

PLANIFICATION ÉCOLOGIQUE
SÉRIE DE L'INVENTAIRE DU CAPITAL-NATURE
N° 10

Jean-Pierre Ducruc
et
Marie-Hélène De Sède

Ministère de l'Environnement
Direction de la conservation et du patrimoine écologique
et
INRS-Eau*

* Adresse actuelle: École Polytechnique Fédérale de Lausanne
CH-105 Lausanne

CONTRIBUTION DE LA CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE À LA
MODÉLISATION HYDROLOGIQUE SPATIALE DU BASSIN SU-
PÉRIEUR DE LA RIVIÈRE EATON. PARTIE I: LA CARTE
ÉCOLOGIQUE ICN-10

Juin 1991

Dépôt légal - 3^e trimestre 1991
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-22329-2

Envirodoq EN910346
QEN/PE-ICN-10



Ce document est imprimé sur du papier
contenant 100 % de fibres recyclées

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Travaux de terrain :	Gérald Audet Daniel Bérubé Grégoire Chabot Marie-Hélène De Sède [INRS-Eau] Jean-Pierre Ducruc
Photo-interprétation :	Daniel Bérubé Jean-Pierre Ducruc
Analyse granulométrique :	Laboratoire des sols, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval
Compilation et analyse des données :	Daniel Bérubé Grégoire Chabot
Illustration et dessin cartographique :	Yves Lachance
Dactylographie :	Lyse Sanfaçon
Révision scientifique :	Jacques Dupont, Direction de la qualité des cours d'eau Vincent Gerardin, Direction de la conservation et du patrimoine écologique Marius Lachance, INRS-eau Lothar Marzell, Direction de la conservation et du patrimoine écologique
Révision linguistique :	André Richard

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
ÉQUIPE DE RÉALISATION	i
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	ix
INTRODUCTION	1
1. PRÉSENTATION DU BASSIN SUPÉRIEUR DE LA RIVIÈRE EATON	3
1.1 Localisation et configuration générale	3
1.2 Climat	3
1.3 Géologie	3
1.4 Dépôts de surface	5
1.41 Les dépôts glaciaires	6
1.411 Le till régional	6
1.412 Le till local	7
1.42 Les dépôts fluvioglaciers	7
1.43 Les dépôts glacio-lacustres	7
1.44 Les alluvions fluviales	7
1.45 Les dépôts organiques	8
1.5 Occupation actuelle	8
2. MÉTHODE DE TRAVAIL	9
2.1 Choix de l'échelle cartographique	9
2.2 Revue bibliographique	10
2.3 Photo-interprétation préliminaire	11
2.4 Échantillonnage	12
2.41 Densité et réalisation de l'échantillonnage	12
2.42 Nature de l'échantillonnage	13
3. RÉSULTATS	15
3.1 Typologie	15
3.11 Les régions écologiques	15
3.12 Les dépôts de surface	18
3.121 Les dépôts glaciaires	19

3.122	Les dépôts fluvio-glaciaires	22
3.123	Les dépôts fluviatiles	23
3.124	Les dépôts glacio-lacustres	24
3.125	Les dépôts organiques	24
3.13	Les types géomorphologiques	24
3.2	Cartographie	26
3.21	Les unités cartographiques	26
3.22	Les types géomorphologiques	30
3.221	Les types géomorphologiques issus des dépôts glaciaires	31
3.221.1	Les types géomorphologiques issus du till régional	31
3.221.2	Les types géomorphologiques issus du till local	34
3.222	Les types géomorphologiques issus des dépôts fluvio-glaciaires	34
3.223	Les types géomorphologiques issus des dépôts fluviatiles	35
3.223.1	Les types géomorphologiques issus des dépôts actuels	35
3.223.2	Les types géomorphologiques issus des dépôts subactuels	35
3.224	Les types géomorphologiques issus des dépôts glacio-lacustres	35
3.225	Les types géomorphologiques issus des dépôts organiques	38
4.	PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE EN MATIÈRE DE MODÉLISATION HYDROLOGIQUE SPATIALE	41
4.1	Philosophie de l'approche	42
4.11	Les lacunes en matière de spatialisation des bassins versants	42
4.12	Les atouts de la cartographie écologique	43
4.2	Modalités d'intégration de la cartographie écologique ...	44
4.21	L'objectif: constitution de zones hydrologiques homogènes (Z.H.H.)	44
4.22	La méthodologie envisagée	45
4.221	Le cadre théorique	45
4.222	La réalisation pratique	46
4.222.1	L'analyse des informations four- nies par la carte écologique	46

4.222.11	Les apports de la typologie écologique: l'interprétation hydrologique des types géomorphologiques	46
4.222.12	Les apports de la cartographie écologique: l'interprétation hydrologique des unités écologiques	48
4.222.2	La constitution de zones hydrologiques homogènes	49
4.222.3	La prise en compte de l'occupation actuelle du territoire	50
4.3	Remarques et perspectives	51
CONCLUSION	.....	53
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	.....	55



LISTE DES TABLEAUX

	<u>PAGE</u>
Tableau 1: Données climatiques enregistrées à la station météorologique de Lennoxville (tiré de Villeneuve, 1967)	5
Tableau 2: Stratigraphie quaternaire des Cantons-de-l'Est d'après McDonald et Shilts, 1971	6
Tableau 3: Fichier écologique de base (exemple partiel)	14
Tableau 4: La végétation des sites mésiques du bassin supérieur de la rivière Eaton	17
Tableau 5: Classes de pierrosité	19
Tableau 6: Caractéristiques granulométriques et de pierrosité des principaux dépôts de surface du bassin supérieur de la rivière Eaton	20
Tableau 7: Till régional: caractéristiques texturales de l'horizon Bm et de l'horizon fragique C _x sous-jacent	22
Tableau 8: Les types géomorphologiques décrits sur le terrain	
8A: Les types géomorphologiques issus des dépôts minéraux	25
8B: Les types géomorphologiques issus des dépôts organiques	26
Tableau 9: Description des modèles cartographiques	30
Tableau 10: Propriétés hydrologiques des sols selon leur texture (cm ³ X cm ³) (d'après Rawls <i>et al.</i> , 1981)	47

Tableau 11:	Conductivité hydraulique des sols à saturation selon leur texture (d'après Rawls et al., 1981)	47
Tableau 12:	Variables issues de l'analyse de la carte écologique	49
Tableau 13:	Classes d'occupation actuelle du territoire	50

LISTE DES FIGURES

	<u>PAGE</u>
Figure 1 : Localisation du bassin supérieur de la rivière Eaton	4
Figure 2 : Les régions écologiques <i>sensu</i> Thibault et Hotte (1985)	16
Figure 3 : Les deux étages de la végétation du bassin supérieur de la rivière Eaton	18
Figure 4 : Courbes granulométriques cumulatives des principaux dépôts de surface du bassin supérieur de la rivière Eaton	21
Figure 5 : Courbes granulométriques cumulatives de l'horizon Bm et de l'horizon fragique C _x sous-jacent	22
Figure 6 : Stéréopaire illustrant les récurrences du modèle cartographique n° 13	28
Figure 7 : Stéréopaire illustrant les récurrences du modèle cartographique n° 47	29
Figure 8 : Caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus du till régional	32
Figure 9 : Synthèse des caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus du till régional	33
Figure 10 : Caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus des dépôts glacio-lacustres argilo-limoneux	37
Figure 11 : Synthèse des caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus des dépôts glacio-lacustres argilo-limoneux	38

Figure 12 :	Caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus des dépôts organiques	39
Figure 13 :	Analyse hydrologique des interrelations spatiales entre les unités écologiques	48
Figure 14 :	Fiche descriptive du point d'observation	(annexe)
Figure 15 :	Fiche descriptive de la station écologique de reconnaissance	(annexe)

INTRODUCTION

La cartographie écologique constitue un outil de première valeur pour la gestion des ressources naturelles d'un territoire, y compris la ressource eau. Dès le début de nos travaux de cartographie écologique, nous avons tenté une certaine intégration "terre-eau". Les cartes écologiques du Saguenay - Lac-Saint-Jean (Jurdant *et al.*, 1972), de la municipalité de la Baie-James (Jurdant *et al.*, 1976) et de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord (Ducruc, 1985) soulignent une nette progression dans cette voie.

La première réelle application de la cartographie écologique au domaine hydrologique fut réalisée au ministère de l'Environnement du Québec par la Direction des eaux souterraines et de consommation (Ducruc et Bérubé, 1985; Grenier et McCormack, 1985). Elle portait sur l'évaluation de la vulnérabilité de la nappe phréatique à la pollution dans un territoire aux alentours de la ville de Granby, dans l'Estrie. Une carte de vulnérabilité fut dressée au 1:20 000. Fort de cette expérience, une carte semblable fut dressée au 1:50 000 pour la Municipalité régionale de comté de Robert-Cliche, dans la Beauce. Aujourd'hui la cartographie écologique du bassin supérieur de la rivière Eaton a été entreprise afin d'évaluer la contribution d'un découpage écologique à la modélisation hydrologique spatiale et, plus particulièrement, à la mise en évidence de zones hydrologiques homogènes (De Sède *et al.*, 1990).

Ce rapport situe d'abord le territoire et décrit brièvement ses principales caractéristiques. Ensuite, il s'attarde sur les différentes étapes de la réalisation de la carte écologique de référence en insistant plus particulièrement sur les aspects les plus probants en regard de l'objectif fixé. Finalement, après une explication succincte concernant les origines de la démarche d'intégration de la cartographie écologique à la spatialisation hydrologique, il se termine en ouvrant sur les perspectives d'utilisation des résultats de la carte écologique pour proposer des zones hydrologiques homogènes.



1. PRÉSENTATION DU BASSIN SUPÉRIEUR DE LA RIVIÈRE EATON

1.1 Localisation et configuration générale (figure 1)

Le bassin supérieur de la rivière Eaton est situé dans l'Estrie au sud-est de la ville de Sherbrooke. Il s'étend sur à peu près 200 km² et est constitué de deux sous-bassins: le bassin supérieur de la rivière Eaton et celui de son affluent, la rivière Clifton. Le village de Sawyerville, sis à 35 km au sud-est de Sherbrooke, est à la confluence des deux rivières et marque la limite inférieure du bassin supérieur de la rivière Eaton. La tête des deux sous-bassins s'appuie sur la frontière américaine qui souligne aussi la limite de partage des eaux.

L'altitude du territoire s'élève régulièrement de près de 300 m aux environs de Sawyerville jusqu'à 600 m à la tête du bassin.

1.2 Le climat

Il n'existe pas de données météorologiques pour le bassin supérieur de la rivière Eaton. La station météorologique la plus proche est celle de Lennoxville (tableau 1) qui traduit assurément un climat plus doux et moins humide que celui du territoire étudié, tout au moins pour la partie supérieure du bassin dans laquelle l'élévation altitudinale doit jouer un rôle non négligeable sur le mésoclimat.

1.3 Géologie

Le socle rocheux appartient au groupe de St-Francis dont l'âge est encore l'objet de controverse chez les géologues (Slivitzki et Julien, 1987) mais s'étalerait du Silurien supérieur au Dévonien moyen. Le bassin supérieur de la rivière Eaton se rattache plus particulièrement à la formation de Compton et est dominé par des grès avec quelques intercalations schisteuses.

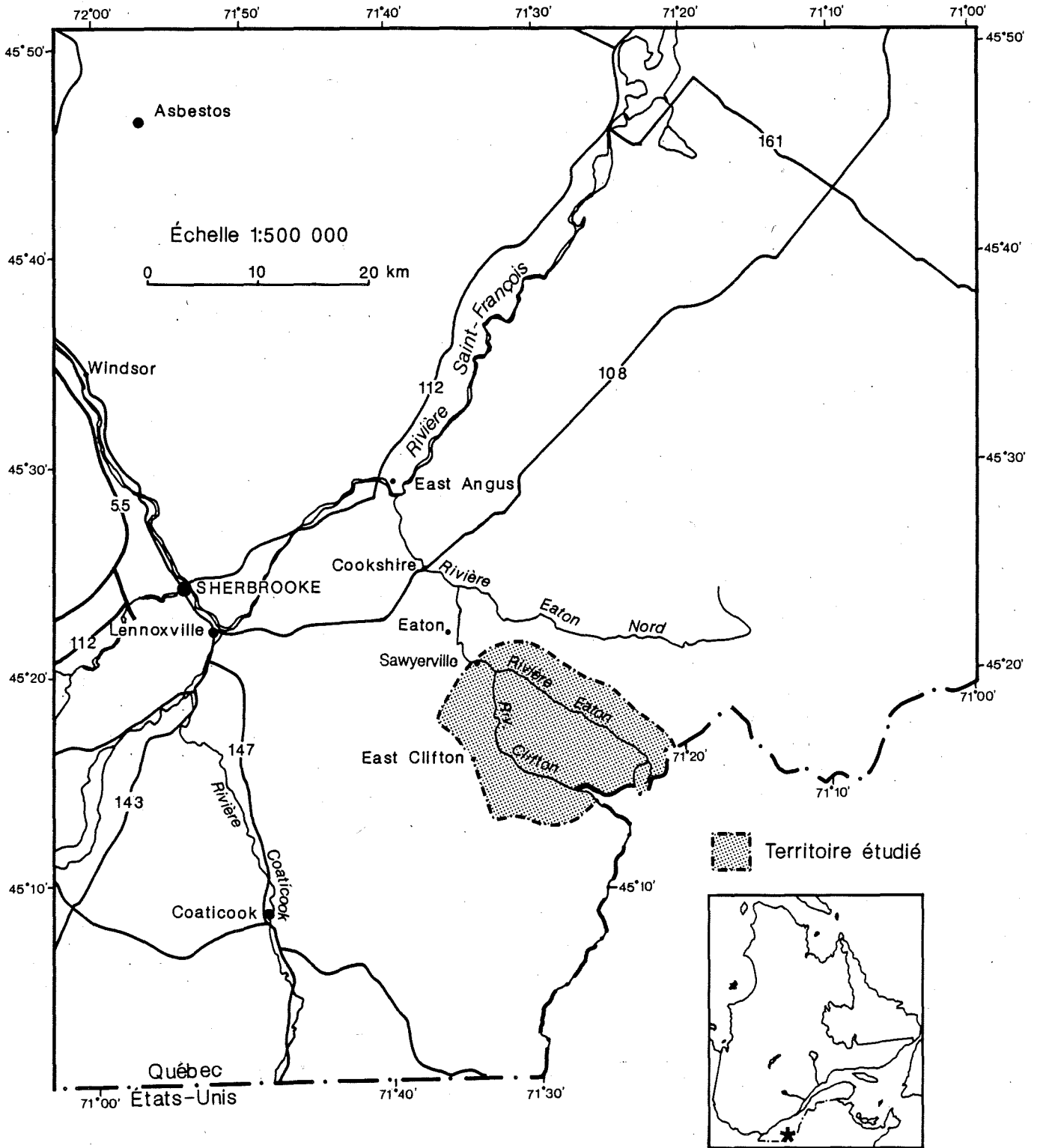


Figure 1: Localisation du bassin supérieur de la rivière Eaton.

Tableau 1: Données climatiques enregistrées à la station météorologique de Lennoxville (tiré de Villeneuve, 1967)

Mois	Temp.moyen. (C°)	Temp.maxi. moyenne (C°)	Temp.min. moyenne (C°)	Précipit.totales (mm)	Précipit.neige (cm)	Insolation (heures)	Humidité relative moyenne (%)	Évapo. (U.L.)
Janv.	- 10,7	- 4,7	- 16,7	85,6	59,9	78		
Fév.	- 9,7	- 3,5	- 16,0	77,5	58,9	96		
Mars	- 3,7	1,8	- 9,2	77,2	45,5	135		
Avril	4,7	10,6	- 1,3	78,7	14,5	155		
Mai	11,4	18,3	4,5	81,3	0,3	205	55	845
Juin	16,7	23,3	10,1	105,1	----	219	60	870
Juil.	19,3	25,9	12,7	107,7	----	245	61	919
Août	18,2	24,9	11,4	84,3	----	227	63	782
Sept.	13,7	19,9	7,4	90,2	0,3	159	61	597
Oct.	7,8	13,9	1,6	87,1	2,5	132		
Nov.	- 1,1	5,6	- 3,5	88,9	27,2	67		
Déc.	- 7,6	- 2,4	- 12,8	86,9	52,3	58		
Moy.	5,2	11,2	0,9				60	
Tot.				1050,0	261,4	1554		4013

1.4 Dépôts de surface

La mise en place des dépôts de surface est étroitement reliée aux épisodes glaciaires du Quaternaire. Malgré sa complexité, la géomorphologie régionale est généralement bien connue pour l'ensemble de l'Estrie (McDonald, 1969; McDonald et Shilts, 1971; Gadd et al., 1972). Par contre, lorsqu'on entreprend des études locales détaillées, il reste encore place à de l'interprétation pour l'identification de certaines catégories de dépôt de surface qui seront soulignées plus loin dans le texte.

On reconnaît maintenant que les glaciations du Quaternaire dans ce secteur de l'Estrie sont constituées de trois épisodes glaciaires entrecoupés d'épisodes interglaciaires (surtout glacio-lacustres) avant le retrait définitif de la dernière calotte glaciaire et la mise en place des dépôts modernes (tableau 2).

Tableau 2: Stratigraphie quaternaire de l'Estrie d'après Mc Donald et Shilts, 1971.

Chronologie	Unité stratigraphique	Nature de la strate	Âge (année)
Récent	Sédiments modernes	Alluvions diverses Tourbe	< 12 500
Moyen	Till de Lennoxville	Glaciaire	> 12 500
	Formation de Gayhurst	Lacustre	> 20 000 (durée 4 000)
	Till de la Chaudière	Glaciaire	
Ancien	Formation de Massawipi	Lacustre	> 40 000
	Till de Johnville	Glaciaire	> 54 000

1.41 Les dépôts glaciaires

1.411 Le till régional

Le bassin supérieur de la rivière Eaton est surtout recouvert d'une couche d'épaisseur variable de till de Lennoxville dont la morphologie est étroitement contrôlée par le socle rocheux. Il représente le till régional de texture surtout loameuse et de faible pierrosité. Il est aussi caractérisé par l'omniprésence d'une couche indurée de type fragipan aux alentours de 50 cm de profondeur.

1.412 Le till local

Le till régional est entrecoupé, ici et là, d'un till local de texture plus fine (loam-limoneux), de pierrosité souvent plus faible surtout représentée par des graviers fins schisteux et sans fragipan. Ce till local, souvent mince, est étroitement relié aux intercalations schisteuses dans le socle gréseux.

1.42 Les dépôts fluvio-glaciaires

Les dépôts fluvio-glaciaires sont avant tout représentés par des dépôts juxtaglaciaires et, parfois, par des dépôts proglaciaires. Ils sont très mal triés, de texture et pierrosité variable et souvent de faible épaisseur.

1.43 Les dépôts glacio-lacustres

Les dépôts glacio-lacustres se rencontrent dans les vallées des deux principaux cours d'eau du territoire et de leurs principaux affluents. Ce sont des dépôts varvés à leur base; ils ont, dans la plupart des cas, une morphologie nette de terrasse plus ou moins large, plus ou moins entaillée par des chenaux d'érosion. Ces dépôts sont surtout représentés par des limons, rarement par des sables fins dépourvus de pierrosité notable.

1.44 Les alluvions fluviales

Les alluvions fluviales sont localisées à proximité immédiate des cours d'eau et ne prennent jamais une grande extension. Elles sont surtout représentées par une couche de limon d'épaisseur variable (30 cm à 1 m) sur des lits de sable et graviers.

1.45 Les dépôts organiques

Les dépôts organiques sont peu abondants, peu fréquents, surtout minces (< 1 m) et boisés.

1.5 Occupation actuelle

L'amont du bassin supérieur de la rivière Eaton est recouvert de forêts dominées par les essences feuillues: érable à sucre, bouleau jaune, tilleul d'Amérique, frêne blanc, etc. Les résineux sont rares et confinés dans les sites mal drainés: épinette noire, sapin baumier et cèdre dominant alors. De nombreuses érablières sont exploitées pour la production de sirop d'érable. L'exploitation forestière est malheureusement pratiquée par coupes à blanc, reboisement en résineux et utilisation de phytocides.

L'aval du bassin est agricole; la principale production est l'élevage laitier et donc la production fourragère. Une bonne partie des terres agricoles exploitées est drainée artificiellement.

À la périphérie du secteur agricole, la production d'arbres de Noël prend de l'ampleur surtout sur des terres récemment abandonnées par l'agriculture même si les friches peuvent y être encore importantes.

2. MÉTHODE DE TRAVAIL

2.1 Choix de l'échelle cartographique

De nombreux critères interviennent pour déterminer l'échelle à laquelle dresser la cartographie d'un territoire parmi lesquels on retrouve le temps et l'argent alloués, les connaissances acquises, la complexité naturelle du milieu, la superficie à cartographier, les photographies aériennes et les cartes de base disponibles, les objectifs du projet, les limites et niveaux de précision des utilisations envisagées.

Dans le cas présent, la carte écologique projetée doit fournir le découpage spatial à la modélisation hydrologique du bassin supérieur de la rivière Eaton. L'utilisation du modèle hydrologique impose un certain nombre de contraintes:

- tout d'abord, il prend en considération des variables physiques du sol comme la texture, la pierrosité, l'épaisseur, le drainage interne et des critères topographiques comme la pente (déclivité et forme), ce qui est du niveau de perception du type géomorphologique¹. Cependant, la cartographie des types géomorphologiques en unités cartographiques pures est une opération très onéreuse car elle exige d'être dressée à grande échelle (de l'ordre du 1: 5 000) surtout en milieu appalachien (Ducruc, 1985; Gerardin, 1989);

¹ Le type géomorphologique sera présenté plus loin dans le texte; pour l'instant retenons qu'il correspond à une portion de territoire caractérisée par une combinaison homogène d'un dépôt de surface et d'une classe de drainage.

- Les modèles hydrologiques travaillent habituellement avec un niveau de généralisation assez élevé puisque le découpage spatial le plus utilisé est une grille systématique de l'ordre du kilomètre;
- ils sont aussi limités par la quantité des informations à traiter, en particulier par le nombre d'unités cartographiques;
- la spatialisation proposée doit pouvoir traduire le statut de l'unité par rapport à l'écoulement hydrologique, à savoir si l'unité est émettrice, transmettrice ou réceptrice. Cette expression est essentiellement basée sur des critères topographiques et morphologiques: position topographique relative des unités cartographiques, morphologie générale des pentes longitudinales et transversales, déclivité, etc.

La cartographie écologique au 1: 50 000 propose un découpage spatial qui s'appuie avant tout sur les paramètres topographiques du milieu; c'est-à-dire que, à l'intérieur d'un contexte géologique et géomorphologique donné, les unités cartographiques expriment le modelé du terrain par une morphologie propre, par la position topographique, la forme des pentes, la longueur des pentes, la déclivité, la complexité des pentes, etc. De plus, à cette échelle, la variabilité interne des unités cartographiques est réduite et bon nombre d'unités cartographiques semblables se retrouvent en plusieurs secteurs du territoire. Ainsi, en regard des exigences et limitations du projet, l'échelle du 1: 50 000 semblait le meilleur compromis.

2.2 Revue bibliographique

Les informations de nature géologique (Slivitzky et Julien, 1987; Cooke, 1957) et de nature pédologique (Cann et Lajoie, 1942) restent

très générales. La dimension géomorphologique, par contre, est bien documentée et pallie largement les lacunes des deux précédentes.

Tout d'abord, plusieurs études d'envergure ont été réalisées sur le quaternaire du sud-est du Québec (McDonald et Shilts, 1971; Gadd et al., 1972). McDonald (1969) a cartographié les dépôts de surface de la rivière Eaton. Puis, Fortin (1974) a réalisé une étude morpho-sédimentologique du bassin de la rivière Clifton, tandis que Landry (1974) faisait de même pour le bassin de la rivière Eaton supérieure. Bien que consacrés à la caractérisation du till régional, ces deux derniers travaux proposaient une cartographie détaillée des dépôts meubles de chaque bassin et une revue critique des travaux antérieurs.

Les sources d'information concernant la végétation se sont limitées à la carte des régions écologiques du Québec méridional (Thibault et Hotte, 1985).

Cette revue de littérature nous a permis de dresser une liste des dépôts de surface susceptibles d'être rencontrés dans le bassin et de réaliser une photo-interprétation préliminaire.

2.3 Photo-interprétation préliminaire

Le type géomorphologique est la maille élémentaire de la cartographie écologique; sa cartographie en unités pures ne peut se réaliser qu'à grande échelle (Ducruc, 1985).

La répartition spatiale des types géomorphologiques n'est pas le fait du hasard. Au contraire, elle est dictée par la nature et l'histoire géologique du socle rocheux et par l'origine et la nature des dépôts de surface qui structurent l'organisation spatiale du paysage. La photo-interprétation recherche et exprime cette organisation spatiale selon l'échelle cartographique retenue.

Au 1: 50 000, dans le bassin supérieur de la rivière Eaton, la photo-interprétation préliminaire a d'abord reconnu les principales catégories de dépôts de surface, puis découpé des unités cartographiques préliminaires en s'appuyant principalement sur des discontinuités topographiques (morphologie de l'unité, position sur les pentes, forme des pentes, longueur des pentes, déclivité, complexité des pentes, etc.).

La variabilité interne de chaque unité cartographique préliminaire est évaluée en pourcentage des types géomorphologiques la constituant et consignée dans un fichier descriptif accompagnant la photo-interprétation préliminaire.

2.4 Échantillonnage

L'échantillonnage poursuit deux objectifs:

- vérifier et valider la photo-interprétation préliminaire;
- établir une typologie (classification) des types géomorphologiques et de la zonation bioclimatique (régions écologiques).

2.41 Densité et réalisation de l'échantillonnage

La densité de l'échantillonnage est avant tout imposée par l'échelle cartographique; elle est évidemment modulée par la connaissance déjà acquise sur le territoire et sa complexité naturelle. La densité recommandée pour une cartographie écologique au 1: 50 000 exige de 1 à 5 vérifications au km² (Dent et Young, 1981; Valentine, 1986) et environ 50 pour cent des unités cartographiques visitées; ceci donnerait entre 200 et 1000 points d'échantillonnage pour les 200 km² du bassin supérieur de la rivière Eaton. En fait, un total de 504 points de contrôle ont été décrits et utilisés (carte no 1 en pochette).

L'échantillonnage a été réalisée en trois phases sur le terrain:

- une phase principale, correspondant à 20 personnes/jour durant le mois d'août 1989;
- une phase d'échantillonnage supplémentaire pour préciser les caractéristiques texturales et cartographiques des dépôts glacio-lacustres, correspondant à 2 personnes/jour, en octobre 1989;
- une phase de vérification finale de la cartographie correspondant à 2 personnes/jour, en mai 1990.

2.42 Nature de l'échantillonnage

L'échantillonnage a été stratifié selon la nature géologique du socle rocheux, la nature des dépôts de surface et les critères topographiques déjà évoqués (position sur la pente, forme de la pente, déclivité, longueur de la pente). Il permet de caractériser la partie strictement physique des types géomorphologiques et des unités cartographiques. La majeure partie de cet échantillonnage s'est réalisée en faisant appel à des points d'observation. Ils ont été décrits sur des fiches très simplifiées spécialement conçues pour ce projet. Un exemple de cette fiche est présenté à la figure 14, en annexe.

À certains points, principalement sur les dépôts glaciaires bien à modérément bien drainés, nous avons rajouté la composition du couvert végétal pour identifier les régions écologiques. Nous avons alors décrit des stations écologiques de référence dont la figure 15, en annexe, présente un exemple de fiche descriptive.

Aussi bien dans le cas de la station écologique de reconnaissance que dans le cas du point d'observation, un certain nombre d'échantillons de sol a été récolté pour caractériser la granulométrie des

principaux dépôts de surface et pour valider la détermination texturale évaluée sur le terrain à chaque point d'échantillonnage. Cent quarante-trois (143) échantillons de sol ont ainsi été analysés. Ultérieurement, l'information contenue dans la description de chaque point d'échantillonnage et les résultats des analyses granulométriques vont constituer le fichier de base (tableau 3).

Tableau 3: Fichier écologique de base (exemple partiel).

STATION	DÉPÔT	DRAINAGE	ÉMISSEUR DU DÉPÔT	TEXTURE ÉVALUÉE	PÉROPSITÉ (%)	DIMENSION DES PIERRES	PROFONDEUR	MOUCHETURES			PENTE			VÉGÉTATION			GRANULOMÉTRIE					
								MOISSISSON	DIMENSION	CONTINUITÉ	POSITION	PENTE	LONGUEUR	DÉCLIVITÉ (%)	PHYTOSOL	COUVERT	STRUCTURE	ÉTAPE	INFLUENCE	SABLE TOTAL (%)	LIQUIDE (%)	ARGILE (%)	TEXTURE GÉNÉRALE
003.05	1A	2*	51	LSTF	10	GC	30	PA	P	D	5	R	M	3	FH			34.9	46.5	18.6	L	
005.28	1A	2*	51	LSF	10	GC	25	MA	P	H	5	R	L	5	PR	SB,ER	E6	GT	30.2	53.2	16.6	LLI
005.30	1A	2*	51	SFL	30	GCB	30	MA	P	H	5	R	H	15	PR	SB,ER	E6	GT	36.9	44.7	18.4	L
002.07	1A	3	51	SFL	10	G	25	MA	H	D	6	R	C	5	FO	TR	B2	AFT	58.8	34.6	6.6	LS
019.02	1A	3	101	LSTF	20	GCB	30	MA	P	D	6	R	C	5	PL				33.4	57.2	9.4	LLI
019.45	1A	3	101	LSTF	5	G	30	MA	P	D	3	R	M	1	PR				36.7	49.7	13.6	L
021.24	1A	3	101	LLI	5	GC	30	MA	H	D	3	R	M	2	PR				36.7	51.8	11.5	LLI
012.55	1A	3	101	LLI	5	G	30	MA	H	D	3	R	M	1	PR				33.6	52.8	13.5	LLI
012.56	1A	3	101	LLI	5	GC	30	MA	P	D	6	R	C	5	PR				27.5	54.7	17.8	LLI
002.04	1A	3*	101	SFL	5	G	20	MA	P	D	5	R	H	5	FO	SB	B4	NFB	25.7	59.7	14.6	LLI
002.09	1A	3*	101	SFL	10	G	25	MA	H	D	5	R	H	5	PR				48.8	43.8	7.5	L
005.31	1A	4*	51	LLI	20	GC	5	TA	G	H	5	R	L	20	FH				41.1	47.4	11.5	L
012.44	1A	4*	51	LSF	20	GCB	7	C	M	3	7	C	M	3	PR				42.1	50.3	7.5	LLI
004.15	1AR	3	45	SFL	20	GC	25	MA	H	H	4	R	C	8	PR				53.4	39.0	7.6	LSTF
005.03	1S	3	51	LLI	10	G	35	MA	P	F	4	R	C	3	PL				21.1	52.3	26.5	LLI
019.43	1S	3	101	LLI	5	GC	25	MA	H	D	4	R	C	2	PR				19.9	51.8	28.3	LLIA
005.26	2AG	2	101	SF	1	G					5	R	C	2	FO				32.5	56.0	11.5	LLI
004.04	2AG	2	101	SFL	90	GC					6	R	N	1	FH	TR	B4	TG	76.5	17.8	5.7	SQL
012.46	2AG	2	51	SFL	50	CG					5	X	C	3	PR				49.8	45.5	4.7	LSF
018.32	3BF	2	51	SFL	0	G					6	R	N	0	PR				31.6	55.9	12.5	LLI
019.01	3BF	2	51	SF	0	G					0	R	N	0	PR				24.2	57.5	18.3	LLI
004.26	4BL	2	101	LA	1	G					4	R	C	60	FO	SB,PC	B2	FT	21.5	60.2	18.2	LLI
005.36	4BL	2	51	LLI	2	G	45	MA	P	D	3	R	H	2	FO	TR,ER,BB	C4	TF	9.2	66.0	24.8	LLI
014.21	4BL	2	51	LJA	0	G	40	PA	H	F	5	R	C	25	FO	SB,BJ	A4	MT	3.6	62.2	34.1	LLIA
005.09	4BL	3	101	LSTF	2	MC	25	MA	P	F	6	R	N	5	FO	BJ,ER	C3	ANT	17.3	67.6	15.2	LLI
006.15	4BL	3	51	LLI	1	G	25	MA	G	D	6	R	N	0	FO	TR,ER	B3	T	11.2	58.6	30.1	LLIA
011.01	4BL	3	101	LLI	10	GCB	25	PA	H	F	6	R	N	1	FO	SB	C3	NT	21.2	57.5	21.3	LLI
012.03	4BL	3	101	LI	2	G	40	MA	H	D	6	R	N	1	PL				9.4	71.6	19.0	LLI
019.35	4BL	3	101	LLI	5	GC					6	R	N	1	PR				23.3	44.5	32.2	LA
019.36	4BL	3	101	LLI	5	G	30	PA	P	D	6	R	N	1	PR				26.3	48.4	25.3	L
019.40	4BL	3	101	LLI	5	GC	30	PA	P	D	6	R	N	2	PR				30.6	50.6	18.8	LLI
019.41	4BL	3	101	LLI	5	GC					6	R	N	1	PR				25.1	53.9	20.9	LLI
019.42	4BL	3	101	LA	5	G	30	MA	H	D	6	R	N	3	PR				22.4	51.4	26.1	LLI
019.44	4BL	3	101	LLI	5	G	35	MA	P	D	4	R	C	3	PR				28.4	54.9	16.7	LLI
011.03	4BL	3	101	LI	1	G	30	PA	P	D	6	R	N	10	FO	SB	B3	NH	25.5	64.9	9.6	LLI
012.54	4BL	3*	51	LLI	20	GC	30	MA	H	D	7	C	L	2	PR				20.4	54.7	24.9	LLI
019.38	4BL	3*	101	LLI	10	G	25	MA	P	D	5	R	H	3	PR				27.2	51.8	20.9	LLI
010.50	4BL	3*	101	LI	1	G	30	MA	H	D	5	R	C	5	FA				28.3	57.2	14.5	LLI
004.04	4BL	4	51	LA	80	CG					6	C	C	1	PR				25.4	56.1	18.5	LLI
004.30	4BL	4	51	LLI	0	G	15	MA	G	H	6	R	N	0	FO	SB	A3	NH	25.5	64.7	9.8	LLI

3. RÉSULTATS

3.1 Typologie

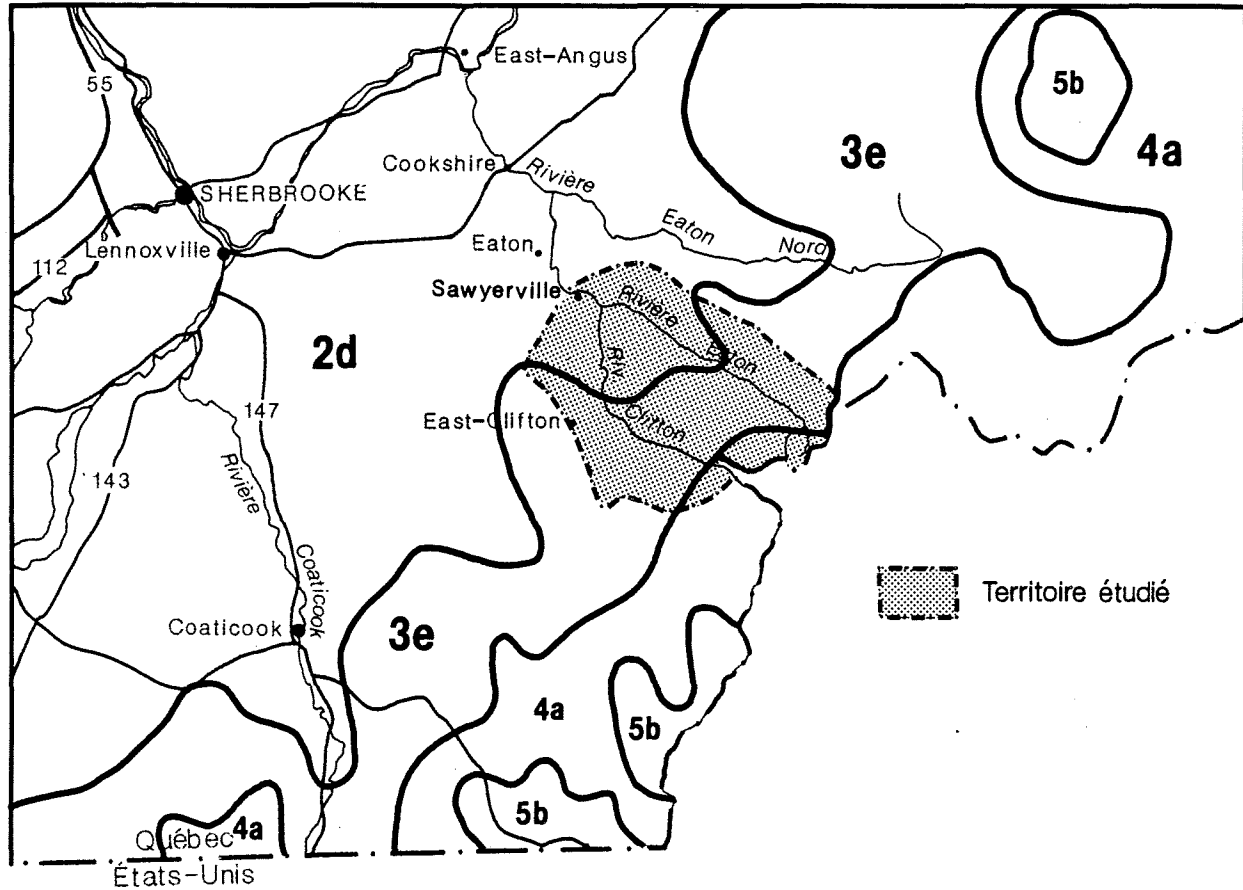
3.11 Les régions écologiques

En l'absence de données climatiques adéquates, la région écologique exprime la zonation bioclimatique basée sur la nature du couvert végétal. D'après Thibault et Hotte (1985), trois régions écologiques différentes recouperaient le bassin supérieur de la rivière Eaton (figure 2). La connaissance des régions écologiques est essentielle à bien des interprétations de la cartographie écologique et, en particulier, aux interprétations de nature hydrique. Il nous fallait donc valider les hypothèses de Thibault et Hotte (1985). Pour ce faire, nous avons analysé la végétation forestière sur des stations avec du till régional bien à modérément bien drainé.

L'analyse du tableau de végétation bâti à partir des stations écologiques de reconnaissance (tableau 4) démontre clairement qu'une seule région écologique recouvre l'ensemble du territoire (figure 3). Elle est caractérisée par l'érablière à érable à sucre et bouleau jaune.

Tout au plus, pourrait-on distinguer deux étages:

- l'étage inférieur (altitude < 500 m) caractérisé par l'érablière à érable à sucre et bouleau jaune;
- l'étage supérieur (altitude > 500 m) qui voit disparaître un certain nombre d'espèces des stations mésiques pour les retrouver sur des stations enrichies par le drainage oblique (frêne d'Amérique, cerisier tardif, sureau rouge, etc.).



LES RÉGIONS ÉCOLOGIQUES

2d SHERBROOKE :

Érablière à ostryer sur stations sèches: érablière à hêtre, à frêne blanc ou à ostryer sur stations bien drainées: prucheraie plus fréquente que dans les régions 2a, 2b ou 2c.

3e BEAUCE :

Sapinière à bouleau jaune et sapinière à thuya assez fréquentes sur stations mésoïques à hydriques: sapin plus fréquent que dans les régions 3a, 3b, 3 ou 3d et plus de deux fois plus répandu que dans la région voisine 2c.

4a COLLINES DE MÉGANTIC, LACS ETCHEMINS ET SQUATEC:

Érablière à bouleau jaune sur stations bien drainées et érablière à hêtre sur les plus sèches: sapin plus fréquent que l'érable à sucre.

5b HAUTES APPALACHES :

Disparition des érablières.

d'après Thibault et Hotte (1985)

Figure 2: Les régions écologiques *sensu* Thibault et Hotte (1985).

Tableau 4: La végétation des sites mésiques du bassin supérieur de la rivière Eaton.

ÉRABLIÈRE À ÉRABLE À SUCRE ET BOULEAU JAUNE																				
	ÉTAGE SUPÉRIEUR										ÉTAGE INFÉRIEUR									
NUMÉRO DU RELEVÉ	9003	9005	9004	9007	9002	9016	9017	9013	9009	9025	9010	9026	9011	9011	9015	9012	9014	9021	9020	9023
ALTITUDE (M)	520	540	490	530	545	520	530	530	500	410	425	420	410	415	470	490	380	375	330	400
RÉGION ÉCOLOGIQUE (1)	4A	4A	4A	4A	4A	4A	4A	4A	4A	3E	2D	3E	2D	3E	3E	3E	3E	3E	2D	3E
DÉPÔT	1aR	1aR	1aR	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1aR	1aR	1aR	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a
DRAINAGE	2	2	2*	2	3*	2	2*	2*	2*	2	2	2	2	2	2	2	2*	2*	3	3*
ACER SACCHARUM	5	4	5	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	5	4	3	4	5	3	5
ACER SACCHARUM (1)	1	1	3	.	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	4	4	3	2
BETULA LUTEA	.	3	2	1	1	1	2	1	.	1	.	.	.	.	1	1	.	.	.	1
DRYOPTERIS SPINULOSA	1	2	1	3	2	2	2	.	.	3	1	3	1	3	.	.	.	3	4	3
VIBURNUM ALNIFOLIUM	.	.	.	1	.	2	2	.	.	.	1	.	1	2	1	.	.	.	.	1
LYCOPODIUM LUCIDULUM	.	.	.	2	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
FRAXINUS AMERICANA	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	1	.	.	.	1	.	.	.	2
FRAXINUS AMERICANA (1)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2
PRUNUS SEROTINA	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	.	.	1	.	.	1	.	.	2	.
PRUNUS SEROTINA (1)	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1	1	2	.
SMILACINA RACEMOSA	.	.	.	1	.	.	1	1	1	.	1	.	1	.	.	.	1	.	.	.
POLYSTICHUM AROSTICHOID	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	1	1	.	.
ARISAEMA ATORUBENS	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.
SAMBUCUS PUBENS	1	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	1	.	1	1	.	.
CORYLUS CORNUTA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.
ACER PENNSYLVANICUM (1)	.	1	1	1	1	1	.	.	.	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.
BETULA Papyrifera	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
ACER RUBRUM	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.
ACER RUBRUM (1)	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ABIES BALSAMEA (1)	1	.	1	.	1	.	.	.	.	1	.	1	.	1	.	.	.	.	1	.
ACER SPICATUM	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
OXALIS MONTANA	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
MAIANTHEMUM CANADENSE	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
CLINTONIA BOREALIS	.	.	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ASTER NEMORALIS	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DRYOPTERIS PHEGopteris	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
FAGUS GRANDIFOLIA	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	2	1	1	.	1	.	.	.	.
FAGUS GRANDIFOLIA (1)	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

(1) SENSU THIBAUT ET HOTTE (1985)
(1) ARBUSTIF

LÉGENDE: dépôt : 1a : till régional épais ; 1aR : till régional mince.
drainage : 2 : bon ; 3 : modéré ; 2* : bon avec drainage oblique ; 3* : modéré avec drainage oblique.
coefficient d'abondance-dominante : 1 : < 5% ; 2 : 5-25% ; 3 : 25-50% ; 4 : 50-75% ; 5 : > 75%.

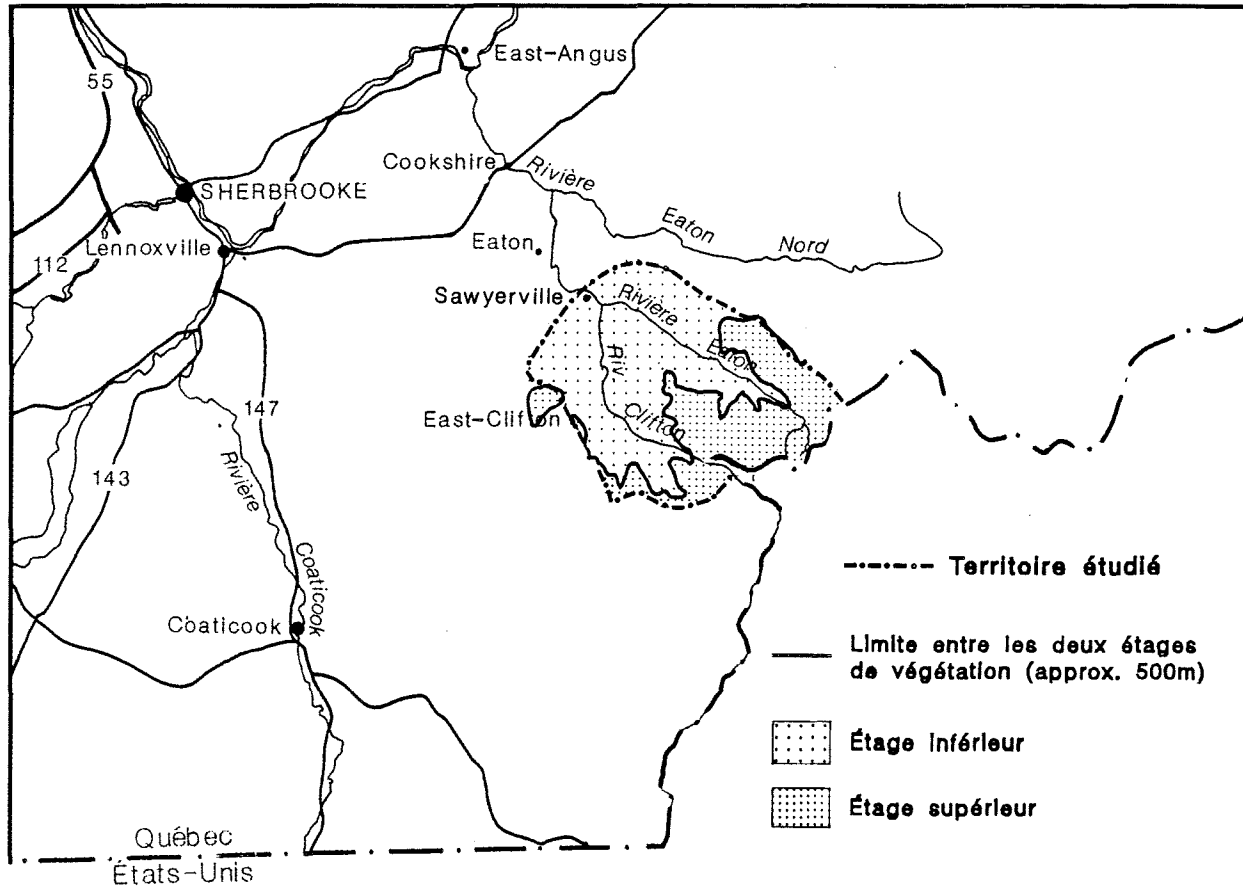


Figure 3: Les deux étages de la végétation du bassin supérieur de la rivière Eaton.

3.12 Les dépôts de surface

Chaque catégorie de dépôt de surface minéral a été caractérisée par sa pierrosité, la proportion des principales classes granulométriques (sable, limon, argile) le composant, sa texture globale dominante et une courbe granulométrique type.

Tout d'abord, rappelons que la pierrosité correspond aux éléments physiques constitutifs d'un sol dont le diamètre est supérieur à 2 mm. Elle est évaluée globalement sur le terrain en pourcentage d'occupation du volume du sol lors de la description de chaque point d'échantillonnage. Ces évaluations ont ensuite été regroupées en cinq classes (tableau 5) et analysées sous la forme d'un diagramme de fréquence relative pour chaque catégorie de dépôts de surface.

Tableau 5 : Classes de pierrosité.

CLASSE	POURCENTAGE
1. Non pierreux	< 5
2. Peu pierreux	5 - 25
3. Pierreux	25 - 50
4. Très pierreux	50 - 80
5. Excessivement pierreux	> 80

La texture correspond aux éléments physiques constitutifs d'un sol dont le diamètre est inférieur à 2 mm. La caractérisation texturale des dépôts de surface a été réalisée à partir de l'analyse granulométrique des échantillons de sol prélevés sur le terrain et des résultats des travaux de Fortin (1974) et de Landry (1974). Les analyses granulométriques suivent les recommandations de Mc Keague (1977) et ont été réalisées selon la méthode de la pipette (Boyucos, 1962).

3.121 Les dépôts glaciaires

Les dépôts glaciaires sont représentés par une moraine de fond régionale qui correspond au till de Lennoxville et un dépôt morainique local, sporadique et localisé sur les principales inclusions schisteuses du socle rocheux.

Dans l'ensemble, ce sont des dépôts peu pierreux (pierrosité < 25 pour cent). La pierrosité du till de Lennoxville est représentée par des graviers, cailloux et quelques blocs d'origine essentiellement gréseuse; la pierrosité du till local est avant tout représentée par des graviers schisteux fins.

Ce sont des dépôts à texture fine; le till local est encore plus fin que le till régional car il contient moins de sable et davantage de limon et d'argile (figure 4 et tableau 6).

Tableau 6: Caractéristiques granulométriques et de pierrosité des principaux dépôts de surface du bassin supérieur de la rivière Eaton.

Dépôt de surface	Symbole	Sable total	Limon	Argile	Texture Globale dominante	Nombre d'échantillons analysés	Pierrosité	Type de pierrosité	Nbre d'échantillons
Till régional	1A et 1AR	39,7±13,4	48,0±9,0	13,0±5,1	LLi et L	80	5 à 25%	G, C, B	268
Till local	1S et 1SS	19,3±5,1	61,4±8,7	19,0±6,6	LLi	9	Surtout < 5%	G	11
Fluvio-glaciaire	2AG	66,7±24,5	27,5±22,0	5,9±3,4	SGL	5	Surtout 50 à 75%	G, C	22
Fluviale sub-actuel	3BL	23,7±12,4	66,5±15,4	9,7±5,9	LLi	9	< 5%	G	11
Fluviale sub-actuel	3BG	48,9±30,7	38,5±25,1	12,6±6,3	LLi	5	25 à 75%	G, C	14
Glacio-lacustre	4BF	77,1±24,4	19,1±22,7	3,8±2,4	SF	5	< 5%	G	13
Glacio-lacustre	4BL	21,0±8,6	59,2±8,0	19,9±7,7	LLi	33	< 5%	G	60

Le till régional est aussi caractérisé par l'omniprésence d'une couche indurée à une profondeur de 40 à 50 cm de la surface: le fragipan. Il apparaît fortement cimenté lorsqu'il est sec et difficile à traverser avec la sonde pédologique ou à la pelle. Par contre, il a une fragilité faible à modérée à l'état humide. Il laisse souvent voir des mouchetures car sa perméabilité à l'eau semble très faible. Dans la plupart des cas, sa texture est plus grossière que celle de l'horizon B sus-jacent (figure 5 et tableau 7) et il est souligné par une certaine concentration de petits graviers émoussés.

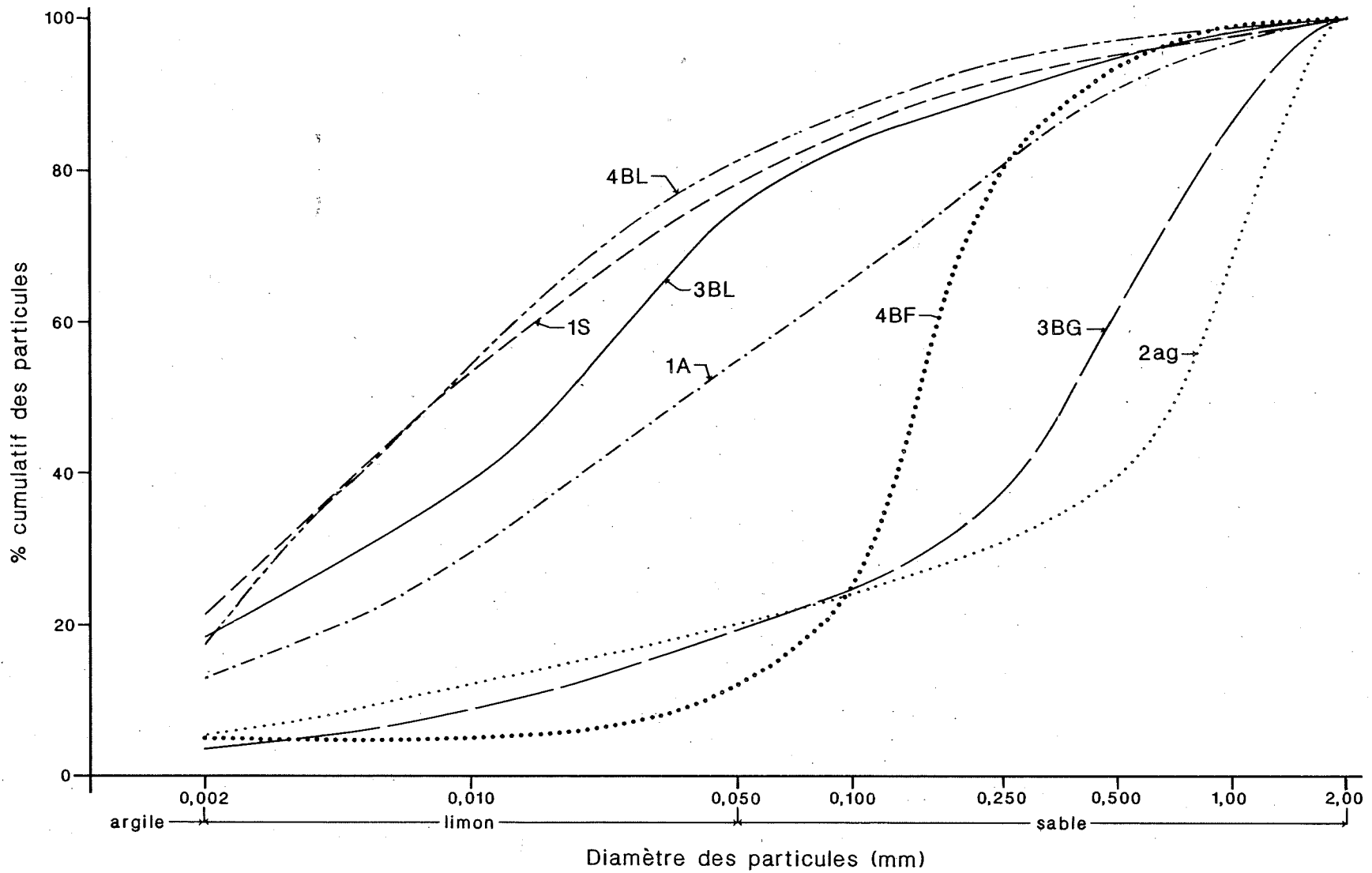


Figure 4: Courbes granulométriques cumulatives des principaux dépôts de surface du bassin supérieur de la rivière Eaton.

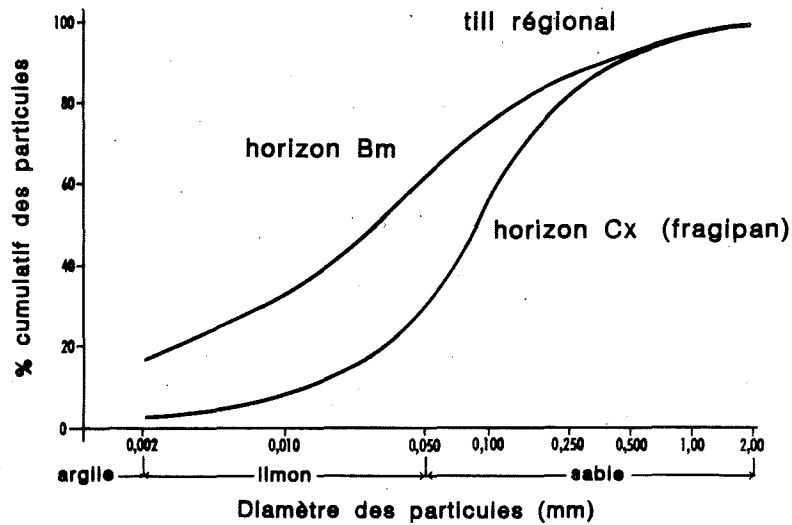


Figure 5: Courbes granulométriques cumulatives de l'horizon Bm et de l'horizon fragique Cx sous-jacent.

Tableau 7 : Till régional: caractéristiques texturales de l'horizon Bm et de l'horizon fragique Cx sous-jacent.

HORIZON	SABLE TOTAL %	LIMON %	ARGILE %	TEXTURE GLOBALE DOMINANTE
Bm	31,6	51,8	16,6	LLi
Cx (fragipan)	68,5	28,6	2,9	LSTF

3.122 Les dépôts fluvi-glaciaires

Les dépôts fluvi-glaciaires sont surtout représentés par des dépôts juxtaglaciaires et quelques dépôts proglaciaires. Leur pierrosité est généralement élevée: les 2/3 des échantillons ont une pierrosité supérieure à 50 pour cent; elle est surtout représentée par des graviers et cailloux d'origine principalement gréseuse.

Dans les dépôts juxta-glaciaires, les graviers et cailloux restent très anguleux alors qu'ils sont beaucoup plus arrondis dans les dépôts pro-glaciaires.

Les dépôts fluvio-glaciaires sont les dépôts du territoire qui présentent la texture la plus grossière mais aussi une forte variabilité texturale passant du sable moyen au loam limoneux (tableau 6).

3.123 Les dépôts fluviatiles

Les dépôts fluviatiles actuels, peu abondants, ont été peu échantillonnés et ne seront pas illustrés.

Les dépôts fluviatiles sub-actuels se caractérisent par une forte variabilité de la pierrosité et de la texture à un point tel que nous les avons subdivisés en trois catégories:

- les dépôts fluviatiles peu pierreux avec un groupe à texture limoneuse (3BL) illustré dans le tableau 6 et un groupe à texture sableuse (3BF) insuffisamment échantillonné pour être illustré;
- les dépôts fluviatiles pierreux à texture variable (3BG);
- les dépôts fluviatiles peu pierreux à texture limoneuse (3BL) présentent la texture la plus fine avec une forte proportion de limon; les dépôts fluviatiles pierreux (3BG) montrent une forte augmentation de la fraction sableuse avec, cependant, une forte variabilité.

3.124 Les dépôts glacio-lacustres

La pierrosité des dépôts glacio-lacustres est généralement très faible et surtout, sous forme de graviers fins. Deux groupes texturaux se distinguent: les dépôts limono-argileux les plus fréquents et les plus répandus sur le territoire et les dépôts de sable fin moins fréquents et plus ponctuels (tableau 6).

3.125 Les dépôts organiques

Les dépôts organiques sont peu fréquents et peu abondants dans le territoire. Ils sont surtout minces avec une épaisseur moyenne de tourbe de près de 50 cm. La tourbe est généralement bien décomposée et les stations tourbeuses généralement minérotrophes (75 pour cent des cas échantillonnés).

3.13 Les types géomorphologiques

Le type géomorphologique taxonomique est défini en fonction de l'origine géologique et géomorphologique du dépôt de surface, de son épaisseur au-dessus de l'assise rocheuse, de sa pierrosité, de sa texture et de son drainage.

Les classes de drainage sont celles proposées par la Commission canadienne de pédologie (C.C.P., 1978) auxquelles nous avons rajouté cinq classes avec drainage oblique (présence d'un astérisque dans les tableaux 8A et 8B).

Tableau 8A: Les types géomorphologiques issus des dépôts minéraux.

Materiau géologique de surface (dépôt)	Classes de drainage								
	1	2	2*	3	3*	4	4*	5	5*
1 DÉPÔTS MORAINIQUES									
1A : till régional épais (>0,5m au-dessus du socle rocheux)		81 ¹	11	43	22	12	8	10	14
1AR: till régional mince (<0,5m mais >0,3m au-dessus du socle rocheux)		49	5	5	2	2	1	1	4
1S : till local épais (>0,5m au-dessus du socle rocheux)		1		3	1	3	1	1	
1SS: till local mince (<0,5m mais >0,3m au-dessus du socle rocheux)		1							
2 DÉPÔTS FLUVIO-GLACIAIRES									
2AG: fluvio-glaciaire de contact à forte pierrosité	7	13		1					
3 DÉPÔTS FLUVIATILES									
3AG: alluvions actuelles à forte pierrosité			1						
3AS: alluvions actuelles sableuses					2				
3BF: alluvions subactuelles sableuses		3		3					
3BG: alluvions subactuelles à forte pierrosité (texture variable)		6		7	1			1	
3BL: alluvions subactuelles limoneuses		4		2		1		1	3
4 DÉPÔTS GLACIO-LACUSTRES									
4BF: dépôts sableux		5		2	1		1	1	1
4BL: dépôts limono-argileux		12		22	5	7	2	3	5

¹: nombre de points d'observation

Tableau 8B: Types géomorphologiques issus des dépôts organiques.

Materiau géologique de surface (dépôt)	Drainage	
	6	6*
TOURBE ÉPAISSE (>1m)		
7P : tourbe non boisée	1 ¹	
7PB: tourbe boisée		1
TOURBE MINCE (<1m mais >0,4m)		
7A : tourbe mince non boisée sur dépôt limono-argileux		3
7AB: tourbe mince boisée sur dépôt limono-argileux	2	2
7T : tourbe mince non boisée sur dépôt sableux	1	1
7TB: tourbe mince boisée sur dépôt sableux	1	2
7R : tourbe mince non boisée sur roc ou blocs		1
7RB: tourbe mince boisée sur roc ou blocs		3

1: nombre de points d'observation

3.2 Cartographie

3.21 Les unités cartographiques

Les unités cartographiques sont des unités spatiales découpées dans le paysage global en s'appuyant sur des discontinuités perceptibles sur le terrain et sur les documents photographiques en trois dimensions, des éléments physiques permanents du milieu parmi lesquels les critères morphologiques et topographiques sont essentiels. Morphologie et topographie sont le fidèle reflet des éléments structurants du paysage que sont la géologie, la physiographie et la géomorphologie et chaque unité cartographique correspond, de fait, à un modèle particulier d'organisation spatiale de ces éléments.

Pour délimiter les modèles cartographiques du bassin supérieur de la rivière Eaton, nous avons fait appel aux paramètres suivants:

- la nature géologique du socle rocheux;
- la nature et l'origine du dépôt de surface (y compris l'épaisseur);
- la morphologie de l'unité cartographique (colline, versant, terrasse, etc.);
- la situation topographique de l'unité (sommet, haut-de-versant, etc.);
- la déclivité de l'unité;
- la longueur du versant arrière influençant l'unité;
- la pente longitudinale de l'unité: longueur (courte, moyenne, longue) et forme (convexe, concave, plane);
- la pente transversale de l'unité (forme);
- le type de pente (uniforme ou complexe).

Le modèle cartographique illustré par la figure 6 correspond au sommet relativement uniforme d'une colline recouverte de till régional; le till est surtout épais sauf sur la partie la plus convexe du sommet où il devient mince; la déclivité de l'unité est faible (5 à 10 %); la pente longitudinale est courte et convexe; la pente transversale est aussi convexe; c'est une unité bien drainée dans l'ensemble.

Le modèle cartographique illustré par la figure 7 correspond à une terrasse glacio-lacustre argilo-limoneuse (matériel très épais) dont la partie supérieure est subhorizontale; l'unité s'appuie sur un talus court mais souvent abrupt (déclivité > 30 pour cent); c'est une unité dans laquelle les parties bien à modérément bien drainées dominent sur les parties imparfaitement drainées.

Comme nous l'avons déjà écrit plus haut, chaque unité cartographique correspond à un modèle particulier d'organisation spatiale des éléments structurants du paysage qui se traduit par une combinaison

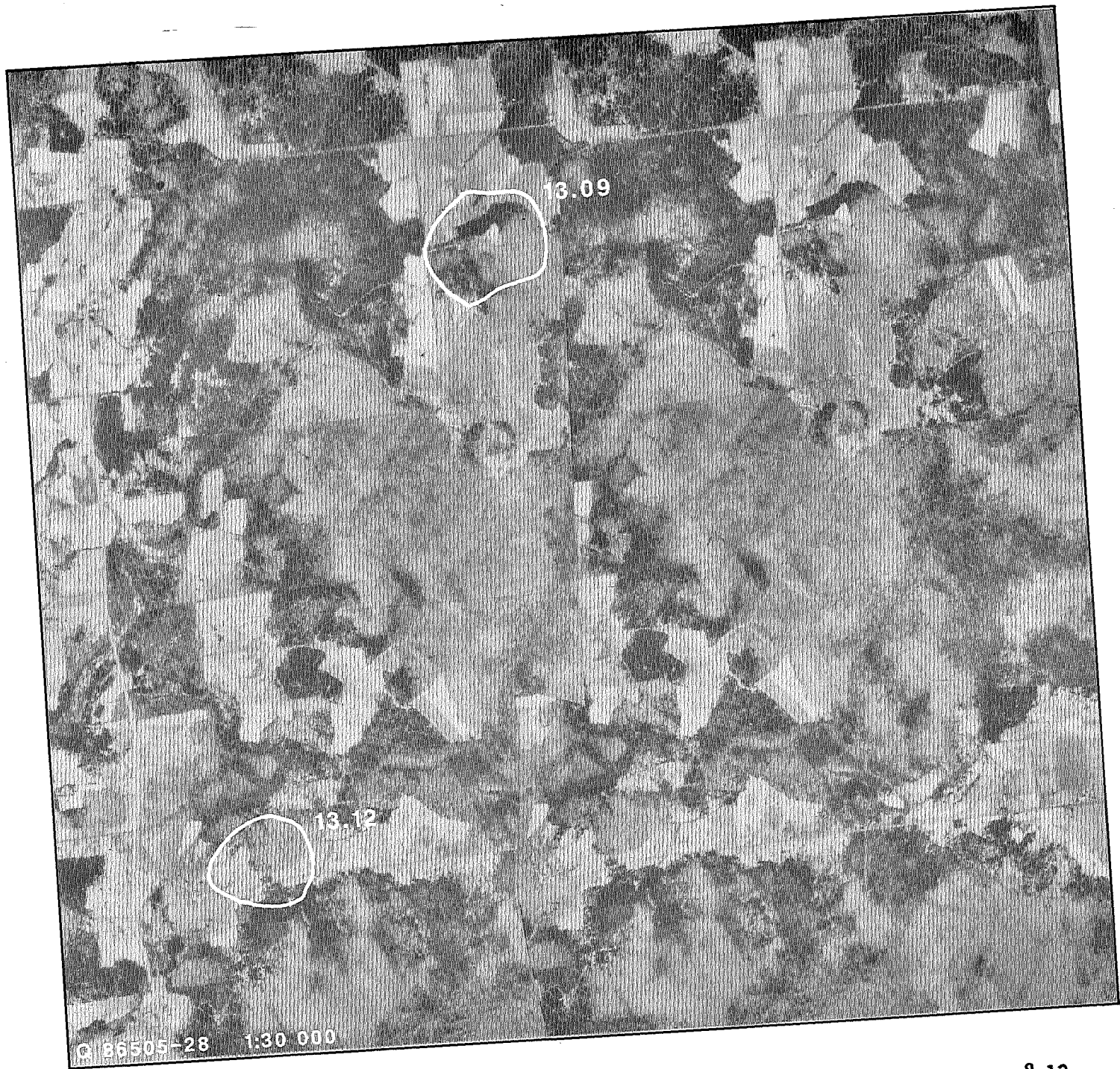


Figure 6: Stéréopaire illustrant les récurrences du modèle cartographique n° 13.

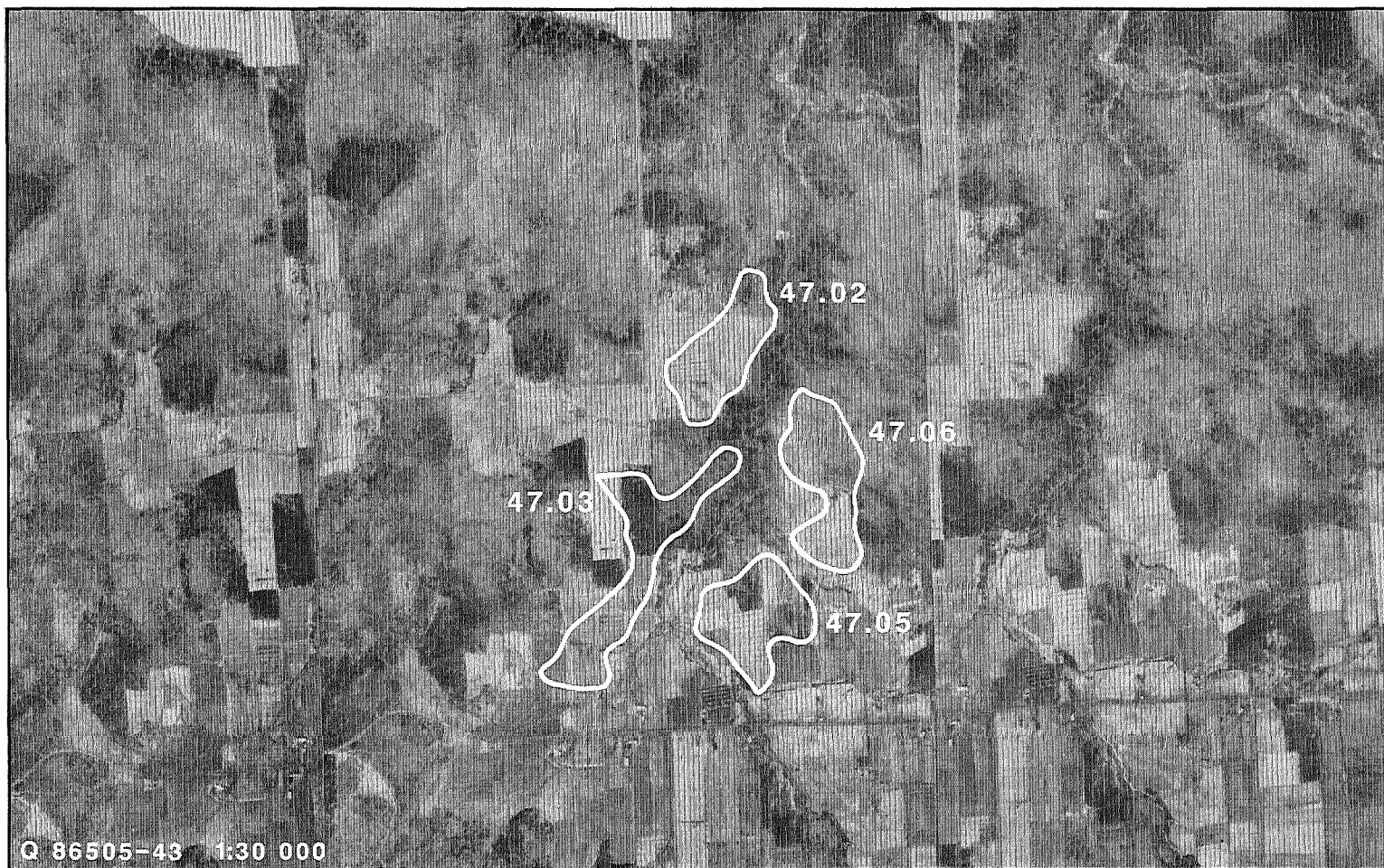


Figure 7: Stéréopaire illustrant les récurrences du modèle cartographique n° 47.

particulière de types géomorphologiques. Le modèle cartographique est alors décrit en pourcentage d'occupation des principaux types géomorphologiques le composant (tableau 9).

Tableau 9 : Description des modèles cartographiques.

Modèle cartographique (unité)	Morphologie	Posvers	Lpente	Formlong	Formtrans	Nom	TG1	TG2	TG3	P1	P2	P3
013	Butte unique	H	C	X	X	1A/2/B	1A/2	1A/3	1AR/2	60	20	20
047	Terrasse	H	C	R	R	4BL/2,3/A	4BL/2,3	4BL/4,5		60	40	

TG1 : Type géomorphologique n°1

P1 : Pourcentage d'occupation du type géomorphologique n°1

Posvers : Position topographique occupée par l'unité cartographique

Lpente : longueur de la pente en arrière de l'unité cartographique

Formlong : Forme de la pente longitudinale de l'unité cartographique

Formtrans : Forme de la pente transversale de l'unité cartographique

H : Haut-de-versant

C : Nulle à courte

X : Convexe

R : plan

5 : Déclivité de 0 à 5%

Chaque fois que les mêmes conditions sont réunies, le modèle cartographique se répète et on est alors en présence d'une récurrence de modèles initiaux (figures 6 et 7).

3.22 Les types géomorphologiques

Les unités cartographiques reflètent un arrangement spatial particulier de types géomorphologiques. C'est donc à ce niveau que se fait le lien entre la typologie et la cartographie lors de la photo-interprétation. Ce lien s'établit grâce à des critères identifiables ou interprétables sur les photographies aériennes à partir desquels on peut élaborer une grille de photo-interprétation.

Tout d'abord, chaque catégorie de dépôt de surface a des caractères morphologiques et des positions topographiques particuliers dans le paysage qui permettent de les identifier ou de les interpréter. Ces caractères sont depuis longtemps utilisés par les géomorphologues pour cartographier les dépôts meubles.

Certaines catégories de dépôts de surface ont une forte expression topographique, qu'elle soit due au contrôle du substratum rocheux ou à la morphologie propre du dépôt (Ducruc et Gerardin, 1988); à ce moment là, les paramètres topographiques sont prépondérants pour l'identification et l'interprétation des types géomorphologiques qui se réalisent aisément par photo-interprétation. Par contre, lorsque l'expression topographique des dépôts de surface devient faible (alluvions, fluvioglaciales), l'interprétation des types géomorphologiques repose alors fortement sur la représentativité de l'échantillonnage de terrain.

3.221 Les types géomorphologiques issus des dépôts glaciaires

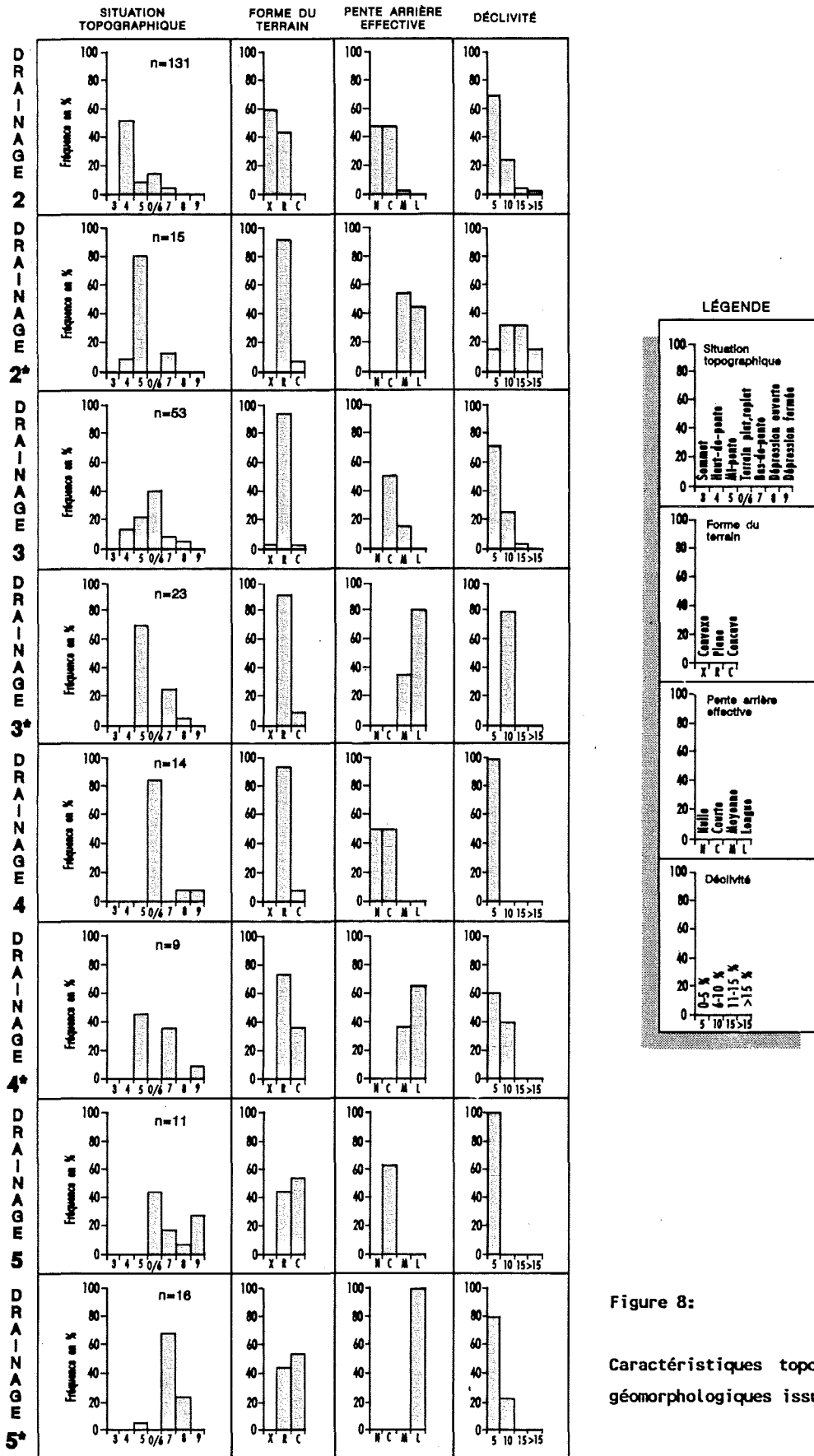
3.221.1 Les types géomorphologiques issus du till régional

Critères morphologiques généraux

La morphologie générale du till régional est contrôlée par le socle rocheux et en épouse étroitement les formes. Le till régional recouvre la majeure partie des interfluves devenant généralement plus épais dans la partie inférieure des pentes, s'amincissant vers les sommets et pouvant même localement laisser place à des affleurements rocheux.

Caractéristiques topographiques

Déjà une analyse critère par critère des profils de fréquence souligne des différences notables entre chaque classe de drainage (figure 8). Ainsi, par exemple, si on analyse la situation topographique, on note un déplacement du sommet au bas-de-versant lorsqu'on passe d'un



LÉGENDE

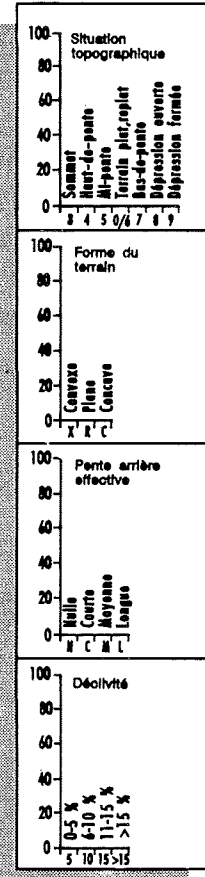
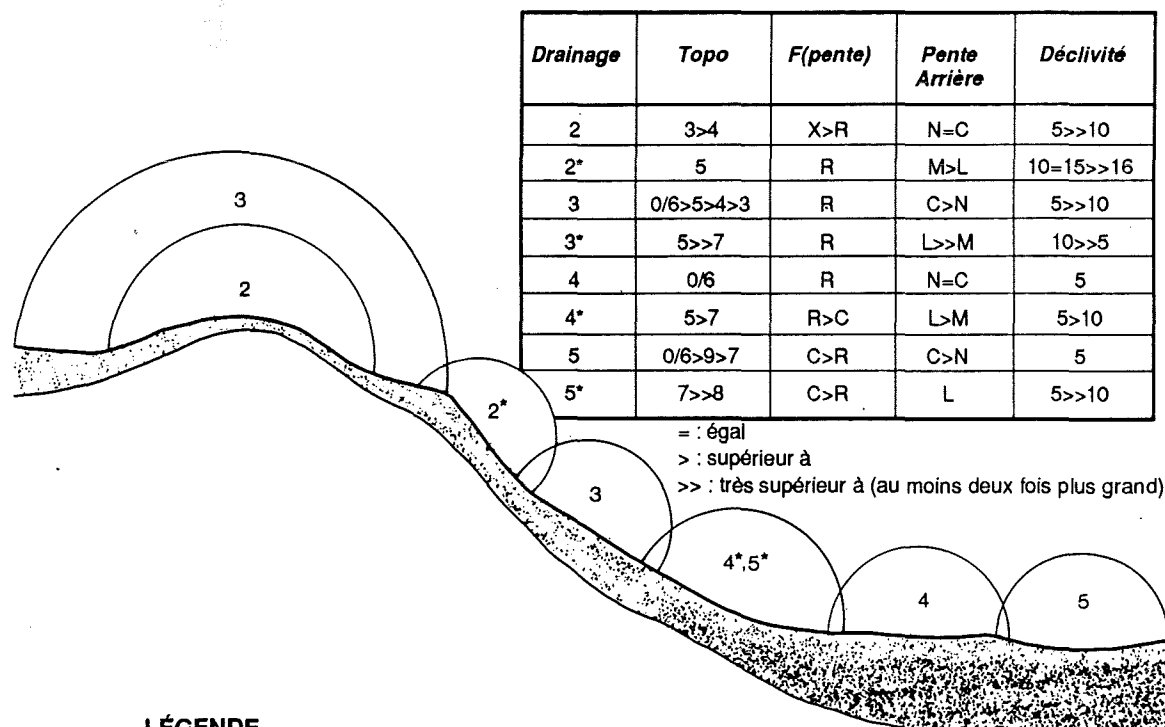


Figure 8:

Caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus du till régional.

drainage rapide à un mauvais drainage, tandis que la forme du terrain passe de convexe à concave. La longueur de la pente arrière effective augmente dans les stations à drainage oblique. Plus ces stations ont un drainage ralenti et plus la pente arrière est longue.

Si l'analyse se poursuit en passant en revue tous les critères topographiques par classe de drainage, certaines relations sont mises en évidence qui soulignent le caractère synthétique de chaque classe de drainage (figure 9) et constituent la grille de référence pour la photo-interprétation.



LÉGENDE

Situation topographique	Forme du terrain	Pente arrière effective	Déclivité
0: Terrain plat	X: Convexe	N= Nulle	5: 0-5 p.cent
3: Sommet	R: Plane	C= Courte	10: 6-10 p.cent
4: Haut-de-Pente	C: Concave	M= Moyenne	15: 11-15 p.cent
5: Mi-pente		L= Longue	16: > 15 p.cent
6: Replat			
7: Bas-de-pente			
8: Dépression ouverte			
9: Dépression fermée			

Figure 9: Synthèse des caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus du till régional.

3.221.2 Les types géomorphologiques issus du till local

Critères morphologiques généraux

La présence du till local est liée aux intercalations schisteuses du socle rocheux. Elles se traduisent, sur la photographie aérienne, par des replats allongés, plus ou moins étroits, qui se distinguent de l'ensemble gréseux beaucoup plus massif.

Caractères topographiques

À cause de leur faible importance dans le territoire, l'échantillonnage de ces types géomorphologiques est insuffisant pour illustrer leurs caractéristiques topographiques qui, de prime abord, se comportent comme dans le cas du till régional.

3.222 Les types géomorphologiques issus des dépôts fluvio-glaciaires

Les dépôts fluvio-glaciaires sont peu abondants dans le territoire, ils sont de nature juxtaglaciaire et proglaciaire.

Les premiers sont très localisés, principalement en haut-de-versant sur la rive droite de la rivière Eaton; le plus souvent plaqués directement sur le roc, ils n'ont pas de morphologie nette et dépassent rarement quelques mètres d'épaisseur.

Les deuxièmes sont localisés dans le fond des vallées avec une morphologie nette de terrasse et de kettles; leur épaisseur peut dépasser 10 mètres. Mais, dans les deux cas, ce sont des dépôts à texture grossière et à pierrosité élevée qui supportent des sols excessivement drainés à bien drainés pour lesquels les critères topographiques sont identiques et non discriminants. Lors de la description des unités cartographiques dans les dépôts fluvio-glaciaires, l'importance relative des classes de drainage sera avant tout le reflet de l'échantillonnage de

terrain qui nous indique que 2/3 des stations échantillonnées sont bien drainées (2AG/2) et 1/3 excessivement drainées (2AG/1).

3.223 Les types géomorphologiques issus des dépôts fluviatiles.

3.223.1 Les types géomorphologiques issus des dépôts actuels

Les dépôts fluviatiles actuels sont mis en place par les inondations temporaires et périodiques: ils sont localisés dans la plaine d'inondation des principaux cours d'eau. Ils sont peu fréquents et peu abondants dans le territoire.

3.223.2 Les types géomorphologiques issus des dépôts subactuels

Plus abondants que les précédents, ces types géomorphologiques se retrouvent dans les principales vallées du territoire dont ils tapissent le fond d'une épaisseur variable. Ils occupent des terrasses inférieures faiblement surélevées par rapport au lit actuel du cours d'eau et peuvent constituer d'appréciables superficies planes à subhorizontales. Tout comme dans le cas des types géomorphologiques issus des dépôts fluvio-glaciaires, les critères topographiques sont ici encore inopérants (90 pour cent des points d'échantillonnage sont en replat ou terrain plat: ORN ou 6RN). Le photo-interprète s'en tiendra donc à la représentativité de l'échantillonnage de terrain pour décrire les types géomorphologiques, lequel indique que 90 pour cent des points d'observations sont bien à modérément bien drainés.

3.224 Les types géomorphologiques issus des dépôts glacio-lacustres

Critères morphologiques généraux

Les dépôts glacio-lacustres se présentent généralement sous forme de terrasses de part et d'autre des principales vallées du

territoire. La partie supérieure de la terrasse est subhorizontale à horizontale et le talus court mais souvent abrupt, parfois érodé.

Les dépôts glacio-lacustres sont essentiellement limono-argileux (4BL) mais parfois ils sont surmontés d'une couche de sable très fin (4BF). Sur 80 points échantillonnés, 90 pour cent sont des types géomorphologiques sur argile et limon contre 10 pour cent sur sable très fin.

Caractéristiques topographiques

Seuls les types géomorphologiques suffisamment échantillonnés sont illustrés (figure 10).

Les informations détaillées de la figure 10 sont reprises, sous une forme plus synthétique dans la figure 11 qui constitue alors la grille de référence pour la photo-interprétation des types géomorphologiques issus des dépôts sur glacio-lacustres. On peut la résumer comme suit:

- les stations à drainage rapide se retrouvent dans la partie supérieure des pentes convexes ou planes et, dans ce cas, acceptent de fortes déclivités;
- les stations à drainage modéré sont en terrain plat;
- les stations à drainage modéré avec drainage oblique sont à mi-pente ou en bas de pente modérément longues à longues et de déclivité faible à moyenne;
- les stations à drainage imparfait sont en terrain plat à concave.

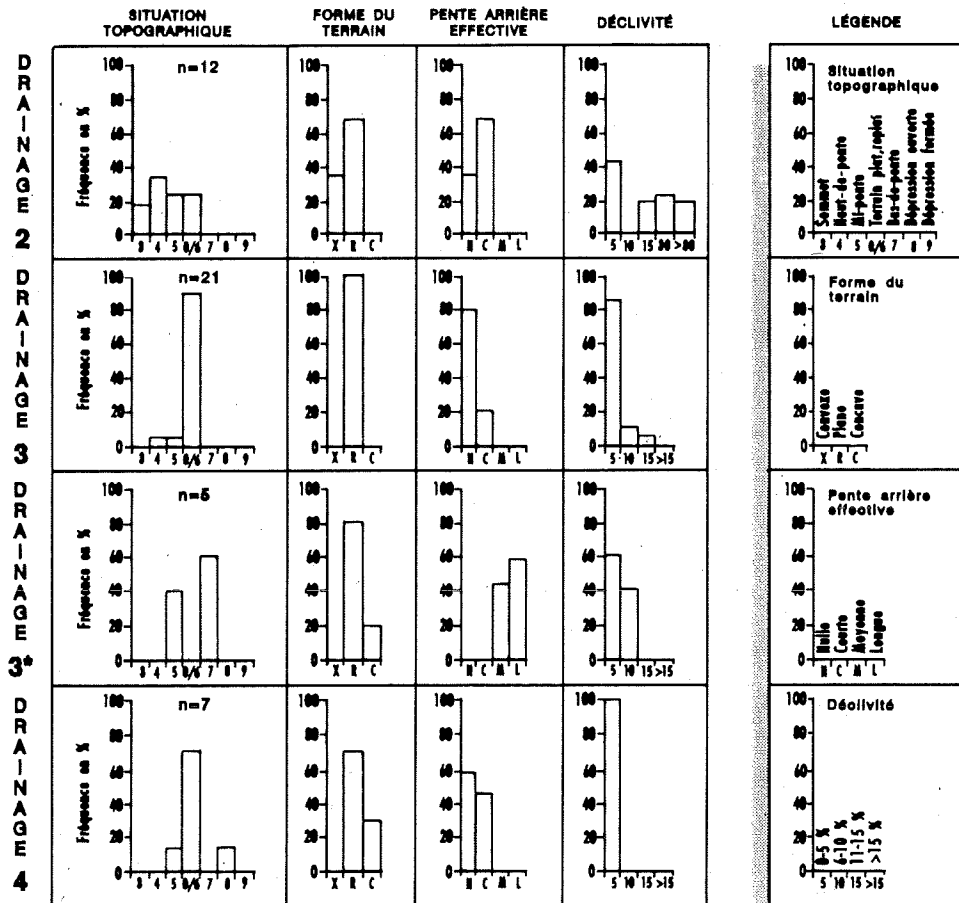


Figure 10: Caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus des dépôts glacio-lacustres argilo-limoneux.

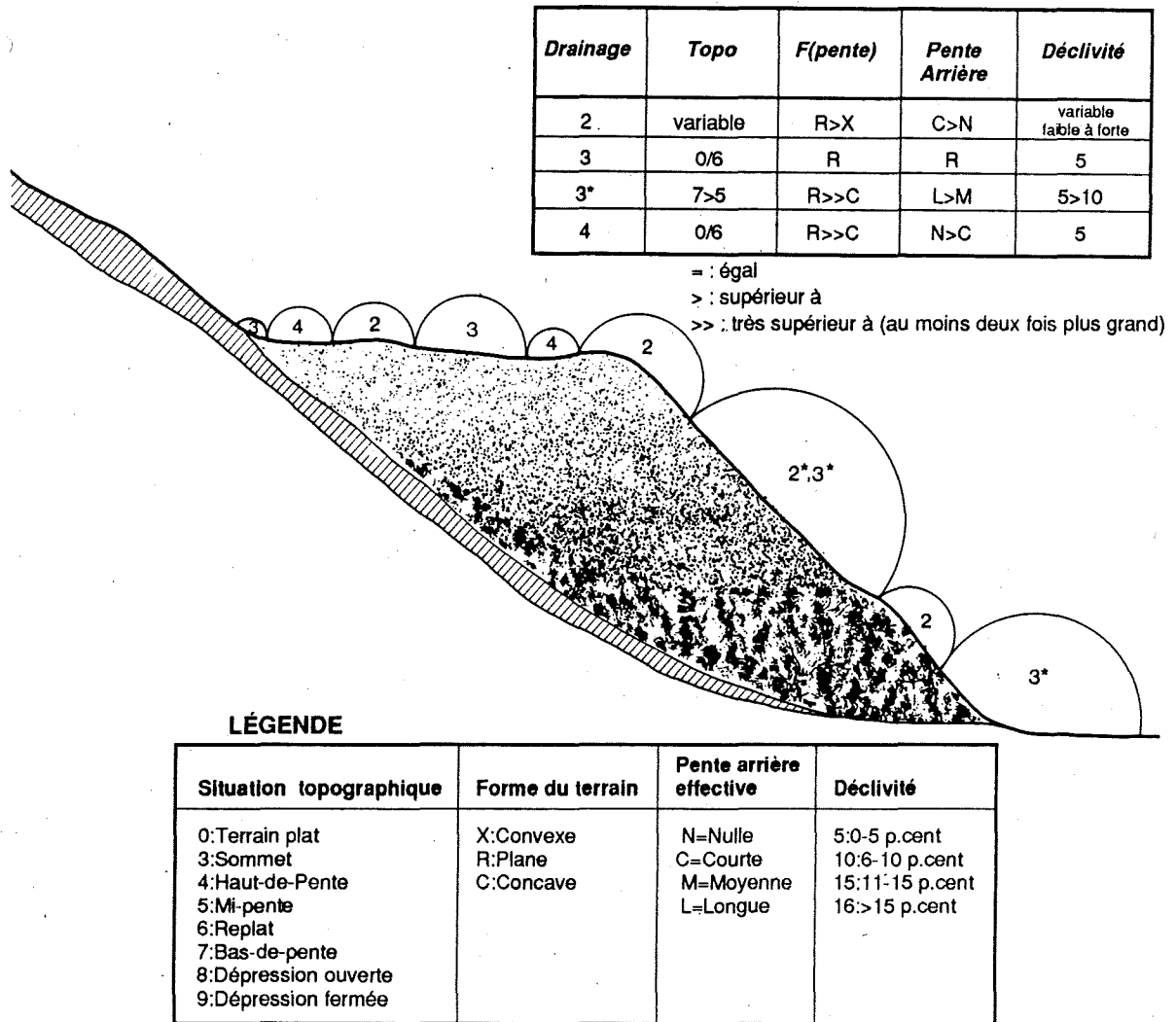
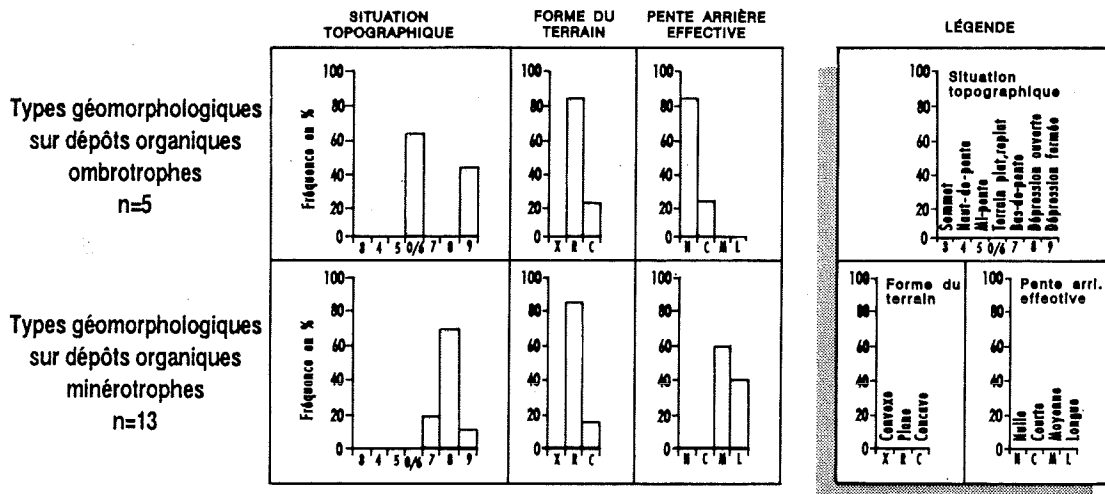


Figure 11: Synthèse des caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus des dépôts glacio-lacustres argilo-limoneux.

3.225 Les types géomorphologiques issus des dépôts organiques

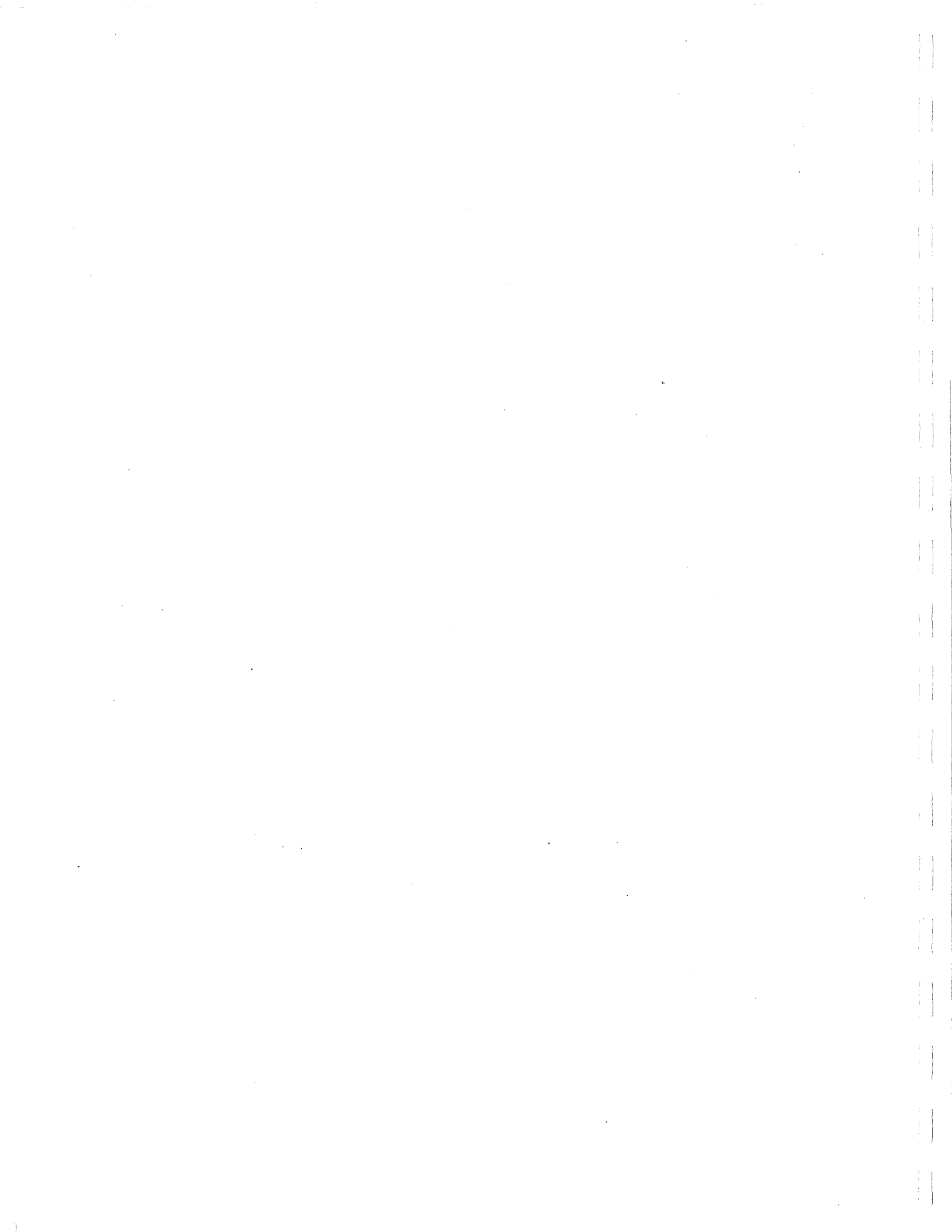
Les dépôts organiques sont peu abondants et peu fréquents dans le territoire. Ils sont généralement de faible étendue et principalement localisés dans des dépressions ou des bas de pente. La plupart du temps boisés, ils sont alors colonisés par des résineux, surtout l'épinette noire et le cèdre. La tourbe est généralement mince (95 pour cent des points échantillonnés). Les dépôts minérotrophes sont beaucoup

plus fréquents que les dépôts ombrotrophes (75 pour cent contre 25 pour cent). Ils se distinguent bien par certaines de leurs caractéristiques topographiques: plus particulièrement la situation topographique et la longueur de la pente arrière (figure 12).



N.B.: La déclivité n'est pas illustrée car non significative : tous les cas sont entre 0 et 1% de pente

Figure 12: Caractéristiques topographiques des types géomorphologiques issus des dépôts organiques.



4. PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE EN MATIÈRE DE MODÉLISATION HYDROLOGIQUE SPATIALE

Dans le domaine hydrologique, la prévision des débits des cours d'eau occupe une part essentielle de la recherche. Deux possibilités s'offrent alors aux hydrologues:

- Les débits peuvent être estimés en se basant sur l'étude des régimes d'écoulement antérieurs et en tentant de dégager des fonctions s'ajustant le mieux possible à leur distribution; cette branche de l'hydrologie, l'hydrologie statistique, est coupée de la réalité physique des bassins versants;
- Les débits peuvent être estimés en se basant sur une étude des conditions physiques du milieu, conditions que l'on tentera par la suite de traduire de façon plus ou moins conceptuelle par le biais de modèles dits de prévision; la transcription de ces conditions physiques et physiographiques exige généralement la prise en compte de la dimension spatiale du bassin versant; elle permet en outre de concevoir des modèles capables de considérer et de mesurer l'effet de toute modification du milieu physique sur les débits résultants. Ces modèles ont une vocation de gestion et d'aménagement de la ressource eau (Beven, 1985).

C'est cette deuxième approche qui nous préoccupe ici et la cartographie écologique présente un certain nombre d'atouts face à elle.

4.1 Philosophie de l'approche

4.11 Les lacunes en matière de spatialisation des bassins versants

La prévision des débits des cours d'eau en tant que fonction des caractéristiques physiques des bassins exige une bonne connaissance des phénomènes physiques et des processus hydrologiques qui contrôlent leur réponse. À cause de l'hétérogénéité du milieu, cette exigence devrait aboutir à une discrétisation spatiale du bassin versant, capable de traduire la diversité des variables influençant les écoulements.

Les tentatives de discrétisation menées à un niveau régional garantissent difficilement, jusqu'à ce jour, l'homogénéité des variables physiques propres au milieu et transmettent une image erronée du système hydrologique. Le problème de la discrétisation optimale d'un bassin versant demeure donc entier. En fait, les tentatives de spatialisation sont très nombreuses et s'appuient sur des fondements divers où chacun puise selon ses besoins en fonction des exigences des modèles utilisés en aval de la discrétisation. Dans certains cas, la discrétisation du bassin s'appuie sur une combinaison de variables physiques du milieu naturel: les caractéristiques topographiques comme dans le modèle I.H.D.M. (Morris, 1980) ou les caractéristiques topographiques associées à des données pédologiques comme dans le modèle TOPMODEL (Beven *et al.*, 1984).

Souvent la spatialisation se fait cependant de façon arbitraire par le biais d'un maillage plaqué sur le bassin versant. Cette méthode a été rendue possible par l'évolution des moyens techniques supprimant le facteur limitant que pouvait constituer la masse de données générée par ce type de procédé. Un certain nombre de modèles ont été développés selon cette approche. Parmi eux, citons le modèle S.H.E. (Système Hydrologique Européen), (Jonch-Clausen, 1979), le modèle CEQUEAU mis au point à l'INRS-Eau (Charbonneau *et al.*, 1977) ou encore le modèle

HYDROTEL (Fortin et Villeneuve, 1988). Le problème réside alors dans le choix des critères de discrétisation. Généralement, les tentatives de discrétisation par regroupement logique ne s'appuient que sur un nombre très limité des variables clés influençant la réponse du bassin versant, la topographie étant généralement la variable privilégiée. Dans le cas de ces maillages arbitraires, rien ne permet de rattacher la spatialisation à la réalité physique du bassin versant. La taille des mailles elle-même ne traduit généralement que des limitations de mémoire-ordinateur. Les modèles à mailles variables (quadtree) ne résolvent pas le problème.

La spatialisation génère une série d'incertitudes capables de fausser l'ensemble de la démarche et de fournir des résultats de simulation erronés. Par le biais de la spatialisation sont soulevés deux problèmes majeurs en modélisation régionale: la variabilité spatiale et l'échelle d'analyse. De nombreux hydrologues sont conscients de ces lacunes et cherchent une façon optimale de discrétiser les bassins versants en vue d'une modélisation ultérieure.

4.12 Les atouts de la cartographie écologique

Face à cette problématique, la cartographie écologique présente un certain nombre d'attraits. En effet, les principes qui la sous-tendent offrent un intérêt majeur pour l'hydrologie:

- le découpage cartographique traduit l'organisation spatiale naturelle du paysage;
- il s'applique à divers niveaux de perception de l'espace à diverses échelles; il offre ainsi une solution aux problèmes du choix du niveau de discrétisation;
- il structure l'espace d'après ses propriétés fondamentales, évitant ainsi la discrétisation selon quelques variables privilégiées (qui ne sont pas forcément les plus pertinentes);

- il propose un découpage basé sur les caractéristiques physiques stables du milieu naturel obtenu à la suite de l'analyse globale des variables bioclimatiques, géologiques, géomorphologiques et édaphiques du territoire; cette base de discrétisation garantit donc la pérennité du découpage;
- il offre un rapprochement aisé entre la typologie écologique et les variables hydrologiques.

De plus, même si actuellement l'application envisagée ne s'applique qu'au domaine quantitatif, c'est-à-dire à la prévision des débits, les informations apportées par la cartographie écologique présentent un intérêt certain pour l'évaluation et la simulation de variables qualitatives tant du milieu que des rivières elles-mêmes.

4.2 Modalités d'intégration de la cartographie écologique

4.21 L'objectif: constitution de zones hydrologiques homogènes (Z.H.H.)

Par zone hydrologique homogène, nous entendons une zone pour laquelle, sous une impulsion donnée, les réponses fournies par les différents processus impliqués peuvent être considérées identiques en tout point. Ainsi, par la reconnaissance de zones homogènes, il devient possible de généraliser le fonctionnement des processus, tels que le ruissellement ou l'évaporation, par exemple à une entité spatiale. Malheureusement, cette notion d'homogénéité est très difficile à traduire dans la réalité du milieu physique. En effet, la réponse hydrologique d'un bassin dépend d'une multitude de facteurs (régime climatique, végétation, type de sols, topographie) et il est quasiment impossible de prétendre discrétiser l'espace en unités homogènes à tout point de vue.

En revanche, les recherches s'orientent de plus en plus vers la mise en avant de facteurs géomorphologiques en tant que base

privilegiée du découpage. Comme l'explique Beven «*La morphologie des bassins et les processus hydrologiques sont étroitement liés avec les processus géomorphologiques de développement et d'érosion des sols*» (Beven et al., 1988). Cette nouvelle orientation est particulièrement intéressante puisqu'elle nous permet de faire le lien avec la cartographie écologique pour laquelle «*le type géomorphologique, défini par la nature du matériau de surface plus ses caractéristiques morphologiques et topographiques représente la composante stable de la structure organisationnelle de l'écosystème terrestre*», (Rowe, 1984).

4.22 La méthodologie envisagée

4.221 Le cadre théorique

L'intégration de la cartographie écologique comme base de discrétisation des bassins versants nous impose un certain nombre de contraintes théoriques. En effet, les principes qui sous-tendent le découpage et les avantages qu'ils apportent à la modélisation excluent une modification ultérieure des limites des unités écologiques. Le territoire est découpé en unités de paysage qui, selon le niveau d'analyse, peuvent traduire de véritables ensembles paysagers (petite échelle) ou des parties de paysage généralement identifiables par leur morphologie (échelle moyenne). Cette remarque est fondamentale car elle oblige d'emblée à une réflexion sur le niveau de perception auquel se fera le travail.

Pour le bassin supérieur de la rivière Eaton, le choix s'est fixé sur un niveau relativement détaillé, permettant de dégager des unités différenciables par leur nature géomorphologique et leur pente. Ce niveau permettra ultérieurement de définir, sans équivoque, chaque unité en termes de ruissellement (capacité diffusante, réceptrice ou émettrice) du découpage fourni par la carte écologique. C'est par une analyse, dont nous allons détailler les étapes, que nous aboutirons à la constitution de zones hydrologiques homogènes.

4.222 La réalisation pratique

Le cheminement qui nous conduira de la carte écologique à un découpage de nature hydrologique se divise en trois étapes distinctes:

- l'analyse directe des informations fournies par la carte écologique;
- la constitution de zones hydrologiques homogènes par le biais des statistiques multivariées;
- la prise en compte de l'occupation actuelle du territoire.

Cette méthodologie devrait finalement aboutir à une structuration du bassin organisée en fonction du réseau hydrographique et autour duquel s'articulerait un modèle d'organisation (pattern) de zones hydrologiques homogènes composant un ensemble de «sous-bassins».

4.222.1 L'analyse des informations fournies par la carte écologique

Comme nous l'avons esquissé précédemment, l'information écologique peut se traduire en valeurs hydrologiques selon les deux axes majeurs que forment la typologie écologique et la cartographie écologique.

4.222.11 Les apports de la typologie écologique: l'interprétation hydrologique des types géomorphologiques

La typologie écologique nous fournit de l'information sur la nature des types géomorphologiques dont la définition tient compte de:

- l'assise géologique;
- la nature du dépôt de surface incluant son épaisseur, sa texture, sa pierrosité, ses particularités pédogénétiques;
- le drainage interne (vertical et oblique);
- la nature de la pente.

Il est aisé, à partir de ces données, d'établir une correspondance avec des paramètres de nature hydrologique (tableaux 10 et 11).

Tableau 10: Propriétés hydrologiques des sols selon leur texture ($cm^3 \times cm^3$) d'après Rawls et al., 1981).

TEXTURE	POROSITÉ TOTALE	SATURATION RÉSIDUELLE	POROSITÉ EFFECTIVE	CAPACITÉ AU CHAMP	POINT DE FLÉTRISSEMENT
Sable	0,437	0,020	0,417	0,091	0,033
Sable loameux	0,437	0,035	0,401	0,125	0,055
Loam sableux	0,453	0,041	0,412	0,207	0,95
Loam	0,463	0,027	0,434	0,270	0,117
Loam limoneux	0,501	0,015	0,486	0,330	0,133
Loam sablo-argileux	0,398	0,068	0,330	0,255	0,148
Loam argileux	0,464	0,075	0,390	0,318	0,197
Loam limono-argileux	0,471	0,040	0,432	0,366	0,208
Argile sableuse	0,430	0,109	0,321	0,339	0,239
Argile limoneuse	0,479	0,056	0,423	0,387	0,250
Argile	0,475	0,090	0,385	0,396	0,272

Tableau 11: Conductivité hydraulique des sols à saturation selon leur texture d'après Rawls et al., 1981).

TEXTURE	CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE À SATURATION (cm/heure)
Sable	21,00
Sable loameux	6,11
Loam sableux	2,59
Loam	1,32
Loam limoneux	0,68
Loam sablo-argileux	0,43
Loam argileux	0,23
Loam limono-argileux	0,15
Argile sableuse	0,12
Argile limoneuse	0,09
Argile	0,06

4.222.12 Les apports de la cartographie écologique: l'interprétation hydrologique des unités écologiques

La cartographie écologique découpe le bassin versant en portions d'espace en s'appuyant sur l'organisation des types géomorphologiques. Par ce découpage qui, pour le bassin supérieur de la rivière Eaton traduit fortement les caractéristiques géomorphologiques et topographiques du territoire, il est possible de saisir les relations existant entre chaque unité cartographique dans une perspective hydrologique. Ces relations sont essentiellement définies en fonction du rôle de chaque unité face au ruissellement de surface et au ruissellement hypodermique (drainage oblique). Ainsi, par une analyse combinée de données topographiques (pentes, forme et intensité) issues d'un Modèle Numérique de Terrain (M.N.T.) et des données cartographiques, nous aboutissons à la définition des capacités diffusantes, réceptrices et transmettrices de chaque unité (figure 13).

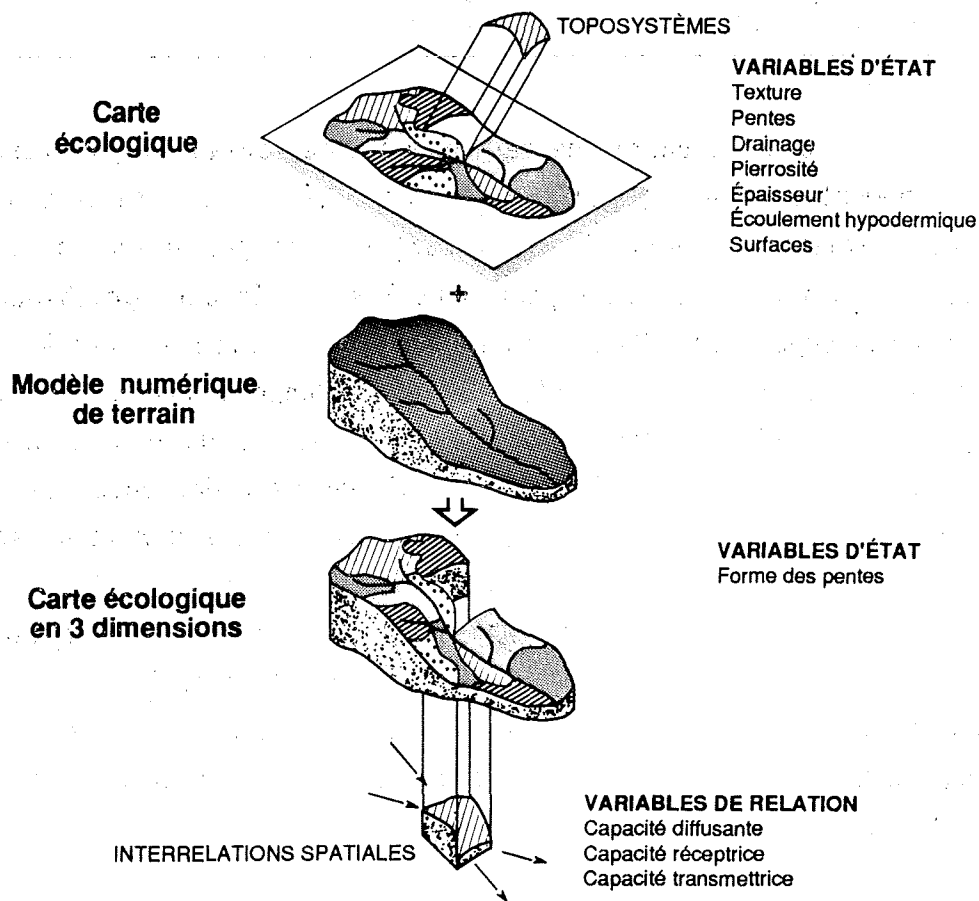


Figure 13: Analyse hydrologique des interrelations spatiales entre les unités écologiques.

4.222.2 La constitution de zones hydrologiques homogènes

Au terme de la première étape, un certain nombre de variables que nous appellerons variables d'état et variables de relation nous permettent de caractériser chaque unité cartographique (tableau 12).

Tableau 12: Variables issues de l'analyse de la carte écologique.

VARIABLES D'ÉTAT	VARIABLES DE RELATION
Texture Pente (forme, intensité) Drainage - vertical - oblique (écoulement hypoder- mique) Pierrosité Épaisseur du dépôt Surface des unités	Capacité diffusante Capacité réceptrice Capacité de transmission

C'est à partir de cet ensemble de variables que va se faire le regroupement en zones hydrologiques homogènes. Il existe de nombreuses méthodes statistiques permettant, à partir d'un jeu d'individus et de variables (les individus étant pour nous les unités cartographiques), de créer des regroupements. Mais ces méthodes ne s'appliquent pas à n'importe quel type de données. La structure des données issues de la carte écologique du bassin supérieur de la rivière Eaton nous impose un certain nombre de contraintes et limite l'éventail des méthodes possibles. Sans entrer dans des détails techniques, nous pouvons remarquer la présence de variables continues (les surfaces, par exemple) et de variables discrètes (classes de texture). Cette double nature restreint considérablement le choix de méthodes et nous impose l'utilisation de l'analyse factorielle des correspondances puis de la classification hiérarchique pour établir des regroupements. Les résultats seront présentés et commentés dans la partie II de ce travail.

4.222.3 La prise en compte de l'occupation actuelle du territoire

Une fois les regroupements établis, il reste à intégrer la dimension essentielle que représente l'occupation actuelle du territoire. Il serait pertinent de se demander ici pourquoi cette intégration n'a pas été faite plus tôt, notamment lors de l'étape précédente. L'intérêt premier de la carte écologique est de nous fournir un découpage basé sur les caractéristiques physiques stables du milieu. Cette nature pérenne de la discrétisation est fondamentale car elle présente de nombreux atouts pour une modélisation ultérieure.

L'occupation actuelle du territoire surimposée sur ce découpage initial vient le pondérer par sa nature et sa variabilité (tableau 13).

Tableau 13: Classes d'occupation actuelle du territoire proposées.

Cultures
Friches herbacées
Friches arbustives
Friches arborées
Forêt de résineux
Forêt de feuillus
Forêt mélangée à dominance de résineux
Coupe totale
Plantations
Tourbières
Zones humides (plaine inondable)
Gravières et sablières
Zones urbanisées

N.B. Ces classes ont été choisies en fonction de leur intérêt hydrologique.

4.3 Remarques et perspectives

Dans ce type de recherche se pose fréquemment le problème de la validation. Au départ, le projet avait été conçu pour valider les performances d'un découpage en zones hydrologiques homogènes à l'aide du modèle HYDROTEL, mis au point à l'INRS-Eau (Fortin *et al.*, 1988).

Depuis, les objectifs ont été légèrement modifiés. En effet, en modélisation hydrologique discrétisée, les bases de la spatialisation sont généralement fonction des modèles qui seront utilisés en aval. Ici, le cas est différent et le découpage du bassin versant se fait sans aucune référence à un modèle pré-existant. Vouloir à tout prix le valider à l'aide d'un modèle ayant ses propres paramètres présente le risque de perdre la qualité d'information que l'on avait gagnée avec l'intégration de la cartographie écologique.

Face à cette situation, une solution basée sur une modification du modèle de base peut être envisagée. Cette solution serait considérée comme temporaire dans l'attente de l'aboutissement logique de l'ensemble de notre démarche, c'est-à-dire la conception d'un modèle adapté aux données issues du découpage en zones hydrologiques homogènes.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or title.

Second block of faint, illegible text.

Third block of faint, illegible text.

Fourth block of faint, illegible text.

Fifth block of faint, illegible text.

Sixth block of faint, illegible text.

Seventh block of faint, illegible text.

Eighth block of faint, illegible text.

Ninth block of faint, illegible text.

Tenth block of faint, illegible text at the bottom of the page.

CONCLUSION

Au terme de ce premier rapport sur la contribution de la cartographie écologique à la modélisation hydrologique spatiale, un certain nombre de points forts peuvent être mis en exergue.

Tout d'abord, cette démarche a nourri les réflexions conceptuelles et méthodologiques des hydrologues et des écologues et elle les a menés vers une meilleure intégration des dimensions terrestre et aquatique de l'écosystème.

Traditionnellement, la spatialisation en modélisation hydrologique se fait soit en plaquant de façon arbitraire un maillage sur le bassin versant, soit au moyen d'un zonage privilégiant certaines variables du milieu physique. De plus, les bases de la spatialisation sont généralement fonction des caractéristiques du modèle hydrologique utilisé et, en aucun cas, elles ne traduisent la variabilité naturelle du terrain.

La cartographie écologique reflète l'organisation spatiale du milieu naturel en s'appuyant sur des variables permanentes comme le bioclimat, la géologie, le relief et les formes de terrain (le modelé) qui permettent de définir le comportement de chaque unité spatiale face au ruissellement de surface et au drainage oblique. La carte écologique propose aussi simultanément une typologie des milieux physiques élémentaires (les types géomorphologiques) du territoire basée sur la nature minéralogique, l'origine géomorphologique, l'épaisseur, la texture, la pierrosité et le régime hydrique des sols. Ces variables permettent d'établir aisément des correspondances avec des paramètres de nature hydrologique comme la porosité, la saturation ou la conductivité hydraulique des sols.

Le découpage écologique fait totalement abstraction d'un modèle hydrologique préexistant. La validation hydrologique de la

cartographie et de la typologie écologiques à l'aide de modèles déjà établis présente le risque de perdre la qualité de l'information gagnée par un découpage reflétant l'organisation spatiale du milieu. Aussi, l'aboutissement logique de cette approche devrait s'orienter vers l'adaptation d'un modèle hydrologique existant aux données issues de l'intégration d'une spatialisation écologique du bassin versant ou peut-être même vers la conception d'un tout nouveau modèle. Dans le cadre du programme gouvernemental de gestion intégrée des ressources, le MENVIQ se propose d'explorer ces avenues à partir de la cartographie écologique du bassin versant de la rivière du Loup dans la réserve faunique de Mastigouche.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEVEN, K.J. Distributed models, in Hydrologic forecasting, Anderson et Burt. Ed., 1985, p. 405-435.
- BEVEN, K.J., M.J. KIRBY, N. SCHOFIELD et A.F. TAGG. Testing a physically based flood forecasting model (TOPMODEL) for three U.K. catchments, Journal of Hydrology, 1984, 69: 119-143.
- BEVEN, K.J., E.F. WOOD et M. SIVAPALAN. On hydrological heterogeneity: catchment morphology and catchment response, Journal of Hydrology, 1988, 100: 353-375.
- BOYUCOS, G.J. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils, Agron. J., 1962, 54: 464-465.
- CANN, D.B. et P. LAJOIE. Étude des sols des comtés de Stanstead, Richmond, Sherbrooke et Compton. Ministère de l'Agriculture, Ottawa, 1943.
- CHARBONNEAU, R., J.P. FORTIN et G. MORIN. The CEQUEAU model description and examples of its use in problems related to water resource management, Hydrological Sciences Bulletin, 1977, 22: 193-202.
- Commission canadienne de pédologie. Le système canadien de classification des sols, Gouvernement du Canada, Ministère de l'Agriculture, Direction de la recherche, Publication 1646, 1978. 170 p.
- COOKE, H.C. Région de Coaticook-Malvina. Districts électoraux de Stanstead et de Compton, Province de Québec. Ministère des Mines, Service de la carte écologique, Rapport géologique 69, 1957, 42 p.
- DENT, D. et A. YOUNG. Soil survey and land evaluation, George Allen et Unwin, Londres, 1981, 278 p.

DE SÈDE, M.-H., J.-P. DUCRUC et J.-P. FORTIN. Adaptation d'une spatialisation écologique du milieu à la modélisation hydrologique discrétisée, ACFAS 58^e congrès, Recueil des communications, - Annales de l'ACFAS, 1990, vol. 58, p. 303.

DUCRUC, J.-P. L'analyse écologique du territoire au Québec: l'inventaire du capital nature de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord, Ministère de l'Environnement du Québec, Collection de la planification écologique, Série de l'inventaire du capital-nature, n° 6, 1985, 192 p.

DUCRUC, J.-P. et D. BÉRUBÉ. Contribution de la cartographie écologique à l'évaluation de la vulnérabilité de la nappe phréatique à la pollution: exemple de la région de Granby, Ministère de l'Environnement du Québec, Collection de la planification écologique, Série des contributions de la Division des inventaires écologiques, n° 20, 1985, 69 p. + 2 cartes h.t.

DUCRUC, J.-P. et V. GERARDIN. Essai sur la caractérisation et l'évaluation du drainage naturel des sols: cas de l'Abitibi-Témiscamingue, ministère de l'Environnement, Collection de la planification écologique, Série de l'inventaire du capital-nature, n° 9, 1988, 105 p.

FORTIN, N. Étude morpho-sédimentologique du bassin de la rivière Clifton, Université de Sherbrooke, Département de géographie, Thèse de maîtrise, 1974, 120 p.

FORTIN, J.P. et J.P. VILLENEUVE. Le modèle HYDROTEL, un modèle hydrologique conçu pour la télédétection, 6e Congrès de l'Association québécoise de télédétection, Sherbrooke, Québec, 1988, 10 p.

GADD, N.R., B.C. MCDONALD ET W.W. SHILTS. Deglaciation of southern Quebec, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Commission géologique du Canada, Papier 71-47, 1972, 19 p. + 1 carte h.t.

GERARDIN, V. Introduction à l'écologie forestière, L'Aubelle, n° 73, 1989, 16 p.

GRENIER, C. et R. MC CORMACK. Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution, MRC de Robert-Cliche, ministère de l'Environnement du Québec, Direction des eaux souterraines et de consommation, 1985.

JONCH-CLAUSEN, J. Système hydrologique européen: a short description, Danish Hydraulic Institute, Harsholm, Dannemark, 1979, Rapport no 1, 25 p.

JURDANT, M., J. BEAUBIEN, J.L. BÉLAIR, J.C. DIONNE et V. GERARDIN. La carte écologique de la région du Saguenay - Lac-Saint-Jean. Notice explicative. Vol. 1: L'environnement et ses ressources: identification, analyse et évaluation, Environnement-Canada, Centre de recherches forestières des Laurentides, Rapport d'information Q-F-X-31, 1972, 93 p.

JURDANT, M., J.L. BÉLAIR, V. GERARDIN et J.P. DUCRUC. La cartographie écologique intégrée du territoire de la Baie-James, Environnement-Canada, Direction générale des terres, Série de la classification écologique du territoire, n° 1, 1976, p. 173-199.

LANDRY, B. Étude morpho-sédimentologique du bassin de la rivière Eaton supérieure, Université de Sherbrooke, Département de géographie, thèse de maîtrise, 1974, 118 p.

MCDONALD, B.C. Surficial geology of La Patrie - Sherbrooke area, Quebec, including Eaton river watershed, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Commission géologique du Canada, Papier 67-52, 1969, 21 p.

MCDONALD, B.C. et W.W. SHILTS. Quaternary stratigraphy and events in southeastern Quebec, Bulletin de la Société américaine de géologie, vol. 82, 1971, p. 683-698.

MC KEAGUE, J.A. Manuel de méthodes d'échantillonnages et d'analyse des sols, Ministère de l'Agriculture du Canada, Institut de recherches sur les sols, 1977, 223 p.

MORRIS, E.M. Forecasting floods flows in grassy and forested basins using a deterministic distributed mathematical model, Hydrological forecasting, International association of hydrological society, 1980, Publication no 29: 247-255.

- RAWLS, W.J., D.L. BRAKENSICK et K.E. SAXTON. Soil water characteristics, American society of agricultural engineers, 1981, Papier no 81-2510, 5 p. + annexes.
- SLIVITZKY, A. et P. ST-JULIEN. Compilation géologique de la région de l'Estrie - Beauce, gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction générale de l'exploitation géologique et minérale, 1987, 40 p. + 1 carte h.t.
- THIBAUT, M. et D. HOTTE. Les régions écologiques du Québec méridional, deuxième approximation, gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, 1985, carte couleur.
- VALENTINE, K.W.G. Soil resources surveys for forestry, Clarendon Press, Oxford, 1986, 147 p.
- VILLENEUVE, G.O. Sommaire climatique du Québec (volume 1), ministère des Richesses naturelles, Québec, 1967, 168 p.

1. The
2. The
3. The

4. The
5. The

6. The
7. The

8. The
9. The

ANNEXE

Numéro:	114	TG:	M/S*
Date:	23/08/89	Territoire:	Cl
Texture:	4. LSF		
Pierrosité:	5. 25	6. QCB	
Épaisseur:	3. 101		
Mouchetures:	18. TA / M / M	19. 0	
Topographie:	7. 5	8. R	9. L 10. 5
Couvert vég.:	40. Fraie herbée		
0-10cm:	Cl		
Notes:	20 au tour de l'arbre Blanc en surface		

LÉGENDE

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 3- Épaisseur du matériel meuble (cm) | 18- Abondance des mouchetures |
| 4- Texture | 19- Profondeur des mouchetures (cm) |
| 5- Pierrosité | 40- Type physiologique de végétation |
| 6- Dimension des pierres | Numéro: Numéro du point d'observation |
| 7- Position sur la pente | Date: Date du relevé |
| 8- Forme de la pente | Territoire: Territoire du projet |
| 9- Longueur de la pente arrière | TG: Type géomorphologique |
| 10- Déclivité (%) | 0-10 cm: Nature de l'horizon pédologique de surface |

Figure 14: Fiche descriptive du point d'observation.

1. Numéro 89-CL-024		STATION ÉCOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE Division de la cartographie écologique Ministère de l'Environnement du Québec					12. profil		13.	
GÉOMORPHOLOGIE		TOPOGRAPHIE					30		2,544/4	
géol. socle	2. <i>Sil. Franc (ps)</i>	7.	pos. /pente			14. Ae		15.		
épais.	3. 51	X	8. forme pente			6		54R3/2		
text.	4. LLi	C	9. long. arrière			16. B diagn.		17.		
pier. (%)	5. 10	5	10. décliv.			BF		7,54R3/4		
dim. pier.	6. 90	0	11. subm.			18. mouchetures		19.		
TYPE GÉOMORPHOLOGIQUE		28. nappe phréat. prof.		29.		35		MA/M/D		
dépôt	30. A	31. 2	drain.			20. humus		21.		
						2		MU		
						22. ortstein		23.		
						A		-		
						24. fragipan		25.		
						P		40		
						26. concrétions		27.		
						A		-		

1. Numéro 89-CL-024		Auteurs 32. PA J.-P.D.		VÉGÉTATION				TOURBIÈRES	
Date 33. 31/08/09		type physiologique				40. FO/ES, HQ/A2/FA			
lat.	34. 45°17'	35. 77°28'	long.	46. code	coel.	str.	espèces		
alt.	36. 500	37. ZIE 6	carte topo.	0, 0, 1, 0	1	A	<i>Asar canadense</i>		
photo. aér.	38. PA	39. PA	sol vég. peup.	1, 1, 9, 2	3	A	<i>Fagus grandifolia</i>		
TYPE GÉOMORPHOLOGIQUE				0, 0, 0, 8	2	A	<i>Asar rubra</i>		
				1, 0, 1, 8	+		<i>Lycopodium lucidulum</i>		
				1, 0, 1, 2	3	a	<i>Fagus grandifolia</i>		
				2, 2, 0, 5	2	a	<i>Viburnum lentiginosum</i>		
				1, 0, 2, 3	2		<i>Oxalis stricta</i>		
				0, 2, 3, 1	+		<i>Artemisia canadensis</i>		
				1, 0, 2, 2	5		<i>Dryopteris spinulosa</i>		
dépôt	30. A	31. 2	drain.					45. couvert	

LÉGENDE

- | | |
|---|--|
| 1- Numéro de la station de reconnaissance | 22- Présence d'ortstein |
| 2- Nature géologique du socle | 23- Profondeur de l'ortstein (cm) |
| 3- Épaisseur du matériel meuble | 24- Présence de fragipan |
| 4- Texture | 25- Profondeur du fragipan (cm) |
| 5- Pierrosité | 26- Présence de concrétions |
| 6- Dimension des pierres | 27- Abondance de concrétions |
| 7- Position sur la pente | 28- Profondeur de la nappe phréatique (cm) |
| 8- Forme de la pente | 29- Couleur de l'horizon pédologique 10 cm sous l'horizon Ae |
| 9- Longueur de la pente arrière | 30- Dépôt de surface |
| 10- Déclivité | 31- Drainage |
| 11- Submersion | 32- Auteurs du relevé |
| 12- Profondeur du pèdon (cm) | 33- Date du relevé |
| 13- Couleur de l'horizon | 34- Latitude |
| 14- Épaisseur (cm) de l'horizon Ae | 35- Longitude |
| 15- Couleur de l'horizon Ae | 36- Altitude |
| 16- Nom de l'horizon diagnostique | 37- Identification de la carte topographique |
| 17- Couleur de l'horizon diagnostique | 38- Photographie aérienne |
| 18- Profondeur des mouchetures (cm) | 39- Photographies de terrains |
| 19- Abondance des mouchetures | 40- Type physiologique de végétation |
| 20- Épaisseur de l'humus (cm) | 46- Code d'identification |
| 21- Type d'humus | |

Figure 15: Fiche descriptive de la station écologique de reconnaissance.

