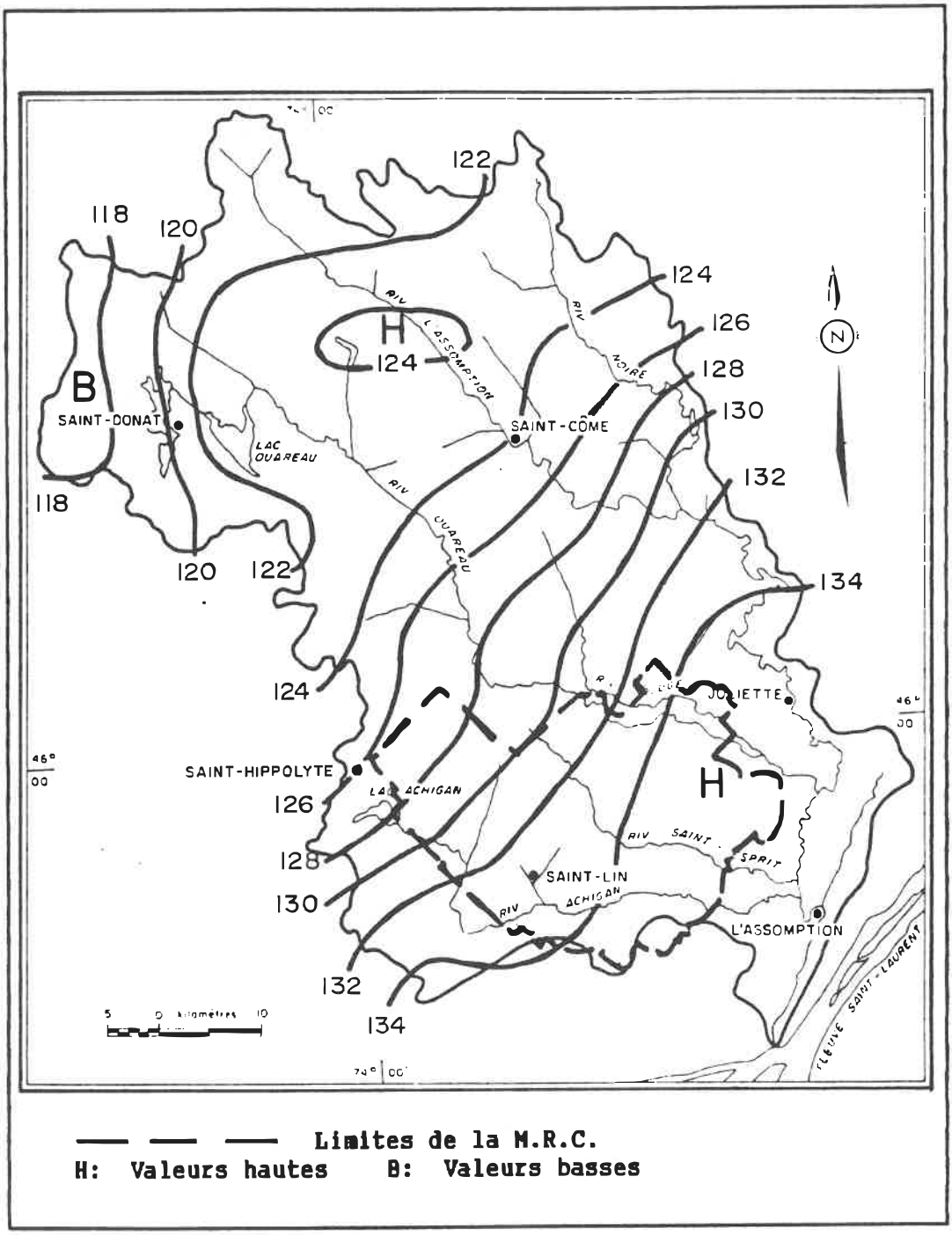
Annexe 7: **Evapotranspiration potentielle (mm) - Avril**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



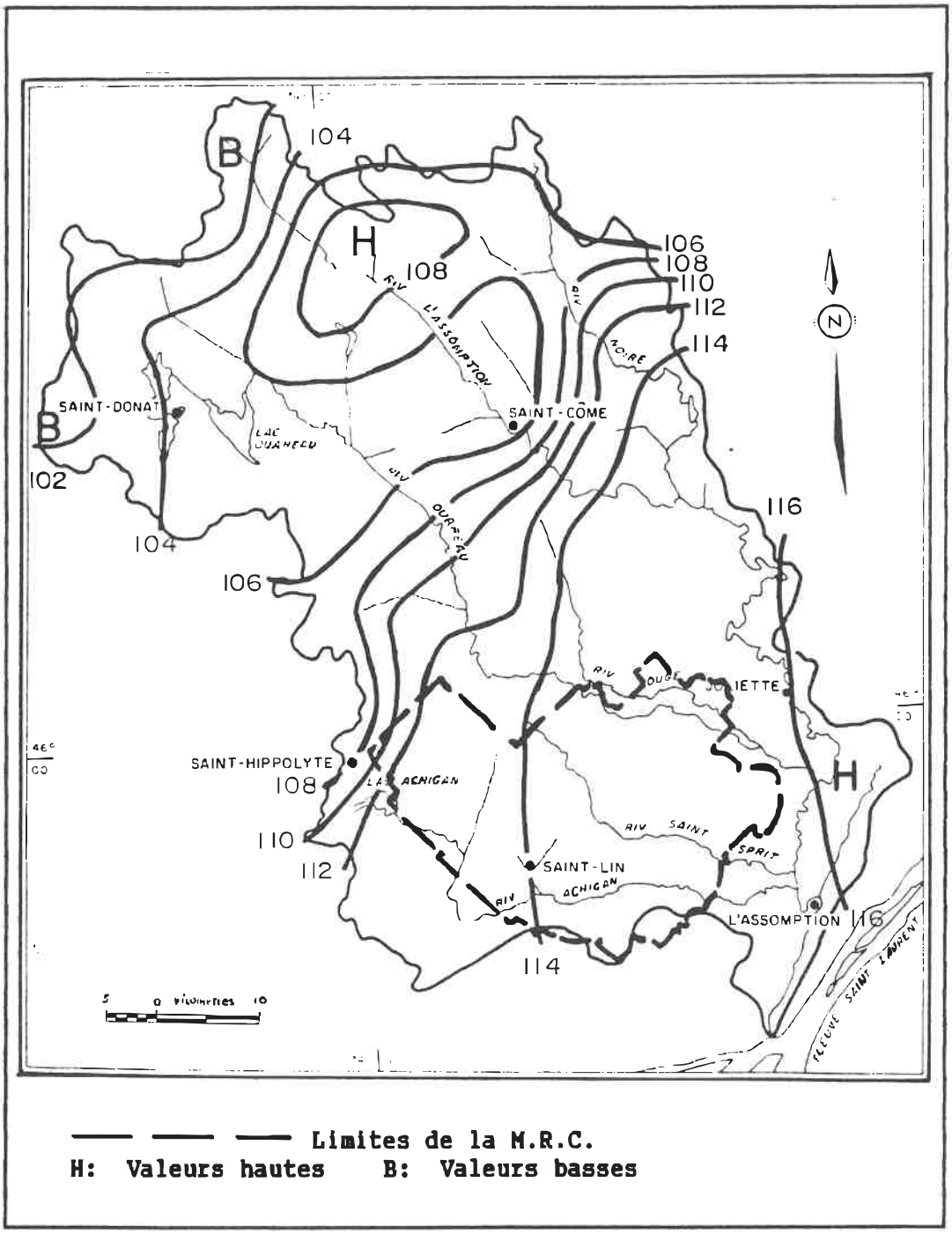
Annexe 7: Evapotranspiration potentielle (mm) - Mai
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Perland et al. (18)



Annexe 7: Evapotranspiration potentielle (mm) - Juin
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

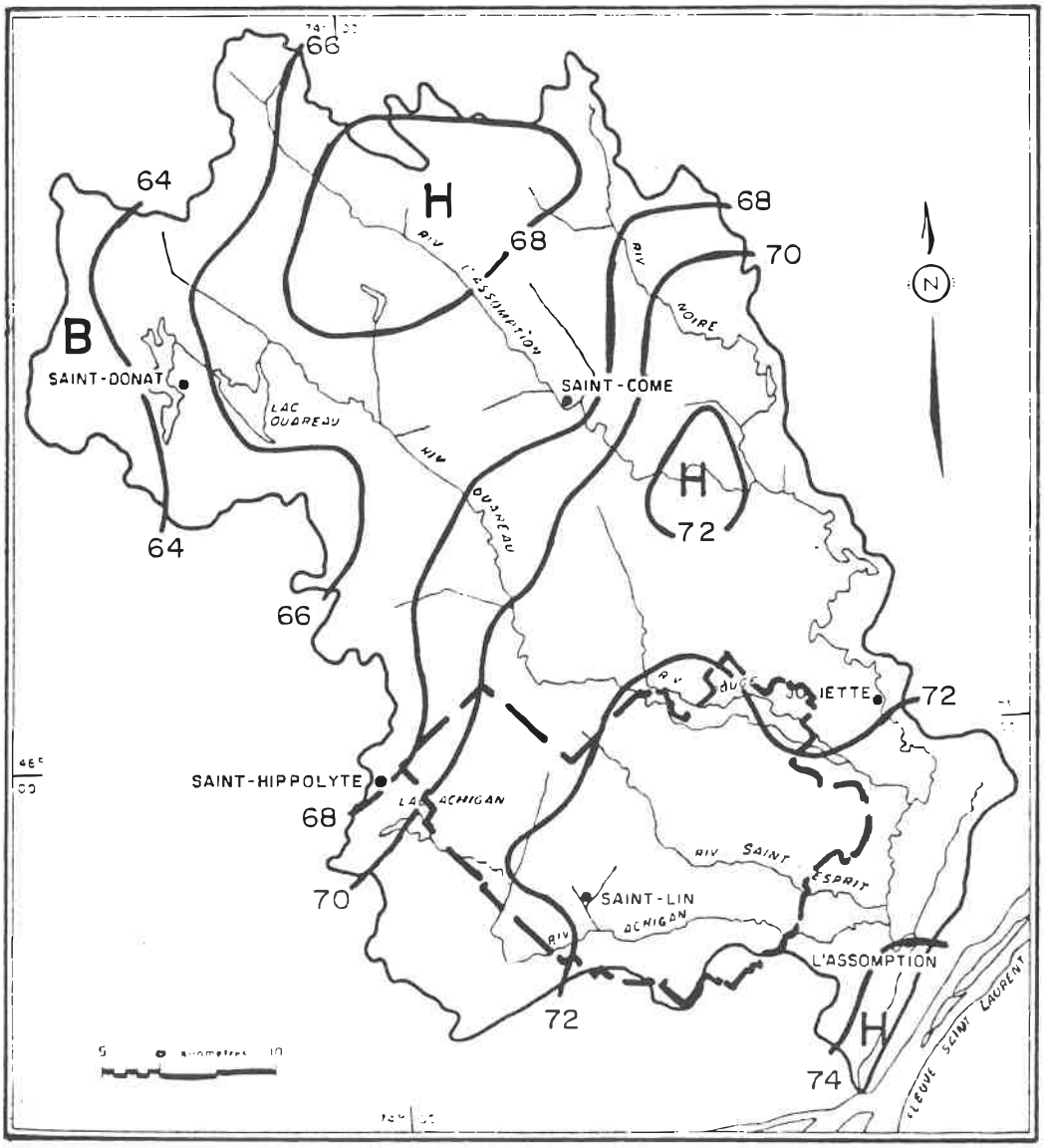


Annexe 7: Evapotranspiration potentielle (mm) - Juillet
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



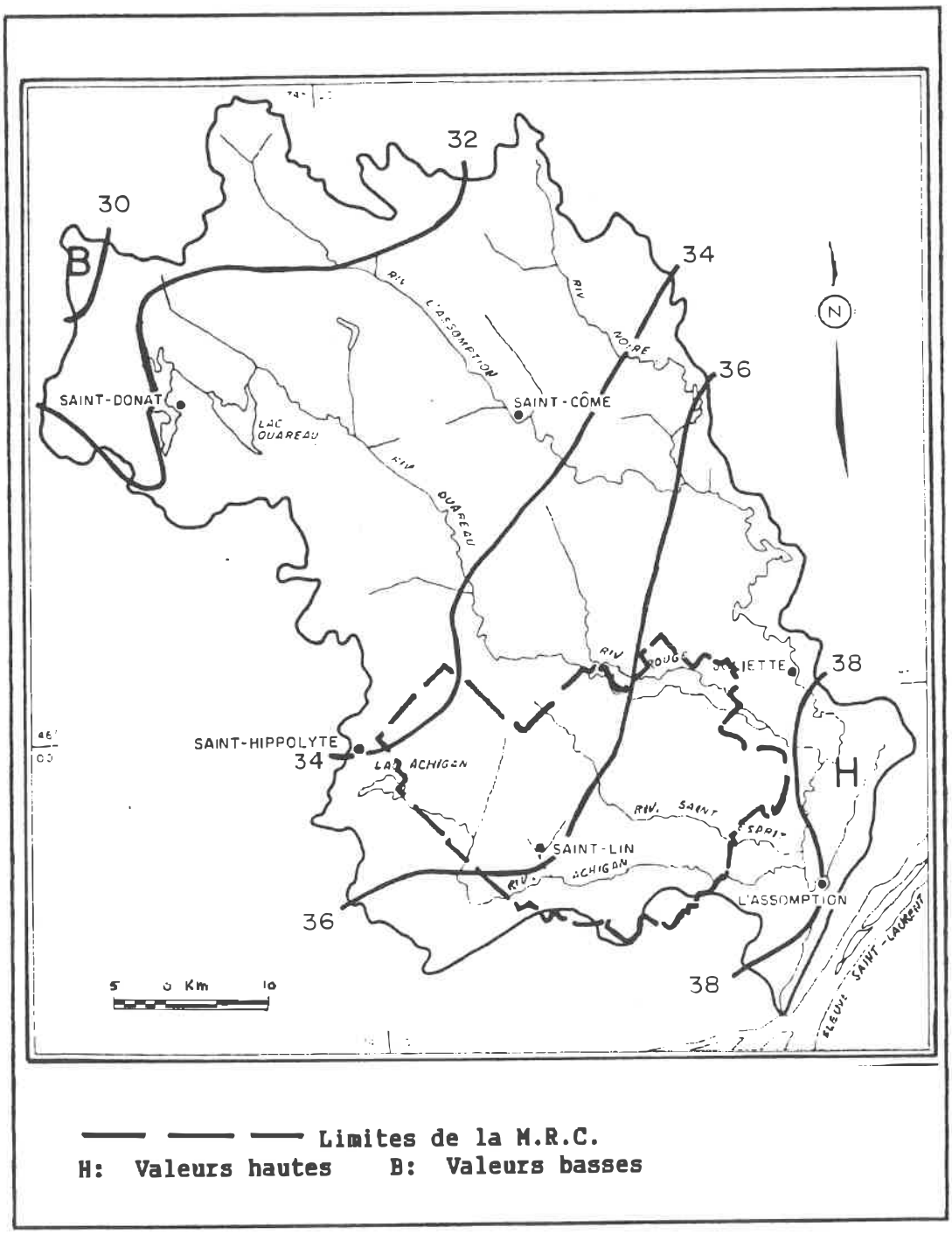
——— ——— ——— Limites de la M.R.C.
H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

Annexe 7: Evapotranspiration potentielle (mm) - Août
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

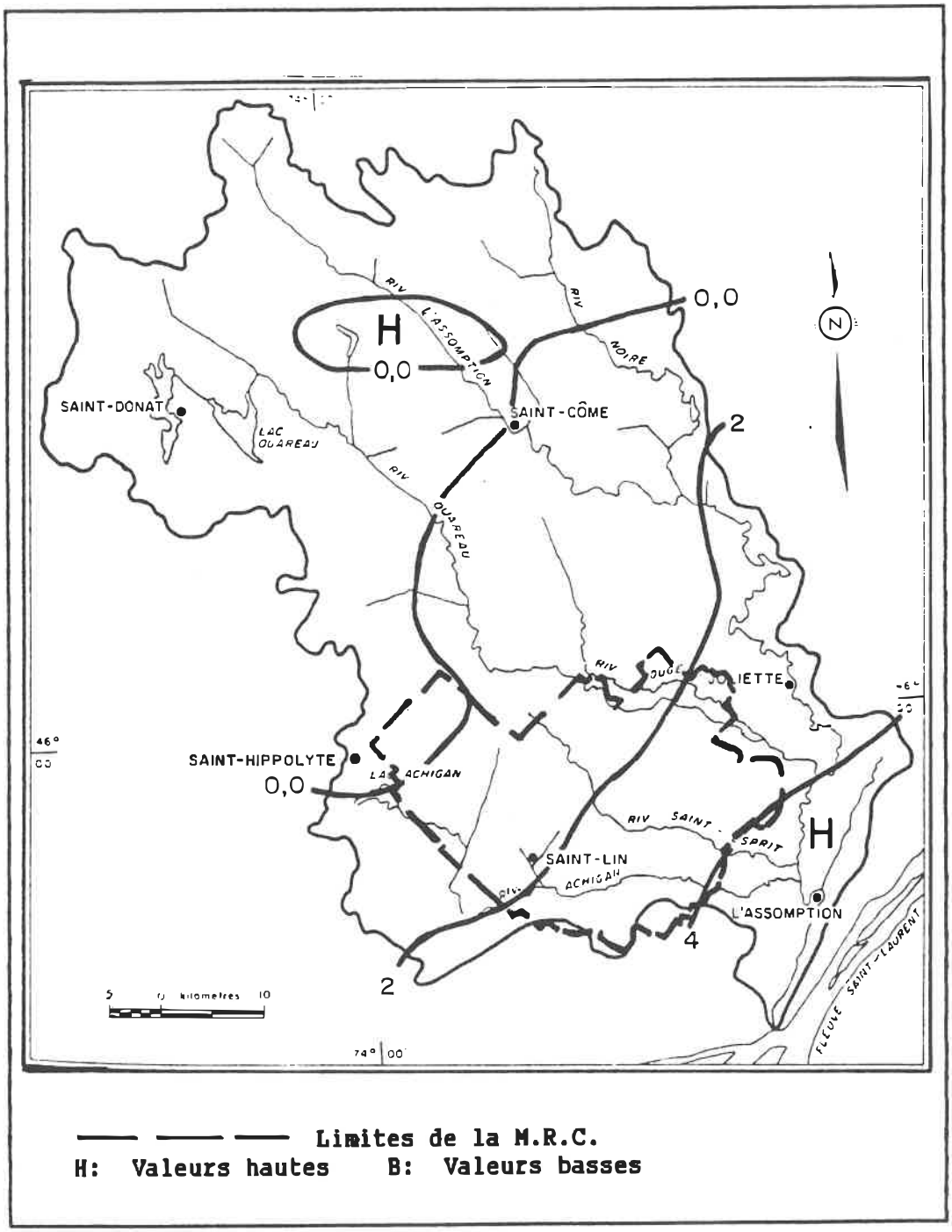


— — — Limites de la M.R.C.
H: Valeurs hautes B: Valeurs basses

Annexe 7: Evapotranspiration potentielle (mm) - Septembre
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



Annexe 7: **Evapotranspiration potentielle (mm) - Octobre**
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)



Annexe 7: Evapotranspiration potentielle (mm) - Novembre
Période 1941-1970
Tiré et adapté de Ferland et al. (18)

Annexe B

Coefficients de ruissellement pour différentes combinaisons sol et utilisation du sol

	Pente	Condition hydrologique	Classe de sol A	B	C	D
Culture intensive (mais, céréales, horticulture)	< 3%	pauvre	63	74	80	82
		bonne	60	70	78	81
	3-8%	pauvre	65	76	84	88
		bonne	63	75	83	87
	> 8%	pauvre	72	81	88	91
		bonne	67	78	85	89
Culture extensive (Foin, pâturages, friches herbacées)	< 3%	pauvre	39	61	74	80
		bonne	25	40	70	78
	3-8%	pauvre	49	69	79	84
		bonne	39	61	74	80
	> 8%	pauvre	68	79	86	89
		bonne	49	69	79	84
Boisé et friches à broussailles	< 3%	pauvre	25	55	70	77
		bonne	22	53	65	74
	3-8%	pauvre	41	63	75	81
		bonne	25	55	70	77
	> 8%	pauvre	47	68	80	84
		bonne	41	63	75	81
Résidentielle, commerciale dense			73	83	88	90
peu dense			59	74	82	86

A: Graviers et sables grossiers
B: Sables moyens et fins
C: Sables fins mal drainés, sols limoneux et argiles perméables
D: Argiles lourdes et sols minces

Annexe 8: **Coefficients de ruissellement pour différentes combinaisons sol et utilisation du sol**
Tiré et adapté de Monfet (37)

Annexe 9

Evaluation du ruissellement et de l'infiltration efficace pour différents coefficients de ruissellement

Basses-Terres									
	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Total
N	25								25
P	60	70	80	90	88	85	70	68	611
ET	26	76	115	134	115	73	37	3	579
IE + R	59	nil	nil	nil	nil	12	33	65	169
R									
CN 30-40	21	nil	nil	nil	nil	12	18	17	68
CN 40-50	24	nil	nil	nil	nil	nil	19	19	62
CN 50-60	34	nil	nil	nil	nil	nil	27	26	87
CN 60-70	35	nil	nil	nil	nil	nil	28	27	90
CN 70-80	33	nil	nil	nil	nil	nil	27	26	86
CN 80-90	40	nil	nil	nil	nil	nil	33	32	105
IE									
CN 30-40	38	nil	nil	nil	nil	nil	15	48	101
CN 40-50	35	nil	nil	nil	nil	nil	14	46	95
CN 50-60	25	nil	nil	nil	nil	nil	6	39	70
CN 60-70	24	nil	nil	nil	nil	nil	5	38	67
CN 70-80	26	nil	nil	nil	nil	nil	6	39	71
CN 80-90	19	nil	nil	nil	nil	nil	nil	33	52

N: Neige au sol au 1er avril - équivalent en eau (mm)
R: Ruissellement (mm)
P: Chutes de pluie (mm)
IE: Infiltration efficace (mm) (IE = P + N - ET - R)
ET: Evapotranspiration potentielle (mm)
CN: Coefficient de ruissellement - SCS modifié (33)

CN 30-40 R = 0,93 + 0,241P
CN 40-50 R = -0,98 + 0,289P
CN 50-60 R = -3,00 + 0,432P
CN 60-70 R = -1,97 + 0,432P
CN 70-80 R = -0,76 + 0,398P
CN 80-90 R = -2,49 + 0,505P

Annexe 9: **Evaluation du ruissellement et de l'infiltration efficace pour différents coefficients de ruissellement**

Plateau laurentien									
	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Total
N	50								50
P	60	73	83	98	93	88	70	73	638
ET	22	75	115	130	113	71	35	1	562
IE + R	88	nil	nil	nil	nil	17	35	72	212
R									
CN 30-40	27	nil	nil	nil	nil	17	18	18	80
CN 40-50	31	nil	nil	nil	nil	nil	19	20	127
CN 50-60	45	nil	nil	nil	nil	nil	27	28	100
CN 60-70	46	nil	nil	nil	nil	nil	28	29	103
CN 70-80	43	nil	nil	nil	nil	nil	27	28	98
CN 80-90	53	nil	nil	nil	nil	nil	33	34	120
IE									
CN 30-40	61	nil	nil	nil	nil	nil	17	54	132
CN 40-50	57	nil	nil	nil	nil	nil	16	52	125
CN 50-60	43	nil	nil	nil	nil	nil	8	44	95
CN 60-70	42	nil	nil	nil	nil	nil	7	43	92
CN 70-80	45	nil	nil	nil	nil	nil	8	44	97
CN 80-90	35	nil	nil	nil	nil	nil	2	38	75

N: Neige au sol au 1er avril - équivalent en eau (mm)
R: Ruissellement (mm)
P: Chutes de pluie (mm)
IE: Infiltration efficace (mm) (IE = P + N - ET - R)
ET: Evapotranspiration potentielle (mm)
CN: Coefficient de ruissellement - SCS modifié (33)

CN 30-40 R = 0,93 + 0,241P
CN 40-50 R = -0,98 + 0,289P
CN 50-60 R = -3,00 + 0,432P
CN 60-70 R = -1,97 + 0,432P
CN 70-80 R = -0,76 + 0,398P
CN 80-90 R = -2,49 + 0,505P

Annexe 9: **Evaluation du ruissellement et de l'infiltration efficace pour différents coefficients de ruissellement**

Annexe 10

Infiltration efficace

Classe de sol[1]	Pente %	CN[2] min	CN[2] max	IE[3] cm/année min	IE[3] cm/année max	Cote DRASTIC	Unités[4] hydrogéologiques
Surfaces cultivées - Basses-Terres							
A	< 3	25	63	7	> 10	6	1B, 1I
B	< 3	40	74	7	10	3	1D1, 1H
C	< 3	70	80	5	7	3	1A, 1C, 1D2, 1D3
D	< 3	78	82	5	7	3	1Ea, 1Eb, 1F
Surfaces boisées - Basses-Terres							
A	< 3	22	25	> 10	> 10	6	1B, 1I
B	< 3	53	55	7	7	3	1D1, 1H
C	< 3	65	70	6	7	3	1A, 1C, 1D2, 1D3
D	< 3	74	77	7	7	3	1Ea, 1Eb, 1F
Surfaces boisées - Plateau laurentien							
A	< 3	22	25	> 13	> 13	6	2I
B	< 3	53	55	9	10	3	2G2, 2G5
C	< 3	65	70	9	10	3	2H
A	3-8	25	41	12	> 13	6	2B1
B	3-8	55	63	9	10	3	2G4
C	3-8	70	75	9	10	3	2Aa5, 2Ab1, 2B3
D	3-8	77	81	8	10	3	2Aa1
A	> 8	41	47	13	13	6	2B2
B	> 8	63	68	9	9	3	2G1, 2G3
C	> 8	75	80	8	10	3	2Aa6, 2Aa7, 2Aa8 2Ab2, 2Ab3, 2Ab4
D	> 8	81	84	8	8	3	2Aa2, 2Aa3, 2Aa4

Pour légende voir page suivante

Annexe 10: Infiltration efficace

(1) A: Graviers et sables grossiers
B: Sables moyens et fins
C: Sables fins mal drainés, sols limoneux et argiles perméables
D: Argiles lourdes et sols minces

Dans le cas des aquifères captifs (unités 1Ea, 1Eb et 1F), la classe de sol se rapporte aux matériaux qui composent l'horizon imperméable (argiles lourdes - classe D).

(2) CN: Coefficient de ruissellement
CN min: Condition hydrologique bonne (et culture extensive si surface cultivée)
CN max: Condition hydrologique pauvre (et culture intensive si surface cultivée)

(3) IE: Infiltration efficace (voir annexe 9). Pour les coefficients (CN) inférieurs à 30, la méthode SCS modifiée (33) ne fournit pas de courbe; le taux d'infiltration calculé représente dans ce cas une valeur minimum.

(4) Une même unité hydrogéologique peut comporter des surfaces boisées et des surfaces cultivées.

Annexe 10: **Infiltration efficace - Légende**

Annexe 11

Relation entre capacité spécifique et transmissivité

Localisation (1) X	Y	Type de roche (2)	Profondeur dans le roc m	Durée de l'essai de pompage heures	Q/s $m^3/h.m$	T 10^{-4} m^2/s	T/Q/s	log r_o/r_w	log(log r_o/r_w)	Références (3)
593,05	5058,10	C	0,9	48	6,1	36,1	2,1	5,8	0,76	26
592,98	5058,18	C	79,8	48	12,3	100,1	2,9	8,0	0,9	26
589,92	5064,87	C	72,8	48	1,8	7,2	1,4	3,9	0,59	26
587,043	5060,032	C	8	72	6,9	35,8	1,9	5,1	0,7	42
588,63	5058,865	C	7	72	6,5	12,9	0,7	2,0	0,3	42
608,15	5079,35	C	25,9	84	0,072	0,091	0,46	1,24	0,093	43
553,20	5056,20	D	73,1	48	0,6	4,2	2,52	6,9	0,84	26
546,85	5052,90	D	75,3	48	3,5	11,2	1,15	3,1	0,49	26
580,70	5063,75	D	46,1	48	36,8	100,1	0,98	2,7	0,43	26
587,52	5058,62	D	57,3	48	11,2	29,2	0,94	2,6	0,42	26
576,80	5055,70	D	39	48	25,9	87,2	1,2	3,3	0,52	26
544,48	5052,50	D	86,8	48	2,0	6,4	1,15	3,1	0,49	26
543,00	5048,18	D	88,4	48	1,0	2,2	0,79	2,2	0,34	26
580,10	5062,20	D	54,3	48	44,1	52,8	0,43	1,2	0,08	26
545,35	5048,75	D	2,8	48	7,8	9,6	0,44	1,2	0,08	26
587,50	5058,60	D	3,5	48	26,7	92,6	1,2	3,4	0,53	26
575,75	5058,35	D	80,2	48	0,9	5,1	2,0	5,6	0,75	26
545,35	5048,75	D	2,7	48	7,78	13,16	0,61	1,7	0,23	44

(1) Coordonnées TUM - Zone 18
(2) C: Calcaires (Groupes de Chazy, de Black River et de Trenton)
D: Dolomies (Groupe de Beekmantown)
G: Grès (Groupe de Potsdam)
(3) Voir bibliographie

Annexe 11: Relation entre capacité spécifique et transmissivité - Aquifères captifs - Roches sédimentaires (1 de 3)

Localisation [1] X	Y	Type de roche [2]	Profondeur dans le roc m	Durée de l'essai de pompage heures	Q/s $m^3/h.m$	T 10^{-4} m^2/s	T/Q/s	log r_o/r_w	log(log r_o/r_w)	Références [3]
544,48	5052,50	D	86,8	8	2,08	6,38	1,1	3,0	0,48	44
546,85	5052,90	D	70,8	6	3,52	11,20	1,14	3,1	0,49	44
553,20	5056,20	D	73,0	6	1,12	4,14	1,33	3,6	0,56	44
608,75	5013,10	D	156	72	1,2	1,73	0,52	1,4	0,15	45
618,20	5100,80	D	51,2	72	2,1	1,5	0,26	0,7	-0,15	46
617,6	5100,70	D	52,8	72	7,0	14,4	0,74	2,01	0,30	46
622,92	4985,30	D	> 15	124	0,9	6,0	2,4	6,6	0,82	47
581,10	5030,00	D	80,5	48	1,8	19,5	3,9	10,6	1,0	48
617,3	5102,20	D	41,8	72	12,3	29	0,84	2,3	0,36	46
618,8	5101,40	D	57,0	72	3,1	40,5	4,7	12,8	1,1	46
586,48	5073,45	G	33,1	72	5,77	13,8	0,86	2,4	0,38	49
601,85	5091,78	G	-	72	10,24	25,8	0,90	2,5	0,39	50
610,10	5095,00	G	55	72	1,44	43,1	10,8	29,4	1,5	51
574,40	5057,75	G	2,3	48	26,6	97	1,31	3,6	0,56	26
574,60	5057,90	G	66,4	48	4,2	49	4,2	11,5	1,1	26
579,90	5040,12	G	47,8	48	0,5	0,3	0,22	0,6	-0,22	26
571,72	5045,7240	G	86,8	48	0,5	0,6	0,43	1,2	0,08	26

(1) Coordonnées TUM - Zone 18
(2) C: Calcaires (Groupes de Chazy, de Black River et de Trenton)
D: Dolomies (Groupe de Beekmantown)
G: Grès (Groupe de Potsdam)
(3) Voir bibliographie

Annexe 11: Relation entre capacité spécifique et transmissivité - Aquifères captifs - Roches sédimentaires (2 de 3)

Localisation [1] X	Y	Type de roche [2]	Profondeur dans le roc m	Durée de l'essai de pompage heures	Q/s $m^3/h.m$	T 10^{-4} m^2/s	T/Q/s	log r_o/r_w	log(log r_o/r_w)	Références [3]
562,90	5050,22	G	18,9	48	2,6	7,0	0,96	2,6	0,41	26
575,25	5054,15	G	51,9	48	7,9	44,7	2,03	5,6	0,75	26
575,50	5061,75	G	31,1	48	33,9	36,3	0,39	1,1	0,04	26
565,08	5052,30	G	2,8	48	5,7	1,2	1,7	0,2	-0,7	26
562,80	5050,25	G	18,9	48	2,6	7,06	0,98	2,7	0,43	44
565,08	5052,30	G	2,8	48	1,13	5,69	1,8	4,9	0,69	44
575,00	5061,73	G	31,3	48	33,72	36,18	0,39	1,1	0,041	44
582,60	5028,05	G	80,5	-	37,4	106,18	1,02	2,8	0,45	48
Ile de Montréal		C	-	-	10,6	46	1,6	4,3	0,63	28
Ile de Montréal		C	-	-	0,036	0,1	1,0	2,7	0,43	28
Lot 988 Rg Côte Batarde La Plaine		C	27,4	72	7,15	9,5	0,48	1,3	0,12	52
Rafinerie Gulf-Mtl		C	35	24	0,013	0,015	0,42	1,1	0,041	53
Saint-Barthélémy		C	95	72	3,05	6,8	0,80	2,2	0,34	54
Ste-Anne-des-Plaines		C	-	8	41,3	131,2	1,14	3,1	0,49	55
Rg du Cordon Sainte-Julienne		G	-	-	11,9	31	0,93	2,6	0,41	56

(1) Coordonnées TUM - Zone 18
(2) C: Calcaires (Groupes de Chazy, de Black River et de Trenton)
D: Dolomies (Groupe de Beekmantown)
G: Grès (Groupe de Potsdam)
(3) Voir bibliographie

Annexe 11: Relation entre capacité spécifique et transmissivité - Aquifères captifs - Roches sédimentaires (3 de 3)

Annexe 12

Propriétés hydrauliques

Formations rocheuses

Milieu aquifère	Nombre de puits	Capacité spécifique $m^3/h.m$ min	max	moy	Transmissivité m^2/s (1) min	max	moy	Conductivité hydraulique m/j (2) min	max	moy	C(3)
Calcaire et shale Trenton supérieur	401	$3,6 \times 10^{-3}$	19	1,5	$1,0 \times 10^{-6}$	$5,3 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-4}$	0,029	150	12	2-4
Calcaire Trenton inférieur	74	$1,1 \times 10^{-2}$	30	1,6	$3,0 \times 10^{-6}$	$8,5 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-4}$	0,086	240	13	4
Dolomie Beekmantown	38	$1,4 \times 10^{-2}$	26	2,0	$4,0 \times 10^{-6}$	$7,4 \times 10^{-3}$	$5,7 \times 10^{-4}$	0,12	210	16	4
Grès Potsdam	73	$3,2 \times 10^{-2}$	11	1,3	$9,0 \times 10^{-6}$	$3,1 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-4}$	0,26	90	10	2
Ignée/métamorphique Pré-Cambrien	5	$3,9 \times 10^{-2}$	0,50	0,33	$1,1 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-4}$	$9,1 \times 10^{-5}$	0,31	4,0	2,6	1

(1) Transmissivité (T) calculée à partir de la capacité spécifique (Q/s) des puits
$T = Q/s \times \log r_o/r_w \times 1/2,73$ où $\log r_o/r_w = 2,8$ - (aquifère confiné et régime permanent)

(2) Conductivité hyraulique (K) en assumant une épaisseur saturée (b) de 3 m - $K = T/b$

(3) C = cote DRASTIC (valeur moyenne)

Annexe 12: Propriétés hydrauliques - Formations rocheuses

Annexe 13

Conductivité hydraulique des dépôts meubles

Aquifères libres (ou semi-captifs)

Unité hydro-géologique	Localisation (1)		Type de dépôts (2)	Type d'essai (3)	Conductivité hydraulique m/j	Cote DRASTIC	Références (4)
	X	Y					
1D1	613,56	5093,40	SH	L	0,1	2	M6
1D2	617,50	5086,40	SH	L	4,3	2	40
1D2	617,95	5087,30	SH	L	0,19	1	M22
1D2	609,20	5076,60	SH	L	1,7	1	M27
2G1	589,70	5092,30	SH	L	1,2	1	M35
2G4	590,50	5085,50	SH	L	1,8	1	M37
	602,20	5087,05	T	L	0,12	1	M17
	599,6	5095,7	T	L	0,15	1	M19
	597,4	5086,5	T	L	0,05	1	M21

(1) Coordonnées TUM - Zone 18

(2) SF: Sables et graviers fluvio-glaciaires
SD: Sables deltaïques
SH: Sables de hautes terrasses
T: Till

* Localisé à l'extérieur de la zone d'étude

(3) L: Essai Lefranc
G: Analyse granulométrique
P: Essai de pompage
T: Trou à la tarière

(4) M6: Sondages - été 1988
S7: Echantillon provenant d'une sablière
MTQ1: Ministère des Transports du Québec - Banque de données géotechniques
17: Voir bibliographie

Annexe 13: Conductivité hydraulique des dépôts meubles - Aquifères libres (ou semi-captifs) (1 de 5)

Unité hydro-géologique	Localisation (1)		Type de (2) dépôts	Type (3) d'essai	Conductivité hydraulique m/j	Cote DRASTIC	(4) Références
	X	Y					
1B1	601,30	5093,30	SD	G	63-86	8	M10B
1D1	613,56	5093,40	SH	G	6,0	2	M6
1D1	614,70	5093,50	SH	G	15-17	4	MTQ-5
1D1	594,70	5073,20	SH	G	10	2	S7
1D2	617,50	5086,50	SH	G	4,3	2	40
1D2	613,10	5076,90	SH	G	12	2	S6
1D2	608,15	5093,43	SH	G	7,8	2	MTQ-1
1D2	609,80	5076,40	SH	G	2,2	1	58
2B1	599,10	5091,30	SH	G	8,6	2	S2
2B1	601,60	5092,20	SH	G	26	4	S1

(1) Coordonnées TUM - Zone 18

(2) SF: Sables et graviers fluvio-glaciaires
SD: Sables deltaïques
SH: Sables de hautes terrasses
T: Till

* Localisé à l'extérieur de la zone d'étude

(3) L: Essai Lefranc
G: Analyse granulométrique
P: Essai de pompage
T: Trou à la tarière

(4) M6: Sondages - été 1988
S7: Echantillon provenant d'une sablière
MTQ1: Ministère des Transports du Québec - Banque de données géotechniques
17: Voir bibliographie

Annexe 13: Conductivité hydraulique des dépôts meubles - Aquifères libres (ou semi-captifs) (2 de 5)

Unité hydro-géologique	Localisation [1]		Type de [2] dépôts	Type [3] d'essai	Conductivité hydraulique m/j	Cote DRASTIC	[4] Références
	X	Y					
2G1	589,65	5092,30	SH	G	2,2	1	M35
2G4	590,50	5085,50	SH	G	24	4	M37A
1I1	614,50	5087,60	SF	G	3,2	1	S5
	597,40	5086,60	T	G	4,5	2	S3A
1I	600,40	5085,10	SF	P	55	8	30
1I	600,40	5085,10	SF	P	72	8	30
2B1	602,10	5095,60	SD	P	1,6	1	57
*	560,85	5129,25	SH	P	54	8	26
*	562,75	5095,20	SH	P	60	8	44

(1) Coordonnées TUM - Zone 18

(2) SF: Sables et graviers fluvio-glaciaires
SD: Sables deltaïques
SH: Sables de hautes terrasses
T: Till

* Localisé à l'extérieur de la zone d'étude

(3) L: Essai Lefranc
G: Analyse granulométrique
P: Essai de pompage
T: Trou à la tarière

(4) M6: Sondages - été 1988
S7: Echantillon provenant d'une sablière
MTQ1: Ministère des Transports du Québec - Banque de données géotechniques
17: Voir bibliographie

Annexe 13: Conductivité hydraulique des dépôts meubles - Aquifères libres (ou semi-captifs) (3 de 5)

Unité hydro-géologique	Localisation			Type de [2] dépôts	Type [3] d'essai	Conductivité hydraulique m/j	Cote DRASTIC	[4] Références
	Municipalité	Concession	Lots					
1A2	Saint-Lin	Côte Jeanne Sud	P-1743	SH	T	0,79	1	17
1D1, 1D2	Saint-Liguori	I Rang de Rawdon	346	SH	T	0,63	1	17
1D1	Saint-Lin	Côte Grace Sud de la Rivière Achigan	233	SH	T	0,10	1	17
1D1	Saint-Lin	Côte Grace Sud de la Rivière Achigan	P-241, P-242	SH	T	0,50	1	17
1D1	Sainte-Julienne	Sud-ouest de la Fourche	3, 4, 5, P-972	SH	T	1,2	1	17
1D2	Saint-Lin	Côte Joseph	P-1684	SH	T	0,50	1	17
1D2	Sainte-Julienne	Nord-est Pothé	P-38, P-39, P-40	SH	T	0,54	1	17

(1) Coordonnées TUM - Zone 18

(2) SF: Sables et graviers fluvio-glaciaires
SD: Sables deltaïques
SH: Sables de hautes terrasses
T: Till

* Localisé à l'extérieur de la zone d'étude

(3) L: Essai Lefranc
G: Analyse granulométrique
P: Essai de pompage
T: Trou à la tarière

(4) M6: Sondages - été 1988
S7: Echantillon provenant d'une sablière
MTQ1: Ministère des Transports du Québec - Banque de données géotechniques
17: Voir bibliographie

Annexe 13: Conductivité hydraulique des dépôts meubles - Aquifères libres (ou semi-captifs) (4 de 5)

Unité hydro-géologique	Localisation			Type de [2] dépôts	Type [3] d'essai	Conductivité hydraulique m/j	DRASTIC	[4] Références
	Municipalité	Concession	Lots					
1D2	Sainte-Julienne	Nord-est Pothée	41, 42, 43, 100	SH	T	0,37	1	17
1D2	St-Roch-de-L'Achigan	Sud-ouest Côte Saint-Philippe	177-178	SH	T	0,95	1	17
1D2	Saint-Lin	Côte Grace Sud de la Rivière Achigan	P-268, P-269	SH	T	0,40	1	17
2G2	Saint-Lin	Côte Jeanne Sud	P-1812, P-1813, P-1814, P-1815	SH	T	1,4	1	17
2G2	Saint-Lin	Côte Joseph	1715, 1716	SH	T	0,40	1	17
2G2	Saint-Lin	Côte Jeanne Sud	1820, 1821	SH	T	0,32	1	17
2G2	Sainte-Julienne	Nord-ouest et Sud-est de la Petite Rivière	948, 949, 955	SH	T	1,6	1	17

(1) Coordonnées TUM - Zone 18

(2) SF: Sables et graviers fluvio-glaciaires
SD: Sables deltaïques
SH: Sables de hautes terrasses
T: Till

* Localisé à l'extérieur de la zone d'étude

(3) L: Essai Lefranc
G: Analyse granulométrique
P: Essai de pompage
T: Trou à la tarière

(4) M6: Sondages - été 1988
S7: Echantillon provenant d'une sablière
MTQ1: Ministère des Transports du Québec - Banque de données géotechniques
17: Voir bibliographie

Annexe 13: Conductivité hydraulique des dépôts meubles - Aquifères libres (ou semi-captifs) (5 de 5)

Annexe 14

Conductivité hydraulique des dépôts meubles

Détermination à partir d'analyses granulométriques

Numéro de (1) l'échantillon	Unité hydrogéologique	Localisation X	Y	Description visuelle de l'échantillon	Profor du pre-ment	Caractéristiques de l'échantillon D_{10} (mm)	D_{60}/D_{10} Cu	D_{10}/D_5	Hazen (2) K m/s x 10^{-4}	Cote DRASTIC	Navfac DM7 (3) e	K m/s x 10^{-4}	Cote DRASTIC
M6	1D1	613,56	5093,40	Sable fin à moyen avec gravier et silt	2	0,08	2,7	1,3	0,56	2	0,7	0,69	2
M10B	1B1	601,30	5093,30	Sable moyen à grossier avec traces de gravier	2	0,27	2,6	1,3	7,3	8	0,7	10	10
M22	1D2	617,95	5087,25	Sable fin gris	1,2	0,07	1,8	1,1	0,44	1	0,7	0,52	2
M27A	1D2	609,20	5076,55	Sable gris très fin	0,6	0,08	1,6	1,1	0,64	2	0,7	0,69	2
M29	1D2	602,25	5073,95	Sable fin gris	1	0,08	1,8	1,1	0,64	2	0,7	0,69	2
M37A	2G4	590,50	5085,50	Sable fin à moyen avec gravier		0,15	2,0	1,3	2,3	4	0,7	2,8	4
M35	2G1	589,65	5092,30	Sable fin à très fin		0,05	2,9	1,1	0,25	1	0,7	0,25	1
S1	2B1	601,60	5092,20	Sable fin à moyen avec gravier		0,17	2,2	1,3	2,9	4	0,7	3,6	6
S2	2B1	599,00	5091,20	Sable fin à très fin		0,10	1,6	1,2	1,0	2	0,7	1,1	2
S3	2Aa5	597,40	5086,60	Gravier avec sable fin		1,0	-	3,3	100	10			
S3A	2Aa5	597,40	5086,60	Sable fin à très fin brun-gris	3	0,07	2,0	1,1	0,42	1	0,7	0,52	2
S5	1I1	614,50	5087,60	Sable fin		0,06	2,3	1,1	0,36	1	0,7	0,37	1
S6	1D2	613,10	5076,90	Sable fin blanc	2	0,12	1,7	1,2	1,4	2	0,7	1,7	4
S7	1D1	594,70	5073,20	Sable fin blanc		0,11	1,9	1,2	1,2	2	0,7	1,4	2
54	1D2	609,80	5076,40	Sable	2,1	0,05	2,1	1,3	0,28	1	0,7	0,25	1
MTQ-1	1D2	608,15	5073,425	Sable avec traces de silt	2	0,09	2,8	1,1	0,81	2	0,7	0,90	2
MTQ-5	1D1	614,70	5093,50	Sable silteux	3	0,13	3,1	1,4	1,7	4	0,7	2,0	4

(1) M35: Sondages - été 1988
S6: Echantillons provenant d'une sablière
MTQ5: Banque de données géotechniques - Ministère des Transports du Québec
54: Voir bibliographie

(2) $(D_{10}\ mm)^2 = K\ cm/s$ (K = conductivité hydraulique)

Les valeurs soulignées sont celles pour lesquelles toutes les conditions d'application sont rencontrées, c'est-à-dire:

$Cu < 5$ $0,1\ mm < D_{10} < 3\ mm$

(sable à l'état lâche, hypothèse)

(3) $K_v\ (cm/s) = 10^{1,2921 \times e - 0,6435} \times D_{10}/1\ mm)^{10^{0,5504 - 0,2937 \times e}}$

(e = indice des vides; K_v = conductivité hydraulique verticale)

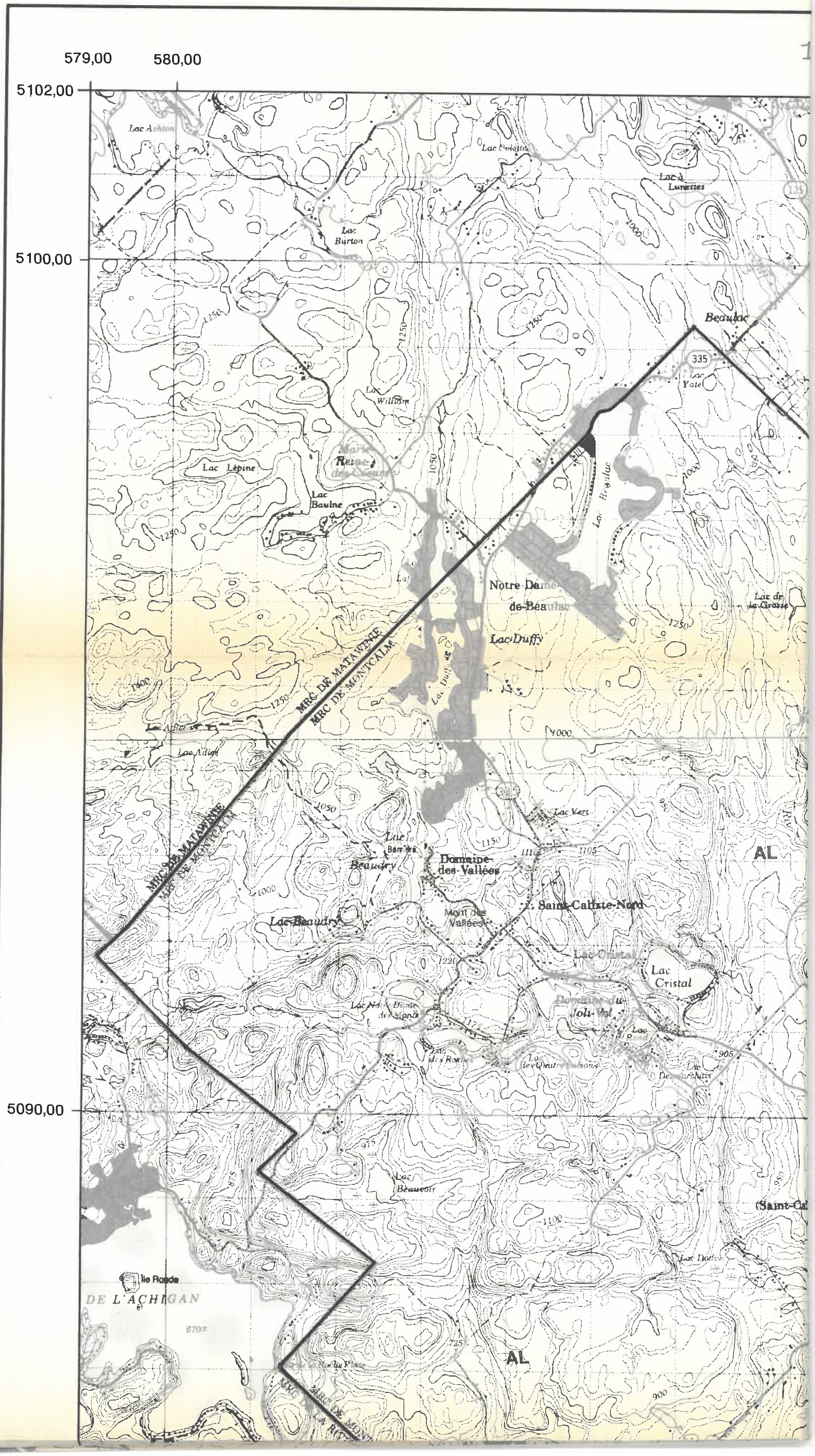
Les valeurs soulignées sont celles pour lesquelles toutes les conditions d'application sont rencontrées, c'est-à-dire:

$2 < Cu < 12$ $D_{10}/D_5 < 1,4$ $0,3 < e < 0,7$

(e = 0,7; sable à l'état lâche, hypothèse)

CAJPQ
UP 8
1990
C449
carte 7

ECOLE POLYTECHNIQUE BIBLIOTHEQUE



590,00


Lac Ponsbriand
Park Lookout
Mont Loyal
Mount Loyal
Parc Montcalm
Lac Carolin
Masonville
Municipalité de Saint-Calixte
Municipalité de canton de Rawdon
Municipalité de paroisse de Sainte-Julienne
Lac du Huard
Lac Quinn
Mont Agullon
Domaine du Trécarré
Domaine des Deux-Lacs
Domaine McGill
Domaine des Copains
Saint-Calixte
AL
1Ea26
101
1Eb2
104
113

600,00

610,00

MRC DE MATAWINIE
MRC DE MONTCALM

1F1
70

1Eb34
88

1Eb36
103

1Ea30
103

1Eb3
78

1Ea31
78

1Ea33
101

1Eb35
98

AL

1Eb34
88

1Ea32
91

1Ea24
91

1Ea34
113

1Ea20
97

1Ea22
76

1Ea18
86

1Eb28

1Eb26
93

1Ea25
91

1Ea16
111

1Ea17
96

1Ea18
86

1Ea16
111

Domaine-Monaco

Domaine-Belisle-Moncharme

Domaine-Langlois

Domaine-Lamenn

Domaine Patenaude

Saint-Alexis

Saint-Alexis-de-Montcalm (P)

Saint-Jacques

Saint-Alexis Station

620,00

5102,00

5100,00

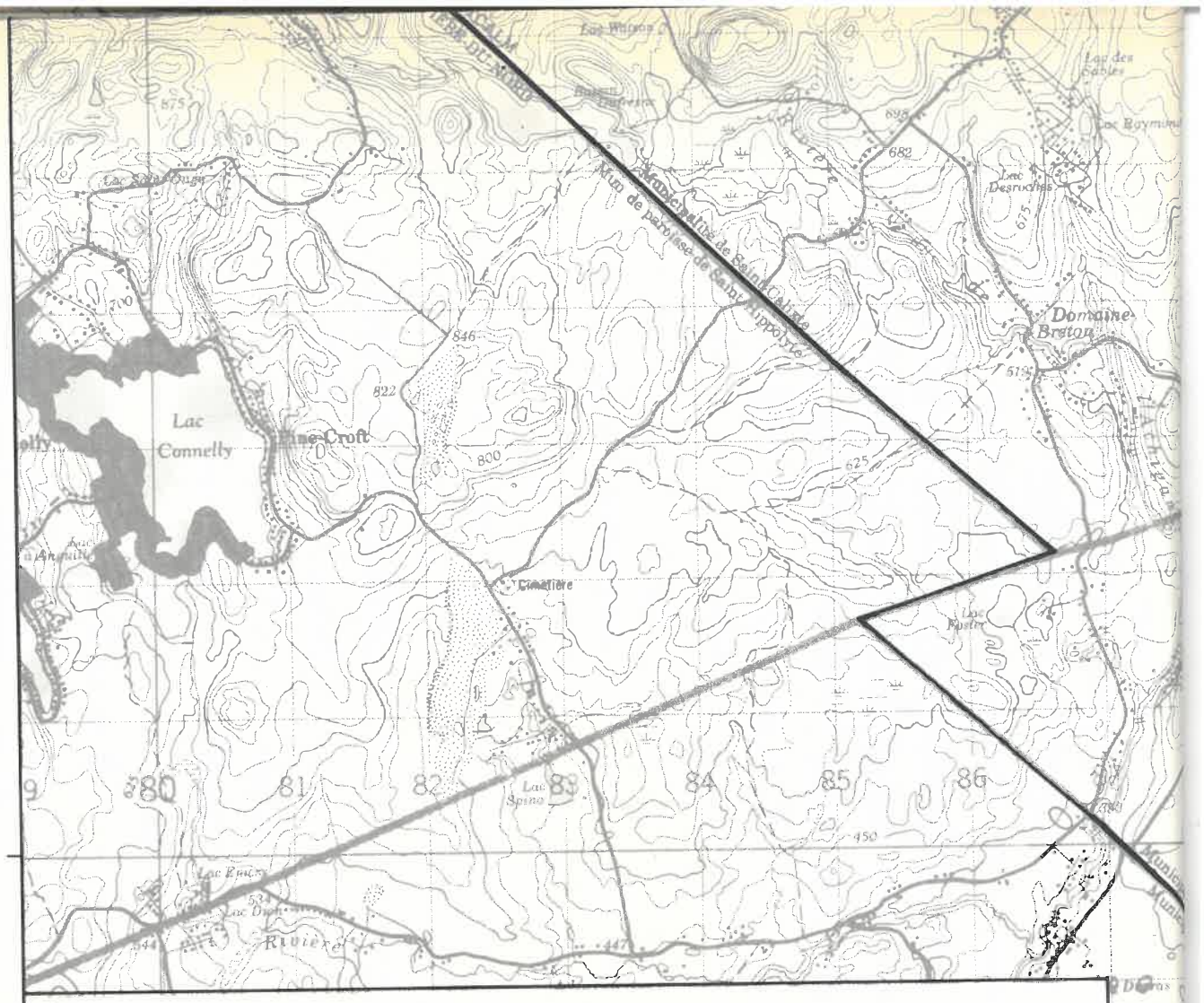
5090,00

1Ea29
62
1Eb31
78
1Ea28
66
1Eb32
91
1Eb23
68
1Eb23
68
1Ea23
67
1Eb24
78
1Eb17
78
1Ea14
66
1Eb17
78
AL
1Ea16
111
1Ea12
118
AL
1Ea7
92
1Ea4
76
1Ea3
82
1Ea2
82
1Eb8
88
AL
1Eb4
88
1Ea3
82
1Ea7
92
AL

N

Saint-Charles-Borromée
Saint-Pierre
Saint-Paul-d'Industrie
Crabtree
Crabtree Mills B de p
Sainte-Marie-Salomée
Salomé
Saint-Liguori
Mun de village de Saint-Pierre
Mun de paroisse de Saint-Ambroise-de-Kildare
Mun de paroisse de Saint-Charles-Borromée
Mun de paroisse de Sacré-Cœur-de-Jésus
Mun de paroisse de Saint-Liguori
MRC DE JOLIETTE
MRC DE MONTCALM
Rang Double
Rang de la Rivière
Rivière L'Assomption
Ruisseau Petite Noraie
Ruisseau Vacher
Pont de Dalles
Domaine Beaudoin
Domaine Forrain
Usine de ciment
Hôpital
Motel
Centre commercial
Terrain d'aviation de Joliette
Scierie
Dépotoir
Station de pompage
Silo
Parc
Cimetière
Barrière
Ligne 2
Ligne 3
343
346
158

5



5080,00

LÉGENDE

1Ea7 — Unité hydrogéologique

92 — Indice DRASTIC (général)

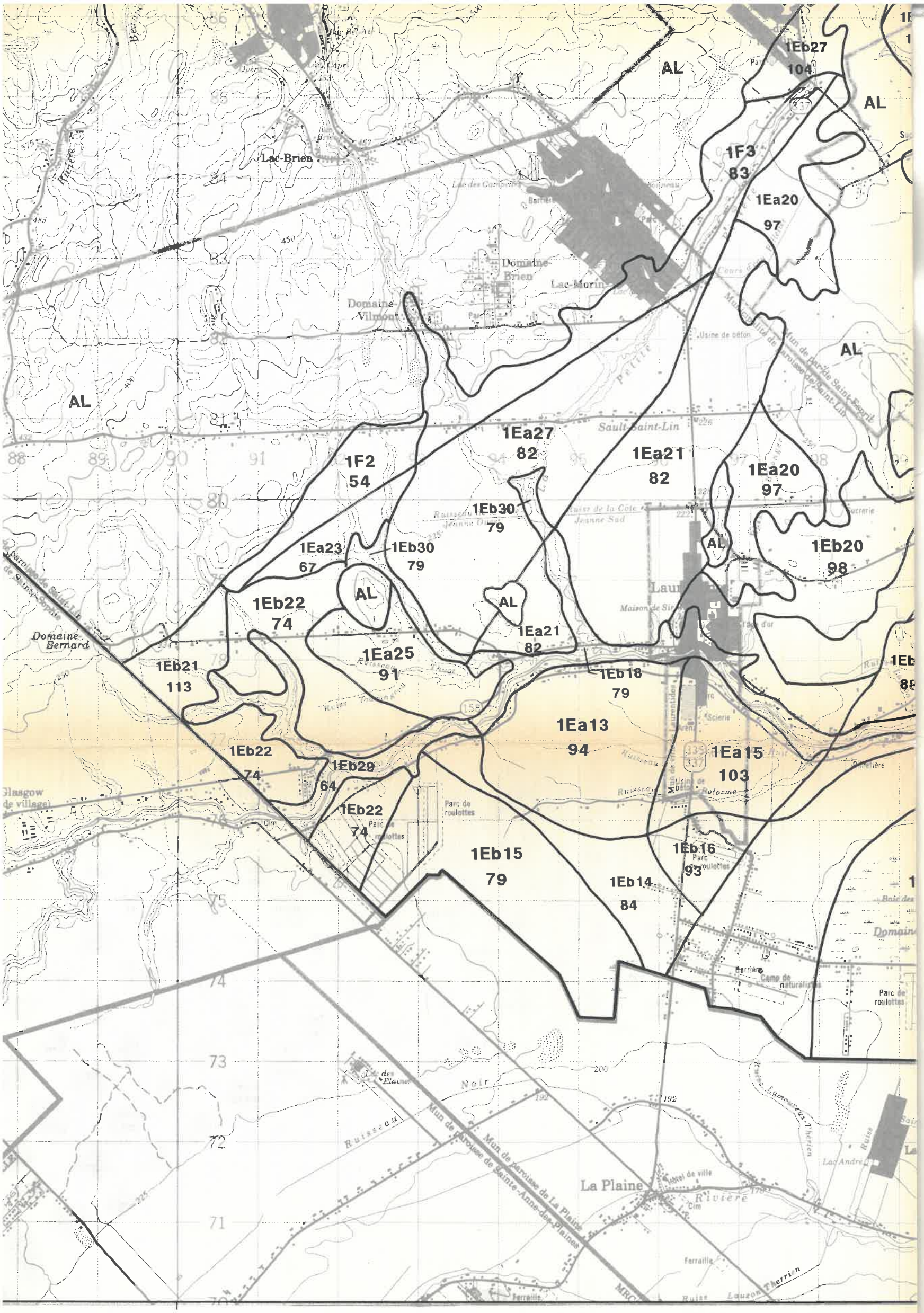
AL — Formation aquifère libre ou semi-captive

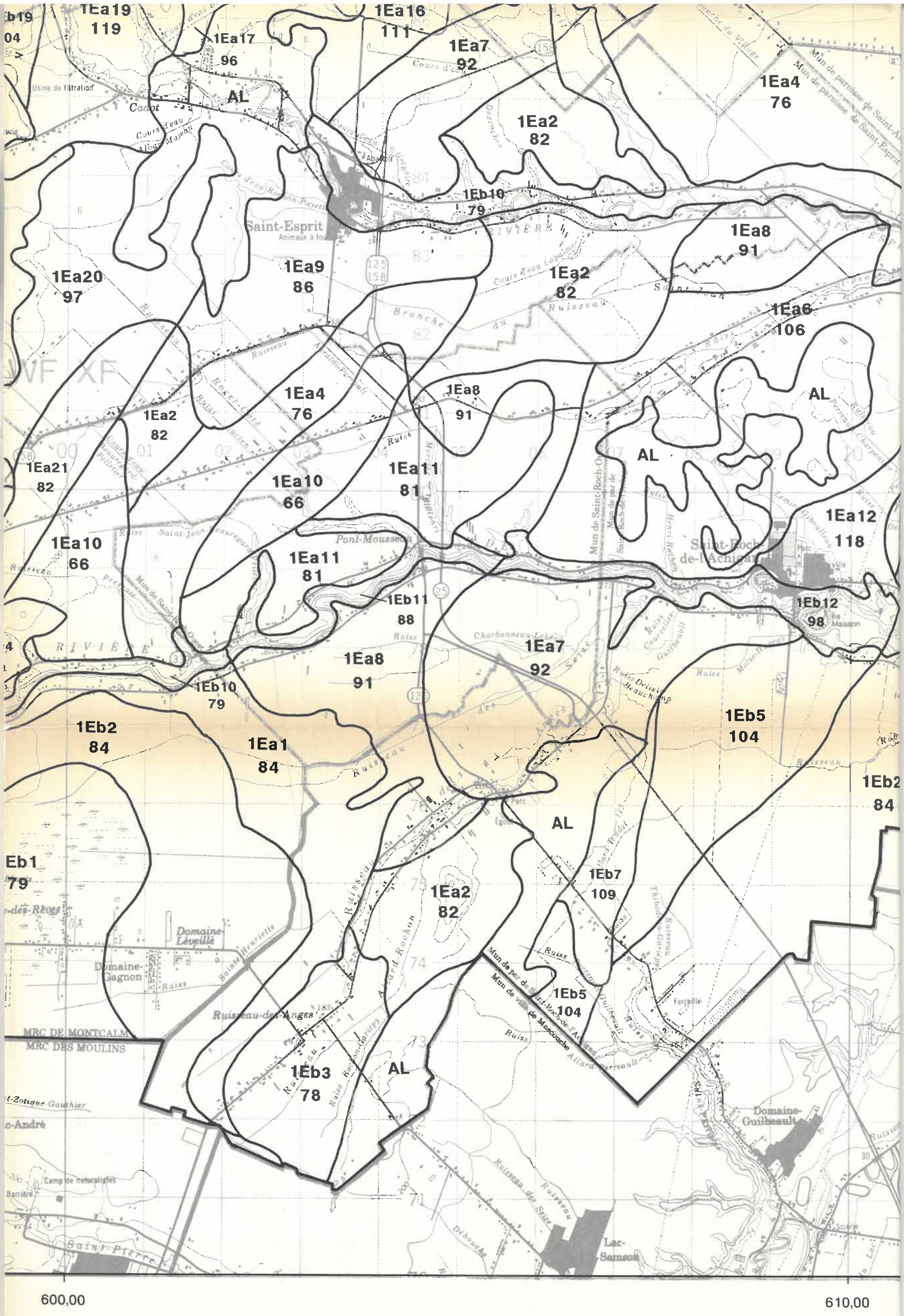
1000 0 1000 2000 3000 4000 5000 Mètres

ÉCHELLE 1 : 50 000

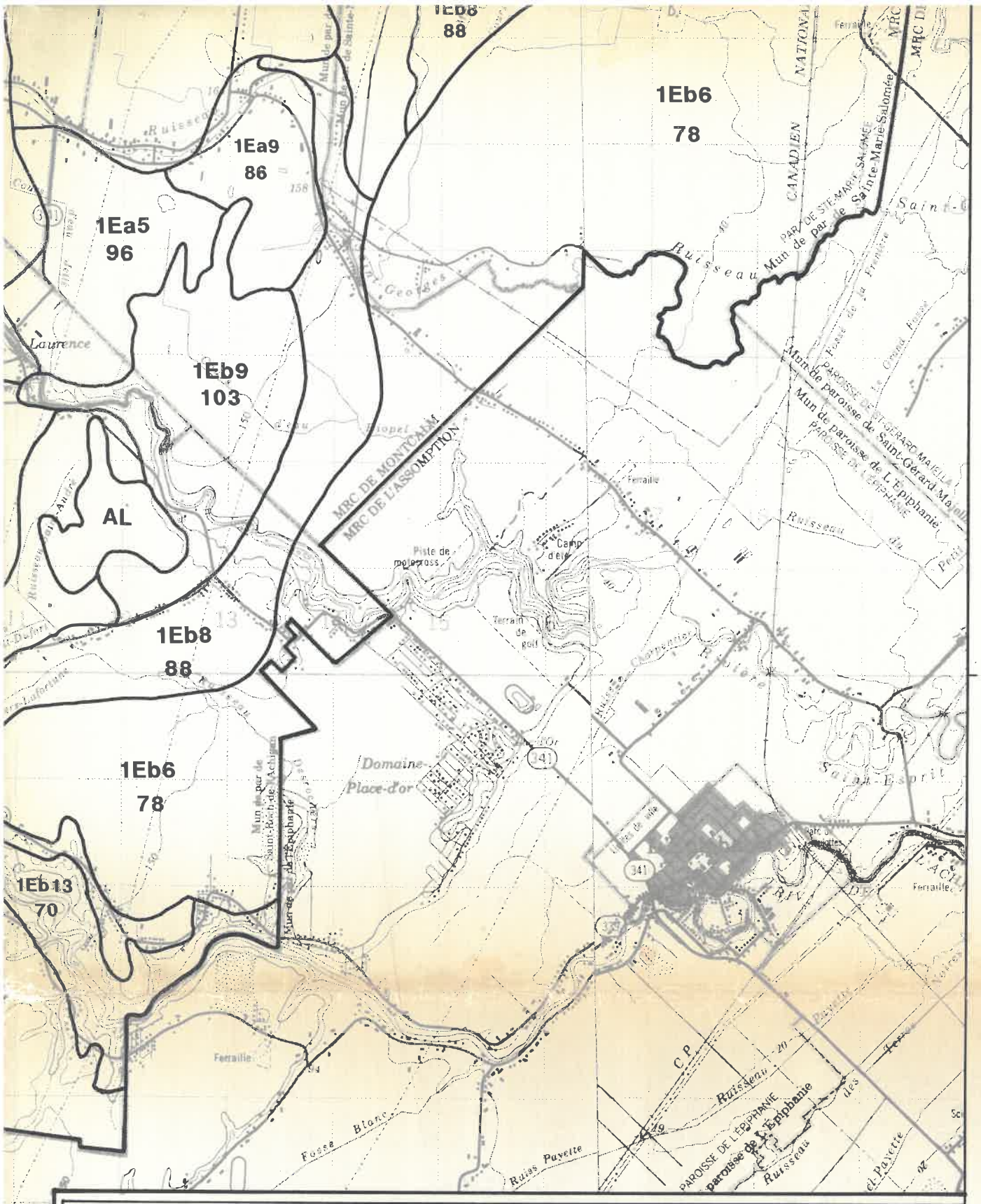
5070,00

579,00 580,00


AL
1Eb27
104
AL
1F3
83
1Ea20
97
Lac-Brien
Domaine-Brien
Lac-Morin
Domaine-Vilmon
AL
AL
1Ea27
82
1Ea21
82
1F2
54
1Ea20
97
1Eb30
79
1Ea23
67
1Eb30
79
AL
1Eb20
98
AL
AL
1Eb22
74
1Ea21
82
Domaine-Bernard
1Ea25
91
1Eb21
113
1Eb18
79
1Ea13
94
1Eb22
74
1Eb29
64
1Eb22
74
1Ea15
103
1Eb15
79
1Eb16
93
1Eb14
84
Sault-Saint-Lin
Usine de béton
Parc de roulottes
Camp de naturalistes
Barrière
Ruisseau Noir
Mun de paroisse de La Plaine
Mun de paroisse de Sainte-Anne-des-Plaines
La Plaine
Hôtel de ville
Rivière
Ferraille
Lac Andrien
Scierie
Glasgow (de village)
590,00


1Ea19
119
1Ea16
111
1Ea17
96
1Ea7
92
AL
1Ea4
76
1Ea2
82
1Eb10
79
1Ea8
91
1Ea20
97
1Ea9
86
1Ea2
82
1Ea6
106
1Ea4
76
1Ea8
91
AL
1Ea2
82
1Ea21
82
1Ea10
66
1Ea11
81
AL
1Ea12
118
1Ea10
66
1Ea11
81
1Eb11
88
1Eb12
98
1Ea8
91
1Ea7
92
1Eb10
79
1Eb2
84
1Ea1
84
1Eb5
104
1Eb2
84
AL
Eb1
79
1Eb7
109
1Ea2
82
1Eb5
104
1Eb3
78
AL
Saint-Esprit
Pont-Mousseau
Saint-Roch-de-l'Achigan
Domaine-Léveillé
Domaine-Cagnon
Ruisseau-des-Anges
MRC DE MONTCALM
MRC DES MOULINS
Saint-Pierre
Lac-Sarnson
Domaine-Guilbeault
600,00
610,00

7



M.R.C. DE MONTCALM

CARTE DE VULNÉRABILITÉ DES EAUX SOUTERRAINES À LA POLLUTION

CARTE : 1

FORMATIONS AQUIFÈRES CAPTIVES

Préparée par : LUC CHAMPAGNE, 1990

CAIPQ
VP 8
1990
C449
carte 5

ECOLE POLYTECHNIQUE BIBLIOTHEQUE

HYDROGÉOLOGIE
DESCRIPTION GÉNÉRALE

Le territoire de la Municipalité régionale de comté (M.R.C.) de Montcalm s'étend sur deux régions physiographiques séparées par une faille majeure qui se traduit par un escarpement bien défini, s'allongeant du sud-ouest au nord-est et passant par Sainte-Julienne. La région nord-ouest est caractérisée par un relief varié allant de ondulé à montueux et appartient au Plateau laurentien, alors que la région sud, plutôt plane, fait partie des Basses-Terres du Saint-Laurent.

Les roches sédimentaires des Basses-Terres du Saint-Laurent (calcaires, dolomies et grès) constituent la formation aquifère principale laquelle satisfait les besoins de la majorité des utilisateurs d'eau souterraine de la M.R.C. de Montcalm. L'eau circule dans les roches à travers un réseau d'ouvertures et d'interstices (fractures, fissures, zones d'altération, cavités de dissolution...) souvent bien développé. De grandes étendues de sédiments argileux (argiles de la mer de Champlain) recouvrent ces roches créant des conditions de nappe captive et protégeant l'aquifère contre l'infiltration de contaminants; l'épaisseur de la couche argileuse est cependant très variable et cette couche est discontinue, laissant apparaître plusieurs affleurements de till.

Dans les Basses-Terres du Saint-Laurent, argiles, des dépôts sablonneux d'ori terrasses) qui occupent une superficie c de faible épaisseur, peuvent suffire, domestiques d'alimentation en eau. A glaciaires en partie enfouis sous les aquifères, mais l'extension de ces dépôt

Le long de la limite des Basses-Terr laurentien (région de Sainte-Julienne), de bonne épaisseur (sédiments delta aquifère productive mais vulnérable à la

Le Plateau laurentien est, quant à l ignées/métamorphiques souvent affleurant d'épaisseur très variable. Au fond des recouverte de dépôts sablonneux (sédiment roc et les dépôts sablonneux représent conditions de nappe libre préval ignées/métamorphiques est généralement

Les différents indices de vulnérabilité s'appliquent uniquement aux formati principalement des roches sédimentaires

POIDS		
PARAMETRE	POIDS (général)	POIDS (pesticides)
Profondeur de l'eau	5	5
Recharge annuelle	4	4
Milieu aquifère	3	3
Type de sol	2	5
Topographie	1	3
Impact de la zone vadose	5	4
Conductivité hydraulique	3	2

PROFONDEUR DE L'EAU (m)	
Intervalle	Cote
0 - 1,5	10
1,5 - 4,5	9
4,5 - 9	7
9 - 15	5
15 - 23	3
23 - 31	2
31 +	1
Poids: 5	Poids pour pesticides: 5

(1Ea) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines

Cette unité hydrogéologique est caractérisée par de très grandes étendues de sédiments argileux qui recouvrent till et roc et, localement, des sables et graviers fluvio-glaciaires. L'argile peut être surmontée, en certains endroits, d'une mince couche de sables. La surface est très plane sauf aux abords des cours d'eau où le relief est formé de dépressions et de berges parfois escarpées. Le till et les dépôts fluvio-glaciaires peuvent servir à l'approvisionnement en eau, mais ce sont les formations rocheuses sédimentaires qui représentent l'aquifère principal. Ces formations sont essentiellement composées de calcaires, de grès et de dolomies à pendage subhorizontal. La perméabilité des roches est variable et est liée à l'existence de réseaux de fractures, de zones d'altération et/ou de cavités de dissolution. La présence d'un horizon argileux limite l'infiltration directe des eaux de précipitations et des contaminants jusqu'au roc. La plaine argileuse laisse cependant émerger plusieurs basses collines de till où il y a

UNITE: (1Ea4) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	P
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	5	15	
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	
Topographie	0-2	1	10	10	

M.R.C. DE MONT

CARTE DE VULNÉRABILITÉ DES EAUX SOU

LÉGENDE - CARTE : 1 - FORMATION

trouve également, au-dessus des
alluviale (sédiments de hautes
érable. Ces dépôts, généralement
certains endroits, aux besoins
des sables et graviers fluvio-
les peuvent constituer de bons
le plus souvent limitée.

Saint-Laurent et du Plateau
nt déposés des sables et graviers
qui constituent une formation
amination.

formé essentiellement de roches
recouvertes d'une couche de till
lées, la roche peut aussi être
luviaux et fluvio-glaciaires). Le
les principaux aquifères où des
La productivité des roches

araissant sur la présente carte
aquifères captives constituées
asses-Terres du Saint-Laurent.

LA CARTE DE VULNÉRABILITÉ

La présente carte de vulnérabilité ne concerne que les secteurs de la M.R.C. de Montcalm où a été identifiée la présence de formations aquifères de type confiné.

Pour chacune des zones délimitées sur la carte, on indique l'unité hydrogéologique ainsi que l'indice de vulnérabilité qui lui sont rattachés. Ces informations apparaissent comme suit:

1Ea3 } identification de l'unité hydrogéologique
B2 } valeur de l'indice de vulnérabilité DRASTIC (indice général)

Unité hydrogéologique

1. Le premier nombre (1) fait référence à la région physiographique (Basses-Terres du Saint-Laurent (1) ou Plateau laurentien (2)).

2. La lettre ou les lettres (Ea) servent à identifier l'unité hydrogéologique.

3. Le deuxième nombre (3) identifie la sous-unité; il fait référence à une combinaison précise de paramètres à laquelle correspond un indice de vulnérabilité particulier (voir calcul de l'indice DRASTIC).

Indice DRASTIC

L'indice de vulnérabilité DRASTIC (B2) représente une mesure du niveau de risque de contamination d'une formation aquifère, ce risque augmentant avec la valeur de l'indice.

Pour l
54 et
aux poi
exclus

CALC

L'éval
méthod

- Prof
- Infi
- Mili
- Type
- Topo
- Impa
- Cond

Le cal

- A
fi
l'
tr

TABLES DRASTIC

RECHARGE ANNUELLE (cm)	
Intervalle	Cote
0 - 5	1
5 - 10	3
10 - 18	6
18 - 25	8
25+	9
Poids: 4	Poids pour pesticides: 4

MILIEU AQUIFERE		
Type d'aquifère	Cote	Cote type
Shale massif	1 - 3	2
Roches ignées/métamorphiques	2 - 5	3
Roches ignées/métamorphiques altérées	3 - 5	4
Till	4 - 6	5
Lits de grès, calcaire et shale	5 - 9	6
Grès massif	4 - 9	6
Calcaire massif	4 - 9	6
Sable et gravier	4 - 9	8
Basalte	2 - 10	9
Calcaire karstique	9 - 10	10
Poids: 3	Poids pour pesticides: 3	

UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES ET IN

ICIDE	
TE	INDICE
5	25
3	12
5	15
3	15
10	30

UNITE: (1Ea9) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30

UNITE: (1Ea14) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GE	
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	CO
Profondeur de l'eau	15-23	5	
Recharge annuelle	5-10	4	
Milieu aquifère	Calcaire	3	
Type de sol	Loam argileux	2	
Topographie	0-2	1	

CALM

ERRAINES À LA POLLUTION

AQUIFÈRES CAPTIVES

M.R.C. de Montcalm (aquifères captifs), l'indice général varie entre et l'indice pesticide, entre 74 à 160. L'indice général s'applique ants de diverses natures alors que l'indice pesticide concerne ment le risque de contamination associé aux pesticides.

DE L'INDICE "DRASTIC"

ion de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution selon la RASTIC fait intervenir 7 paramètres différents:

eur de la nappe	(Depth to water table)
ation efficace	(Net Recharge)
aquifère	(Aquifer media)
sol	(Soil media)
phie	(Topography)
de la zone vadose	(Impact of vadose zone media)
ivité hydraulique	(Hydraulic Conductivity)

de l'indice de vulnérabilité se fait comme suit:

que paramètre correspond un poids dont la valeur, entre 1 et 5, est et prédéterminée. Cette valeur est relative et tient compte de rtance du rôle joué par chacun des 7 paramètres dans les processus de ort et d'atténuation des contaminants.

- Chaque paramètre se voit ensuite attribuer une cote pouvan et 10 (voir tableaux ci-dessous), laquelle est fonctio locales propres à l'unité hydrogéologique.
- Un indice peut alors être calculé pour chaque paramèt correspondant au produit suivant: poids x cote = indice.
- L'indice DRASTIC pour l'unité hydrogéologique correspond indices calculés pour chacun des paramètres.

NOTES IMPORTANTES CONCERNANT L'ÉVALUATION D CERTAINS PARAMÈTRES (AQUIFÈRES CAPTIFS)

1. La profondeur de l'eau correspond à la profondeur du toit non au niveau piézométrique, tel que le prévoit la méthod cas d'aquifères captifs.

2. La conductivité hydraulique des formations aquifères roc été évaluée comme suit:

   K = T x 1/b = (Q/s x log ro/rw x 1/2,73) x 1/b où

   K = conductivité hydraulique
   T = transmissivité
   b = épaisseur saturée de l'aquifère fixée arbitraire
   Q/s = capacité spécifique des puits (données tirées données hydrogéologiques - MENVIQ)
   log ro/rw = 2,8 (correspond au rapport moyen entre le ra son rayon d'action - aquifère captif - r stabilisé)

TYPE DE SOL	
Nature du sol	Cote
Sol mince ou roc	10
Gravier	10
Sable	9
Tourbe	8
Argile fissurée	7
Loam sableux	6
Loam	5
Loam silteux	4
Loam argileux	3
Terre noire	2
Argile	1
Poids: 2	Poids pour pesticides: 5

TOPOGRAPHIE (%)	
Intervalle	Cote
0 - 2	10
2 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
18+	1
Poids: 1	Poids pour pesticides: 3

Zo
Couche impe
Silt/argile
Shale
Calcaire
Grès
Lits de cal
Sable et gr
Roches méta
Sable et gr
Basalte
Calcaire k
Poids

DICES DRASTIC

AL	PESTICIDE		
INDICE	POIDS	COTE	INDICE
15	5	3	15
12	4	3	12
15	3	5	15
6	5	3	15
10	3	10	30

UNITE: (1Ea19) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire	3	9	27	3	9	27
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30

UNITE: (1Ea24) Roches sédimenta vertes par argiles marines	
PARAMETRE	IN
Profondeur de l'eau	1,
Recharge annuelle	
Milieu aquifère	D
Type de sol	Loam
Topographie	

FEUILLET 1/2

r entre 1
onditions

t indice

somme des

uifère et
C dans le

aptives a

mètres
anque de

puits et
rmanent

AVIS À L'UTILISATEUR

1. De façon à éviter les erreurs d'interprétation, l'utilisateur de la carte vulnérabilité aura avantage à consulter les documents suivants:

   ALLER, L., BENNETT, T., LEHR, J.H. et al., *"DRASTIC": a Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings, rapport no EPA-600/2-87-035.* National Water Well Association, Ohio (1987).

   Champagne, L., *"Vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution - M.R.C. de Montcalm", mémoire de maîtrise.* Ecole Polytechnique, Montréal (1990).

2. Compte tenu du caractère général de la carte de vulnérabilité, il se pourrait que les conditions hydrogéologiques et le degré de vulnérabilité existant à un endroit précis ne correspondent pas aux informations apparaissant sur la carte. Le contexte hydrogéologique d'un emplacement donné ne peut être précisé qu'après avoir procédé à des études détaillées.

IMPACT DE LA ZONE VADOSE		
e	Cote	Cote type
	1	1
	2 - 6	3
	2 - 5	3
	2 - 7	6
	4 - 8	6
rès et shale	4 - 8	6
ec silt et argile	4 - 8	6
es/ignées	2 - 8	4
	6 - 9	8
	2 - 10	9
	8 - 10	10
	Poids pour pesticides: 4	

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE (m/j)	
Intervalle	Cote
0,04 - 4	1
4 - 12	2
12 - 29	4
29 - 41	6
41 - 82	8
> 82	10
Poids: 3	Poids pour pesticides: 2

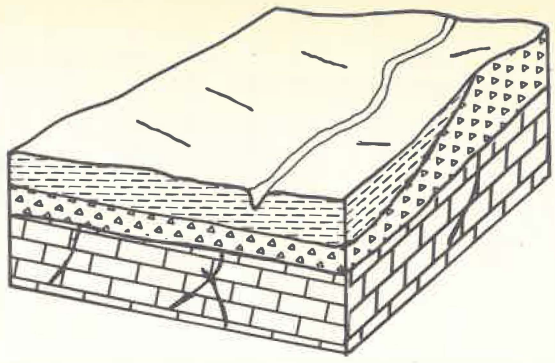
	GENERAL			PESTICIDE		
	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
	5	8	40	5	8	40
	4	3	12	4	3	12
	3	5	15	3	5	15
	2	3	6	5	3	15
	1	10	10	3	10	30

UNITE: (1Ea29) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	31+	5	1	5	5	1	5
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Grès	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30

Progrès ont troué la couche d'argile pour s'encaisser jusqu'au roc; les affleurements rocheux au fond des rivières constituent généralement des zones de décharge mais, en période de crue, les rivières peuvent aussi contribuer à la réalimentation de l'aquifère.

Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3
	Indice DRASTIC	76		

5



UNITE: (1Ea5) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	1,5-4,5	5	9	45
Recharge annuelle	5-10	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	5	15
Type de sol	Loam argileux	2	3	6
Topographie	0-2	1	10	10
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3
	Indice DRASTIC	96		

UNITE: (1Ea1) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC	84			120		

UNITE: (1Ea6) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	1,5-9	5	8	40
Recharge annuelle	5-10	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	7	21
Type de sol	Loam argileux	2	3	6
Topographie	0-2	1	10	10
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12
	Indice DRASTIC	106		

UNITE: (1Ea2) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC	82			108		

UNITE: (1Ea7) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6	18
Type de sol	Loam argileux	2	3	6
Topographie	0-2	1	10	10
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6
	Indice DRASTIC	92		

UNITE: (1Ea3) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Loam sableux	2	6	12	5	6	30
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
	Indice DRASTIC	82			118		

UNITE: (1Ea8) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	7	21
Type de sol	Loam argileux	2	3	6
Topographie	0-2	1	10	10
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12
	Indice DRASTIC	91		

Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
	Indice DRASTIC		86			113	

Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1				
	Indice DRASTIC						

UNITE: (1Ea10) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
	Indice DRASTIC		66			93	

UNITE: (1Ea15) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS
Profondeur de l'eau	9-15	5
Recharge annuelle	5-10	4
Milieu aquifère	Calcaire	3
Type de sol	Sable	2
Topographie	0-2	1
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5
Conductivité hydraulique	12-29	3
	Indice DRASTIC	

UNITE: (1Ea12) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	1,5-9	5	8	40	5	8	40
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	7	21	3	7	21
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12	2	4	8
	Indice DRASTIC		118			160	

UNITE: (1Ea16) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS
Profondeur de l'eau	1,5-4,5	5
Recharge annuelle	5-10	4
Milieu aquifère	Calcaire	3
Type de sol	Loam argileux	2
Topographie	0-2	1
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5
Conductivité hydraulique	12-29	3
	Indice DRASTIC	

UNITE: (1Ea11) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	7	21	3	7	21
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12	2	4	8
	Indice DRASTIC		81			105	

UNITE: (1Ea17) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS
Profondeur de l'eau	1,5-4,5	5
Recharge annuelle	5-10	4
Milieu aquifère	Calcaire	3
Type de sol	Loam argileux	2
Topographie	0-2	1
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5
Conductivité hydraulique	0,04-4	3
	Indice DRASTIC	

UNITE: (1Ea13) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC		94			138	

UNITE: (1Ea18) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS
Profondeur de l'eau	4,5-9	5
Recharge annuelle	5-10	4
Milieu aquifère	Calcaire	3
Type de sol	Loam argileux	2
Topographie	0-2	1
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5
Conductivité hydraulique	0,04-4	3
	Indice DRASTIC	

Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	41-82	3	8	24	2	8	16
	Indice DRASTIC			119			139

Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	0,04-4
Indice DRASTIC	

	PESTICIDE		
INDICE	POIDS	COTE	INDICE
25	5	5	25
12	4	3	12
21	3	7	21
18	5	9	45
10	3	10	30
5	4	1	4
12	2	4	8
	145		

7

UNITE: (1Ea20) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	1,5-9	5	8	40	5	8	40
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC			97			123

UNITE: (1Ea25) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	9-15
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Dolomie
Type de sol	Loam argileux
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	12-29
	Indice DRASTIC

	PESTICIDE		
INDICE	POIDS	COTE	INDICE
45	5	9	45
12	4	3	12
21	3	7	21
6	5	3	15
10	3	10	30
5	4	1	4
12	2	4	8
	135		

UNITE: (1Ea21) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC			82			100

UNITE: (1Ea26) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	4,5-9
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Dolomie
Type de sol	Loam argileux
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	12-29
	Indice DRASTIC

	PESTICIDE		
DICE	POIDS	COTE	INDICE
45	5	9	45
12	4	3	12
15	3	5	15
6	5	3	15
10	3	10	30
5	4	1	4
3	2	1	2
	123		

UNITE: (1Ea22) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
	Indice DRASTIC			76			103

UNITE: (1Ea27) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	9-15
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Dolomie
Type de sol	Loam argileux
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	4-12
	Indice DRASTIC

	PESTICIDE		
DICE	POIDS	COTE	INDICE
35	5	7	35
12	4	3	12
15	3	5	15
6	5	3	15
10	3	10	30
5	4	1	4
3	2	1	2
	113		

UNITE: (1Ea23) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	23-31	5	2	10	5	2	10
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Dolomie	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC			67			93

UNITE: (1Ea28) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	15-23
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Grès
Type de sol	Loam argileux
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	0,04-4
	Indice DRASTIC

mperméable	5	1	5	4	1	4
,04-4	3	1	3	2	1	2
RASTIC	91			118		

Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
Indice DRASTIC		62			88		

8

ires recou-	GENERAL			PESTICIDE		
ERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
-15	5	5	25	5	5	25
-10	4	3	12	4	3	12
lomie	3	7	21	3	7	21
argileux	2	3	6	5	3	15
-2	1	10	10	3	10	30
imperméable	5	1	5	4	1	4
12-29	3	4	12	2	4	8
DRASTIC	91			115		

UNITE: (1Ea30) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Grès	3	7	21	3	7	21
Type de sol	Loam silteux	2	4	8	5	4	20
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	4	12	2	4	8
Indice DRASTIC		103			130		

aires recou-	GENERAL			PESTICIDE		
TERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
5-9	5	7	35	5	7	35
5-10	4	3	12	4	3	12
plomie	3	7	21	3	7	21
argileux	2	3	6	5	3	15
0-2	1	10	10	3	10	30
imperméable	5	1	5	4	1	4
12-29	3	4	12	2	4	8
DRASTIC	101			125		

UNITE: (1Ea31) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Grès	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Loam silteux	2	4	8	5	4	20
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
Indice DRASTIC		78			108		

aires recou-	GENERAL			PESTICIDE		
ERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
9-15	5	5	25	5	5	25
5-10	4	3	12	4	3	12
olomie	3	6	18	3	6	18
argileux	2	3	6	5	3	15
0-2	1	10	10	3	10	30
imperméable	5	1	5	4	1	4
4-12	3	2	6	2	2	4
DRASTIC	82			108		

UNITE: (1Ea32) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	1,5-9	5	8	40	5	8	40
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Grès	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
Indice DRASTIC		91			118		

aires recou-	GENERAL			PESTICIDE		
NTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
15-23	5	3	15	5	3	15
5-10	4	3	12	4	3	12
Grès	3	5	15	3	5	15
n argileux	2	3	6	5	3	15
0-2	1	10	10	3	10	30
e imperméable	5	1	5	4	1	4
0,04-4	3	1	3	2	1	2
e DRASTIC	66			93		

UNITE: (1Ea33) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Grès	3	7	21	3	7	21
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12	2	4	8
Indice DRASTIC		101			125		

SUITE FEUILLET 2

CA3PQ
UP 8
1990
C449
carte 6

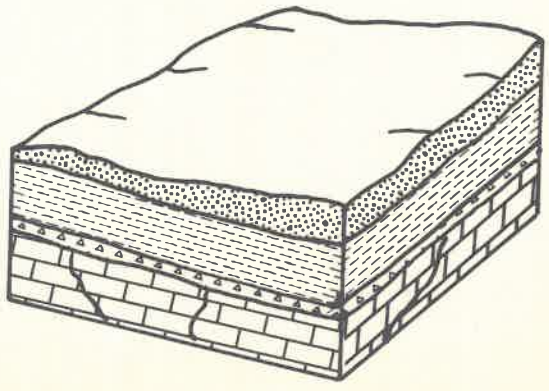
ECOLE POLYTECHNIQUE BIBLIOTHEQUE

UNITE: (1Ea34) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Grès	3	7	21	3	7	21
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12	2	4	8
	Indice DRASTIC			113			155

UNITE: (1Eb5) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GÉNÉR
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7
Recharge annuelle	5-10	4	3
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6
Type de sol	Sable	2	9
Topographie	0-2	1	10
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1
Conductivité hydraulique	4-12	3	2
	Indice DRASTIC		104

(1Eb) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux

Cette unité hydrogéologique est caractérisée par de grandes étendues de sédiments argileux recouverts par des dépôts alluviaux (sédiments de hautes terrasses ou de basses terrasses). L'argile repose elle-même sur till et roc et, localement, sur des sables et graviers fluvio-glaciaires. La topographie est très plane sauf aux abords des cours d'eau où le relief est formé de dépressions et de berges parfois escarpées. La couverture alluviale est composée en grande partie de sables dont l'épaisseur moyenne fait 1 à 2 m. Les sables alluviaux, le till et les dépôts fluvio-glaciaires peuvent servir à l'approvisionnement en eau, mais c'est le roc qui constitue l'aquifère principal. Il est formé de roches sédimentaires, principalement de calcaires, de dolomies et de grès à pendage subhorizontal. La perméabilité des roches est variable et est liée à l'existence de réseaux de fractures, de zones d'altération et/ou de cavités de dissolution. La présence d'un horizon argileux limite l'infiltration directe des eaux de précipitations et des contaminants jusqu'au roc. La plaine argileuse laisse cependant émerger plusieurs basses collines de till où il y a réalimentation de l'aquifère rocheux. Aussi, en quelques endroits, les rivières ont troué la couche d'argile pour s'encaisser jusqu'au roc; les affleurements rocheux au fond des rivières constituent généralement des zones de décharge mais, en période de crue, les rivières peuvent aussi contribuer à la réalimentation de l'aquifère.



UNITE: (1Eb6) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GÉNÉR
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3
Recharge annuelle	5-10	4	3
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	5
Type de sol	Sable	2	9
Topographie	0-2	1	10
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1
	Indice DRASTIC		79

UNITE: (1Eb7) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GÉNÉR
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE
Profondeur de l'eau	1,5-9	5	8
Recharge annuelle	5-10	4	3
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6
Type de sol	Sable	2	9
Topographie	0-2	1	10
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1
Conductivité hydraulique	4-12	3	2
	Indice DRASTIC		109

UNITE: (1Eb1) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE

UNITE: (1Eb8) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GÉNÉ

M.R.C. DE MON

CARTE DE VULNÉRABILITÉ DES EAUX SO

LÉGENDE - CARTE : 1 - FORMATIO

UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES ET I

	PESTICIDE		
DICE	POIDS	COTE	INDICE
35	5	7	35
12	4	3	12
18	3	6	18
18	5	9	45
10	3	10	30
5	4	1	4
	2	2	4
	148		

UNITE:(1Eb12) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	7	21	3	7	21
Type de sol	Loam	2	5	10	5	5	25
Topographie	12-18	1	3	3	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12	2	4	8
	Indice DRASTIC	98			135		

UNITE:(1Eb19) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	4,5-9
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Calcaire
Type de sol	Sable
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	4-12
	Indice DRASTIC

	PESTICIDE		
DICE	POIDS	COTE	INDICE
15	5	3	15
12	4	3	12
15	3	5	15
18	5	9	45
10	3	10	30
5	4	1	4
3	2	1	2
	123		

UNITE:(1Eb13) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Loam	2	5	10	5	5	25
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
	Indice DRASTIC	70			103		

UNITE:(1Eb20) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	4,5-9
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Calcaire
Type de sol	Loam sableux
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	4-12
	Indice DRASTIC

	PESTICIDE		
DICE	POIDS	COTE	INDICE
40	5	8	40
12	4	3	12
18	3	6	18
18	5	9	45
10	3	10	30
5	4	1	4
6	2	2	4
	153		

UNITE:(1Eb14) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC	84			128		

UNITE:(1Eb21) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	1,5-4,5
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Dolomie
Type de sol	Sable
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	0,04-4
	Indice DRASTIC

	PESTICIDE		
DICE	POIDS	COTE	INDICE

UNITE:(1Eb15) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE

UNITE:(1Eb22) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux	
PARAMETRE	INTERVALLE

TCALM

JTERRAINES À LA POLLUTION

NS AQUIFÈRES CAPTIVES

DICES DRASTIC (SUITE)

	GENERAL			PESTICIDE		
OIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
5	7	35	5	7	35
4	3	12	4	3	12
3	6	18	3	6	18
2	9	18	5	9	45
1	10	10	3	10	30
5	1	5	4	1	4
3	2	6	2	2	4
104			140		

UNITE:(1Eb26) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Dolomie	3	7	21	3	7	21
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12	2	4	8
Indice DRASTIC		93			135		

| UNITE:(1Eb33) Roches sédimentaire
tes par argiles marines et sables	
PARAMETRE	INTE
Profondeur de l'eau	15-
Recharge annuelle	5-
Milieu aquifère	Gr
Type de sol	Sa
Topographie	0-
Impact de la zone vadose	Couche i
Conductivité hydrauli ue	0,
	Indice

	GENERAL			PESTICIDE		
POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
5	7	35	5	7	35
4	3	12	4	3	12
3	6	18	3	6	18
2	6	12	5	6	30
1	10	10	3	10	30
5	1	5	4	1	4
3	2	6	2	2	4
98			133		

UNITE:(1Eb27) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Dolomie	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
Indice DRASTIC		104			148		

| UNITE:(1Eb34) Roches sédimentair
tes par argiles marines et sable	
PARAMETRE	INT
Profondeur de l'eau	9
Recharge annuelle	5
Milieu aquifère	G
Type de sol	S
Topographie	0
Impact de la zone vadose	Couche
Conductivité hydraulique	0
	Indice

	GENERAL			PESTICIDE		
POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
5	10	50	5	10	50
4	3	12	4	3	12
3	5	15	3	5	15
2	9	18	5	9	45
1	10	10	3	10	30
5	1	5	4	1	4
3	1	3	2	1	2
113			158		

UNITE:(1Eb28) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Dolomie	3	7	21	3	7	21
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12	2	4	8
Indice DRASTIC		113			155		

| UNITE:(1Eb35) Roches sédimentai
tes par argiles marines et sabl	
PARAMETRE	IN
Profondeur de l'eau	4,
Recharge annuelle	
Milieu aquifère	
Type de sol	
Topographie	
Impact de la zone vadose	Couche
Conductivité hydraulique	
	Indic

	GENERAL			PESTICIDE		

UNITE:(1Eb29) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		

| UNITE:(1Eb36) Roches sédimentai
tes par argiles marines et sabl	
PARAMETRE	I

FEUILLET 2/2

aires recouver-bles alluviaux	GÉNÉRAL			PESTICIDE		
INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
15-23	5	3	15	5	3	15
5-10	4	3	12	4	3	12
Grès	3	5	15	3	5	15
Sable	2	9	18	5	9	45
0-2	1	10	10	3	10	30
he imperméable	5	1	5	4	1	4
0,04-4	3	1	3	2	1	2
ice DRASTIC	78			123		

UNITE: (1P2) Roches ignées/métamorphiques recouvertes par argiles marines		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	23-31	5	2	10	5	2	10
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Rx m/i	3	3	9	3	3	9
Type de sol	Argile	2	1	2	5	1	5
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC	54			74		

aires recouver-bles alluviaux	GÉNÉRAL			PESTICIDE		
INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
9-15	5	5	25	5	5	25
5-10	4	3	12	4	3	12
Grès	3	5	15	3	5	15
Sable	2	9	18	5	9	45
0-2	1	10	10	3	10	30
che imperméable	5	1	5	4	1	4
0,04-4	3	1	3	2	1	2
dice DRASTIC	88			133		

UNITE: (1P3) Roches ignées/métamorphiques recouvertes par argile marine		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	4,5-9	5	7	35	5	7	35
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Rx m/i	3	3	9	3	3	9
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC	83			109		

taires recouver-ables alluviaux	GÉNÉRAL			PESTICIDE		
INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
4,5-9	5	7	35	5	7	35
5-10	4	3	12	4	3	12
Grès	3	5	15	3	5	15
Sable	2	9	18	5	9	45
0-2	1	10	10	3	10	30
che imperméable	5	1	5	4	1	4
0,04-4	3	1	3	2	1	2
dice DRASTIC	98			143		

taires recouver-sables alluviaux	GÉNÉRAL			PESTICIDE		
INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
9-15	5	5	25	5	5	25



DÉPÔTS ORGANIQUES (tourbe)



SABLE



SABLE ET GRAVIER

Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC			79			123

Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	5				
Type de sol	Sable	2	9				
Topographie	0-2	1	10				
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1				
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1				
	Indice DRASTIC			68			

UNITE: (1Eb2) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC			84			128

UNITE: (1Eb9) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENER	
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE
Profondeur de l'eau	1,5-9	5	8
Recharge annuelle	5-10	4	3
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	5
Type de sol	Sable	2	9
Topographie	0-2	1	10
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1
	Indice DRASTIC		103

UNITE: (1Eb3) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam sableux	2	6	12	5	6	30
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC			78			113

UNITE:(1Eb10) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENE	
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5
Recharge annuelle	5-10	4	3
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6
Type de sol	Loam	2	5
Topographie	12-18	1	3
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1
Conductivité hydraulique	4-12	3	2
	Indice DRASTIC		79

UNITE: (1Eb4) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam sableux	2	6	12	5	6	30
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC			88			123

UNITE:(1Eb11) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENE	
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5
Recharge annuelle	5-10	4	3
Milieu aquifère	Calcaire et shale	3	7
Type de sol	Loam	2	5
Topographie	12-18	1	3
Impact de la zone vadose	Couche imperméables	5	1
Conductivité hydraulique	12-29	3	4
	Indice DRASTIC		8

Milieu aquifère	Calcaire	3	6	18	3	6	18	
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45	
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30	
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4	
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4	
	Indice DRASTIC		79			123		

Milieu aquifère	Dolomie							
Type de sol	Sable							
Topographie	0-2							
Impact de la zone vadose	Couche imperméable							
Conductivité hydraulique	4-12							
	Indice DRASTIC							

							PESTICIDE	
ICE	POIDS	COTE	INDICE					
3	5	8	40					
2	4	3	12					
5	3	5	15					
3	5	9	45					
0	3	10	30					
5	4	1	4					
1	2	1	2					
		148						

UNITE:(1Eb16) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire	3	7	21	3	7	21
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	12-29	3	4	12	2	4	8
	Indice DRASTIC		93			135	

UNITE:(1Eb23) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	31+
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Dolomie
Type de sol	Sable
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	0,04-4
Indice DRASTIC	

							PESTICIDE	
ICE	POIDS	COTE	INDICE					
5	5	5	25					
2	4	3	12					
8	3	6	18					
0	5	5	25					
3	3	10	30					
5	4	1	4					
5	2	2	4					
		118						

UNITE:(1Eb17) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	15-23	5	3	15	5	3	15
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Sable	2	9	18	5	9	45
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
	Indice DRASTIC		78			123	

UNITE:(1Eb24) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	15-23
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Dolomie
Type de sol	Sable
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	0,04-4
Indice DRASTIC	

							PESTICIDE	
ICE	POIDS	COTE	INDICE					
5	5	5	25					
2	4	3	12					
1	3	7	21					
0	5	5	25					
3	3	10	30					
5	4	1	4					
2	2	4	8					
		125						

UNITE:(1Eb18) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GÉNÉRAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Calcaire	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam	2	5	10	5	5	25
Topographie	12-18	1	3	3	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC		79			118	

UNITE:(1Eb25) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux	
PARAMETRE	INTERVALLE
Profondeur de l'eau	9-15
Recharge annuelle	5-10
Milieu aquifère	Dolomie
Type de sol	Sable
Topographie	0-2
Impact de la zone vadose	Couche imperméable
Conductivité hydraulique	0,04-4
Indice DRASTIC	

3	6	18	3	6	18
2	9	18	5	9	45
1	10	10	3	10	30
5	1	5	4	1	4
3	2	6	2	2	4
74			118		

Milieu aquifère	Dolomie	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam	2	5	10	5	5	25
Topographie	0-2	1	3	3	3	3	9
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC	64			82		

Milieu aquifère
Type de sol
Topographie
Impact de la zone vadc
Conductivité hydraulic

GENERAL			PESTICIDE		
POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
5	1	5	5	1	5
4	3	12	4	3	12
3	5	15	3	5	15
2	9	18	5	9	45
1	10	10	3	10	30
5	1	5	4	1	4
3	1	3	2	1	2
68			113		

UNITE:(1Eb30) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines et sables alluviaux		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Dolomie	3	6	18	3	6	18
Type de sol	Loam	2	5	10	5	5	25
Topographie	12-18	1	3	3	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	4-12	3	2	6	2	2	4
	Indice DRASTIC	79			118		

(1F) Roches ignées/mé

Cette unité hydrogéol
argileux qui recouvr
Terres/Plateau lauren
endroits. Les form
granites et anorthosit
de l'aquifère, génér
fracturation du massi
l'infiltration directe
roc, mais la zone de
rocheux du Plateau lau

GENERAL			PESTICIDE		
POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
5	3	15	5	3	15
4	3	12	4	3	12
3	5	15	3	5	15
2	9	18	5	9	45
1	10	10	3	10	30
5	1	5	4	1	4
3	1	3	2	1	2
78			123		

UNITE: (1Ea31) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	9-15	5	5	25	5	5	25
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Grès	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Loam silteux	2	4	8	5	4	20
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
	Indice DRASTIC	78			108		

GENERAL			PESTICIDE		
POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
5	5	25	5	5	25
4	3	12	4	3	12
3	5	15	3	5	15
2	9	18	5	9	45
1	10	10	3	10	30
5	1	5	4	1	4
3	1	3	2	1	2
88			133		

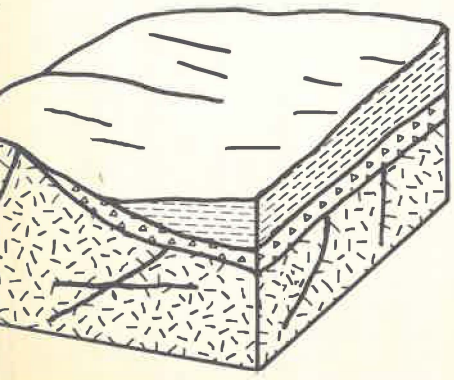
UNITE: (1Ea32) Roches sédimentaires recouvertes par argiles marines		GENERAL			PESTICIDE		
PARAMETRE	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
Profondeur de l'eau	1,5-9	5	8	40	5	8	40
Recharge annuelle	5-10	4	3	12	4	3	12
Milieu aquifère	Grès	3	5	15	3	5	15
Type de sol	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
Topographie	0-2	1	10	10	3	10	30
Impact de la zone vadose	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
Conductivité hydraulique	0,04-4	3	1	3	2	1	2
	Indice DRASTIC	91			118		

| UNITE: (1F1) Roches
recouvertes par argil |
|---|
| PARAMETRE |
| Profondeur de l'eau |
| Recharge annuelle |
| Milieu aquifère |
| Type de sol |
| Topographie |
| Impact de la zone vad |
| Conductivité hydraulic |

	Grès	3	7	21	3	7	21
	Sable	2	9	18	5	9	45
	0-2	1	10	10	3	10	30
se	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
e	12-29	3	4	12	2	4	8
	Indice DRASTIC	103			145		

tamorphiques recouvertes par argiles marines

ogique est caractérisée par la présence d'un horizon
e till et roc le long de la frontière Basses-
tien. La surface est plane avec micro-reliefs par
ations rocheuses composées principalement de gneiss,
es représentent l'aquifère principal. La productivité
alement faible, est directement reliée au degré de
f rocheux. L'existence d'une couche argileuse limite
des eaux de précipitations et des contaminants jusqu'au
réalimentation de l'aquifère formée des affleurements
rentien est, quant à elle, peu protégée.



ARGILE

TILL

ROCHES SÉDIMENTAIRES

ROCHES IGNÉES/MÉTAMORPHIQUES

gnées/métamorphiques s marines		GENERAL			PESTICIDE		
	INTERVALLE	POIDS	COTE	INDICE	POIDS	COTE	INDICE
	9-15	5	5	25	5	5	25
	5-10	4	3	12	4	3	12
	Rx m/i	3	3	9	3	3	9
	Loam argileux	2	3	6	5	3	15
	0-2	1	10	10	3	10	30
se	Couche imperméable	5	1	5	4	1	4
ne	0,04-4	3	1	3	2	1	2
	Indice DRASTIC	70			97		

CA3PQ
UP S
1990
C449
carte 4

ECOLE POLYTECHNIQUE BIBLIOTHEQUE

1

579,00 580,00

5102,00

5100,00

5090,00

Lac Ashton
Lac Burton
Lac Lépine
Lac Baulne
Lac Beaudry
Lac-Christ
Lac Beaulac
Notre-Dame-de-Beaulac
Saint-Calixte-Nord
Domaine du Joli-Val
Beaudry
DE L'ACHIGAN

2Aa4 104
2Aa3 94
2H1 130
2Aa7 106
2Aa7 106
2H1 130
2H1 130
2Aa7 106
2Ab3 111
2Aa4 104
2Aa7 106
2Aa4 104
2Aa4 104
2Ab3 111
2Aa7 106
2H1 130

590,00

2Aa7
106

2H1
130

2Aa6
114

2Aa7
106
2H1
130

2B2
180

2G1
136
2Aa3
94
2Aa4
104
2Aa7
106
2Aa7
106
2H1
130
2Aa2
114

2Aa2
114
2Aa1
118
2Ab4
121
2B3
180
2G4
126
2I1
185
2Aa1
118
2Aa2
114
2G5
127
2H1
130
2Aa1
118
2G4
126
2Aa5
110
1D1

600,00

610,00

AC

2B1
184

AC

AC

1D2
141

1D2
141

1D1
152

1D1
152

1D3
123

1A13
127

1B1
185

1A15
133

1A13
127

1D2
141

2Ab1
125

1A13
127

1A13
127

2B1
184

1A14
151

AC

1A5
133

AC

AC

1A17
125

1A16
127

2Ab2
119

1B1
185

AC

1A12
142

AC

1A8
125

1A7
127

2B2
180

AC

1A10
151

1D2
141

1A11
151

1A7
127

1A8
125

AC

AC

1A6
142

1A7
127

1D1
152

1I1
185

AC

AC

620,00

5102,00

5100,00

5090,00

1D2
141

1D2
141

1D2
141

AC

AC

1D1
152

1A8
125

1D1
152

1I1
185

1I1
185

AC

1D2
141

1D2
141

1I1
185

AC

1D2
141

N

Saint-Pierre

Saint-Paul-
d'Industrie

Crabtree

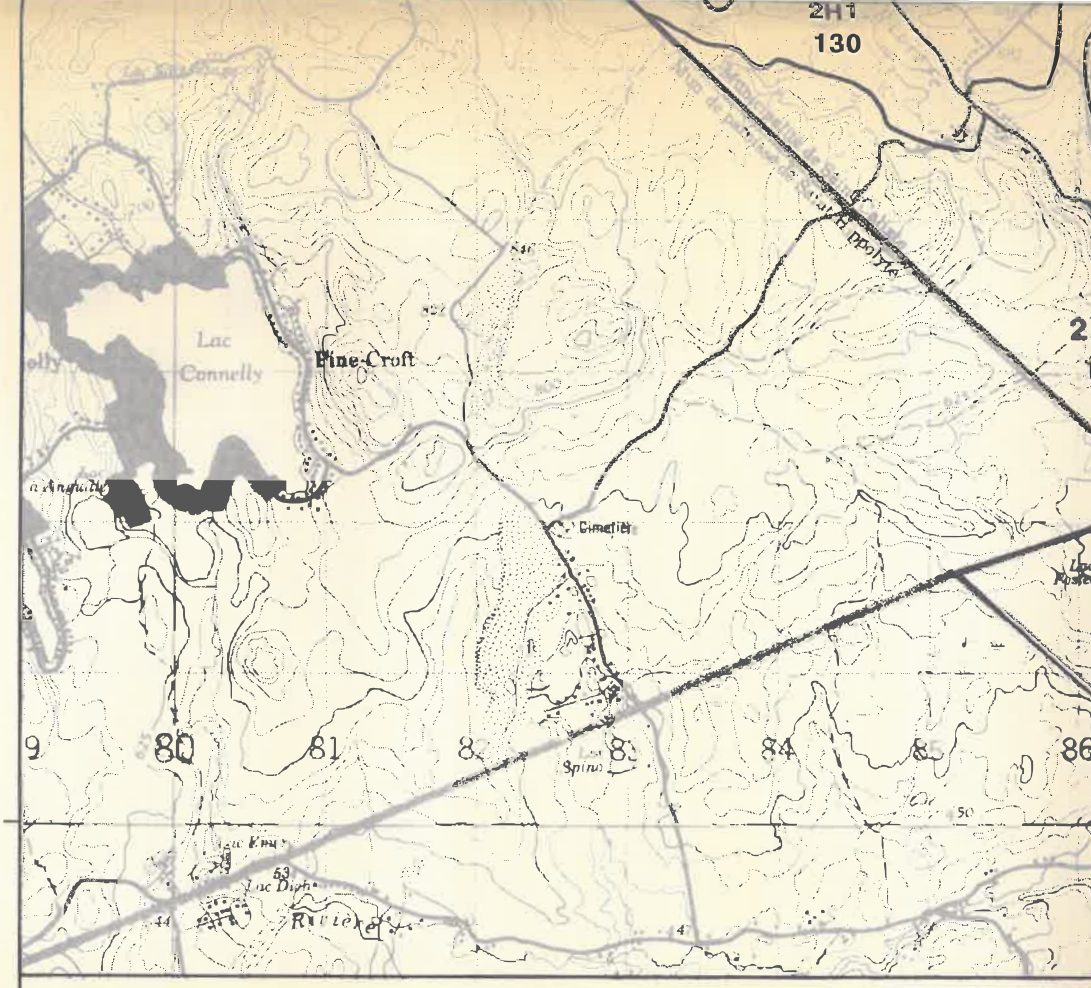
Saint-Marie-
Salomée

Saint-Liguori

MRC DE JOLIETTE

MRC DE MONTCALM

MRC DE L'ASSOMPTION



LÉGENDE

1D2 — Unité hydrogéologique

141 — Indice DRASTIC (général)

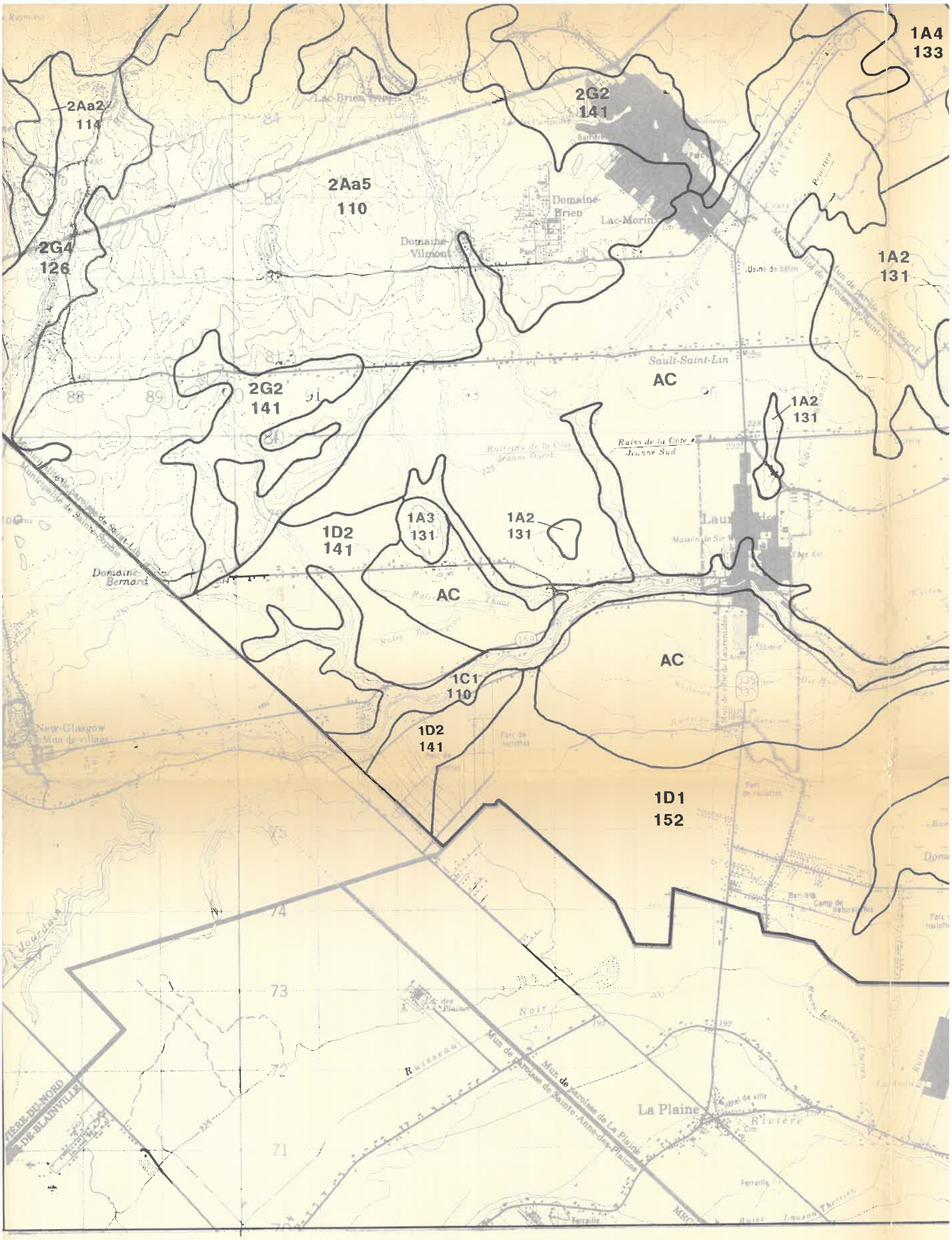
AC Formation aquifère captive

1000 0 1000 2000 3000 4000 500

ÉCHELLE 1 : 50 000

5070,00

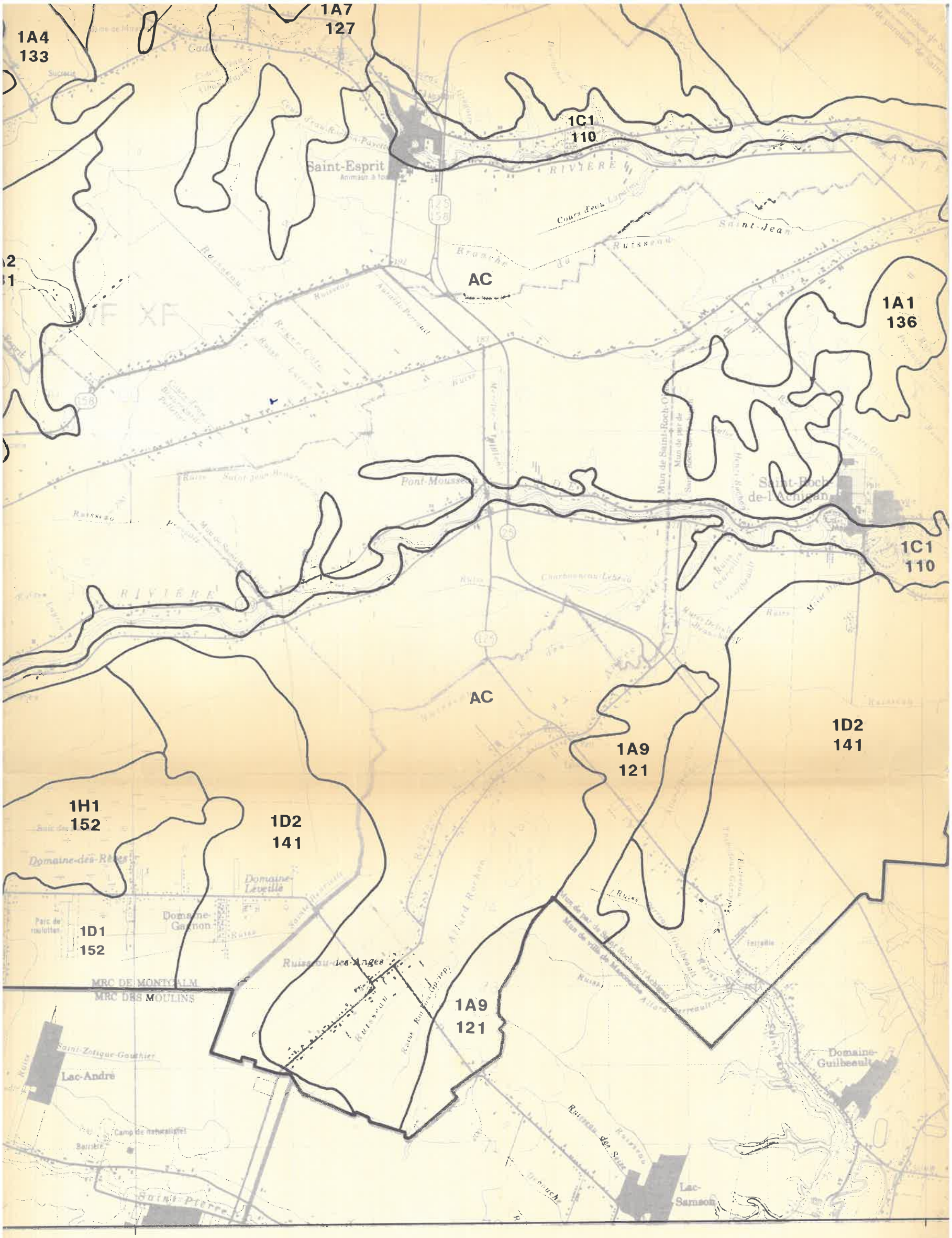
579,00 580,00

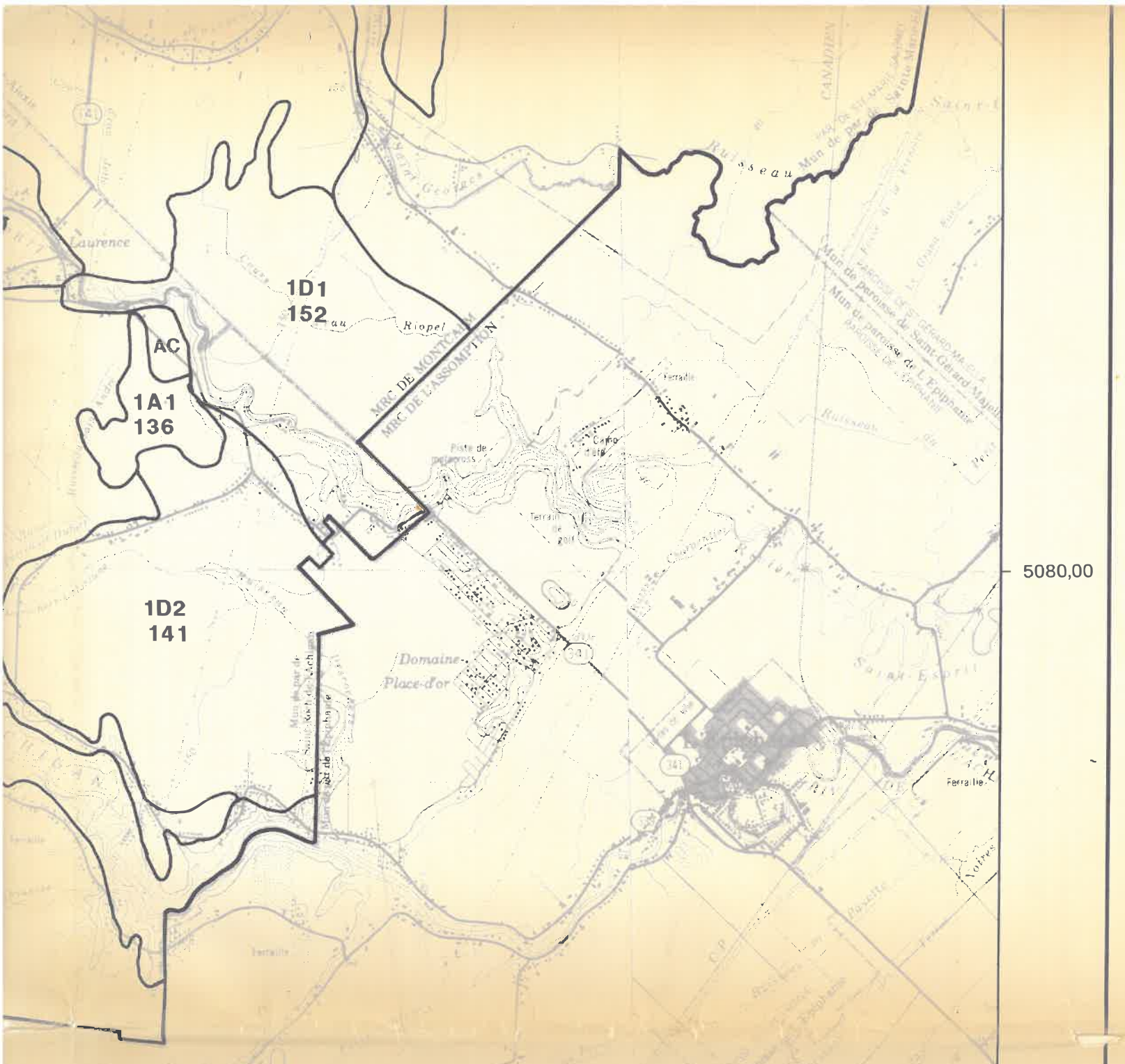

1A4
133
2Aa2
114
2G2
141
2Aa5
110
2G4
126
1A2
131
2G2
141
AC
1A2
131
1A3
131
1A2
131
1D2
141
AC
AC
1C1
110
1D2
141
1D1
152
Lac-Morin
Domaine-Brien
Domaine-Vilmont
Sault-Saint-Lin
Ruiss de la Côte Jeanne Sud
Domaine Bernard
La Plaine
Mun de Paroisse de La Plaine
Mun de Paroisse de Sainte-Anne-des-Plaines
Rivière
Ruisseau Noir
Hôtel de ville
Camp de
Ferraille
Usine de béton
Lac des Plaines
New-Glasgow
Mun de village
74
73
72
71
70

590,00

6

7


1A4
133
1A7
127
1C1
110
AC
1A1
136
1C1
110
AC
1D2
141
1A9
121
1H1
152
1D2
141
1D1
152
1A9
121
Saint-Esprit
Pont-Mousseau
Saint-Roch-de-l'Achigan
Domaine-des-Rêves
Domaine-Levellé
Domaine-Gagnon
MRC DE MONTCALM
MRC DES MOULINS
Lac-André
Saint-Zotique-Gauthier
Saint-Pierre
Lac-Samson
Domaine-Guilbeault
600,00
610,00
7



M.R.C. DE MONTCALM

CARTE DE VULNÉRABILITÉ
DES EAUX SOUTERRAINES À LA POLLUTION

CARTE : 2

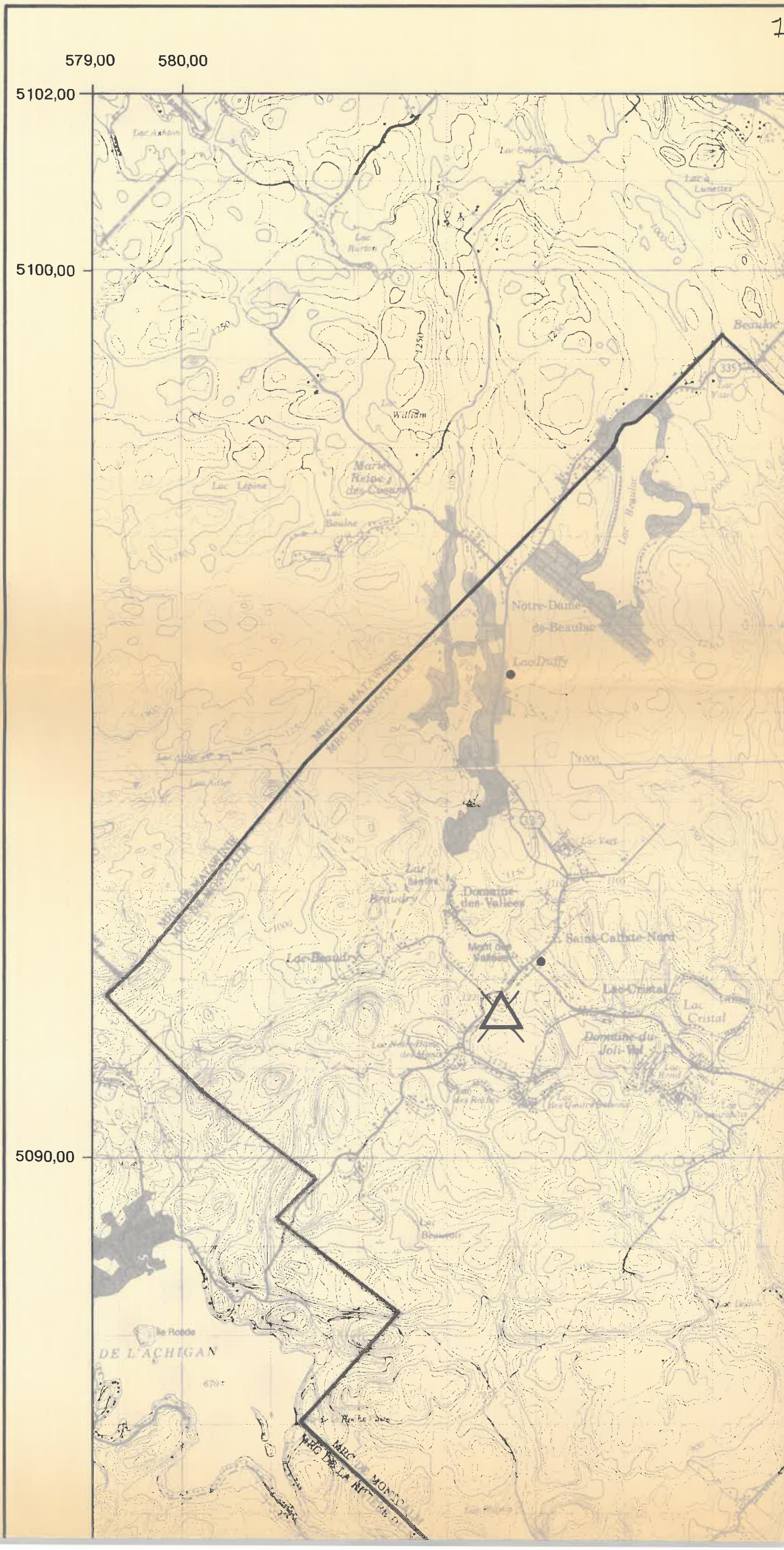
FORMATIONS AQUIFÈRES LIBRES ET SEMI-CAPTIVES

Préparée par : LUC CHAMPAGNE, 1990

8

CA2PQ
UP 8
1990
C149
carte 1

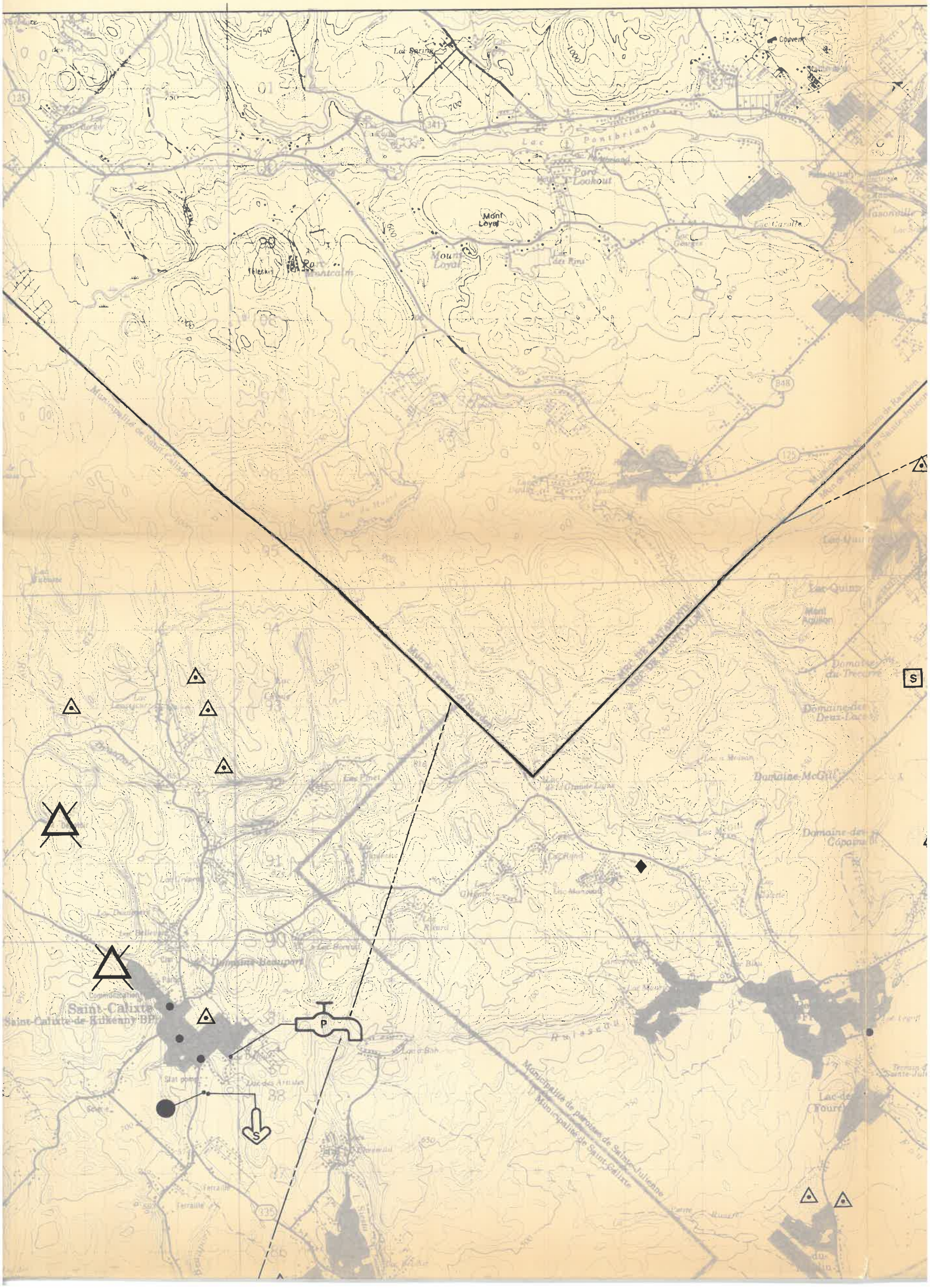
ECOLE POLYTECHNIQUE BIBLIOTHEQUE



1

2

590,00


Lac Spring
Couvent
Lac Pontbriand
Mont Loyal
Mount Loyal
Lac Carrolle
Saint-Calixte
Municipalité de paroisse de Saint-Julienne
Municipalité de Saint-Calixte
Lac-Quinz
Domaine-McGill
Domaine-Beaupré
Lac-des-Arcades

600,00

610,00

S

P

P

S

P

P

Domaine-Monaco

Domaine-Langlois

Domaine-Patry

Domaine-Lemenn

Domaine-Patenaude

La Fourche

Saint-Alexis Station

Saint-Alexis (Saint-Alexis-de-Montcalm BP)

620,00

5102,00

5100,00

5090,00

N

Pc

Mi

Saint-Charles-Borromée

Saint-Pierre

Saint-Paul-d'Industrie

Crabtree

Sainte-Marie-Salomé

Salomé

Les Dalles

Ruisseau-Vacher

Domaine Beaudoin

MRC DE JOLIETTE

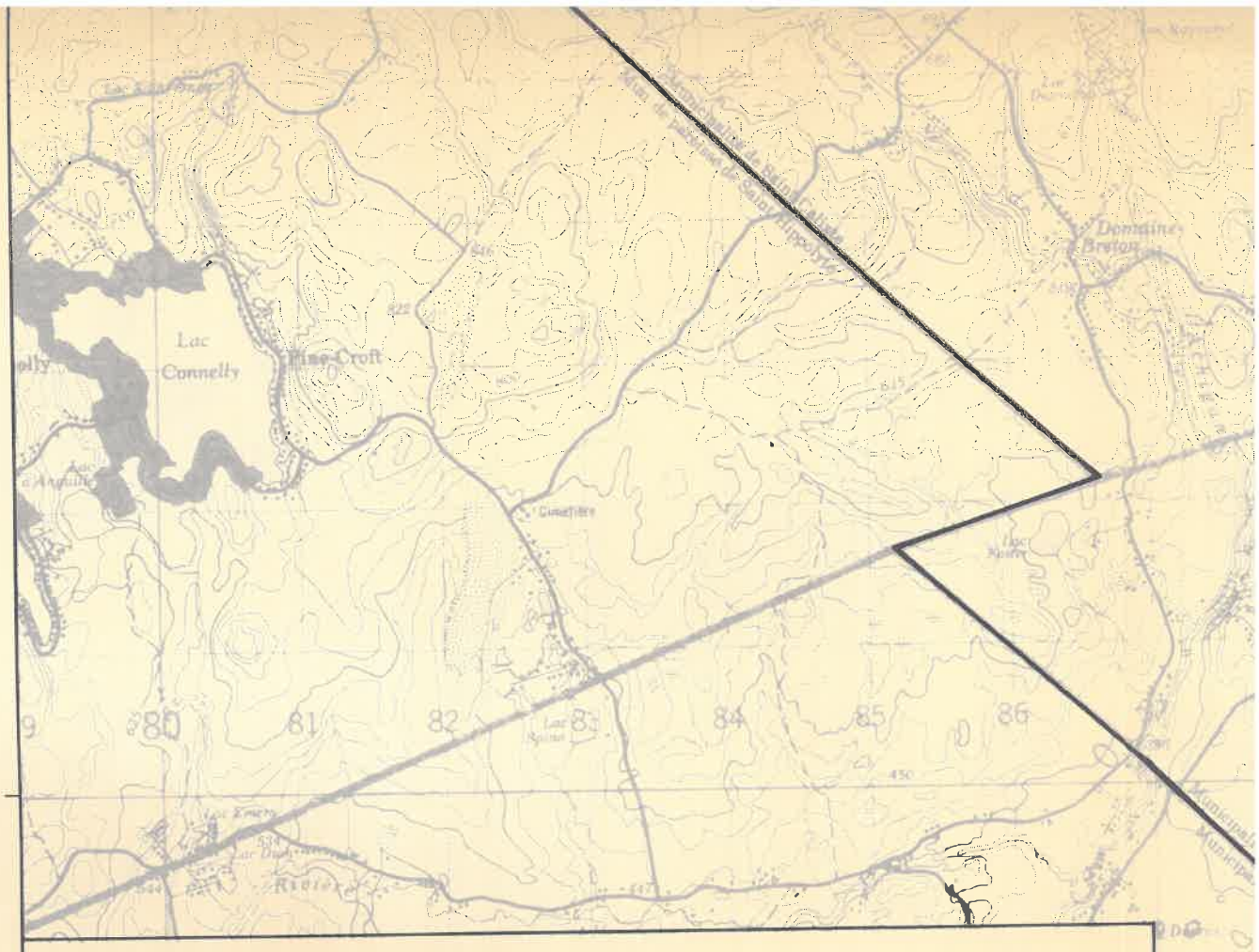
MRC DE MONTCALM

MRC DE L'ASSOMPTION

146

343

158



5080,00

LÉGENDE

EAU POTABLE

Type
- P : Puits
- Pc : Puits (nappe captive)
- S : Source

EAUX USÉES

Type de rejet
- S : Sanitaire

Station d'épuration des eaux usées

Station de traitement de l'eau potable

SITE DE DISPOSITION DES DÉCHETS

Ouvert / Fermé — Type de lieu
- S : Dépot de matériaux secs
- Mi : Matériaux industriels

Pisciculture

Gravière, sablière

Carrière

EXPLOITATION AGRICOLE

Fumier - Bilan d'épandage négatif

Réservoirs souterrains d'hydrocarbures

Ligne de transport d'énergie

CONTAMINATION EAU SOUTERRAINNE
- S : Sels déglaçants
- P : Pesticides

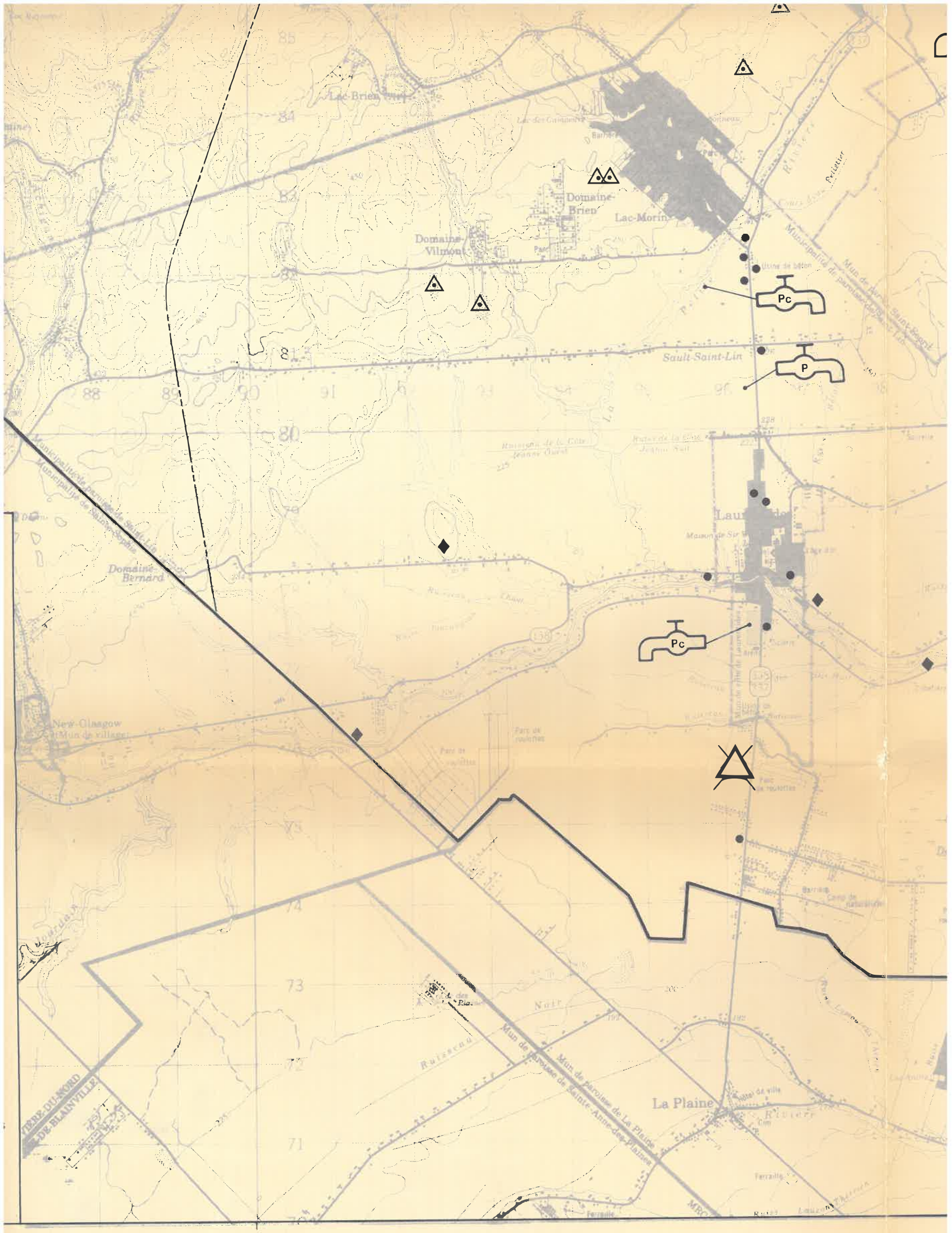
1000 0 1000 2000 3000 4000 5000 Mètres

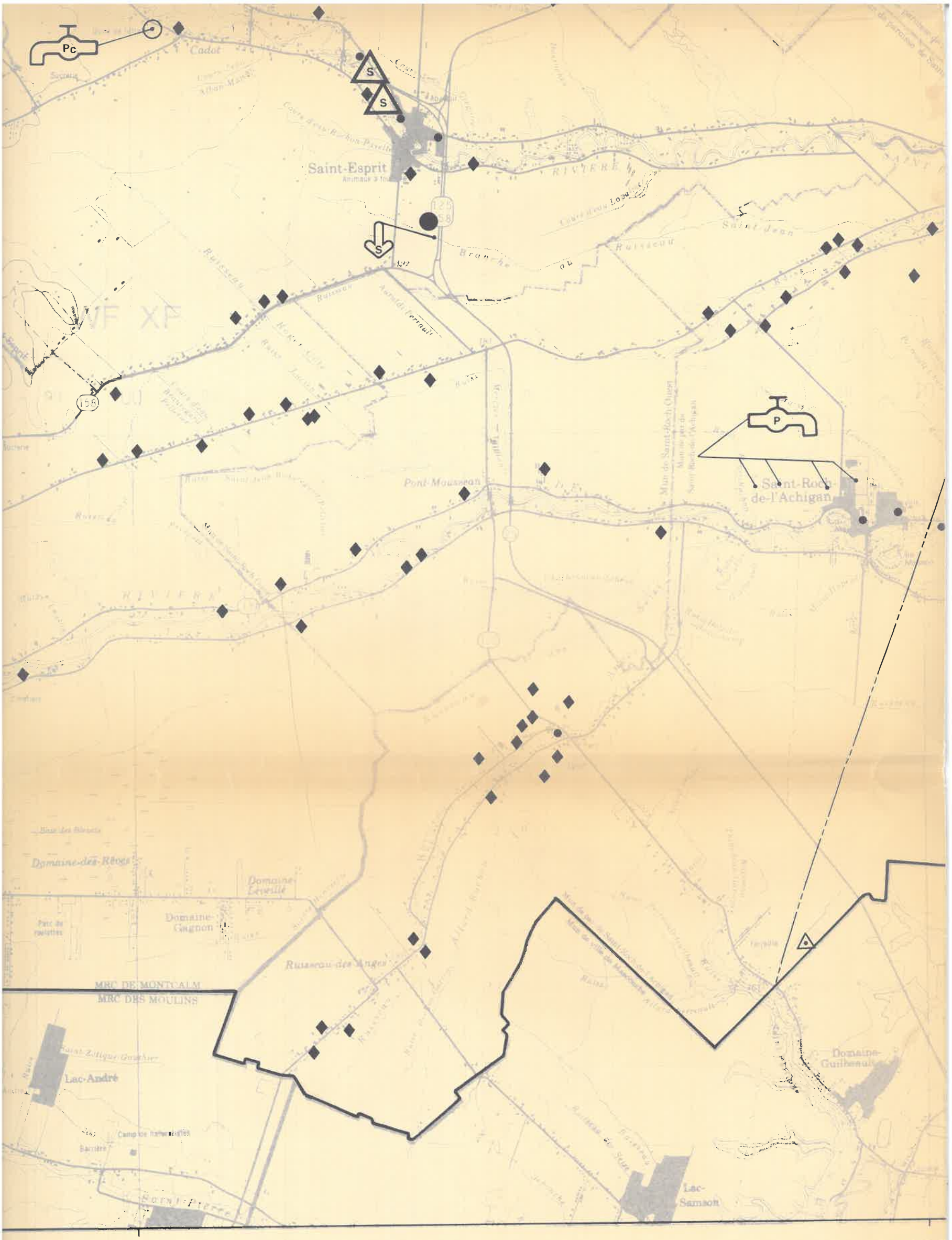
ÉCHELLE 1 : 50 000

5070,00

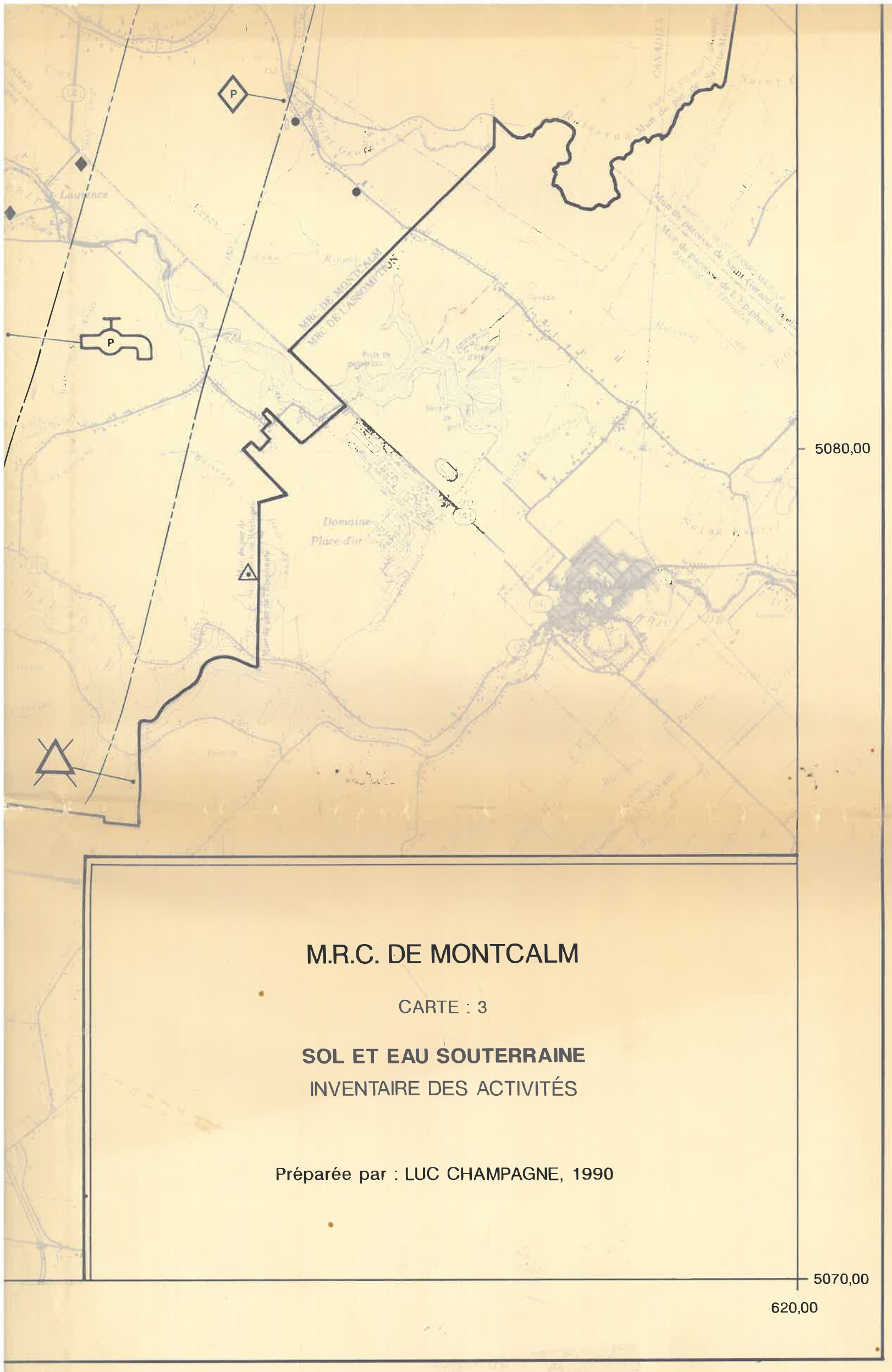
579,00 580,00

5


Lac-Brien
Domaine-Brien
Lac-Morin
Domaine-Vilmont
Pc
P
Sault-Saint-Lin
Domaine-Bernard
Pc
New-Glasgow
La Plaine
Mun. de paroisse de La Plaine
Mun. de paroisse de Sainte-Anne-des-Plaines
TERRE-DU-NORD
DE-BLAINVILLE
590,00


Pc
S
S
S
Saint-Esprit
Cadot
Pont-Mousseau
P
Saint-Roch-de-l'Achigan
Domaine-des-Rêves
Domaine Léveillé
Domaine Gagnon
Ruisseau des Anges
MRC DE MONTCALM
MRC DES MOULINS
Lac-André
Lac-Samson
Domaine Guilbeault
600,00
610,00

7



M.R.C. DE MONTCALM

CARTE : 3

SOL ET EAU SOUTERRAINE

INVENTAIRE DES ACTIVITÉS

Préparée par : LUC CHAMPAGNE, 1990

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL
3 9334 00213638 8