

Le cadre écologique de référence : Forêt de la Seigneurie de Lotbinière

Cartographie et classification des éléments topographiques

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction générale de la conservation de la biodiversité du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Elle a été produite par la Direction de la connaissance écologique avec la collaboration de la Direction des communications du MELCCFP.

Renseignements

Téléphone : 418 521-3830

1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur : 418 646-5974

Formulaire : www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp

Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Référence à citer :

Bellavance, D. et J.-P. Ducruc. 2023. *Le cadre écologique de référence : Forêt de la Seigneurie de Lotbinière. Cartographie et classification des éléments topographiques*. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Direction de la connaissance écologique. Produit en étroite collaboration avec les Amis de la Forêt de la Seigneurie de Lotbinière, 86 pages.

Dépôt légal – 2023

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-550-95717-1 (imprimé)

ISBN 978-2-550-95381-4 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2023

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Rédaction

Denis Bellavance

Jean-Pierre Ducruc

Cartographie

Denis Bellavance

Classification écologique

Frédéric Poisson

Jean-Pierre Ducruc

Révision scientifique

Louis Bélanger

Marie-Josée Côté

Tingxian Li

Frédéric Poisson

Révision linguistique

Sylvie Godin

Mise en page et infographie

Sophie Benoit

Denis Bellavance

Sylvie Godin

Danielle Leclerc

Photos

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), sauf indication contraire

RÉSUMÉ

Héritage du régime seigneurial, la Forêt de la Seigneurie de Lotbinière (FSL) couvre un peu plus de 160 km²; elle constitue le dernier grand massif boisé d'un seul tenant des basses-terres du Saint-Laurent. Le gouvernement du Québec en prit possession en 1967 en expropriant la famille de Lotbinière propriétaire depuis 1672 dont l'un des membres, Henri-Gustave, prônait déjà le développement d'une politique d'aménagement durable du domaine forestier dans un rapport sur la sylviculture et les forêts publié en 1878.

De nombreux travaux scientifiques ont également souligné sa grande valeur écologique, en raison particulièrement de la présence de vieilles forêts, derniers témoins du couvert forestier qui abondait autrefois dans les basses-terres du Saint-Laurent. Pour les besoins d'une étude détaillée portant sur l'analyse de l'exploitation forestière depuis la prise de possession du gouvernement du Québec, nous avons dressé la carte écologique de la FSL au niveau de l'élément topographique à l'échelle du 1 : 20 000.

Les travaux de terrain ont mené à proposer un modèle de déglaciation original pour le territoire, cohérent avec la nature des dépôts de surface observés et avec leur répartition spatiale: les dépôts glaciaires abondent davantage que ne le montraient les travaux précédents, surtout à l'ouest de la forêt alors que les sables restent dominants dans le secteur méridional.

La cartographie écologique dressée à l'échelle du 1:20 000 découpe le territoire en 750 polygones d'élément topographique, d'une taille moyenne de 21 ha. Nous avons soumis ces 750 polygones à un processus de classification basé sur une analyse multivariée considérant l'importance spatiale, la forme du terrain, la déclivité, la nature des dépôts de surface et le drainage. Le résultat de cette classification distingue 14 classes de milieux écologiquement distincts qui reflètent bien la variabilité écologique de ce territoire. Ensuite, chaque classe est décrite par l'origine du matériel la composant, sa morphologie, sa composition (texture, pierrosité), son drainage et sa répartition spatiale, le tout illustré par une photographie de terrain.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	I
LISTE DES FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX	VI
1. INTRODUCTION	1
1.1 LOCALISATION.....	1
1.2 GRANDE VALEUR ÉCOLOGIQUE DE LA FSL	1
1.3 CONTEXTE DU PROJET	2
1.4 CADRE ÉCOLOGIQUE DE RÉFÉRENCE DE LA FSL : UNE CARTOGRAPHIE FINE DE NIVEAU 7 DES ÉLÉMENTS TOPOGRAPHIQUES	2
2. MÉTHODOLOGIE	3
2.1 CADRE ÉCOLOGIQUE DE RÉFÉRENCE DE LA FSL : QUELQUES RAPPELS FONDAMENTAUX.....	3
2.2 CADRE ÉCOLOGIQUE DE RÉFÉRENCE DE LA FSL : LES ÉTAPES DE RÉALISATION.....	4
2.2.1 REVUE DE LITTÉRATURE	4
2.2.2 CARTOGRAPHIE PRÉLIMINAIRE (DÉCOUPAGE SPATIAL ET DESCRIPTION).....	6
2.2.3 CAMPAGNE DE TERRAIN (VALIDATION DE L'ÉTAPE PRÉCÉDENTE)	8
2.2.4 CORRÉLATION ET CARTOGRAPHIE FINALE	9
2.2.5 CLASSIFICATION DES POLYGONES CARTOGRAPHIQUES DES ÉLÉMENTS TOPOGRAPHIQUES.....	10
3. LE CADRE ÉCOLOGIQUE DE RÉFÉRENCE DE LA FSL : LES RÉSULTATS CARTOGRAPHIQUES.....	11
3.1 LES ENSEMBLES TOPOGRAPHIQUES (NIVEAU 5).....	11
3.2 LES ENTITÉS TOPOGRAPHIQUES (NIVEAU 6).....	12
3.3 LES ÉLÉMENTS TOPOGRAPHIQUES (NIVEAU 7).....	12
3.3.1 CARTE THÉMATIQUE INTERPRÉTATIVE : QUELQUES EXEMPLES	14
3.3.2 CLASSIFICATION DES ÉLÉMENTS TOPOGRAPHIQUES (POLYGONES CARTOGRAPHIQUES DE NIVEAU 7)	18
3.3.3 DESCRIPTION DES 14 CLASSES DE POLYGONES CARTOGRAPHIÉES AU NIVEAU 7	23
4. CONCLUSION	39
5. RÉFÉRENCES	40
ANNEXE 1 : PRÉSENTATION GÉNÉRALE	46
ANNEXE 2 : DESCRIPTION DES ENSEMBLES TOPOGRAPHIQUES	66

ANNEXE 3 : LES 48 COMBINAISONS DE « FORME-DÉPÔT-DRAINAGE-DÉCLIVITÉ » POUR CARACTÉRISER LES 750 POLYGONES D'ÉLÉMENT TOPOGRAPHIQUE DE LA FSL	73
ANNEXE 4 : LES 750 POLYGONES CARTOGRAPHIQUES DE NIVEAU 7	75
ANNEXE 5 : DESCRIPTION DES DÉPÔTS DE SURFACE.....	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Localisation de la Forêt de la Seigneurie de Lotbinière dans la MRC de Lotbinière.	1
Figure 2.1 : Système hiérarchique de niveaux de perception emboîtés (modifié de Ducruc et coll., 2019).....	3
Figure 2.2 : Exemple d'image LiDAR dans le secteur de la confluence de la rivière Henri et de la rivière du Chêne.....	5
Figure 2.3 : Crêtes morainiques remaniées sous imagerie LiDAR. Les numéros sont associés aux chemins.....	7
Figure 2.4 : Localisation des points de contrôle sur le terrain.....	9
Figure 3.1 : Les 12 ensembles topographiques touchant la FSL	11
Figure 3.2 : Exemple d'un ensemble topographique (niveau 5) avec les niveaux de perception 6 et 7 emboîtés	13
Figure 3.3 : Carte interprétative des dépôts de surface dominants	14
Figure 3.4 : Modèle de la déglaciation de la FSL.....	15
Figure 3.5 : Carte interprétative des formes de terrain dominantes.....	17
Figure 3.6 : Exemple de deux éléments topographiques (niveau 7) distincts représentés sur le terrain	20
Figure 3.7 : Carte des 14 classes de polygones du niveau 7	21
Figure 3.8 : Sous-bois d'un terrain glaciaire bien drainé (noter la présence de blocs erratiques)	23
Figure 3.9 : Drainage forestier sur un terrain glaciaire mal drainé.	24
Figure 3.10 : Bourrelets glaciaires	25
Figure 3.11 : Morphogénèse postglaciaire probable des bourrelets de till (classe 3). Les flèches indiquent une redistribution des sédiments originaux (modifié de Knudsen et coll., 2006).....	26
Figure 3.12 : Certains bourrelets glaciaires présentent des blocs en surface	26
Figure 3.13 : Au centre de la photo, on distingue une crête avec un amoncellement de blocs sur le sommet ; la genèse de cette crête par remplissage de crevasses est fort probable.....	28
Figure 3.14 : Versant d'une crête remaniée avec blocs en surface	28
Figure 3.15 : Terrain de sable marin bien drainé (noter l'horizontalité du dépôt).....	29
Figure 3.16 : Secteur caractérisé par des sables mal drainés.....	30
Figure 3.17 : Ancien chenal près de la rivière du Chêne, recouvert de limon marin mal drainé	31
Figure 3.18 : Coupe dans un talus de la rivière du Chêne qui permet l'observation du delta	32
Figure 3.19 : Terrasse alluviale le long de la rivière du Chêne.....	33
Figure 3.20 : Dépôt du chenal ancien fluvio-marin.....	34
Figure 3.21 : Vue aérienne de terrain organique (tourbière ouverte; Bog)	35
Figure 3.22 : Dunes ; vue aérienne.....	36
Figure 3.23 : Partie amont d'un ravin boisé	37
Figure 3.24 : Ravine encombrée par des arbres	38
 Figure A1-1 : Relevé de données moyennes quotidiennes enregistrées à la station d'Édouard-de-Lotbinière entre les années 2007 – 2014.....	46
Figure A1-2 : Géologie simplifiée de la FSL avec la ligne de Logan et la faille d'Aston.....	47
Figure A1-3 : Géologie simplifiée de la FSL avec les formations de Nicolet et de Pontgravé.....	49

Figure A1-4 : Groupe de Lorraine, vue générale.....	50
Figure A1-5 : Groupe de Lorraine, vue détaillée.....	50
Figure A1-6 : Groupe de Sainte-Rosalie.....	51
Figure A1-7 : Groupe de Sainte-Rosalie : Plissements dans la Formation de Les Fonds	51
Figure A1-8 : Plis dans la Formation de Bourret	52
Figure A1-9 : Différents lithofaciès de la moraine de St-Édouard	53
Figure A1-10 : Relief moutonné avec blocs en surface ; situé dans une zone de décrépitude du glacier dans le secteur SO de la FSL.....	54
Figure A1-11 : Encaissement de la rivière du Chêne... ..	56
Figure A1-12 : Modèle numérique d'élévation de la FSL. Les deux lignes localisent les profils topographiques A-B et C-D.....	57
Figure A1-13 : Profil topographique A-B ; exagération verticale de ce profil est de 66x pour mieux percevoir les variabilités du relief	57
Figure A1-14 : Profil topographique C-D illustrant les variabilités du relief selon les tracés de la figure A1-12. L'exagération verticale de ce profil est de 50x	58
Figure A1-15 : Ravinement du réseau hydrographique secondaire.....	59
Figure A1-16 : Les deux styles fluviaux de la rivière du Chêne ; A : Dynamique, B : Stable	60
Figure A1-17 : Terrasses subactuelles boisées de la rivière du Chêne.....	61
Figure A1-18 : Vestiges des coupes par bandes.....	63
Figure A1-19 : Vieille forêt feuillue sur les terrasses inférieures de la rivière du Chêne	63
Figure A1-20 : Érablière sur les terrasses supérieures de la rivière du Chêne	64
Figure A1-21 : Peuplement résineux sur terrain plat mal drainé, secteur ouest de la rivière du Chêne	65
Figure A1-22 : Érablière sur une ondulation de relief bien drainée, secteur ouest de la rivière du Chêne.....	65
Figure A5-1 : Till de Gentilly dans le secteur de Saint-Édouard de Lotbinière.....	76
Figure A5-2 : À gauche, une couche de sable et gravier coiffe le till original. À droite, détail sur la granulométrie de cette couche	77
Figure A5-3 : Alluvions récentes à gauche (3FA) et alluvions anciennes à droite (3FB) le long de la rivière du Chêne.....	78
Figure A5-4 : Dépôts alluvionnaires fluviomarins ; Photo de gauche : sable fin mince sur argile. Photo de droite : sable fin et limon sur argile.....	79
Figure A5-5 : Coupe dans le dépôt deltaïque	80
Figure A5-6 : Dépôt marin, faciès d'eau calme. Photo de gauche, argile massive (5A) ; Photo de droite, dépôt limono-silteux (5L).....	81
Figure A5-7 : Photos illustrant diverses caractéristiques pédologiques d'un dépôt de sable marin : bien drainé (à gauche) et mal drainé (à droite).....	82
Figure A5-8 : Dépôt littoral de haut de plage : gros plan sur la granulométrie.....	83
Figure A5-9 : Terrain plat constitué de matière organique	84
Figure A5-10 : Décrochements dans les versants du ravin et redistribution des matériaux par le cours d'eau	85
Figure A5-11 : Dune dans le secteur sud-ouest de la FSL.....	86

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Données consultées	4
Tableau 2.2 : Exemple de description des polygones cartographiques	8
Tableau 3.1 : Importance relative de quelques polygones topographiques du niveau 7	18
Tableau 3.2 Combinaisons « forme-dépôt-drainage-déclivité » très peu fréquentes et ne couvrent que de très faibles superficies et combinaisons les plus fréquentes couvrant des grandes superficies.....	19
Tableau 3.3 : Les 14 classes de polygones cartographiques de niveau 7 après classification.....	20
Tableau 3.4 : Distribution des combinaisons de « forme-dépôt-drainage-déclivité » (% médian) dans les classes de polygones issues de la classification	22
Tableau A1-1 : Données hydrogéomorphologiques pour la rivière du Chêne	61

1. Introduction

1.1 Localisation

La Forêt de la Seigneurie de Lotbinière (FSL) couvre 163 km² à la limite ouest de la région administrative de Chaudière-Appalaches dans la MRC de Lotbinière (figure 1). Elle constitue le dernier massif boisé d'importance d'un seul tenant (Gratton, 2010) de la province naturelle des basses-terres du Saint-Laurent (Li et coll., 2019).

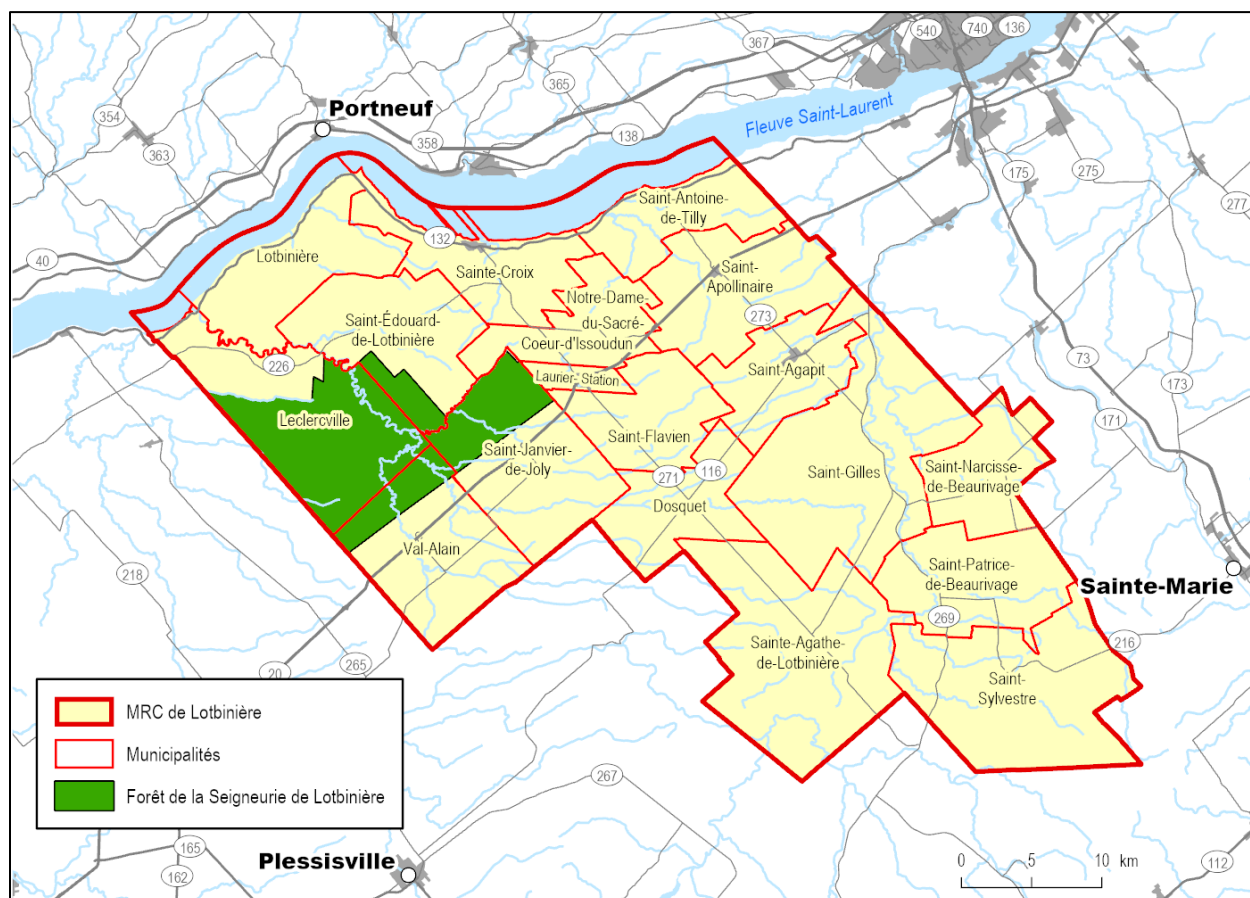


Figure 1.1 : Localisation de la Forêt de la Seigneurie de Lotbinière dans la MRC de Lotbinière

1.2 Grande valeur écologique de la FSL

Déjà, Bouchette (1815) écrivait : Le sol est bien garni de bel orme, de frêne, d'érable, de hêtre, de platane (!), de merisier et d'autres bois ; les bords des rivières du Chêne, Huron et Boisclair produisent du pin de la plus belle venue.

De nombreuses études récentes soulignent l'importance écologique de cette forêt, entre autres, par la concentration de vieilles forêts, derniers témoins du couvert végétal originel des basses-terres du Saint-Laurent. En particulier, signalons les travaux de Conservation de la Nature Canada (Gratton, 2010), du Conseil régional de l'Environnement de Chaudière-Appalaches (CRECA, 2012; Paulette, 2015a ; 2015 b ; 2016 ; 2018 ; Paulette et coll., 2018), de l'Organisme de bassins versants de la zone du Chêne (OBV du Chêne) ainsi que les résultats de l'Atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les basses-terres du Saint-Laurent (Jobin et coll., 2018). Rajoutons la réserve écologique Lionel-Cinq-Mars créée en 1988, la reconnaissance officielle d'un habitat de la tortue des bois et, plus récemment, la confirmation de la présence d'un poisson, le fouille roche gris, espèce menacée au Canada (Caron et coll., 2022).

1.3 Contexte du projet

S'appuyant sur une telle richesse écologique, Nature Québec en partenariat avec les Amis de la Forêt de la Seigneurie de Lotbinière et l'OBV du Chêne, a obtenu un financement majeur du Fonds de la Nature Canada conjointement administré par Environnement Canada et des fiducies privées pour définir les assises d'une stratégie d'aménagement écosystémique de la FSL. Cette stratégie viserait à restaurer la naturalité de la forêt, à conserver l'intégrité écologique des milieux humides et hydriques et à proposer un plan de conservation des écosystèmes à haute valeur écologique. Cela nécessitera, notamment, d'établir un bilan de 50 ans de foresterie, soit depuis l'acquisition de cette forêt par le gouvernement du Québec, en évaluant ses effets sur la qualité et la naturalité des milieux forestiers et des milieux humides. Ce projet se réalisera en partenariat avec l'Université Laval, les Amis de la Forêt de la Seigneurie de Lotbinière, l'OBV du Chêne et la MRC de Lotbinière (Drouin, 2023).

1.4 Cadre écologique de référence de la FSL : une cartographie fine de niveau 7 des éléments topographiques

L'établissement d'une stratégie d'aménagement écosystémique exigera une connaissance détaillée de la FSL : elle s'appuiera sur la production du cadre écologique de référence (CERQ) à grande échelle du territoire au niveau de l'élément topographique du CERQ, réalisée grâce à la contribution de la Direction générale de la conservation de la biodiversité du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

Ce rapport présente d'abord les étapes de travail et la méthodologie suivies pour produire la cartographie du territoire en 750 polygones d'élément topographique (niveau 7 du CERQ) décrits par les 48 combinaisons de « *forme-dépôt-drainage-déclivité* ». Ensuite, il présente les résultats d'une classification de ces 750 polygones en 14 classes statistiquement distinctes et une description détaillée de chacune de ces classes. Ces 14 classes de milieux écologiquement distincts reflètent la variabilité écologique de ce territoire et constituent le cadre écologique de référence pour une future stratégie d'aménagement écosystémique de la FSL.

Une description générale de la FSL est présente en annexe 1.

2. Méthodologie

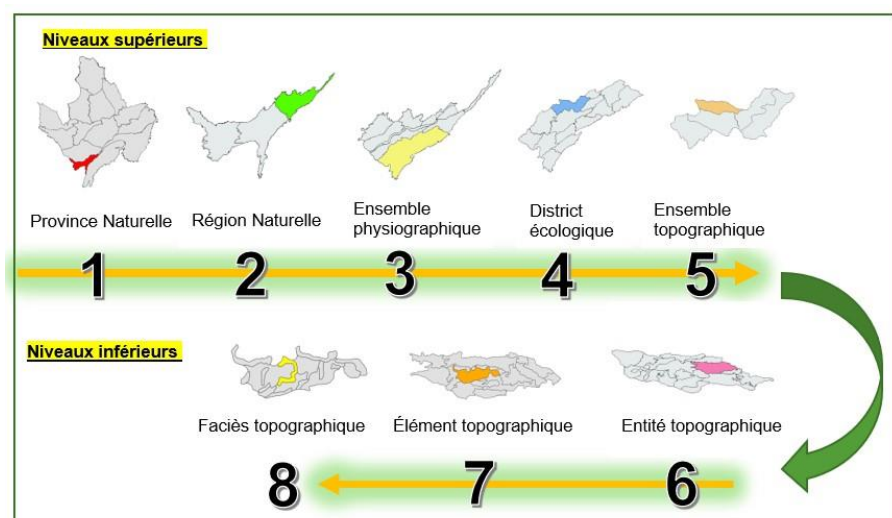
2.1 Cadre écologique de référence de la FSL : quelques rappels fondamentaux

Le cadre écologique de référence du Québec (CERQ) est un outil de cartographie et de classification écologique du territoire. Il découpe le territoire en unités écologiques en se basant sur la reconnaissance de structures spatiales qui résultent d'une évolution à travers le temps de la géologie, du relief, des dépôts de surface et de la configuration du réseau hydrographique (Ducruc et coll., 2019).

- Le découpage utilise une approche holistique et s'inscrit dans un système hiérarchique de niveaux de perception emboîtés de l'espace. Chaque niveau supérieur contient au complet les niveaux inférieurs qui le composent (figure 2.1).
- Le découpage repose sur les éléments physiques du territoire (forme, géologie, dépôts de surface, configuration et densité du réseau hydrographique) ;
- Le découpage s'appuie sur les ruptures marquantes de l'organisation de ces éléments physiques du territoire.

Le présent travail a retenu le niveau 7, niveau de perception requis pour les besoins de l'analyse détaillée et du bilan de l'exploitation forestière de la FSL depuis sa prise de possession par le gouvernement du Québec.

Figure 2.1 : Système hiérarchique de niveaux de perception emboîtés (modifié de Ducruc et coll., 2019)



2.2 Cadre écologique de référence de la FSL : les étapes de réalisation

La réalisation du CERQ de la FSL a suivi les cinq étapes de travail suivantes :

1. Revue de littérature (analyse des informations existantes) ;
2. Cartographie préliminaire (découpage spatial et description) ;
3. Campagne de terrain (validation de l'étape 2) ;
4. Corrélation et cartographie finale ;
5. Classification des polygones cartographiques.

2.2.1 Revue de littérature

Cette étape consiste à colliger et analyser les résultats des travaux réalisés sur le territoire (rapports et publications techniques ; cartes thématiques ; données de terrain) pertinents pour la FSL. À cette étape sont aussi colligées les cartes de base (topographie, hydrographie, hydrogéologie, écoforestière), les données de télédétection (images satellitaires, images LiDAR), MNE, etc. (Tableau 2.1).

Tableau 2.1 Données consultées

Type de donnée	Origine des données	Information spécifique
Données de base	Basses de données topographiques du Québec (BDTQ)	Topographie
	Géobase du réseau hydrographique du Québec (GRHQ)	Réseaux hydrographique en continu et surfacique
	Système d'information hydrogéologique (SIH)	Stratigraphie des dépôts de surface
	Base de données du Système d'information écoforestière du MRNF (SIEF)	Données spécifiques sur les sols; origine, granulométrie, etc.
Données de télédétection	Images satellitaires Landsat et RapidEye	Couverture d'images satellites du territoire (résolution de 5 mètres)
	LIDAR (Light Detection And Ranging)	Modèles numériques de terrain
Cartes thématiques	Cartes pédologiques du Québec agricole (IRDA)	Données pédologiques
	PACES (Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines), du MELCCFP	Cartographie quaternaire, stratigraphie, texture, drainage, etc.
	Cartes géologiques	Données géologiques
Points CMR	Données ponctuelles du MELCCFP prises sur le terrain pour différents projets	Données spécifiques sur les sols; origine, texture, drainage, etc.
	MRNF: Ministère des Ressources naturelles et des Forêts	Données spécifiques sur les sols; origine, granulométrie, etc.
	IRDA: Institut de recherche et de développement en agroenvironnement	Données pédologiques (type de sols; origine, granulométrie, drainage, etc)
Cartes écologiques	MELCCFP: Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs	Niveaux supérieurs du CERQ

Les données LiDAR fournissent une image très détaillée du territoire qui facilite l'interprétation des structures spatiales, de la géologie, des dépôts de surface, du drainage, etc. (figure 2.2). Les données sur le milieu physique (géomorphologie ; dépôts de surface ; pédologie) et les images LiDAR vont s'avérer les plus pertinentes.

LiDAR : La télédétection par laser ou LiDAR, acronyme du terme anglais *light detection and ranging* ou encore *laser imaging detection and ranging* est une technique de mesure de haute précision de la surface en trois dimensions de la terre fondée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau de lumière laser renvoyé vers son émetteur.

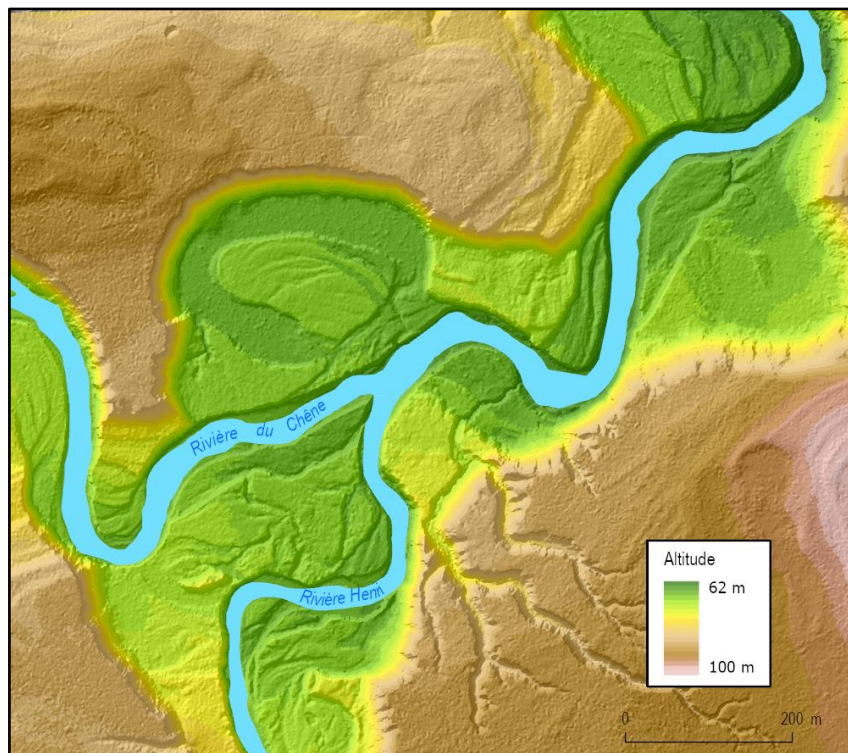


Figure 2.2 : Exemple d'image LiDAR dans le secteur de la confluence de la rivière Henri et de la rivière du Chêne

2.2.2 Cartographie préliminaire (découpage spatial et description)

La cartographie préliminaire repose d'abord sur la qualité des informations et des outils disponibles. Elle repose aussi, pour beaucoup, sur la capacité d'analyse du cartographe qui est étroitement liée à la mémoire des expériences qu'il a accumulées.

Ici, par exemple, les informations sur la nature des dépôts de surface et leur cartographie à une échelle pertinente abondent ; malheureusement, elles se contredisent trop souvent. La principale incertitude concerne la localisation et l'importance relative des dépôts morainiques en regard des dépôts marins littoraux. De plus, les auteurs de ces cartes soulignent la faiblesse voire l'inexistence des validations de terrain : l'interprétation étant avant tout basée sur l'analyse de photographies aériennes ou d'images satellites. La cartographie préliminaire a aussi pris en compte des informations substantielles (de terrain) provenant de travaux antérieurs.

Étant donné le relief peu marqué de la FSL (hormis aux abords du réseau hydrographique), l'analyse spatiale présidant à la cartographie préliminaire va surtout s'appuyer sur des données de télédétection (plus particulièrement sur l'analyse d'images LiDAR), sur les cartes de dépôts de surface analysés à l'étape précédente et sur la configuration du réseau hydrographique. Outil performant pour la mise en évidence des formes de relief et de leur agencement spatial, l'imagerie LiDAR est, cependant, un outil récent qu'il faut apprivoiser. Est-ce qu'une signature apparemment identique sur une photographie aérienne conventionnelle et sur l'image LiDAR traduit le même phénomène (figure 2.3)? Il faut, pour le moins, s'en assurer par les validations de terrain.

Ainsi, l'image LiDAR propose souvent des formes de terrain ayant toutes les apparences de lignes de plage. La validation terrain a souvent infirmé cette interprétation : c'étaient plutôt des crêtes morainiques remaniées par les eaux de la mer Champlain. Le remaniement n'affectait pas suffisamment la matrice originale (texture et pierrosité) pour la considérer comme une ligne de plage. C'est une situation fréquente dans la FSL.

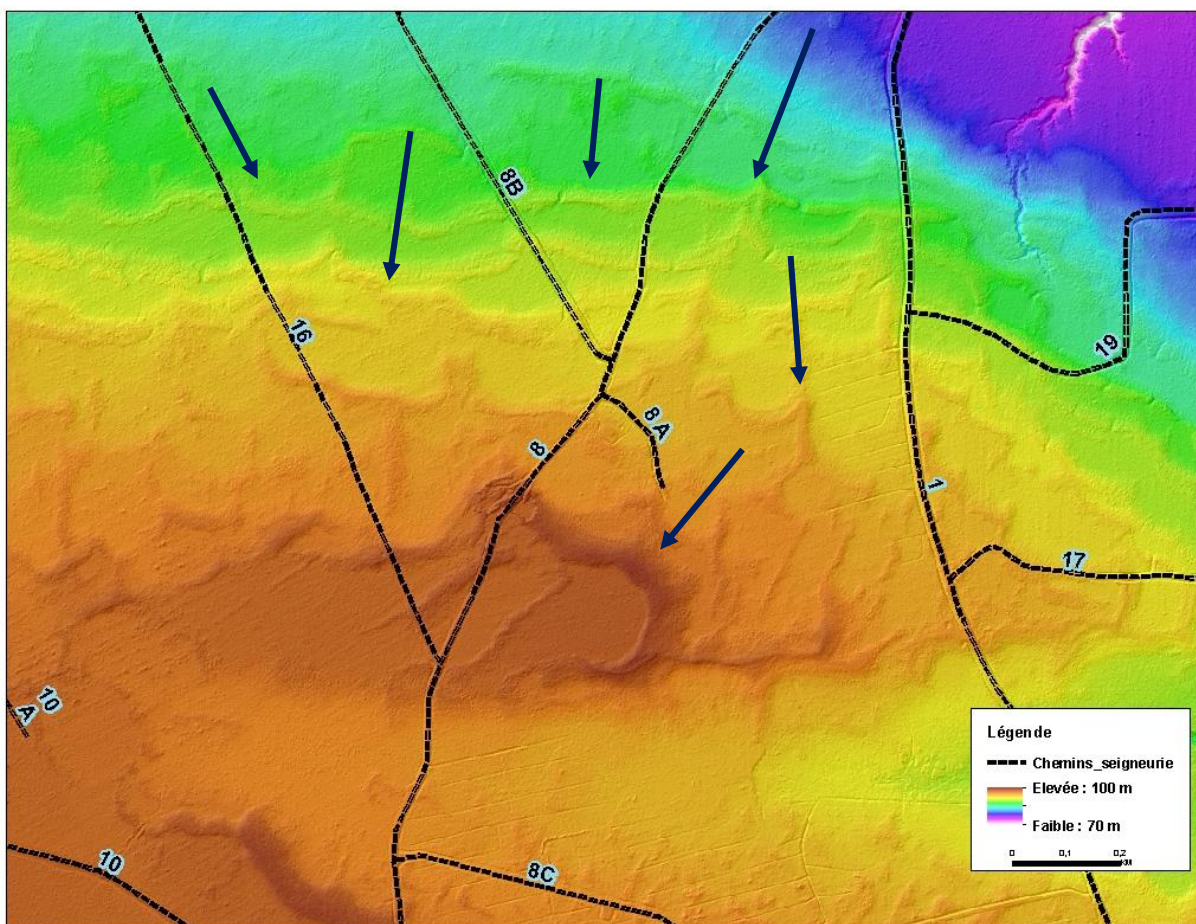


Figure 2.3 : Crêtes morainiques remaniées sous imagerie LiDAR. Les numéros sont associés aux chemins

La réalisation de la cartographie préliminaire s'inscrit évidemment dans le système hiérarchique des niveaux de perception emboîtés du CERQ (cf. 2.1) ; cette étape consiste donc à proposer, d'abord, un découpage cartographique dans les limites des ensembles topographiques, niveau 5 du CERQ, disponible pour la FSL (niveau cartographié pour la province naturelle des basses terres du Saint-Laurent). Pour ce faire, le cartographe interprète, en premier lieu, la distribution horizontale des formes de terrain et des dépôts de surface ; il propose ainsi un découpage de formes simples de terrain, les entités topographiques, niveau 6 du CERQ. Ultérieurement, à l'intérieur de ces entités topographiques, il recherchera et mettra en évidence les éléments topographiques (niveau 7), constitutifs des entités. Chaque polygone de chaque niveau (5 – ensemble physiographique, 6 – entité topographique et 7 – élément topographique) est décrit par une description générale et une description détaillée, représentant son hétérogénéité interne (tableau 2.2).

Chaque niveau de perception est hétérogène (crée sa propre hétérogénéité) même si les formes de terrain ou les éléments du réseau hydrographique sont de plus en plus simples en descendant dans la hiérarchie. (Ducruc et coll., 2019, p.57)

Tableau 2.2 Exemple de description des polygones cartographiques

Description générale :

FID07	ID_NIV_07	ETAT	FORME	DÉPÔT	DRAIN	DECLI	REMARQUE	SUB_HA
28521	B020604020603	Ver.3 (mars 2022)	CR	1AER	23	CD	n.d.	22

CR/1AER/23/CD : **Crête de till remanié bien drainé avec pente CD**. Ici correspond la description générale, par sa dominance des variables déterminantes dans le polygone.

Description détaillée :

Ci-dessous, la description détaillée réunit les composantes internes du polygone cartographique.

FORME	DÉPÔT	DRAIN	DECLI	POURCENTAGE	ORDRE
CR	1AER	23	CD	55	1
TR	1AE	23	AB	30	2
TP	5S	45	AB	10	3
LV	6DH	23	AB	5	4



Forme	
CR	Crête
LV	Levé
TP	Terrain plat
TR	Terrain

DÉPÔT	
1AE	Dépôt glaciaire indifférencié, épais
1AER	Till remanié épais et mince
5S	Dépôt marin d'eau agitée
6DH	Dépôt littoral de haute plage

DECLI	
AB	0-5 %
CD	5-15 %

2.2.3 Campagne de terrain (validation de l'étape précédente)

La campagne de terrain poursuit trois objectifs majeurs :

- Comprendre les traits majeurs de la mise en place du territoire ; en l'occurrence, valider le rôle de l'empreinte géologique (influence du socle rocheux) et comprendre les éléments marquants quaternaires, surtout les épisodes de déglaciation et d'invasion marine (cf. Annexe 1) ;
- Comprendre la distribution et la caractérisation des formes de terrain, nature des matériaux meubles, configuration du réseau hydrographique (intimement lié à la rubrique précédente) ; Lever les incertitudes soulevées lors de la cartographie préliminaire : identification des dépôts ; reconnaissance des formes et des associations de formes de terrain particulières ; évaluation des classes de drainage ; etc. ;
- Valider et ajuster la description des polygones proposée par la cartographie préliminaire.

L'ensemble de ces éléments guident la répartition spatiale des points de contrôle, dont la finalisation considère également les contraintes d'accessibilité, les contraintes budgétaires et l'échéancier de réalisation. Au total, nous avons pu disposer de 274 points de contrôle pour valider la cartographie préliminaire (figure 2.4), pour lesquels les informations sont consignées dans une base de données.

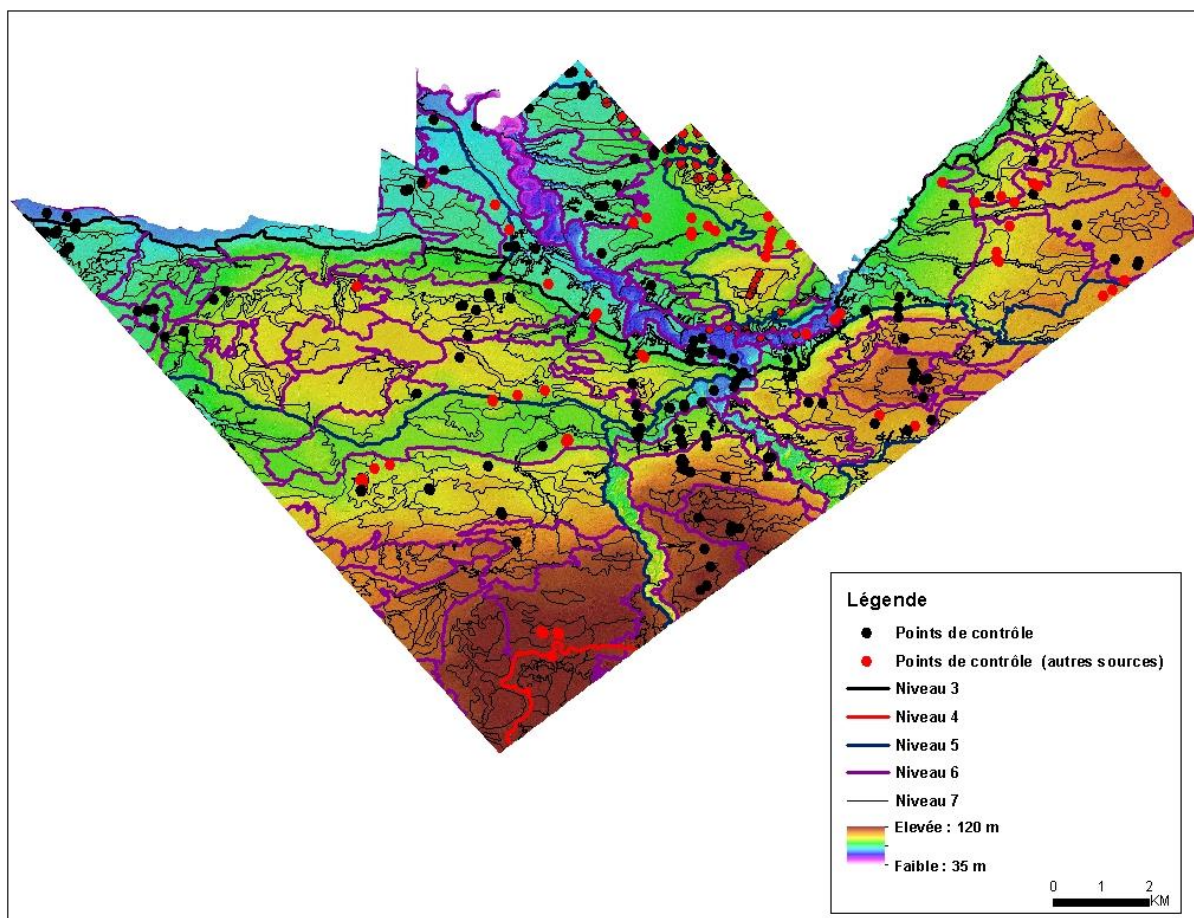


Figure 2.4 : Localisation des points de contrôle sur le terrain

2.2.4 Corrélation et cartographie finale

Au retour de la campagne de terrain, la première étape consiste à finaliser le modèle de mise en place des dépôts de surface et d'en proposer la représentation spatiale (figure 3.3) qui supportera la cartographie finale. En fait, il s'agit de valider les hypothèses de mise en place des dépôts de surface illustrées par la figure 3.4.

La deuxième étape correspond à un important travail de corrélation au cours duquel le cartographe doit valider l'interprétation de chaque élément topographique indépendamment de sa localisation dans le territoire et de son association avec d'autres éléments topographiques. Par exemple, les terrains en till épais remanié bien drainé (TR/1AER/AB/23) doivent présenter des caractéristiques semblables dans tous

les polygones dans lesquels on les retrouve. Les terrains plats en sables marins mal drainés (TP/5S/AB/45) doivent également présenter les mêmes caractéristiques d'ensemble partout sur le territoire, quelle que soit leur association avec d'autres éléments topographiques. Cette corrélation assure une constance dans l'interprétation et la description des polygones. Pour ce faire, le cartographe revisite la cartographie préliminaire à la lumière des informations colligées lors de la campagne de terrain.

La réalisation de ces deux étapes mène à la cartographie finale : 750 polygones cartographiques (annexe 4) décrits à l'aide de 48 combinaisons de « *Forme-dépôt-drainage-déclivité* » (annexe 3).

2.2.5 Classification des polygones cartographiques des éléments topographiques

Afin de faciliter l'utilisation de cette carte, tout en respectant la diversité écologique du territoire cartographié à grande échelle, nous avons soumis les 750 polygones à un processus de classification. La classification regroupe les polygones écologiques en classes en se basant sur la ressemblance ou la proximité écologique des éléments topographiques qui les composent. Les variables considérées pour cette classification sont : les formes de terrain, la déclivité, les dépôts de surface et le drainage, variables essentielles à la caractérisation des éléments topographiques.

Pour ce faire, nous avons fait appel au logiciel R qui est un système d'analyse statistique et graphique (Ihaka et Gentleman, 1996 ; Lafaye de Micheaux et coll., 2014). Ce logiciel permet de réaliser d'importants calculs statistiques sur une grande quantité de données, de générer des représentations graphiques et de déterminer le nombre de classes optimales pouvant être obtenues en fonction des données analysées.

Nous avons créé une matrice dans laquelle les lignes représentent les identifiants de chaque polygone (Forme de terrain/dépôt de surface/déclivité/drainage) et les colonnes, le pourcentage d'occupation dans le polygone. Nous avons soustrait de l'analyse les polygones très peu fréquents pour diminuer les distorsions dans le traitement statistique. Même si ces derniers représentent près de 20 % des polygones cartographiés (147/750), ils couvrent à peine 7 % de la superficie de la FSL. Nous les réintroduisons dans la liste issue de la classification.

3. Le Cadre écologique de référence de la FSL : les résultats cartographiques

Comme souligné au point 2.1, la cartographie écologique à grande échelle de la FSL s'inscrit dans le système hiérarchique du CERQ. Sans passer en revue tous les niveaux de perception supérieure, nous partions du niveau 5 du CERQ, les ensembles topographiques, qui permettent de bien cadrer la cartographie au 1 : 20 000 réalisée ici. Ils proposent un découpage territorial exprimé au travers de patrons d'organisation spatiale génétiquement liés par l'origine et la dynamique de mise en place des dépôts de surface.

3.1 Les ensembles topographiques (niveau 5)

Les ensembles topographiques qui englobent ou touchent les limites de la Seigneurie sont au nombre de 12 ayant une superficie moyenne de 48,7 km² (figure 3.1). Nous avons analysé et décrit seulement les 6 ensembles topographiques qui occupent une superficie significative de la FSL, parmi ces 12 (annexe 2).

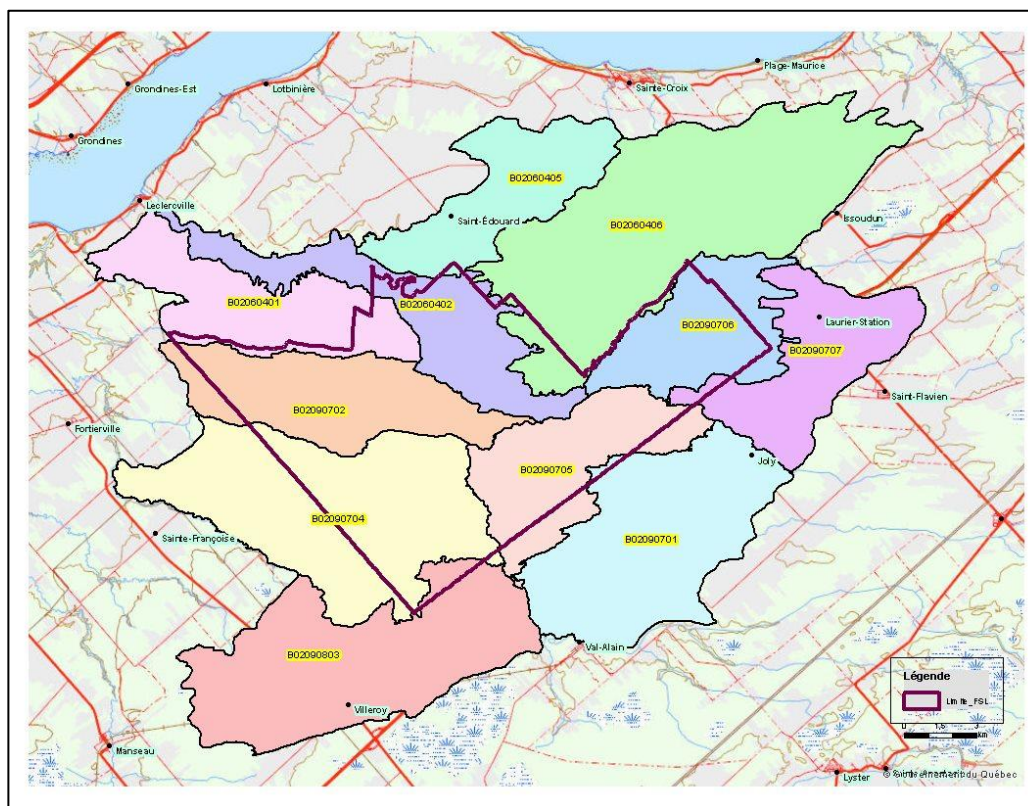


Figure 3.1 : Les 12 ensembles topographiques touchant la FSL

3.2 Les entités topographiques (niveau 6)

Les entités topographiques mettent en évidence la structure interne de l'ensemble topographique. L'entité correspond à une forme simple de terrain ; cependant, la plupart du temps, il est bien difficile de les cartographier isolément, car, même à ce niveau de perception, il arrive très souvent que deux ou plus de formes simples de terrain soient étroitement entremêlées et traduisent un complexe de formes simples (Ex. : une tourbière parcourue par une succession de petites rides de sols minéraux de sables littoraux ou d'origine glaciaire ; un complexe de petites crêtes morainiques entrecoupé de terrains plats mal drainés). En de tels cas, la forme dominante qualifie l'entité. Une morphologie générale est également attribuée au polygone cartographique.

La cartographie reconnaît 79 polygones distincts, qui englobent ou touchent les limites de la FSL, qualifiés par six formes de terrain général ; leur superficie moyenne est de 3,2 km². Une description écologique de ces polygones de niveau 6 se retrouve également dans la base de données qui accompagne ce rapport.

3.3 Les éléments topographiques (niveau 7)

À leur tour, les éléments topographiques soulignent la structure interne des entités topographiques ; ils correspondent aux éléments constitutifs d'une forme de terrain particulière (Ex. : le replat ou le talus d'une terrasse ; le sommet ou les flancs d'une butte) ; la plupart du temps, un élément topographique correspond à une position topographique particulière et possède une morphologie propre (voir la figure 3.6). Malgré ce niveau de détail, il reste quand même encore difficile de circonscrire des polygones cartographiques constitués (ou correspondant à) d'une seule combinaison forme de terrain/dépôt/drainage/déclivité : la plupart du temps, les polygones cartographiques de ce niveau sont plutôt composés d'une combinaison dominante accompagnée de quelques combinaisons secondaires.

Au total, la cartographie de ce niveau propose 750 polygones cartographiques distincts, d'une superficie moyenne de 0,21 km² (21 ha ; annexe 4) à l'intérieur de la FSL.

La figure 3.2 illustre l'emboîtement des polygones de niveaux 6 et 7 dans un polygone du niveau 5 (ensemble topographique).

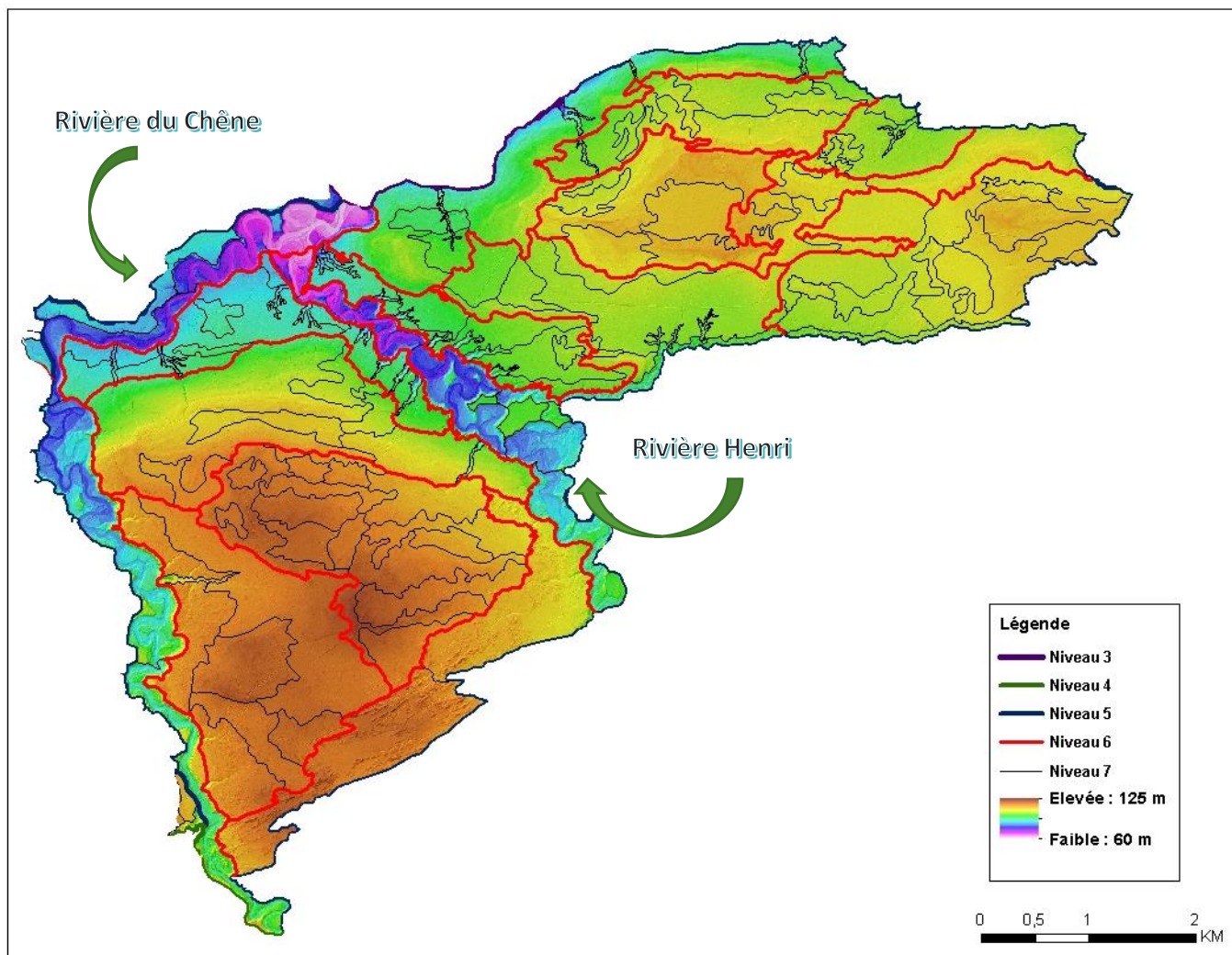


Figure 3.2 Exemple d'un ensemble topographique (niveau 5) avec les niveaux de perception 6 et 7 emboîtés

3.3.1 Carte thématique interprétative : quelques exemples

▪ Dépôts de surface dominants

Cette carte a été réalisée à partir du fichier descriptif général des 750 polygones du niveau 7 en sélectionnant le code du dépôt de surface dominant dans la table d'attribut.

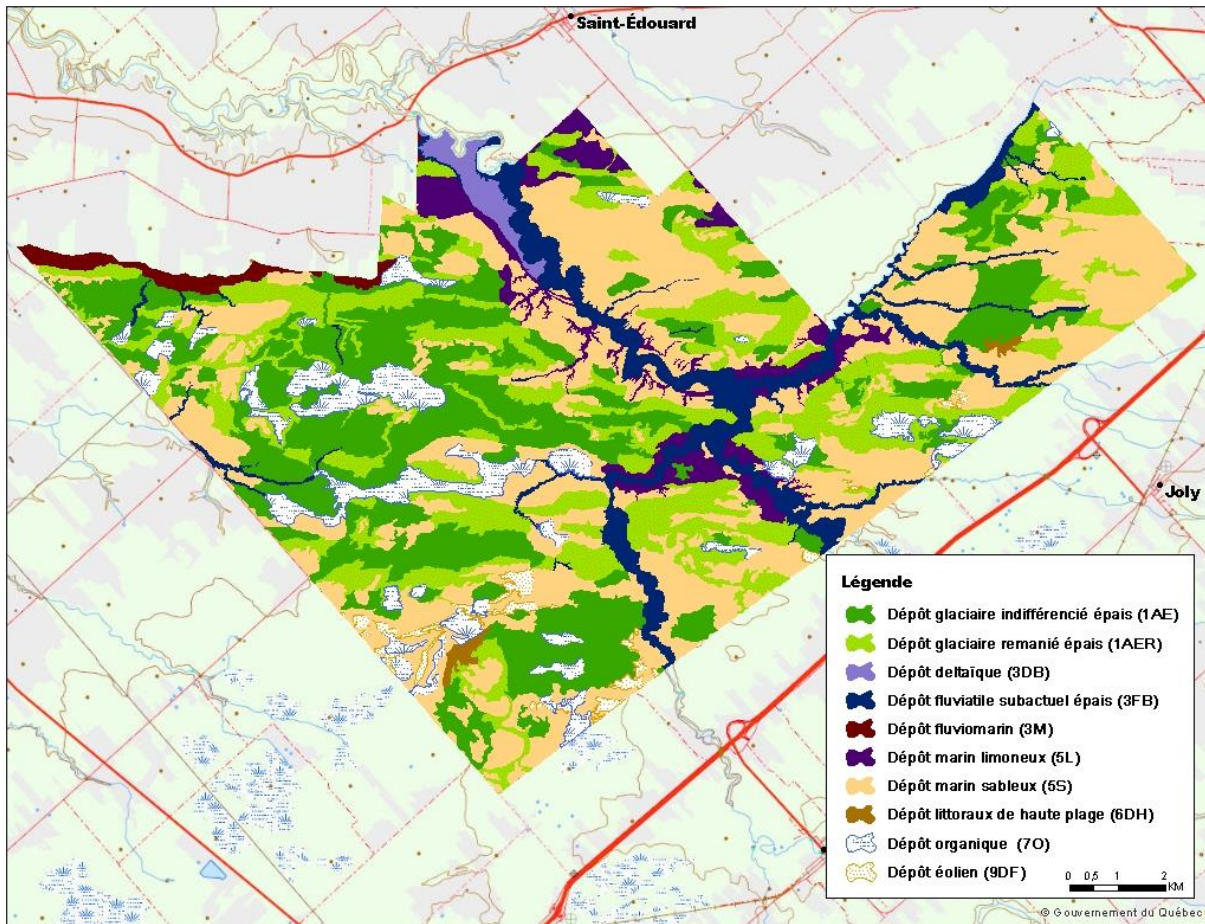


Figure 3.3 : Carte interprétative des dépôts de surface dominants

DEPOT	1AE	1AER	3DB	3FB	3M	5L	5S	6DH	7O	9DF
Sup (km ²)	39,9	33,7	1,6	11,9	1,9	6,8	53,8	0,6	10,4	1,8
%	24,6	20,7	1,0	7,3	1,2	4,2	33,1	0,4	6,4	1,1

Cette carte (figure 3.3) fournit une image de la répartition spatiale des dépôts de surface dominants qui diffère grandement de l'image habituelle : en effet, la majorité des documents précédents traitant des dépôts de surface de la FSL proposent une dominance de dépôts sableux (surtout d'origine marine, mais

aussi fluviale [Baril et Rochefort, 1957]. Nos travaux montrent que les dépôts glaciaires abondent plus que la littérature ne le laisse paraître, surtout à l'ouest de la rivière du Chêne. Une bonne proportion de ces dépôts glaciaires présente des traces de remaniements liés au contact des eaux de la mer de Champlain. Ils sont, de toutes parts, entourés de dépôts marins surtout sableux mis en place en eaux peu profondes. On remarque également de nombreuses tourbières dans cette partie du territoire, associées aux dépôts morainiques.

Les alluvions fluviales actuelles et subactuelles soulignent bien le réseau hydrographique contemporain. Deux particularités méritent d'être signalées : la présence d'une partie d'un imposant delta au lieu où la rivière du Chêne quitte le territoire et, aux limites nord de la FSL, la présence d'un paléochenal du Proto-Saint-Laurent dont le fond est comblé de dépôts fluvio-marins.

▪ **Modèle de la déglaciation de la FSL**

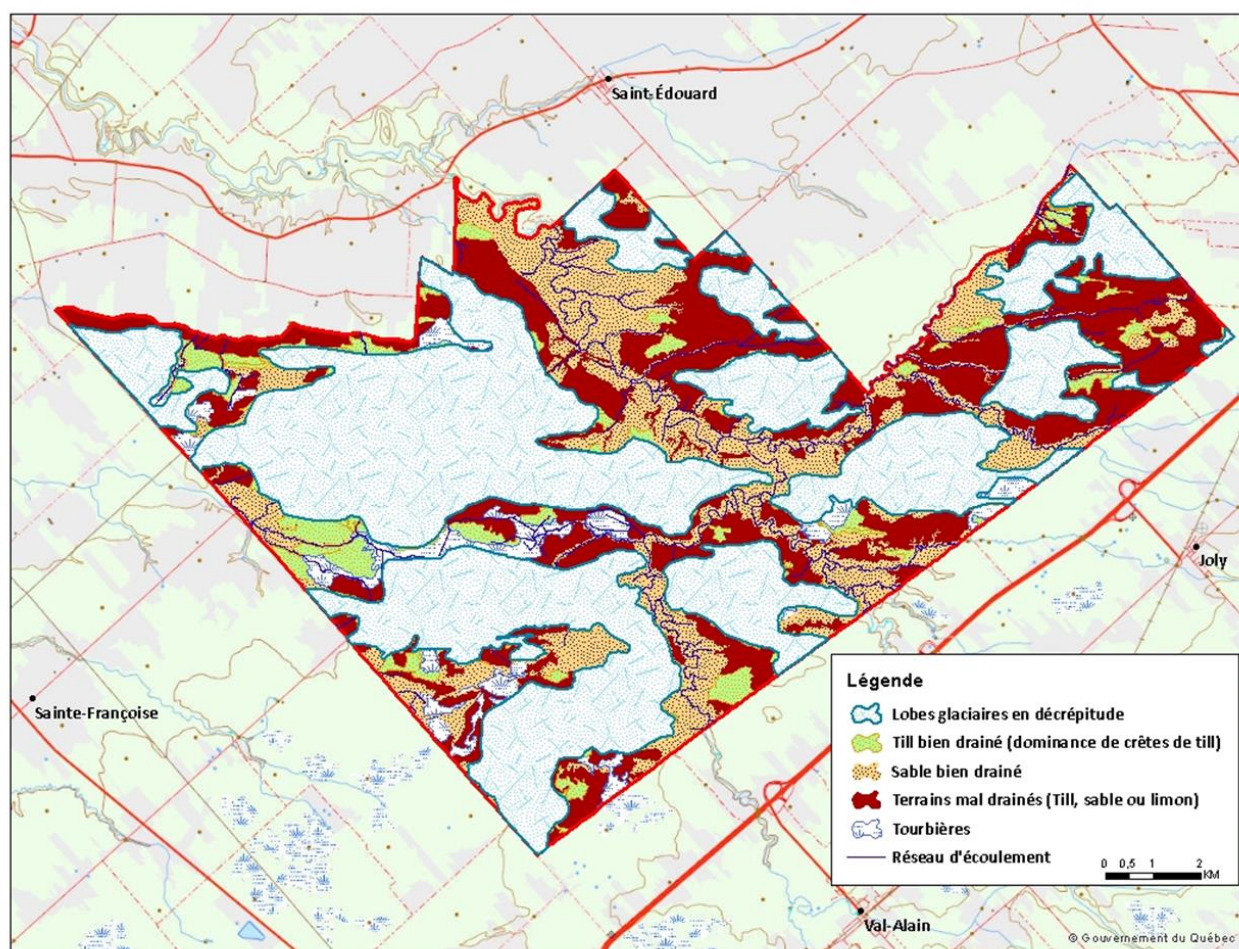


Figure 3.4 : Modèle de la déglaciation de la FSL

Cette carte interprétative a été réalisée à la suite d'analyses des dépôts de surface dominants (figure 3.4), d'interprétations géomorphologiques sur le terrain, d'analyses de rapports scientifiques et d'informations cartographiques traitées en provenance du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), Secteur des mines.

Ce modèle de la déglaciation de la FSL propose une interprétation originale de la mise en place et de la répartition spatiale des dépôts meubles et de leurs caractéristiques écologiques et texturales.

Comme nous l'avons déjà souligné, l'image des dépôts de surface de la FSL tirée de la littérature est celle d'un territoire plat, hormis aux abords du réseau hydrographique, recouvert de sables déposés dans des eaux peu profondes de la mer de Champlain. Cette image repose sur un modèle de déglaciation du territoire dans lequel l'invasion de la mer de Champlain suivait le recul (la fonte glaciaire) de manière régulière et uniforme. Ce ne fut pas le cas !

Loin d'être uniforme et continue, la déglaciation du territoire fut plutôt ponctuée de périodes de stagnation et même de réavancées locales. Le front glaciaire en décrépitude était vraisemblablement constitué de nombreux lobes glaciaires (Prichonnet et coll., 1982) qui reculaient en libérant des icebergs (Medrzycka, 2015) et des radeaux de glace (Bishof, 2000) qui se détachaient du glacier et dérivèrent dans les eaux de la mer de Champlain. De nombreuses observations de terrain, lors des campagnes réalisées en 2020 et 2021, corroborent un tel modèle de déglaciation. Les ondulations de relief, la concentration de pierrosité en surface en périphérie de ces ondulations, les nombreux blocs erratiques, la nature et la texture du sol loin d'être uniformément sableuses, supportent bien un tel modèle de mise en place des dépôts de surface.

La figure 3.4 basée sur la cartographie des dépôts de surface dominants extraits des polygones cartographiques du niveau 7 et sur des observations de terrain illustre le modèle de déglaciation qui a présidé à la mise en place des dépôts de surface de la FSL.

Formes de terrain dominantes

Cette carte a été réalisée à partir du fichier descriptif général du niveau 7 en sélectionnant le code des formes générales de la table d'attribut.

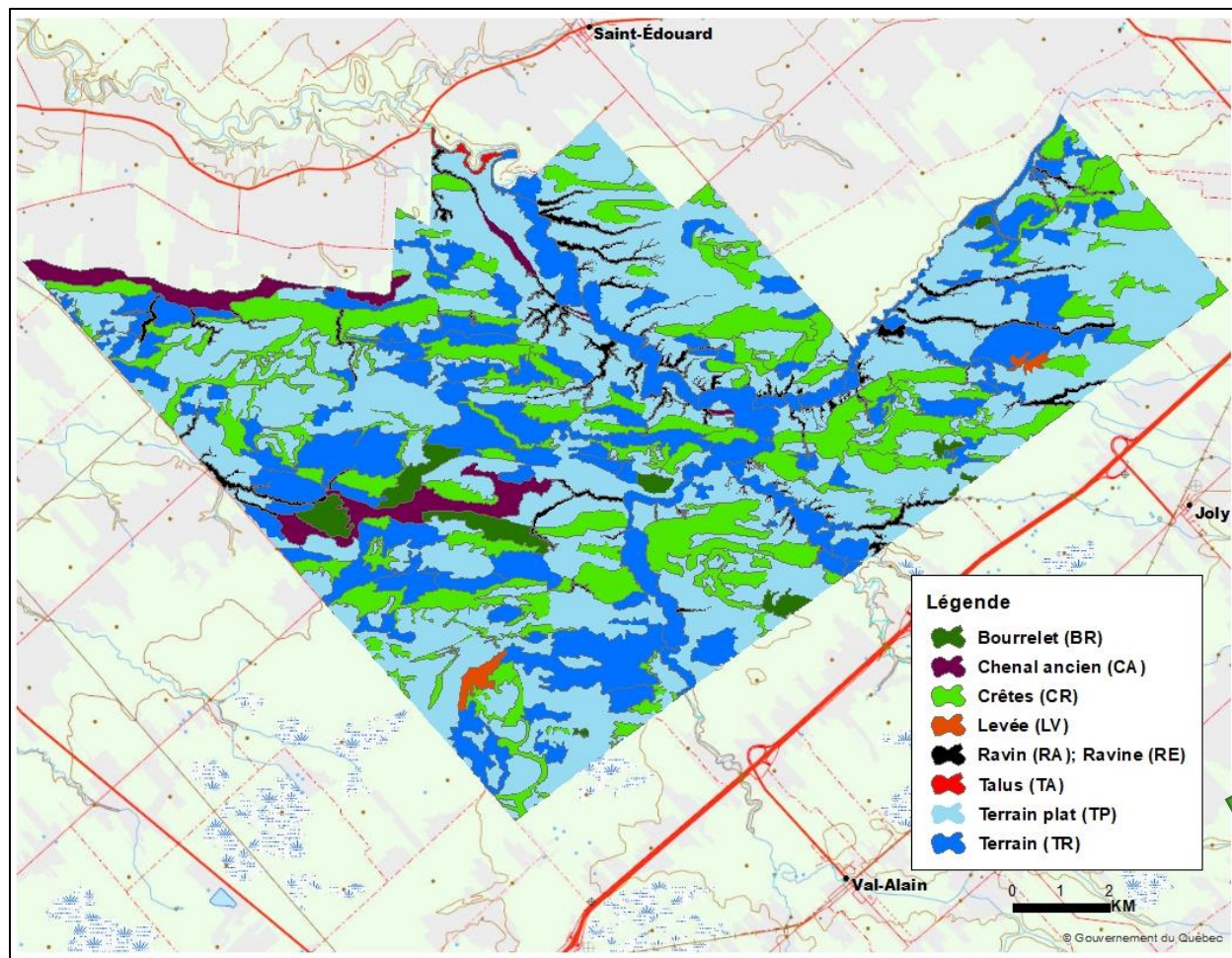


Figure 3.5 : Carte interprétative des formes de terrain dominantes

FORME	BR	CA	CR	LV	RA - RE	TA	TP	TR
Sup (km ²)	3,0	4,4	33,8	0,6	5,3	0,2	75,6	39,6
%	1,8	2,7	20,8	0,4	3,3	0,1	46,5	24,4

3.3.2 Classification des éléments topographiques (polygones cartographiques de niveau 7)

La lecture de la carte du niveau 7 du CERQ (annexe 4) montre que des polygones de même dénomination se répètent sur le territoire ; plusieurs d'entre eux sont composés des mêmes combinaisons « forme de terrain-dépôt-drainage-déclivité » en proportions identiques alors que d'autres présentent de petites différences (en proportion relative des combinaisons « forme-dépôt-drainage-déclivité » ou différentes combinaisons « forme-dépôt-drainage-déclivité »). Ils couvrent alors d'importantes superficies. À l'inverse, on découvre aussi plusieurs polygones peu fréquents qui occupent, la plupart du temps, de faibles superficies (tableau 3.1).

Tableau 3.1 Importance relative de quelques polygones cartographiques du niveau 7

Polygones cartographiques	Fréquence	Superficie (ha)	%
TP/5S/45/AB	128	3618,6	22,5
TR/1AE/23/AB	101	3031,7	19
CR/1AER/23/CD	117	3148,5	19,5
TP/3M/45/AB	1	3,1	0,01
TP/3FB/45/AB	2	29	0,2
RA/5S/23/F	3	12	0,07

TP/5S/45/AB : Terrain plat de sable marin mal drainé

TR/1AE/23/AB : Terrain peu accidenté en till épais bien drainé

CR/1AER/23/CD : Crête de till épais remanié bien drainé (pente 5-15 %)

TP/3M/45/AB : Terrain plat d'alluvions fluviomarines mal drainées

TP/3FB/45/AB : Terrain plat d'alluvions fluviales subactuelles mal drainées

RA/5S/23/F : Ravin dans le sable marin bien drainé (pente 30-60 %)

Il en est de même des 48 combinaisons « *forme-dépôt-drainage-déclivité* » qui supportent la description détaillée des 750 polygones cartographiques : certains d'entre eux, très fréquents, couvrent de grandes superficies alors que d'autres, peu fréquents, ne couvrent que de très faibles superficies (tableau 3.2). Ces derniers seront assimilés avec des combinaisons les plus voisines pour contribuer à la classification des polygones.

Tableau 3.2 Combinaisons « *forme-dépôt-drainage-déclivité* » très peu fréquentes et ne couvrent que de très faibles superficies et combinaisons les plus fréquentes couvrant des grandes superficies

Combinaisons « <i>forme-dépôt-drainage-déclivité</i> »	Fréquence (Nombre de polygones)	Superficie (ha)	%
TA/3DB/23/F	1	3,3	0,02
RA/1AE/23/E	2	2	0,01
TR/1AE/23/CD	4	4,7	0,03
TP/5S/23/AB	194	1779,5	11
TR/1AE/23/AB	310	3067,3	13,8
TP/5S/45/AB	355	3587,6	22,5

TA/3DB/23/F : Talus de sable deltaïque bien drainé (pente 30-60 %)

RA/1AE/23/E : Ravin en till épais bien drainé (pente 15-30 %)

TR/1AE/23/CD : Terrain peu accidenté en till épais bien drainé (pente 5-15 %)

TP/5S/23/AB : Terrain plat de sable marin bien drainé

TR/1AE/23/AB : Terrain peu accidenté en till épais bien drainé

TP/5S/45/AB : Terrain plat de sable marin mal drainé

La classification regroupe les polygones écologiques en se basant sur la ressemblance ou la proximité écologique des combinaisons de « *forme-dépôt-drainage-déclivité* » qui les composent. Ce sont les variables essentielles à la caractérisation des éléments topographiques.

Cette classification permet de regrouper les 750 polygones initiaux en 14 classes distinctes (tableau 3.3; figures 3.6 et 3.7). Le tableau 3.4 résume la distribution en pourcentage médian de 32 combinaisons de « *forme-dépôt-drainage-déclivité* » dans les 14 classes de polygones des éléments topographiques.

Tableau 3.3 Les 14 classes de polygones cartographiques de niveau 7 après classification

Classe	Nom de la classe
cl01	Terrain de till bien drainé
cl02	Terrain de till mal drainé
cl03	Bourrelet de till indifférencié et remanié bien drainé
cl04	Crête de till remanié bien drainé
cl05	Terrain de sable marin bien drainé
cl06	Terrain de sable marin mal drainé
cl07	Terrain de limon marin mal drainé
cl08	Delta bien drainé
cl09	Terrasse fluviatile bien drainée et mal drainée
cl10	Chenal ancien fluviomarin mal drainé
cl11	Terrain organique
cl12	Dune
cl13	Ravin
cl14	Ravine

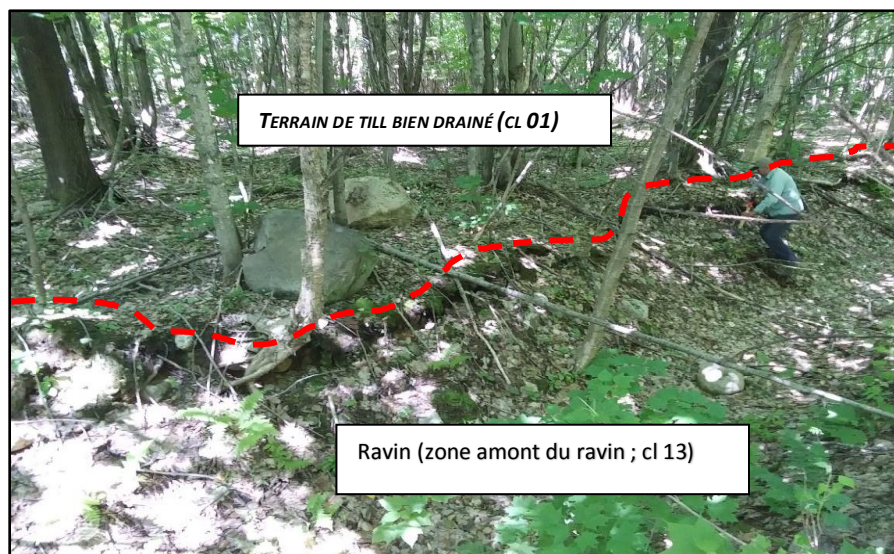


Figure 3.6 : Exemple de deux éléments topographiques (niveau 7) distincts représentés sur le terrain

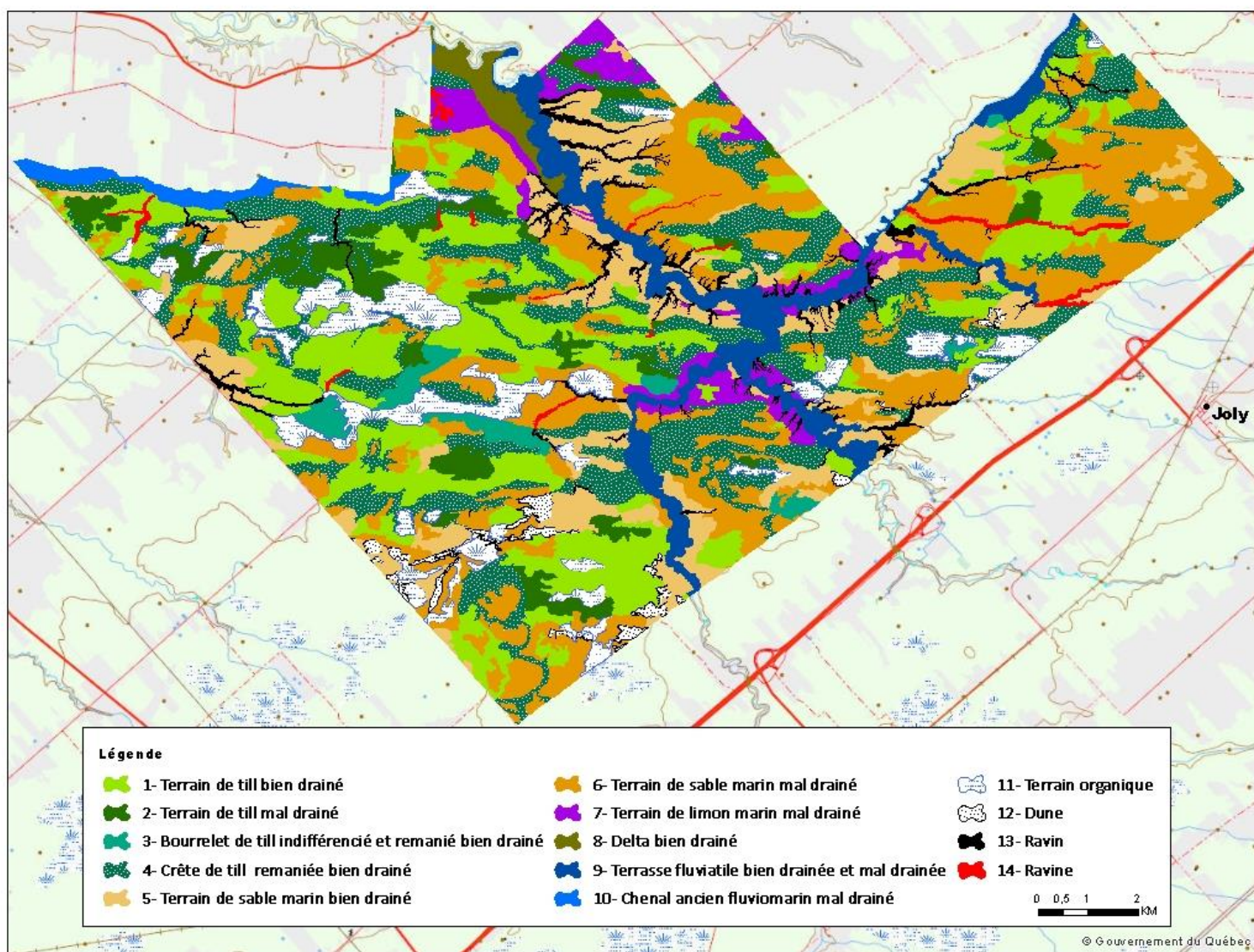


Figure 3.7 : Carte des 14 classes de polygones du niveau 7

Tableau 3.4 Distribution des combinaisons de « forme-dépôt-drainage-déclivité » (% médian) dans les classes de polygones issues de la classification. Les couleurs sont attribuées selon leurs indices de pourcentage, pour une meilleure visibilité. Pour les besoins de l'illustration, nous présentons seulement les 32 combinaisons les plus significatives parmi les 48 combinaisons de la FSL (annexe 3).

Exemples de lecture :

CI01 : Terrain glaciaire bien drainé

La combinaison dominante est **TR/1AE/AB/23** : valeur médiane d'occupation des polygones de la classe : **70 %**

Les combinaisons secondaires (les plus susceptibles d'être associées):

- **CR/1AER/CD/23** avec une valeur médiane d'occupation de **20 %**
- **BR/1AER/CD/23** avec une valeur médiane d'occupation de **15 %**
- **TP/1AE/AB/45** avec une valeur médiane d'occupation de **15 %**

Les combinaisons mineurs (très occasionnellement associées aux terrains glaciaires bien drainés)

- LV/ 6DH/AB/23
- CR/9 DF/E/1
- TP/5S/AB/23
- TP/5S/AB/45

CI06 : Terrain de sable marin mal drainé

La combinaison dominante est **TP/5S/AB/45** : valeur médiane d'occupation des polygones de la classe : **75 %**

Les combinaisons secondaires (les plus susceptibles d'être associées):

- **TP/5S/AB/23** avec une valeur médiane d'occupation de **20 %**
- **TA/5S/F/23** avec une valeur médiane d'occupation de **20 %**

Les combinaisons mineures (très occasionnellement associées aux terrains de sable marin mal drainé)

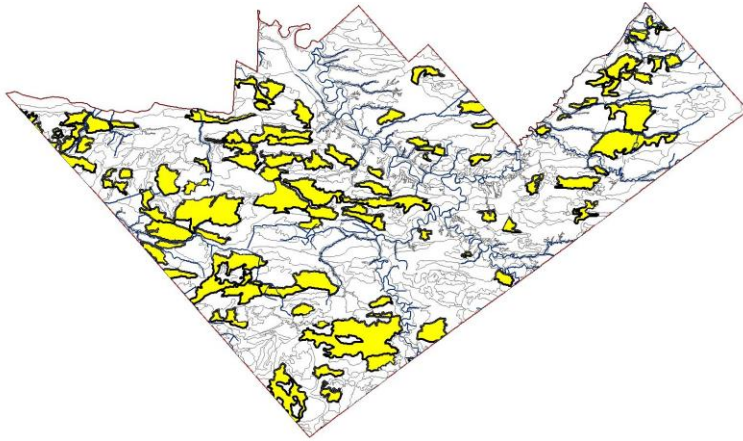
- TP/5L/AB/45
- LV/6DH/AB/23
- CR/9 DF/E/1

Élément topographique	cl01	cl02	cl03	cl04	cl05	cl06	cl07	cl08	cl09	cl10	cl11	cl12	cl13	cl14
BR_1AE_CD_23	10	5	55	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-
TA_1AE_F_23	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	30	30
TP_1AE_AB_45	15	70	10	5	10	10	10	-	-	-	10	-	-	-
TR_1AE_AB_23	70	20	25	20	10	10	10	-	-	5	10	-	-	70
BR_1AER_CD_23	15	5	60	5	20	10	-	-	-	-	5	-	-	-
CR_1AER_CD_23	20	10	20	63	10	8	8	-	-	-	-	-	-	-
TA_3DB_E_23	-	-	-	-	-	-	20	60	15	-	-	-	-	-
TA_3DB_F_23	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-
TA_3DB_G_23	-	-	-	-	-	-	-	5	30	-	-	-	55	-
TP_3DB_AB_23	-	-	-	-	-	-	-	95	-	-	-	-	-	-
TR_3FA_AB_23	-	-	-	-	-	-	20	5	10	-	-	-	10	10
CA_3FB_AB_45	-	-	-	-	30	-	-	-	10	-	-	-	10	-
TA_3FB_E_23	-	-	-	-	-	-	-	10	10	-	-	-	10	8
TP_3FB_AB_45	-	-	-	-	-	-	-	-	75	-	-	-	-	-
TR_3FB_CD_23	-	-	-	-	-	-	25	35	55	-	-	-	30	50
TA_3M_E_23	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-
TP_3M_AB_45	-	5	-	-	-	-	-	-	-	85	-	-	-	-
TA_5L_G_23	-	-	-	-	-	-	20	-	20	-	-	-	85	40
TP_5L_AB_45	-	-	-	20	5	10	80	-	-	-	10	-	10	-
RE_5S_E_23	5	-	-	5	5	5	-	-	-	-	-	10	-	-
TA_5S_F_23	-	-	-	-	10	20	50	-	20	-	-	-	55	40
TP_5S_AB_23	10	10	10	10	75	20	10	-	15	10	5	20	8	-
TP_5S_AB_45	10	10	30	10	20	75	15	-	30	5	20	8	10	-
TR_5S_AB_23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
LV_6DH_AB_23	5	5	5	10	5	5	10	-	-	-	-	-	-	-
RP_6DH_AB_23	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TP_70_AB_6	8	10	-	20	5	10	8	5	10	10	80	10	-	-
RP_8DN_AB_45	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	5	10
CR_9DF_E_1	5	-	-	10	10	5	-	-	-	-	10	80	-	-
RA_nd_E_23	5	-	-	-	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-
RA_nd_F_23	-	-	-	5	20	5	-	-	-	-	-	-	-	-
RA_nd_G_23	-	-	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-	10	-

3.3.3 Description des 14 classes de polygones cartographiées au niveau 7

La section suivante décrit les 14 classes issues de la classification des 750 polygones cartographiés au niveau 7 du CERQ.

Classe 1 - Terrain de till bien drainé



Superficie totale: 31 km²
Nb: 102

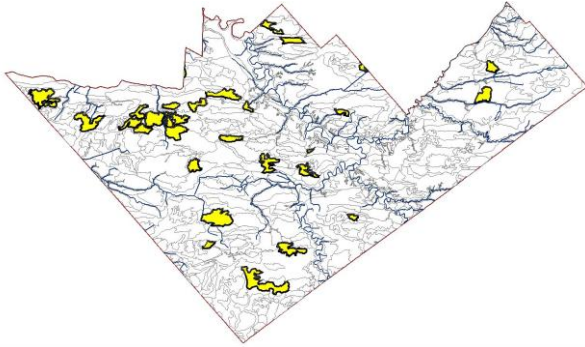
Les terrains de till bien drainés se retrouvent sur l'ensemble du territoire avec, cependant, une plus forte concentration à l'ouest de la rivière du Chêne et dans le secteur nord-est de la FSL. Un microrelief rugueux de faibles ondulations et de petits bourrelets évasés entre lesquels s'installent parfois de petits replats de terrains mal drainés caractérise sa surface. Souvent, la composition changeante de la végétation (sous-bois et couvert arboré) souligne ces variations de relief.

Des blocs erratiques en surface, dont certains mesurent plus d'un mètre de diamètre, témoignent de l'origine glaciaire de ces terrains. On observe aussi plusieurs remplissages de crevasses et quelques crêtes de poussées glaciaires. Ici et là, quelques petits amoncellements de sable et gravier dans lesquels abondent des cailloux et des blocs ; ils pourraient être associés à un till d'ablation. Occasionnellement, des sables marins mal drainés, avec une pierrosité de faible à nulle, caractérisent quelques petites superficies planes disséminées, çà et là.

Figure 3.8 : Sous-bois d'un terrain glaciaire bien drainé (noter la présence de blocs erratiques)



Classe 2 - Terrain de till mal drainé



Superficie totale: 7,5 km²

Nb: 33

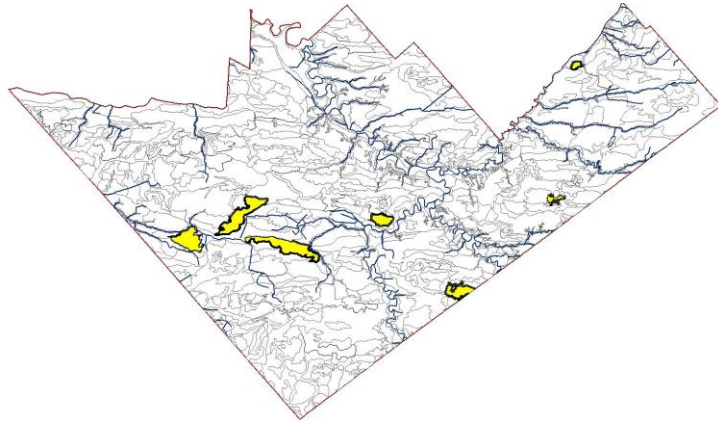
Les terrains de till mal drainés se concentrent au nord-ouest de la FSL formant des enclaves entre de longues et sinueuses crêtes de till remanié ; on les retrouve aussi aux pieds de bourrelets morainiques frontaux. Ils sont presque toujours en position topographique inférieure, parfois interrompus par quelques petites crêtes de remplissage de crevasses ou quelques amas de matériaux granulaires fort disséminés.

Le matériel correspond à un till de fond compact dont la texture varie de loam limoneux à sable loameux de couleur oxydée brun foncé. Le sol présente de nombreuses mouchetures qui traduisent un drainage subhydrique à hydrique (imparfait à mauvais). L'eau du sol s'évacue lentement et le sol reste humide pendant une bonne partie de la saison de croissance. La nappe phréatique, régulièrement présente à moins de 50 cm de la surface, affleure parfois. Cette classe supporte généralement une végétation de milieux humides répondant bien à la définition de marécage. On y rencontre d'ailleurs, assez souvent, des essais de drainage forestier (figure 3.9).



Figure 3.9 : Drainage forestier sur un terrain glaciaire mal drainé

Classe 3 – Bourrelet de till indifférencié et remanié bien drainé



Superficie totale: 2,9 km²

Nb: 7

Les bourrelets de till prennent la forme d'un bombement dont le dénivelé ne dépasse jamais la dizaine de mètres ; ils sont, la plupart du temps, linéaires et associés à la roche en place ou au matériel meuble sous-jacent.

On en retrouve un bel exemple à l'intersection des chemins 1 et 3, au sud d'un ancien chenal d'écoulement d'eaux de fonte glaciaire. Ces bourrelets constituent un réseau de bombements de 3 à 4 m de dénivelé, de longueurs et largeurs variables, entrecoupés de petites crêtes de till remanié et de dépressions comblées de sables mal drainés (figure 3.10). Ces bourrelets ont vraisemblablement été mis en place en périphérie d'une marge glaciaire active ; ils sont très semblables aux moraines de décrépitude qui abondent dans le nord du Québec.

Figure 3.10 : Bourrelets glaciaires



© Nature-Québec

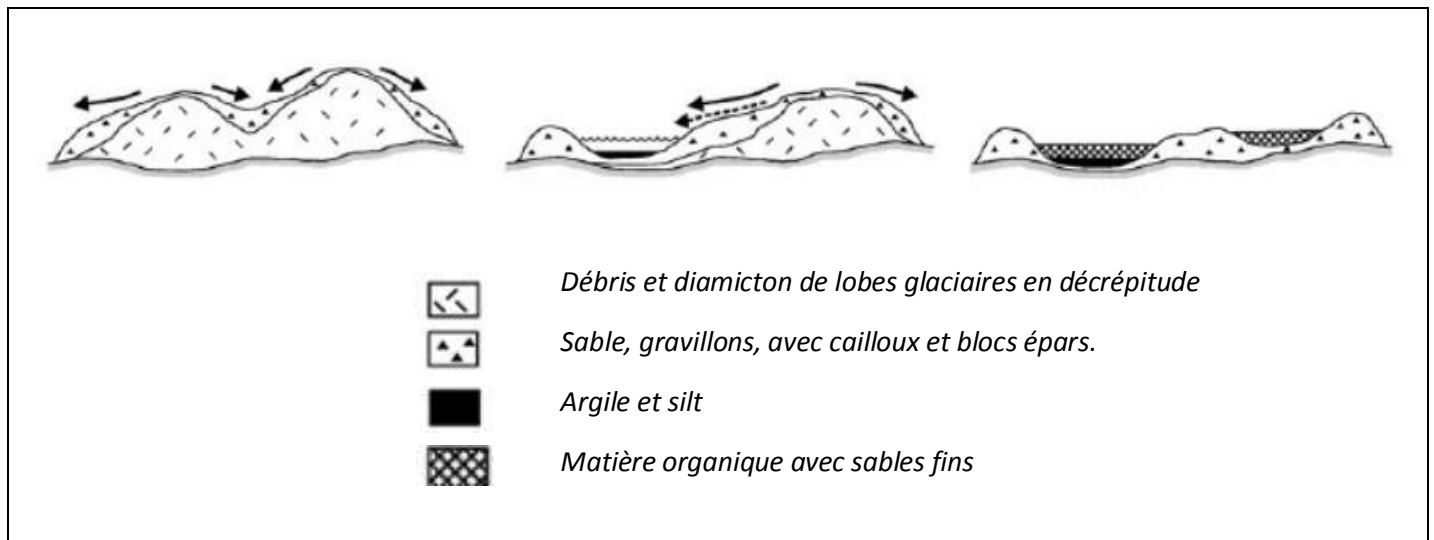
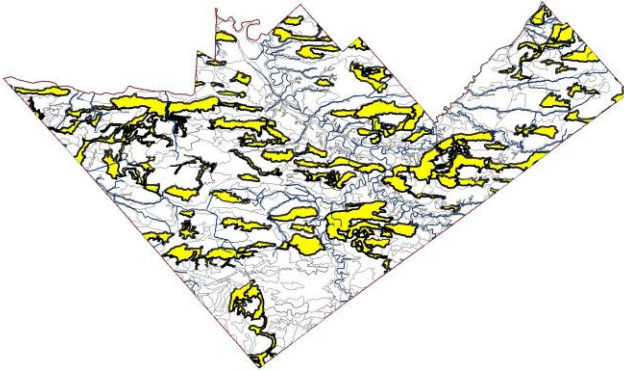


Figure 3.11 : Morphogénèse postglaciaire probable des bourrelets de till (classe 3). Les flèches indiquent une redistribution des sédiments originaux (modifié de Knudsen et coll., 2006)



Figure 3.12 : Certains bourrelets glaciaires présentent des blocs en surface

Classe 4 - Crête de till remanié bien drainée



Superficie totale: 32,7 km²

Nb: 123

Les crêtes de till remanié bien drainé sont omniprésentes sur le territoire. Elles sont associées aux multiples faciès du glacier lors de la déglaciation et surtout dues au remaniement superficiel des matériaux par les courants littoraux lors de l'exondation des eaux marines. Sur le terrain, nous avons reconnu trois types de crêtes :

1- Les plus nombreuses et les plus imposantes traduisent les limites (la périphérie) des lobes de glace en décrépitude et les accumulations morainiques frontales. Ces accumulations ont été superficiellement remaniées par les courants littoraux sous la forme de plages, cordons ou flèches littorales. La distribution spatiale de ces crêtes a probablement conditionné la configuration actuelle du réseau hydrographique.

2- le deuxième type de crêtes est associé aux remplissages de crevasses (figure 3.13). Il s'agit de sédiments stratifiés qui se seraient accumulés dans de petites crevasses infra et supraglaciaires d'une masse glaciaire stagnante. Il pourrait également correspondre à un till sous-glaciaire qui aurait comblé des fentes sous la glace lors de sa stagnation. Toutefois, les observations sur le terrain de crêtes dont le sommet est encombré d'amoncellement de blocs suggèrent plutôt l'origine d'écoulements infra et supraglaciaires de sédiments libérés par l'ablation. Certaines crêtes sont disposées en échelons, mais beaucoup semblent avoir été formées dans des crevasses transversales (nord-sud) qui recoupaient les masses de glaces stagnantes ; d'autres se sont déposées de façons aléatoires. Elles mesurent environ 250 m de long par une dizaine de mètres de large et dépassent rarement 20 m de hauteur.

3- le troisième type de crêtes correspondrait à des moraines de poussées. Ce sont de grandes et longues crêtes étroites, isolées des masses glaciaires qui ont fondu sur place. Elles se concentrent surtout dans le secteur ouest de la FSL. Durant l'inondation de la mer de Champlain, l'activité glacielle, en particulier les glaces de dérive et les glaces stagnantes ont certainement contribué aux rehaussements topographiques de ces formes particulières par l'accumulation de matériel sédimentaire allochtone. Des vérifications de terrain supplémentaires seraient nécessaires pour confirmer l'origine de ces crêtes.

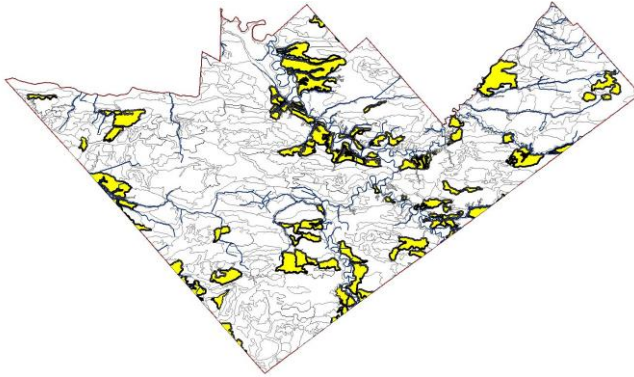
Figure 3.13 : Au centre de la photo, on distingue une crête avec un amoncellement de blocs sur le sommet; la genèse de cette crête par remplissage de crevasses est fort probable



Figure 3.14 : Versant d'une crête remaniée avec blocs en surface



Classe 5 - Terrain de sable marin bien drainé



Superficie totale: 16,6 km²
Nb: 96

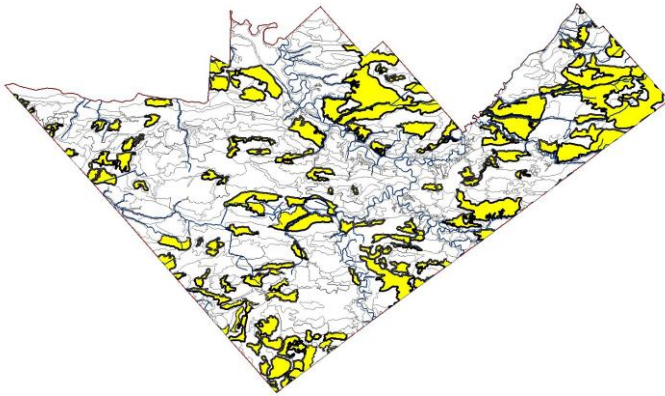
La présence des dépôts sableux d'origine marine (faciès d'eaux agitées) sur le territoire de la FSL est bien reconnue. Ils recouvrent des terrains plats, souvent entaillés par des ravins profonds et de longues ravines ; ils reposent généralement sur les sédiments marins limono-argileux (faciès d'eaux calmes). Le secteur nord-est, près de la rivière du Chêne, est un bon exemple. Ce dépôt épais consiste en des sables, graviers avec parfois des galets en stratification planaire ; le drainage est rapide à modéré.

À l'ouest et au sud de la FSL, les terrains plats de dépôts marins sableux bien drainés forment plutôt des îlots sporadiques, limités par des bourrelets et des crêtes de till remanié ; ils sont alors en association à des sols sableux mal drainés et avec quelques accumulations éparses de dépôts glaciaires.



Figure 3.15 : Terrain de sable marin bien drainé (noter l'horizontalité du dépôt)

Classe 6 - Terrain de sable marin mal drainé



Superficie totale: 36 km²

Nb: 127

Avec une superficie de 36 km², les terrains de sable marin mal drainé sont les plus abondants dans la FSL. Les plus grandes superficies sont toutefois situées au nord-est, en association avec les sables marins bien drainés, et quelques îlots de till bien drainé.

La nappe phréatique est très régulièrement proche de la surface et de nombreuses mouchetures (taches de rouille) marquent les profils de sol ; nous avons aussi observé, à plusieurs reprises, la présence d'une couche indurée de type ortstein qui contribue au maintien d'une nappe phréatique perchée.

On retrouve aussi des terrains de sables marins mal drainés au pied d'anciens fronts morainiques et entre certaines crêtes de till remanié, dans le territoire, entre la rivière du Chêne et la rivière Henri. Ces sites exigent une attention particulière sur le terrain, car on peut facilement les confondre avec les dépôts littoraux de bas de plage (6DB/45). Ils s'en distinguent par leurs caractéristiques texturales étant majoritairement de texture sableuse avec, parfois, quelques lits de texture loameuse voire limono-argileuse et quelques cailloux.

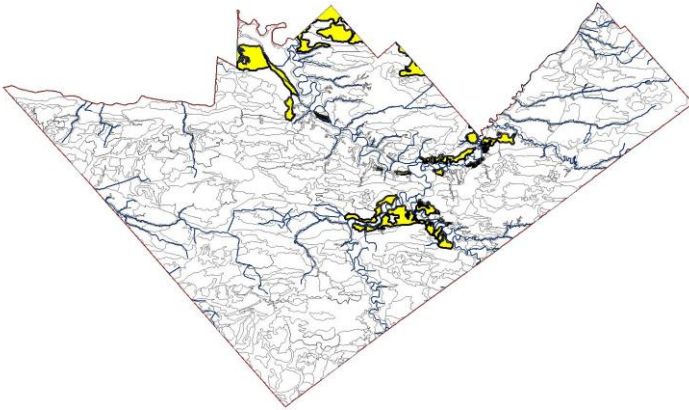
À l'instar de la classe 2, les terrains de till mal drainés, les couverts végétaux de cette classe sont aussi caractéristiques de la végétation de milieux humides et correspondent bien à la définition de marécage.

Figure 3.16 : Secteur caractérisé par des sables mal drainés



© François Caron

Classe 7 - Terrain de limon marin mal drainé



Superficie totale: 5,2 km²

Nb: 37

Les terrains de limon marin mal drainé couvrent une faible superficie dans la FSL. On les observe d'abord dans trois secteurs distincts aux abords de la rivière du Chêne.

Un quatrième secteur se retrouve sur les terrasses supérieures ravinées de la rive droite (nord) de la rivière Huron, à proximité de sa confluence avec la rivière du Chêne. Une strate de texture limoneuse avec une quantité appréciable de sables très fins repose sur de l'argile massive. Quelques ravins entaillent la partie ouest de ces terrasses.

Un dernier secteur, de plus grande superficie, se retrouve sur les terrasses supérieures des rivières du Chêne et Henri, à proximité de leur confluence. Entourés par d'anciens fronts glaciaires ayant fondu sur place, les limons marins mal drainés recouvrent là, les zones les plus basses au pied de crêtes de till remanié.

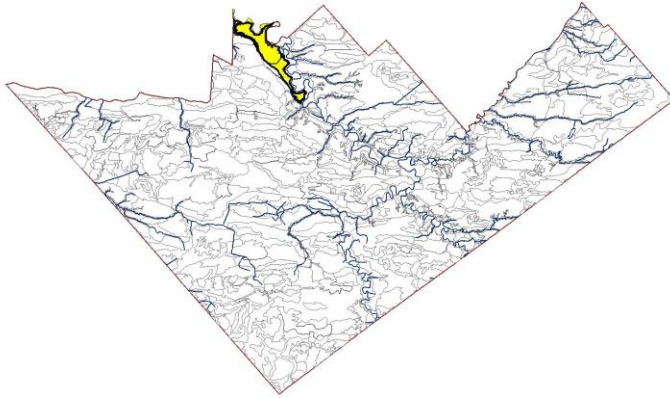
Ici encore, le couvert végétal des terrains de limon marin mal drainés est caractéristique de la végétation des milieux humides et correspond généralement bien à la définition de marécage.

Figure 3.17 : Ancien chenal près de la rivière du Chêne, recouvert de limon marin mal drainé



© François Caron

Classe 8 - Delta bien drainé



Superficie totale: 1,6 km²

Nb: 3

Un seul polygone de delta bien drainé a été cartographié à la limite nord de la FSL, sur la rive gauche de la rivière du Chêne. Toutefois, son intérêt géomorphologique a retenu notre attention, car il témoigne du modèle de déglaciation du territoire. Le relief tabulaire et l'impressionnante épaisseur de sable qui se démarquent tellement dans la FSL s'étendent vers le nord, hors de ses limites. Long de 3,7 km, large au maximum de 712 m, son élévation de 74 m à l'extrémité sud-ouest décroît vers le nord-ouest pour atteindre 65 m à la sortie de la FSL. Son talus le long de la rivière du Chêne au nord et le ravin qui le creuse au nord-ouest sont les deux autres polygones inclus dans cette classe particulière.

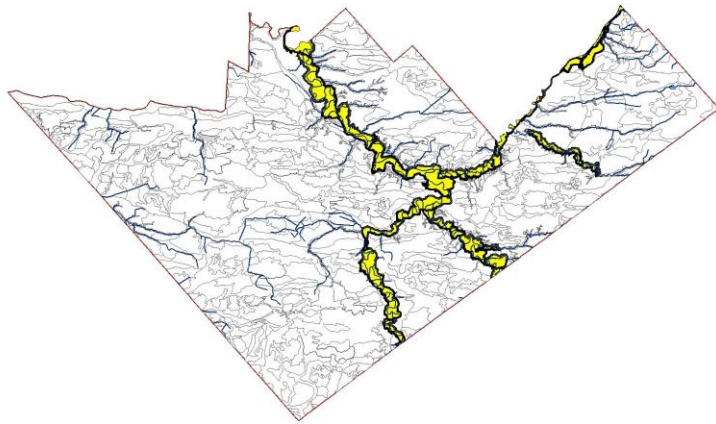
Des décrochements et des éboulements sur le talus permettent de visualiser l'ampleur de ce dépôt (figure 3.18).

De superbes érablières exploitées pour la récolte de la sève colonisent la partie supérieure du delta.



Figure 3.18 : Coupe dans un talus de la rivière du Chêne qui permet l'observation du delta

Classe 9 - Terrasse fluviale bien drainée et mal drainée



Superficie totale: 9,5 km²

Nb: 27

Les terrasses fluviales bien drainées des rivières du Chêne, Henri, Huron et aux Ormes sont des formes de terrains hérités de cours d'eau dont la compétence hydrodynamique fut à un moment de leur existence d'une toute autre importance que la compétence actuelle.

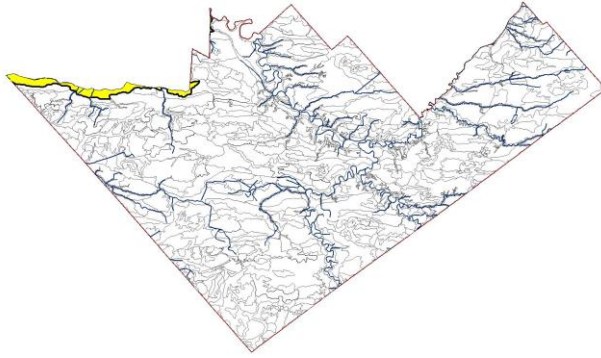
Les alluvions récentes des lits et des plaines de débordement des cours d'eau actuels (3FA) et les alluvions anciennes (3FB) résultant du changement de parcours et du creusement des rivières depuis l'exondation du territoire constituent les sédiments de ces terrasses. Le dépôt, toujours stratifié, présente différents faciès sédimentaires (stratigraphie plane, oblique, entrecroisée) à dominance sableuse avec des lits de graviers.

Figure 3.19 : Terrasse alluviale le long de la rivière du Chêne



© MRC de Lotbinière

Classe 10 - Chenal ancien fluviomarin mal drainé



Superficie totale: 1,9 km²

Nb: 2

Ce chenal ancien court à la limite nord de la FSL, à l'ouest de la rivière du Chêne, parfaitement délimité par des talus qui soulignent bien sa périphérie. Long de 8,4 km, large de 250 m, mais peu profond, il déborde largement les limites actuelles de la FSL. Aucun cours d'eau important ne le parcourt, sinon quelques ravinements en provenance des terres en surplomb. Il témoigne vraisemblablement d'un exutoire qui, à un moment durant le tardiglaciaire¹, permet l'écoulement des eaux de fonte glaciaire vers l'ouest, en direction de la Petite rivière du Chêne et, à un autre moment, vers l'est, en direction de la rivière du Chêne.

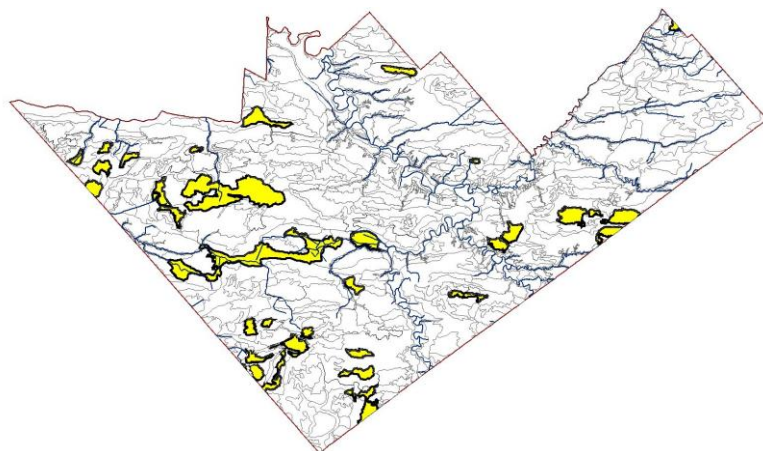
Ce chenal ancien correspond vraisemblablement à un bras de mer temporaire ou à un petit estuaire contemporain de la période estuarienne qu'a connue le Proto-Saint-Laurent entre 10 000 ans et 9 000 ans (Phase de Rigaud, MacPherson, 1967). Des sables fins limoneux et des loams limoneux dont l'épaisseur dépasse rarement un mètre surmontent un matériel argileux plus profond et caractérisent les sols de ce chenal ancien. Hors contexte du chenal, certains faciès de ces dépôts pourraient être confondus avec des faciès littoraux de bas de plage ou des sables marins minces.



Figure 3.20 : Dépôt du chenal ancien fluviomarin

¹ Tardiglaciaire : Dernière phase du Quaternaire (Pléistocène) précédant l'Holocène (période actuelle).

Classe 11 – Terrain organique



Superficie totale: 10,6 km²

Nb: 37

Les terrains organiques regroupent les tourbières ouvertes et les tourbières boisées. Hormis à proximité immédiate des zones d'écoulement qui induisent une certaine minérotrophie, la majorité des terrains organiques de la FSL sont ombrotrophes. Ils occupent des terrains plats, selon une orientation préférentielle est-ouest et se retrouvent, la plupart du temps, dans d'anciens chenaux d'écoulement dont la majorité correspond à des secteurs de comblement délimités par des bourrelets et des crêtes de till remaniés.

Le plus important terrain organique de la FSL (superficie de 2,15 km²), situé entre les chemins 10 et 12, occupe un ancien chenal d'écoulement actif pendant le retrait des eaux marines. Le ruisseau de l'Ours, affluent de la rivière du Chêne qui le parcourt aujourd'hui traduit, probablement, le tracé de l'exutoire de cet ancien chenal. Un autre, au nord de l'intersection des chemins 61 et 63, illustre bien les caractéristiques de cette classe : de vastes terrains plats tourbeux enclavés entre des bourrelets et des crêtes de till remanié au cœur d'un secteur marqué par la coupe forestière par bandes.

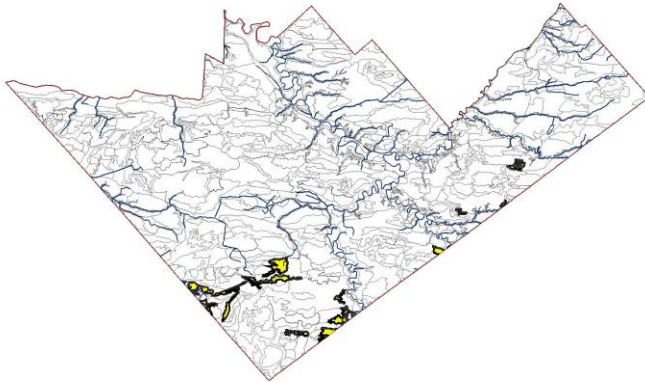
Figure 3.21 : Vue aérienne de terrain organique (tourbière ouverte; bog²)



© OBV du Chêne

² **Bog** : tourbière ombrotrophe

Classe 12 – Dune



Superficie totale: 1,8 km²

Nb: 23

Les dunes, concentrées dans le secteur sud-ouest de la FSL, sont associées aux sédiments marins sableux déposés en eaux peu profondes. Elles sont connues sous le pseudonyme de *Crete de Coq Sands*, terme proposé par Gadd (1955, 1960, 1971) qui tire son origine de la ressemblance qu'ont certaines dunes avec la crête du volatile. En effet, plusieurs dunes se présentent sous la forme de crêtes sableuses allongées avec des arêtes aiguës.

Elles se seraient formées entre $10,3 \pm 900$ ka et $8,1 \pm 600$ ka avant aujourd'hui suite à l'existence d'un régime de déflation³ dans les basses-terres du Saint-Laurent qui aurait été actif sur une période de ± 2200 ans (Filion, 1987). Ces dunes, allongées nord-est sud-ouest, constituent d'ailleurs un phénomène d'intérêt pour plusieurs études postglaciaires dans les basses-terres du Saint-Laurent.

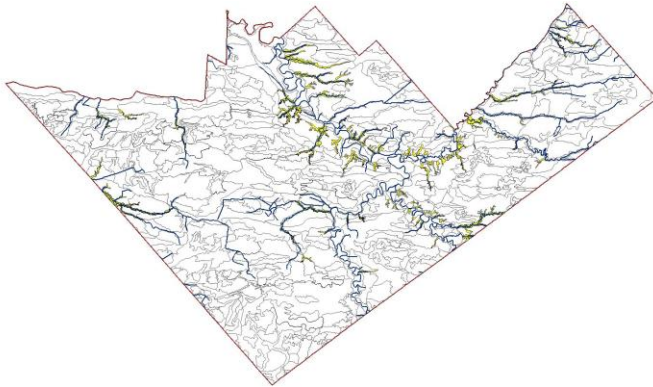
Figure 3.22 : Dunes ; vue aérienne



© MRC de Lotbinière

³ Entraînement important par le vent des matériaux meubles et secs.

Classe 13 - Ravin



Superficie totale: 4,2 km²
Nb: 118

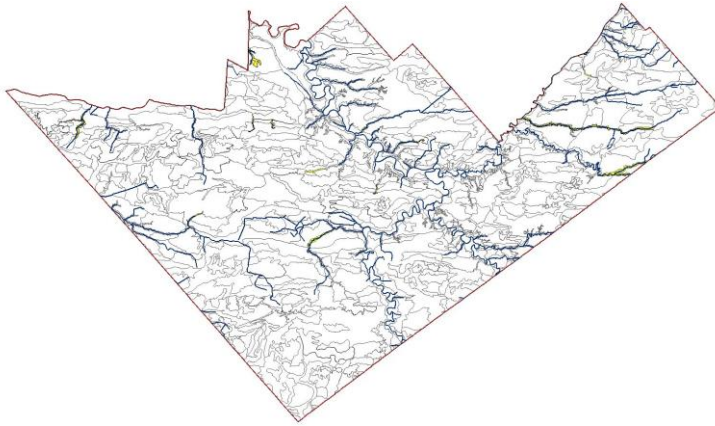
Figures très marquantes des talus jouxtant les rivières de la FSL, les ravins (entaille importante de plus de 5 m) témoignent de la dynamique tardiglaciaire du réseau hydrographique. En grande partie formés dans des sables et des graviers, ces ravins ont presque toujours une forme trapue, un profil transversal en V avec des fonds et des parois à pentes raides.

La partie inférieure est en argile souvent recouverte de matériel colluvionnaire et autres dépôts de versant comme des nappes pelliculaires de reptation, des cônes d'éboulis ou des loupes de glissement de terrain. Il en résulte une grande diversité de matériaux dans les fonds et parties inférieures des pentes et une forte instabilité. Les ravins, en érosion et remaniement perpétuels, représentent un haut lieu du transport de matériel en suspension dans les cours d'eau.



Figure 3.23 : Partie amont d'un ravin boisé

Classe 14 - Ravine



Superficie totale: 1,0 km²

Nb: 15

Phénomène de creusement de la surface du sol par les eaux de ruissellement, les ravines sont des formes géomorphologiques transitoires entre les ravins et les rigoles. La pente longitudinale est faible, les talus et les versants sont courts et peu profonds (< 5 m) ; ils sont toutefois abrupts (pentes supérieures à 30 %). Les ravines sont attribuables à d'importants apports d'eau sur de courtes périodes (averses brutales). Cette forme d'érosion linéaire est bien représentée dans les terrains sableux.

Certaines ravines possèdent un cours d'eau saisonnier qui transporte les sédiments vers l'aval. Moins fréquents que dans les ravins, les replats inclinés dans les talus et anciens glissements de terrain sont néanmoins bien visibles sur le terrain.

En périphéries de la rivière du Chêne, quelques ravines se terminent en profonds ravins vers l'aval. À la suite d'une rupture de pente, l'encaissement et la largeur s'accroissent brusquement pour atteindre 20 à 30 m de profondeur. Ce changement rapide de forme de terrain est associé à la présence d'argile marine sous le sable.

Figure 3.24 : Ravine encombrée par des arbres



© MRC de Lotbinière

4. Conclusion

La réalisation de la cartographie écologique à grande échelle de la FSL ouvre de nouvelles perspectives sur la mise en place des dépôts de surface de ce territoire. La majorité des travaux précédents proposait une prépondérance des matériaux déposés dans les eaux de la mer de Champlain (sables et argiles) reposant sur une interprétation simple de la déglaciation quaternaire des basses terres du Saint-Laurent dans laquelle les dépôts liés à l'épisode de la mer de Champlain prenaient une grande place. L'étude pédologique du Comté de Lotbinière (Baril et Rochefort, 1957) en est le meilleur exemple.

Depuis, de nombreux travaux illustrant la complexité de la déglaciation des basses terres et de la mise en place des dépôts de surface (LaSalle et Elson, 1975 ; Prichonnet et coll., 1982 ; LaSalle et Shilts, 1993 ; Dionne et Ochietti, 1996 ; Ochietti et coll., 2001) ont grandement modifié cette image. L'intensité de l'échantillonnage et l'analyse détaillée des formes de terrain requises par le niveau de perception et l'échelle cartographique du projet révèlent également une réalité plus complexe.

En bien des endroits, l'invasion marine est loin d'avoir occulté la morphologie glaciaire et la composition originale des dépôts pré-champlainiens. Les nombreux indices répertoriés sur le terrain reliés à des formes et des combinaisons de formes particulières, à des agencements texturaux, à des variations de pierrosité, à des concentrations de blocs ou encore à des particularités du réseau hydrographique de tête révèlent des indices forts sur le contexte de déglaciation du territoire. Cela nous a menés à en proposer un modèle particulier de la déglaciation et de mise en place des dépôts de surface de la FSL (figure 3.4).

La cartographie détaillée proposée (niveau 7 du CERQ) découpe le territoire en polygones d'une superficie moyenne de 21 ha. Malgré ce niveau de détail, la plupart de ces polygones supporte encore une certaine hétérogénéité décrite par des combinaisons de « *forme-dépôt-drainage-déclivité* » qui les composent. Évidemment, ces polygones d'éléments topographiques sont généralement apparentés (étroitement liés aux facteurs génétiques de leur mise en place) et, dans la majorité des cas, il y a une combinaison de « *forme-dépôt-drainage-déclivité* » largement dominant (>60 % d'occupation du polygone) et une ou quelques-unes combinaisons secondaires (tableau 3.4). Ceci confirme clairement un des principes fondateurs du cadre écologique de référence : *chaque niveau de perception de l'espace est hétérogène* (Ducruc et coll., 2019).

Cependant, en soumettant les 750 polygones à une analyse multivariée qui repose sur la recherche de la plus grande similitude de leur composition en « *forme-dépôt-drainage-déclivité* » nous aboutissons à une cartographie en 14 classes (tableau 3.3 et figure 3.7). Ces classes expriment les types de milieux écologiques majeurs de la FSL, des incontournables pour toute intervention sur le territoire : aménagement forestier, aménagement récréotouristique, conservation de la nature, etc.

5. Références

- Baril, R. et B. Rochefort, 1957. Étude pédologique du comté de Lotbinière dans la Province de Québec. Service des fermes expérimentales, ministère fédéral de l'Agriculture, Ottawa, 115 p., une carte.
- Bischof, J., 2000. Ice drift, ocean circulation and climate change. Springer-Verlag, Heidelberg, 215 p.
- Bouchette, J., 1815. Description topographique de la province du Bas-Canada avec des remarques sur le Haut-Canada et sur les relations des deux provinces avec les États-Unis de l'Amérique. Publié par W. Faden, Géographe de Sa Majesté et du Prince Régent, Charing-Cross, Londres, 664 p. + appendices.
- Bernier, F. et S. Occhietti, (1990). Le complexe glaciaire du cap Charles, vallée moyenne du Saint-Laurent, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 44 (2), 173-180.
- Caron, F., Laporte, M. & Bernatchez, L. (2022). Inventaire ichtyologique du bassin versant de la zone du Chêne et de la forêt de la Seigneurie de Lotbinière au moyen de l'ADN environnemental. Le Naturaliste canadien, 146 (2), 3–18. <https://doi.org/10.7202/1091884ar>.
- Caron, O. (2013). Synthèse et modèle cartographique 3D des formations quaternaires pour les bassins versants des rivières Chaudière et Saint-François: géochronologie, stratigraphie et paléogéographie wisconsinienne du sud du Québec. Université du Québec à Montréal-Thèse (Ph. D.).
- Carrier, J.-L., J.-L. Blouin, J.-L. Brown, Z. Majcen et G. Gagnon avec l'aide technique de G. Chabot et C. Gravel, 1976. Description et cartographie écologique de la station forestière de Lotbinière. Service de la recherche, Direction générale des forêts, ministère des Terres et Forêts du Québec, Rapport interne No 175, 161 p.
- Clark, T. H. et Y. Globensky, 1973. Région de Portneuf et parties de Saint-Raymond et de Lyster, Comtés de Portneuf et de Lotbinière. Ministère des Ressources naturelles, Québec, RG 148, 117 p., une carte.
- Clark, T. H. et Y. Globensky, 1976. Région de Trois-Rivières. Ministère des Ressources naturelles, Québec, RG 164, 94 p., une carte.
- Comeau, F-A., 2006. Structure et stratigraphie de la zone parautochtone des Appalaches taconiennes dans la région de Québec. Mémoire de maîtrise en sciences de la terre, Faculté des sciences et génie, Université Laval, 123 p.
- Comeau, F-A., D. Kirkwood, M. Malo, E. Asselin et R. Bertrand, 2004. Taconian mélanges in the parautochthonous zone of the Quebec Appalachians revisited: implications for foreland basin and thrust belt evolution. Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 41, p. 1473-1490.
- CRECA, 2012. Proposition pour la création d'aires protégées en Chaudière-Appalaches, déposées à la Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches dans le cadre de l'appel de propositions pour l'identification d'aires protégées en Chaudière-Appalaches. 27 p.

- Daigneault, R.A., Roy, M., Milette, S., Hurtubise, M.A., Leduc, E., Thiery, G., Horth, N. et Dubois-Yerret, M. (2014). Cartographie des formations superficielles de la partie sud du projet PACES Chaudière-Appalaches. Ministère des Ressources naturelles du Québec, 51 p.
- Dionne, J. C. et S. Ochietti, 1996. Aperçu du Quaternaire à l'embouchure du Saguenay, Québec. Géographie physique et Quaternaire, 50(1), 5-54.
- Doré, A., 1975. Seigneurie de Lotbinière. Ministère des Terres et Forêts, direction générale des Forêts, service des Plans d'aménagement, 22 p.
- Drouin, A., 2023 (en préparation). Une reddition de compte fondée sur l'écologie historique pour l'aménagement durable des forêts: Le cas de la Forêt de la Seigneurie de Lotbinière. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec.
- Ducruc J. -P., F. Poisson, V. Gerardin, G. Domon, J. Ruiz et J. E. Medina Mena, 2019. Le cadre écologique de référence du Québec : Perspectives historiques, concepts et applications, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 179 p.
- Ettensohn, F. R., 2008. The Appalachian foreland basin in eastern United States. In The sedimentary basins of United States and Canada, A.D. Miall, Ed., Elsevier. Vol. 5, p. 105-179.
- Filion, L. 1987. Holocene development of parabolic dunes in the central St. Lawrence Lowland, Québec. Quaternary Research, 20 (2), 196-209.
- Gadd, N.R., 1955. Pleistocene geology of the Becancour map-area, Quebec. University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Ph. D. thesis, 191 p.
- Gadd, N.R., 1960. Surficial geology of the Becancour map-area, Quebec, 31I/8. Geological Survey of Canada, Papier 59-8, 34 p., carte 42-1959.
- Gadd, N.R., 1971. Pleistocene geology of the central St-Lawrence Lowland. With selected passages from an unpublished manuscript, *The St Lawrence Lowland*, by J.W. Goldthwait: Geological Survey of Canada, Memoir 359, 153 p., maps.
- Gaucher, E. et Ass., 1984. Compilation de la géologie du quaternaire - Région des Appalaches. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la géo-information, Québec, Rapport DY 84-10, 89 cartes à l'échelle 1 : 50 000.
- Globensky, Y., 1987. Géologie des Basses-terres du Saint-Laurent. Direction générale de l'exploitation géologique et minérale, Québec, Rapport MM85-02, 70 p.
- Godbout, P.M., 2013. Géologie du quaternaire et hydrostratigraphie des dépôts meubles du bassin versant de la Rivière Bécancour et des zones avoisinantes, Québec. Université du Québec à Montréal, Mémoire de maîtrise.

- Gratton, L., 2010. Plan de conservation pour l'écorégion de la vallée du Saint-Laurent et du lac Champlain. La Société canadienne pour la conservation de la nature, région du Québec, Montréal, Québec, 150 p.
- Gratton, L. et G. Chabot, 1983. Potentiel des projets du ruisseau de l'Espérance et de la rivière Huron pour la constitution de réserves écologiques. Direction des Réserves écologiques et des Sites naturels, ministère de l'Environnement du Québec, 50 p.
- Ihaka, R. et Gentleman, R. 1996 R: A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5, 299-314.
- Jobin, B., L. Gratton, M.-J. Côté, D. Lachance, M. Mingelbier, D. Blais, A. Blais et D. Leclerc, 2020. L'atlas des territoires d'intérêt pour la conservation dans les basses-terres du Saint-Laurent : un outil pour orienter la conservation des milieux naturels dans le sud du Québec. *Le Naturaliste canadien*, 144 (2): 47-64.
- Knudsen, C.G., E. Larsen, H. Petter Sejrup, K. Stalsberg, 2006. Hummocky moraine landscape on Jæren, SW Norway—implications for glacier dynamics during the last deglaciation. Elsevier. Vol. 77, Issues 1–2, Pages 153-168.
- Lafaye de Micheaux, P., R. Drouilhet et B. Liquet, 2014. Le logiciel R, Maîtriser le langage - Effectuer des analyses statistiques. *Edition: 1 Springer* - Collection : Statistique et probabilités appliquées, 488 p.
- LaSalle, P. et J. A. Elson, 1975. Emplacement of the St. Narcisse Moraine as a climatic event in eastern Canada, *Quaternary Research*, Vol. 5, p. 621-625.
- LaSalle, P. et W. W. Shilts, 1993. Younger Dryas age readvance of Laurentide Ice into the Champlain Sea. *Boreas*, Vol. 22, p. 25-37.
- Lavoie, D., 2008. Appalachian foreland basin in Canada in *The sedimentary basins of United States and Canada*, A.D. Miall, Ed., Elsevier. Vol. 5, p. 65-103.
- Ladevèze, P., Rivard, C., Lefebvre, R., Lavoie, D., Parent, M., Malet, X., Bordeleau, G. et Gasselin, J.-S., 2016. Travaux de caractérisation hydrogéologique dans la plateforme sédimentaire du Saint-Laurent, région de Saint-Édouard-de-Lotbinière, Québec ; Commission géologique du Canada, Dossier public 8036, 112 p.
- Lamothe, M., 1989. A New Framework for the Pleistocene Stratigraphy of the Central St. Lawrence Lowland, Southern Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 43 (2), 11 9.
- Lamothe, M., M. Parent et W. W. Shilts, 1992. Sangamonian and early Wisconsinan events in the St. Lawrence Lowland and Appalachians of southern Quebec, Canada. 270, 171-184.
- LaSalle, P. et W. W. Shilts, 1993. Younger Dryas-age readvance of Laurentide ice into the Champlain Sea. *Boreas*, 22 (1), 25-37.

- Lefèvre, R., J.-M. Ballard, M. -A. Vigneault, H. Beaudry, C. Berthot, L. Légaré-Couture, G. Parent, M. Laurencelle, X. Malet, A. Therrien, A. Michaud, J. Desjardins, A. Drouin, M. -H. Cloutier, J. Grenier, M.-A. Bourgault, M. Larocque, S. Pellerin, M. -H. Graveline, D. Janos et J. Molson, 2015. Portrait des ressources en eaux souterraines en Chaudière-Appalaches, Québec, Canada. Projet réalisé conjointement par l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA) et le Regroupement des organismes de bassins versants de la Chaudière-Appalaches (OBV-CA) dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES), Rapport final INRS-1580, soumis au MEDDLCC en mars 2015, 246 p.
- Lemieux, M., 1991. Carte des dépôts de surface, échelle 1 : 50 000 (Lyster ; Portneuf). Del Degan, Massé et ass., Service des inventaires forestiers, ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec.
- Li, T., J.-P. Ducruc, M.-J. Côté, D. Bellavance et F. Poisson, 2019. Les provinces naturelles : première fenêtre sur l'écologie du Québec. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de la connaissance écologique, 24 p.
- MacPherson, J. B. 1967. Raised shorelines and drainage evolution in the Montreal lowland. *Géographie physique et Quaternaire*, 11 (23), 343-360.
- Medrzycka, D., 2015. Dynamique des glaciers vélants et mécanismes de vèlage d'icebergs : le cas de Rink Isbrae, Groenland. *Maîtrise en Sciences de la terre*, Université du Québec à Montréal, 61 p.
- Milette, S., G. Thiery, R.-A. Daigneault et M. Roy, 2014. Géologie du Quaternaire : géologie des formations superficielles, Région de Lyster. Université du Québec à Montréal, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec et ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, carte au 1 : 50 000.
- Occhietti, S., 1990. Lithostratigraphie du Quaternaire de la vallée du Saint-Laurent: méthode, cadre conceptuel et séquences sédimentaires. *Géographie physique et Quaternaire*, 44 (2), 137-145.
- Occhietti, S., 2011. La mer de Champlain. *Bulletin de l'AQQUA* ; vol. 36 numéro 2, 2011
- Occhietti, S., M. Chartier, C. Hillaire-Marcel, M. Cournoyer, S. L. Cumbaa et R. Harington, 2001. Paléoenvironnements de la mer de Champlain dans la région de Québec, entre 11 300 et 9750 bp : le site de Saint-Nicolas. *Géographie physique et Quaternaire*, 55 (1), 23-46.
- Osborne, F.F., 1950. Marine crevasse fillings in the Lotbiniere region, Quebec. *American Journal of Science*, 248 (12), 874-890.
- Parent, M. et S. Occhietti., 1988. Late Wisconsinan deglaciation and Champlain Sea invasion in the St. Lawrence valley, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 42 (3), 215-246.
- Paulette, M. 2015a. Validation des écosystèmes forestiers anciens en Chaudière-Appalaches. Conseil régional de l'environnement Chaudière-Appalaches (CRECA). Rapport d'inventaire. 37 p. + annexes.

- Paulette, M. 2015b. Plan de conservation des écosystèmes forestiers anciens en Chaudière-Appalaches. Conseil régional de l'environnement Chaudière-Appalaches (CRECA), 31 p. + annexes.
- Paulette, M. 2016. Description des forêts anciennes de Chaudière-Appalaches: Secteur de la Seigneurie Joly de Lotbinière, Lévis (Québec). Conseil régional de l'environnement Chaudière-Appalaches (CRECA). 16 p.
- Paulette, M. 2018. Projet d'acquisition de connaissances sur les milieux humides et riverains dans la Seigneurie Joly et en Chaudière-Appalaches. Volet 4 : Inventaire des éléments rares, menacés et exceptionnels dans la réserve forestière de la rivière du Chêne. Volet 4 b : Inventaire de peuplements peu communs. Conseil régional de l'environnement Chaudière-Appalaches (CRECA). 43 p.
- Paulette, M., H. Matte, N. Houle et L. Cournoyer, 2018. Projet d'acquisition de connaissances sur les milieux humides et riverains dans la Seigneurie Joly et en Chaudière-Appalaches. Volet 3 : Vérification des types écologiques de certains marécages arborés et milieux riverains dans la Seigneurie Joly de Lotbinière. Conseil régional de l'environnement Chaudière-Appalaches (CRECA), 19 p. + annexes.
- Prichonnet, G., A. Doiron et M. Cloutier, 1982. Le mode de retrait glaciaire tardiwisconsinien sur la bordure appalachienne au sud du Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 36(1-2), 125-137.
- Rankin, D., 1976. Appalachian salient and recesses: Late Precambrian continental breakup and the opening of the Iapetus Ocean. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 81, No 32, p. 5605-5619.
- Saint-Julien, P. et C. Hubert, 1975. Evolution of the Taconian orogen in the Quebec Appalachians. *American Journal of Science*, vol. 275-A, p. 337-362.
- Sasseville, C., A. Tremblay, N. Clauer et N. Liewig, 2008. K-Ar age constraints on the evolution of polydeformed fold-thrust belt: the case of the Northern Appalachians (Southern Quebec). *Journal of Geodynamics*, Vol. 45, No 2-3, p. 99-119.
- Thériault, R., 2012. Caractérisation du Shale d'Utica et du Groupe de Lorraine, Basses-Terres du Saint-Laurent. Partie 2 : interprétation géologique. *Géologie Québec*, DV-2012-04, 80 p.
- Thiery, G., 2016. Cartographie quaternaire et caractérisation des dépôts éoliens de la région Lotbinière-Deschaillons, Basses-terres du Saint-Laurent. *Maîtrise en Sciences de la terre*, Université du Québec à Montréal, 154 p.
- Thiery, G., M. Roy et R. -A. Daigneault, 2014. *Géologie du Quaternaire : géologie des formations superficielles, Région de Portneuf*. Université du Québec à Montréal, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec et ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, carte au 1 : 50 000.
- Thomas, W.W. A., 2006. Tectonic inheritance of a continental margin. *Geological Society of America Today*, Vol. 16, No 2, p. 4-11.

Vincent, J. S., 1989. Le Quaternaire du sud-est du Bouclier canadien. p. 266-295. *In* R. J. Fulton, édit., Le Quaternaire du Canada et du Groenland. Géologie du Canada 1, Commission géologique du Canada, Ottawa, 839 p.

Williams, H., 1979. Appalachian orogen in Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 16, No 3.

ANNEXE 1 : Présentation générale

Cette forêt, héritage du régime seigneurial et longtemps moteur économique de la Seigneurie de Lotbinière, fut accordée à René-Louis Chartier de Lotbinière par l'intendant Jean Talon en 1672.

Elle fut accordée en plusieurs lots de la manière suivante : *le 3 novembre 1672, deux lieues et demie de front sur deux lieues de profondeur, près de Sainte-Croix, au sieur de Lotbinière ; le 1er avril 1685, une demi-lieue de front sur deux de profondeur à Mr de Lotbinière ; l'augmentation de trois lieues et demie de front sur quatre de profondeur, le 25 mars 1695, à Mr de Lotbinière ; le tout formant trois lieues et demie de front sur six de profondeur (approximativement 15,5 X 26,5 km), appartient à présent à l'Honorable M. G. E. A. Chartier de Lotbinière, représentant en ligne directe du concessionnaire primitif, dans la famille de qui la seigneurie est toujours restée.* (Bouchette, 1815)

Elle restera la propriété de la famille de Lotbinière jusqu'en 1967, date à laquelle le gouvernement du Québec en prit possession prétextant, entre autres, qu'elle constituait un obstacle sérieux aux progrès agricoles et industriels de cette région.

■ Climat

La FSL est influencée par un climat continental, à longue saison de croissance (>180 jours, débute généralement à la mi-avril pour se terminer vers la fin octobre). Les hivers sont froids alors que les étés sont cléments et chauds.

À partir des données brutes de la station de Saint-Édouard pour la période 2007-2014, nous avons analysé et classé les éléments pour produire le graphique (Figure A1-1).

No -Station	7027118
Nom -Station	Saint-Édouard
Lat (°)	46,599
Long (°)	-71,7352
Atm (m)	79
Ouverture	2007-06-18
Fermeture	2014-09-18
Type-station	Observateur

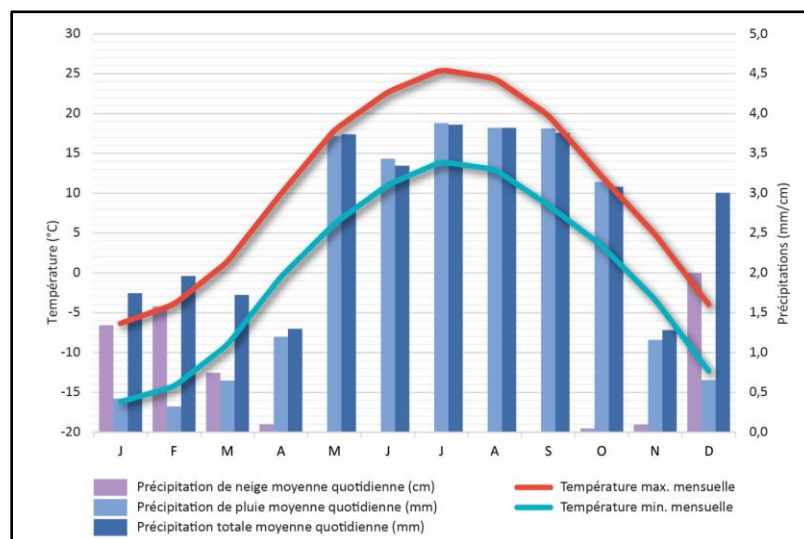


Figure A1-1 : Relevé de données moyennes quotidiennes enregistrées à la station d'Édouard-de-Lotbinière entre les années 2007 - 2014

- Géologie

- **Mise en place du socle rocheux**

La FSL chevauche deux provinces géologiques délimitées par la ligne de Logan qui la traverse selon un axe sud-ouest/nord-est : au nord, la Province géologique de la plateforme du Saint-Laurent et, au sud, la Province géologique des Appalaches (Figure A1-2).

La ligne de Logan souligne l'avancée maximale du front de l'orogénèse⁴ taconienne (première phase orogénique des Appalaches) et la limite septentrionale du domaine allochtone externe de la zone de Humbert (Saint-Julien et Hubert, 1975 ; Williams, 1979). Ce domaine contient une série d'écaïlles tectoniques⁵ qui ont créé des soulèvements nord-ouest/sud-est dans le socle (Sasseville et coll., 2008). Il renferme des roches sédimentaires et volcaniques fortement déformées d'âge Cambrien à Ordovicien supérieur (540 à 460 millions d'années) (Lavoie, 2008) généralement représentées par des shales noirs avec des interlits de calcaire argileux, de dolomie et de grès (Clark et Globensky, 1973 et 1976).

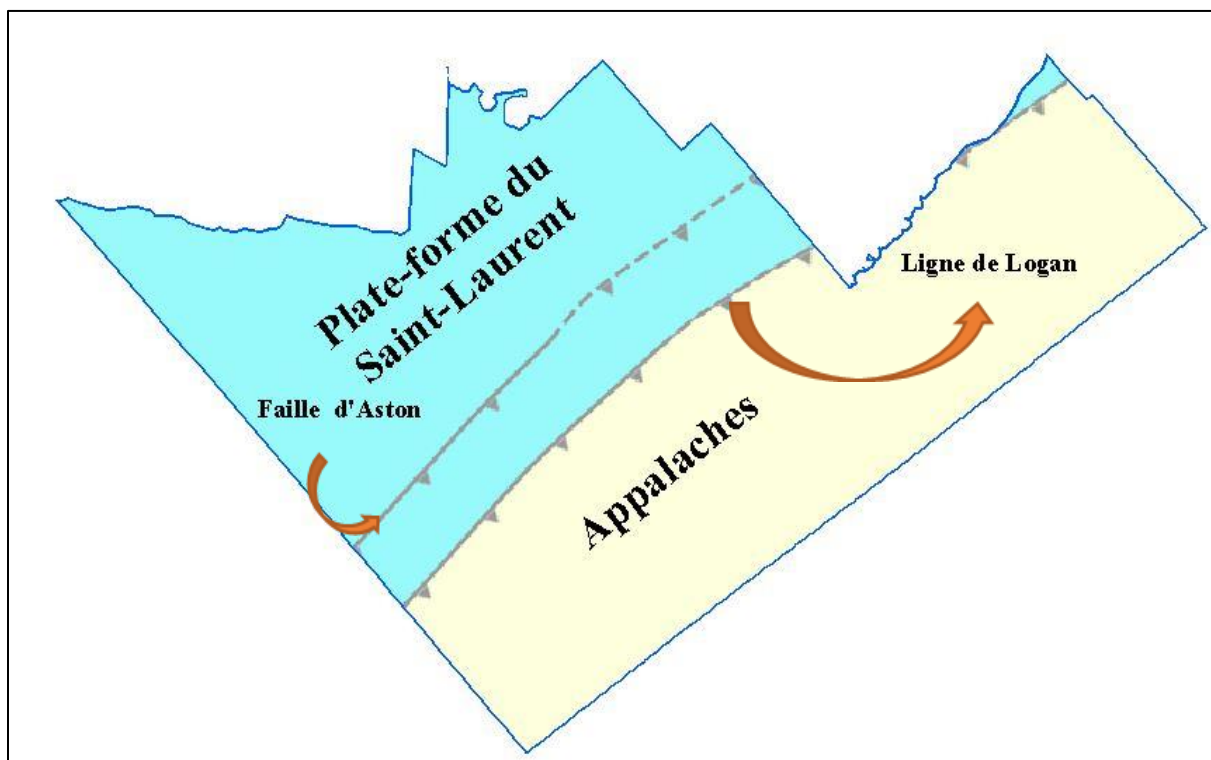


Figure A1-2 : Géologie simplifiée de la FSL avec la ligne de Logan et la faille d'Aston

⁴ Orogénèse : Ensemble de processus géodynamiques menant à la formation d'un chène de montagne.

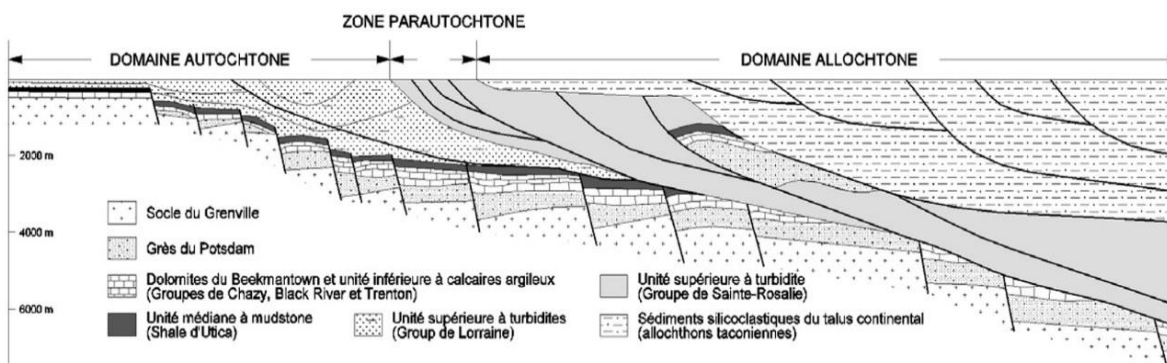
⁵ Écaïlles tectoniques : Blocs rocheux ou unité structurale chevauchante, décamétriques à kilométriques, limités par des failles et déplacés par rapport à un autre bloc pris comme référence.

Au nord de la ligne de Logan, le socle rocheux de la Plateforme du Saint-Laurent a subi les contrecoups de l'orogénèse taconienne ; contrecoups fortement marqués jusqu'à la faille d'Aston qui marque la limite entre le domaine parautochtone et le domaine autochtone dans lequel les déformations du socle deviennent rares et peu marquées. Les unités stratigraphiques de ces deux domaines sont les mêmes, seuls le degré et l'intensité des déformations les distinguent (Comeau et coll., 2004).

Domaine autochtone : Formation géologique constituée de roches formées sur place ; ici la plateforme du Saint-Laurent.

Domaine parautochtone : Formation géologique faillée et imbriquée se situant entre le domaine autochtone au nord et le domaine allochtone au sud.

Domaine allochtone : Formation géologique étrangère à la surface locale qui a subi un transport en relation avec des événements tectoniques.



▪ Roches de la Province géologique de la Plateforme du Saint-Laurent

À la fin du précambrien (600 à 550 millions d'années AA [avant aujourd'hui]), le supercontinent Rodinia qui réunissait l'ensemble des masses continentales se fragmente en deux blocs majeurs sous la force de tensions internes : Laurentia et Gondwana entre lesquels s'ouvre progressivement l'Océan Iapetus (Rankin, 1975 ; Thomas, 2006 ; Ettensohn, 2008 ; Lavoie, 2008). Des sédiments à l'origine des roches de la Plateforme du Saint-Laurent se déposent dans l'Océan Iapetus durant le Cambrien et l'Ordovicien (550 à 450 millions d'années) en discordance sur le socle précambrien. Ils proviennent de l'érosion de la chaîne de Grenville située en bordure de Laurentia.

- **Au nord de la faille d'Aston (le domaine autochtone)**

Le **groupe de Lorraine** constitue l'essentiel du socle rocheux (Globensky, 1987). Il se subdivise en deux formations : la formation de Nicolet couvre la plus grande partie du territoire cédant sa place à la formation de Pontgravé à l'extrémité nord-ouest de la FSL.

Des shales, des calcaires et des grès à grains fins interstratifiés caractérisent la **formation de Nicolet** (Globensky, 1987). Les shales friables se délitent en fragments lenticulaires⁶ alors que les lits de calcaires contiennent de nombreux fossiles de brachiopodes, trilobites et crinoïdes.

La **formation de Pontgravé** succède très graduellement à la formation de Nicolet et la distinction entre les deux, reste parfois difficile à établir (Clark et Globensky, 1976). La principale différence repose sur l'abondance de fossiles de mollusques bivalves et de coraux à côté des fossiles de brachiopodes.

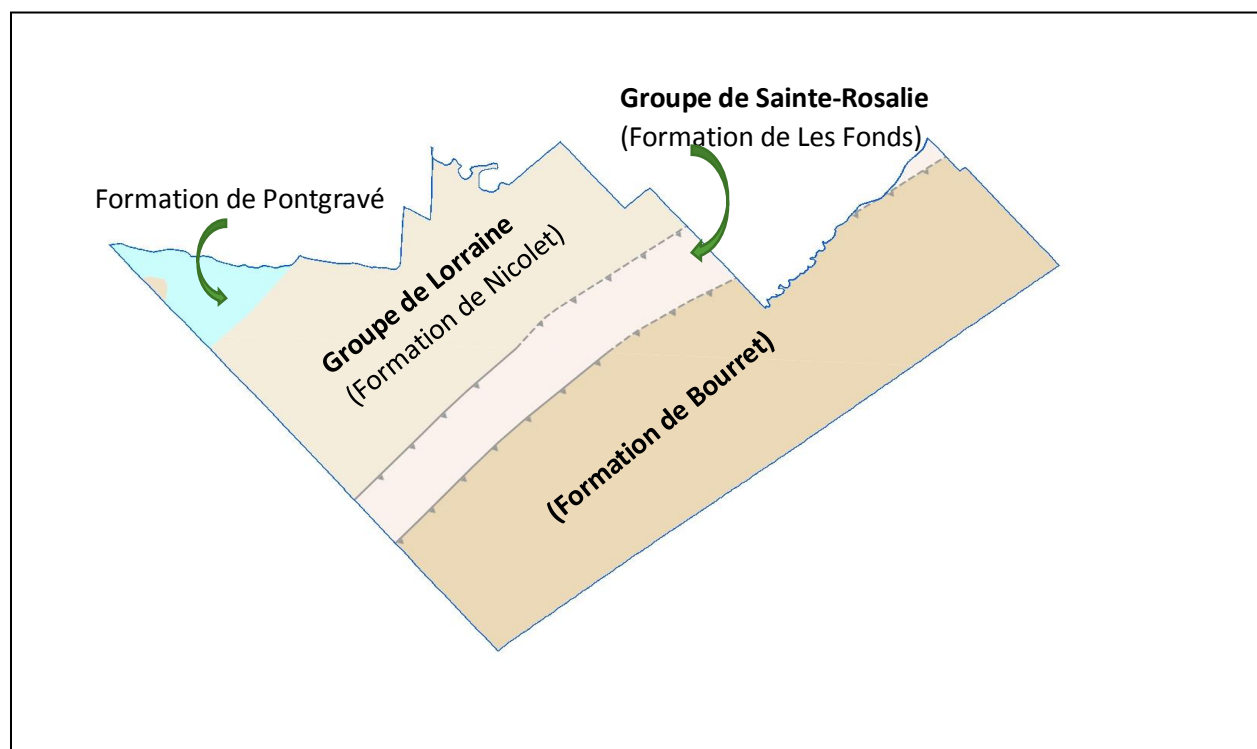


Figure A1-3 : Géologie simplifiée de la FSL avec les formations de Nicolet et de Pontgravé

⁶ Fragments lenticulaires : Se dit d'une disposition des couches en lentilles, d'extension limitée, se terminant latéralement en biseau.



Figure A1-4 : Groupe de Lorraine, vue générale



Figure A1-5 : Groupe de Lorraine, vue détaillée

- **Entre la ligne de Logan et la faille d'Aston (le domaine parautochtone)**

Le groupe de Sainte-Rosalie occupe tout l'espace. Il regroupe plusieurs formations de lithologies semblables qui se distinguent par quelques différences de faciès surtout représentés par la Formation de Les Fonds. Elle consiste en une succession de siltstone, mudstone, shales silteux et de lits dolomitiques localement plissée lors de la mise en place de la chaîne taconienne (Globensky, 1987). Le terme flysch à turbidites est souvent utilisé pour décrire cette formation coincée entre deux failles de chevauchement.

Figure A1-6 : Groupe de Sainte-Rosalie



Figure A1-7 : Groupe de Sainte-Rosalie : Plissements dans la Formation de Les Fonds



- **Roches de la Province géologique des Appalaches (le domaine allochtone)**

La formation de Bourret forme le socle rocheux de la FSL au sud de la ligne de Logan (Figure A1-8). Elle est constituée de calcaires, de dolomies et de grès d'âge Cambrien à Ordovicien (Paléozoïque inférieur) entre

540 et 440 millions d'années, sédimentés sur la marge du continent Laurentia. Les roches de cette formation ont subi un métamorphisme régional de faible intensité (Comeau, 2006) et des déformations modérées (Comeau, 2006) à fortes (Lavoie, 2008).

Figure A1-8 : Plis dans la Formation de Bourret



▪ Quaternaire et mise en place des dépôts de surface

L'ère quaternaire débutée il y a 2,6 millions d'années se caractérise par quatre cycles de glaciations-déglaciations continentales majeures (Vincent, 1989). Nous retiendrons seulement les effets du dernier cycle, la glaciation du Wisconsin initiée il y a environ 75 000 ans et qui s'est terminée par le retrait de la mer Champlain autour de 10 000 ans AA. En effet, les phénomènes liés à ce dernier cycle glaciaire masquent à peu près totalement les vestiges des cycles précédents. L'écoulement glaciaire a vraisemblablement traversé le territoire de la FSL selon une direction générale nord-nord-est/sud-sud-ouest comme le suggère l'orientation des bourrelets et crêtes morainiques observés sur le terrain.

À partir de 17 000 ans AA, le climat se réchauffe de façon marquée (Ochietti et coll., 2001); la calotte glaciaire commence à fondre et amorce un retrait graduel du sud vers le nord. Ce retrait, loin d'être uniforme et continu, fut plutôt ponctué de périodes de stagnation et de réavancées locales (LaSalle et Elson, 1975 ; Dionne et Ochietti, 1996 ; Ochietti et coll., 2001). À proximité immédiate de la limite nord de la FSL, la moraine de Saint-Édouard souligne une telle réavancée (LaSalle et Shilts, 1993) ; elle a eu lieu vers 12 900 AA (Ochietti, 2011).

La moraine de Saint-Édouard

La régression de l'Inlandsis dans les basses-terres du Saint-Laurent a connu des épisodes de fontes rapides succédant à des phases stationnaires voire à des réavancées locales. Le front morainique situé à proximité de la limite nord de la FSL, aux confins des municipalités de Saint-Édouard et de Leclercville, traduit le résultat d'une réavancée glaciaire locale dans les eaux de la mer de Champlain. Selon Lasalle et Williams (1993), cette réavancée serait due à l'ultime oscillation froide de l'époque glaciaire connue sous le nom de Dryas récent. À cette occasion, le front glaciaire a réavancé dans la mer de Champlain et formé une série de crêtes morainiques allongées, généralement subparallèles et orientées nord-est sud-ouest. Elles sont souvent atténuées, car recouvertes de sédiments sableux marins et littoraux.

Peu connue sur le territoire de la MRC de Lotbinière, cette moraine se caractérise par un diamicton⁷ gris sableux, non fossilifère avec des structures imbriquées et des accumulations éparées de cailloux et de blocs. La nature sablonneuse de la matrice est probablement attribuée à des remaniements glaciaires des sables d'épandage sous-jacents ; on y rencontre également plusieurs faciès graveleux. Ces différents lithofaciès proviennent vraisemblablement de la redistribution des sédiments de till de fond en milieu lié à des réavancées glaciaires.



Figure A1-9 : Différents lithofaciès de la moraine de St-Édouard

Après cette réavancée, le front glaciaire en décrépitude a reculé en produisant vraisemblablement de nombreux icebergs (phénomène de vêlage) (Medrzycka, 2015), des lobes glaciaires au front du glacier (Prichonnet et coll., 1982) et de nombreux radeaux de glace (Bishof, 2000) se détachant du glacier dans les eaux de la mer de Champlain. Plusieurs observations de terrain, lors des campagnes de reconnaissance des dépôts de surface réalisées en 2020 et 2021, confirment ces hypothèses (Figure A1-10).

⁷ Diamicton : Sédiment à composantes très variées, déposé en vrac lors de la fonte des glaciers.

Figure A1-10 : Relief moutonné avec blocs en surface; situé dans une zone de décrépitude du glacier dans le secteur SO de la FSL



■ La mer de Champlain

La mer de Champlain envahit les basses-terres du Saint-Laurent à la suite du retrait de l'Inlandsis laurentidien ponctué de haltes et de réavancées locales. Le contact glacier-mer est à l'origine d'une grande variété de dépôts marins, glaciaires et glaciomarins. La fonte du glacier suivi du rééquilibrage isostatique a mené à l'immersion des terres puis au retrait complet de la mer de Champlain ; elle a atteint une altitude maximale de ± 185 m pendant environ 2400 ans ($13,100 \pm 100$ AA⁸ à 10,600 AA); (Ochietti, 2011). Les vestiges de cette mer sur le territoire de la FSL sont évidents.

On reconnaît trois phases majeures dans son évolution:

- 1- La phase de transition ou transgressive ($\pm 13,100$ ans)
- 2- La phase d'inondation ou plénimarine ($\pm 11,000$ ans)
- 3- La phase d'exondation ou régressive ($\pm 11,000$ à 10,600 ans)

La phase d'inondation a déposé, en eau calme, des argiles et des limons de structure massive avec une stratification marquée. On les retrouve principalement le long des rivières du Chêne, Henri et Huron. Elle a aussi mis en place des sables et des graviers, matériaux les plus importants, en particulier dans le secteur est. Les sables forment des terrains uniformes alors que les graviers, associés à des remaniements littoraux, correspondent plutôt à des terrains au relief inégal. Les eaux de la mer de Champlain ont aussi remanié, plus ou moins fortement, le till qui recouvrait l'essentiel du territoire au moment de l'invasion marine.

⁸ AA : Avant aujourd'hui. Les dates sont approximatives, car il n'y a pas consensus dans la littérature scientifique.

La phase d'exondation se traduit par une surface d'érosion soulignée par l'emboîtement des terrasses fluviales, par des chenaux divagants qui érodent les sédiments et par d'anciens chenaux abandonnés. De plus, le relèvement isostatique qui s'accompagne d'un réajustement du niveau de base des cours d'eau a provoqué une incision importante des terrasses fluviales que révèlent les nombreux ravins qui sillonnent la FSL. La régression des eaux marines se poursuivant, elles ont progressivement évolué vers un milieu estuarien, ancêtre du système fluvial du Saint-Laurent actuel. Des dépôts fluviomarins mal drainés traduisent ce stade à l'extrémité nord-ouest de la FSL.

■ Travaux de cartographie des dépôts de surface

Il existe plusieurs cartographies des sols et des dépôts de surface de la FSL, dressées au cours des dernières décennies. La plus ancienne, l'étude pédologique du comté de Lotbinière (Baril et Rochefort, 1957) cartographie les sols de la FSL à l'échelle de 1 mille au pouce (environ 1 : 63 300). Les auteurs reconnaissent à peu près uniquement des sables de texture et drainage variables sur l'ensemble du massif forestier.

En 1991, le Service des inventaires forestiers du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec réalise, à son tour, une cartographie des dépôts de surface de la FSL à l'échelle du 1 : 50 000. Les auteurs mentionnent que le travail repose sur l'interprétation de photographies aériennes au 1 : 40 000 avec un minimum de vérifications et de contrôles de terrain. Cette cartographie propose toujours une dominance de sables d'origine marine ou littorale. L'auteur reconnaît cependant plusieurs polygones d'origine glaciaire (till) (Lemieux, 1991).

Le programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) en Chaudière-Appalaches (Lefèvre et coll., 2015) permet de mettre à jour la cartographie des dépôts de surface. En particulier, une nouvelle version cartographique est proposée pour la FSL (Millette et coll., 2014 ; Thiery et coll., 2014).

Cependant, pour le secteur de la FSL, Thiery (2016) souligne que *pour pallier le manque d'information terrain, la cartographie s'est effectuée grâce à l'interprétation d'images LiDAR*. Cette cartographie propose un nouveau visage des dépôts de surface de la FSL: les dépôts sableux abondent toujours, mais la majorité d'entre eux, surtout dans la partie ouest et sud, est interprétée d'origine éolienne. En contrepartie, les dépôts d'origine glaciaire ont grandement diminué.

■ Topographie et hydrographie

Le territoire de la FSL se présente comme une plaine, localement ondulée et bosselée. L'altitude augmente du nord-ouest vers le sud-est à partir du minimum de 34,33 m jusqu'au maximum de 126,63 m atteints aux limites sud de la FSL. Les traits les plus marquants du relief reposent sur la configuration du réseau hydrographique (Figures A1-11 à A1-14).

En effet, le relief devient beaucoup plus marqué à proximité immédiate des principaux cours d'eau. La rivière du Chêne et ses deux affluents majeurs, les rivières Henri et Huron, s'encaissent en des vallées étroites aux versants abrupts qui prennent parfois des allures de canyons au fond desquels elles s'écoulent en de nombreux méandres. Les encaissements varient régulièrement de 20 à 30 mètres, dépassant localement 50 mètres de dénivelé.

De puissants ravins incisent profondément ces encaissements et s'étirent sur quelques centaines de mètres de part et d'autre du lit de ces cours d'eau. Ailleurs, surtout dans le secteur est, seules de longues ravines interrompent le relief plat de la FSL.

Localement, des inégalités topographiques de quelques mètres sont en association avec les dépôts de surface et les plissements de l'assise rocheuse.



Figure A1-11 : Encaissement de la rivière du Chêne

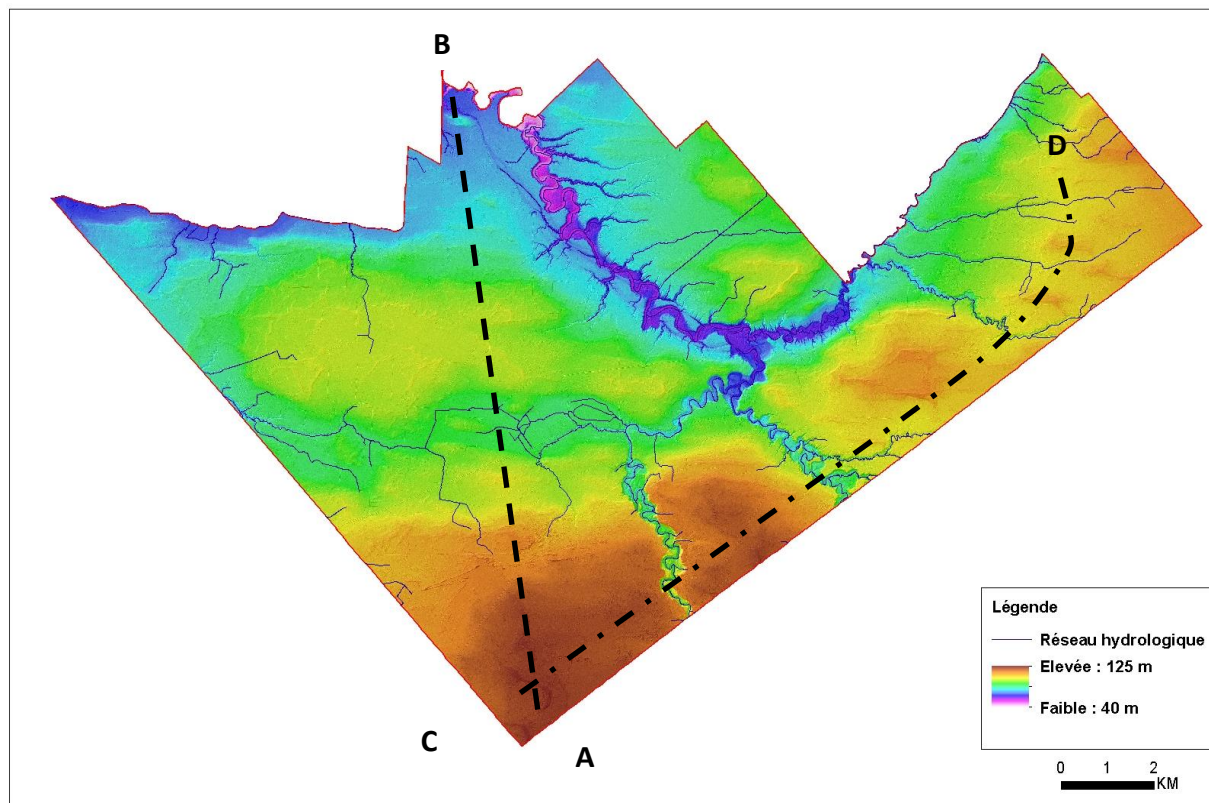


Figure A1-12 : Modèle numérique d'élévation de la FSL. Les deux lignes localisent les profils topographiques A-B et C-D

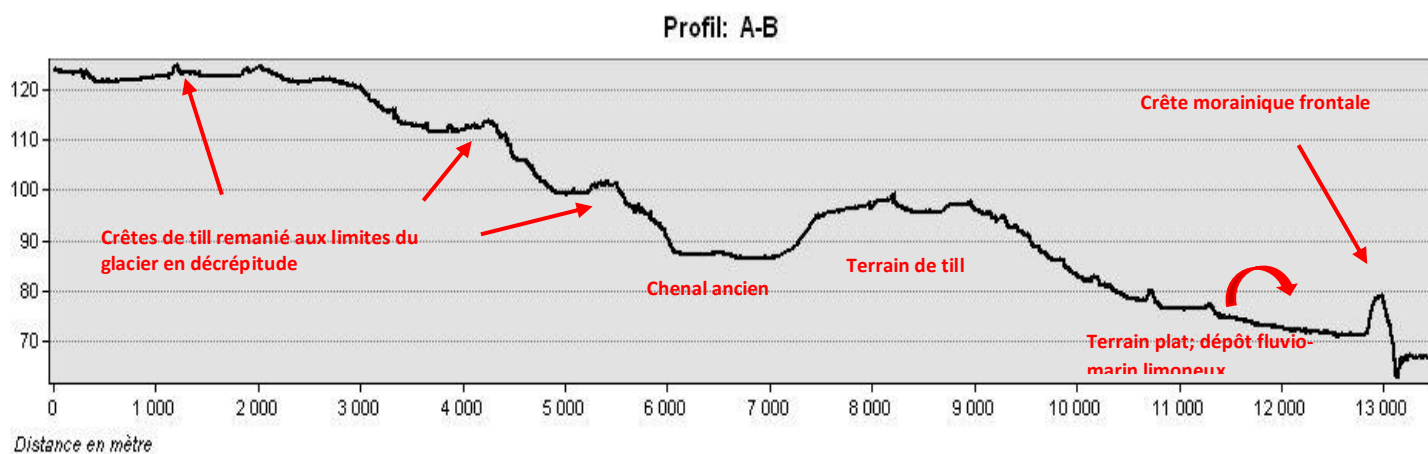


Figure A-13 : Profil topographique A-B ; exagération verticale est de 66x pour mieux percevoir les variabilités du relief

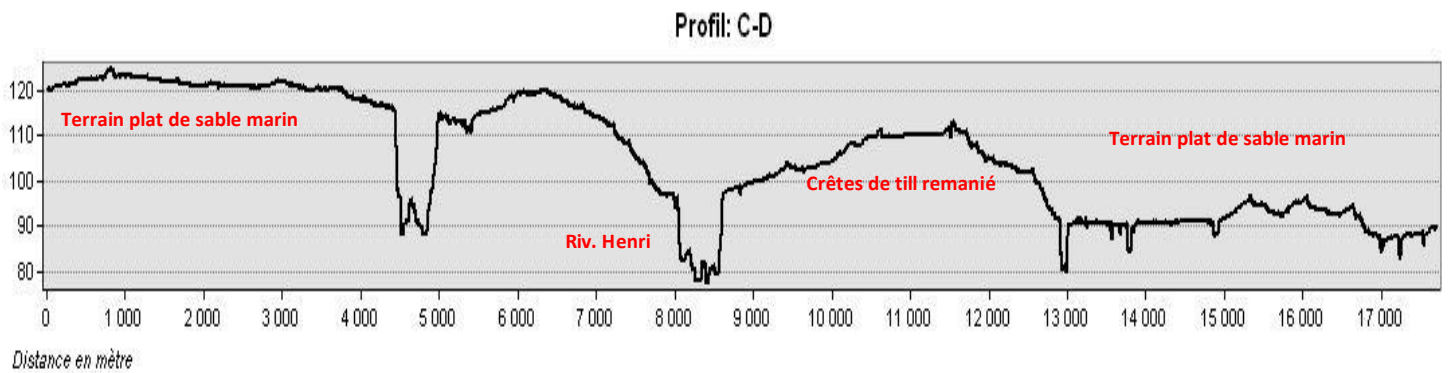


Figure A1-14 : Profil topographique C-D illustrant les variabilités du relief selon les tracés de la figure A1-12. L'exagération verticale de ce profil est de 50x.

■ Réseau hydrographique

Hormis un secteur à l'ouest qui se draine vers le bassin versant de la Petite rivière du Chêne par le Bras du nord de la rivière aux Ormes, l'essentiel du territoire de la FSL fait partie du bassin versant de la rivière du Chêne. L'écoulement dominant de ce bassin versant suit une orientation générale sud-est/nord-ouest. La rivière Henri, 57 km, la rivière Huron, 29 km, la rivière aux Chevreuils, 28 km, la rivière aux Cèdres affluent de la rivière Henri, 21 km, et la rivière aux Ormes affluent de la rivière Huron, 15 km représentent les principaux cours d'eau du bassin versant de la rivière du Chêne.

Ces cours d'eau incisent d'abord les sables et les argiles mis en place lors de l'épisode de la mer de Champlain et, à la suite de son retrait, poursuivent, localement, leur encaissement, dans le socle rocheux sous-jacent. Les petits affluents du réseau hydrographique secondaire et tertiaire de la FSL rejoignent les rivières majeures en creusant, la plupart du temps, des ravins de quelques mètres de profond dans les matériaux meubles de surface (Figure A1-15).



Figure A1-15 : Ravinement du réseau hydrographique secondaire

On ne rencontre aucun plan d'eau naturel dans la FSL ; seuls quelques étangs dus à l'activité des castors se retrouvent ici et là dans la forêt. Deux d'entre eux méritent une précision : le premier, proche de la limite ouest de la FSL abrite une héronnière et couvre plus de 20 ha ; le deuxième au centre ouest inonde plus de 10 ha.

- **La rivière du Chêne**

Figure marquante du paysage de la FSL, la rivière du Chêne, longue de 96 km, relie le piémont appalachien au fleuve Saint-Laurent qu'elle rejoint à Leclercville. Dans son parcours dans la FSL, sa largeur varie constamment, passant d'un minimum de 12 m à un maximum de 71 m aux limites nord de la FSL. Son cours sinueux s'écoule du sud-est vers le nord-ouest avec une bifurcation marquée de 45 ° à la hauteur de la confluence avec le ruisseau de la Constance qui draine un chenal ancien jadis beaucoup plus imposant en volume d'eau qu'aujourd'hui.

Son régime hydrologique est du type nivo-pluvial mixte partageant des traits du régime nival et du régime pluvial. Il se caractérise par deux pics de débit bien marqués : le plus prononcé au printemps, lié à la fonte des neiges ; le second en automne, lié aux précipitations.

Un style fluvial à méandre dynamique caractérise la rivière du Chêne : le cours d'eau migre latéralement et édifie des bancs de convexité ; il est flanqué en bien des endroits, d'alluvions en gradins.

On nomme ces gradins, terrasses « polygéniques⁹ » qui sont en réalité des fragments de lobes de méandres inclinés. Ce style fluvial est entrecoupé, quelques fois par un style fluvial à méandre stable (figure A1-16). Par exemple, la rivière présente un style à méandre stable du départ du sentier des Trois-Fourches jusqu'à hauteur du km 7.

Elle a un débit estimé de 10 m³/s. Le débit d'étiage (Q2-7) annuel estimé est de 1,4 m³/s tandis que le débit d'étiage estival est de 1,5 m³/s. La rivière du Chêne est d'ordre de Strahler 3 jusqu'à la confluence avec la rivière Henri où elle poursuit son cours aval sous l'ordre de Strahler 4.

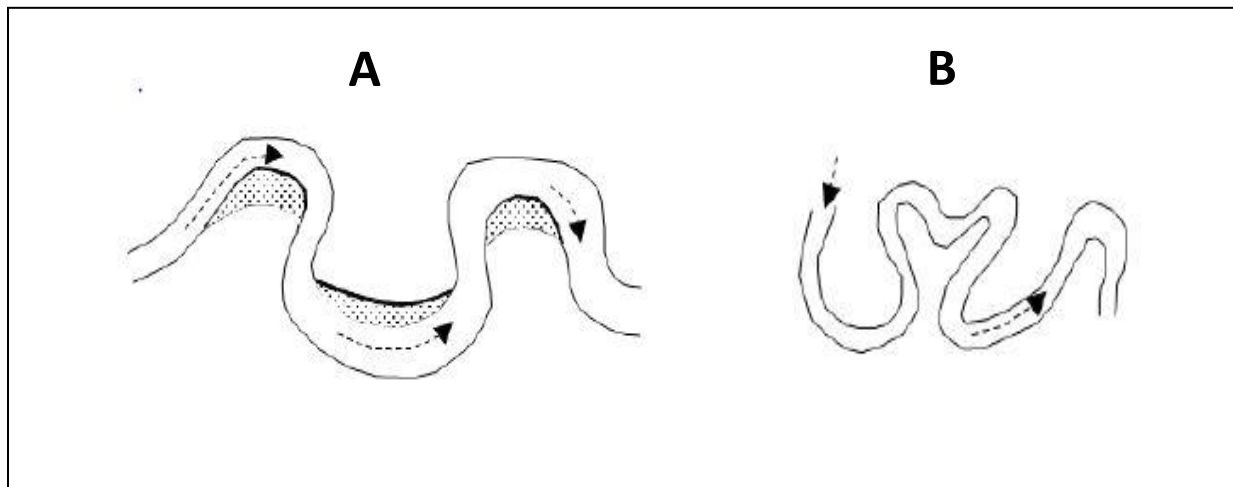


Figure A1-16 : Les deux styles fluviaux de la rivière du Chêne ; A : Dynamique, B : Stable

⁹ Terrasses polygéniques : Ensemble de terrasses dont l'alluvionnement n'est pas partout du même âge.

Tableau A1-1 : Données hydrogéomorphologiques pour la rivière du Chêne¹⁰

Rivière du Chêne	
Style fluvial	Méandre dynamique stable
Régime	Nivo-pluvial
Débit (estimé)	10 m ³ /s
Débit étiage annuel (estimé)	1,4 m ³ /s
Débit étiage estival (estimé)	1,5 m ³ /s
Superficie du bassin versant (BV)	792 km ²
Largeur min du cours d'eau	12 m
Largeur max du cours d'eau	71 m
Substrat	Stable
Puissances spécifiques	Dynamique (≥ 25 et ≤ 80 ; W/m ²)
Alcalinité	Élevé (>100 ; ueq/L)

Figure A1-17 :

***Terrasses subactuelles
boisées de la rivière du
Chêne***



¹⁰ Source : Atlas des territoires d'intérêts pour la conservation dans les BTSL

- **La rivière Henri**

La rivière Henri possède les mêmes caractéristiques hydrodynamiques et géomorphologiques que la rivière du Chêne. La largeur de son cours actuel (min : 8 m ; max : 38 m) varie constamment vers l'aval, en direction nord-ouest, jusqu'à sa confluence avec la rivière du Chêne (cf. figure 2.2).

- **La rivière Huron**

Située le long de la limite est de la FSL et en particulier dans la zone de confluence avec la rivière du Chêne, la rivière Huron ne présente pas les mêmes caractéristiques fluviales de son cours aval. Son large chenal représente une vaste plaine d'inondation avec peu de dénivellation. Les bancs du chenal principal montrent l'effet d'entrelacements et de migrations latérales (largeur de son lit: min : 10 m ; max : 20 m). Les chenaux plus anciens dans la plaine d'inondation boisée ont été partiellement comblés par des sédiments plus fins au cours des inondations. La configuration de cette rivière est différente puisque la pente fluviale est plus douce et la charge de sédiments transportés moins importante. Dans les parties plus basses et plus planes de cette plaine d'inondation, les marécages abondent reposant sur des limons, argiles et sables fins mal drainés. Les arbres croissent le long des crêtes et des bourrelets alluviaux.

■ **Couvert végétal**

Le couvert végétal actuel de la FSL porte les stigmates de l'exploitation forestière des 40 dernières années que révèle aisément tout survol aérien. Le secteur à l'ouest de la rivière du Chêne montre l'impact des coupes par bandes qui donnent l'impression qu'un immense peigne a sévi sur le territoire (Figure A1-18).

Plusieurs auteurs qualifient le couvert végétal de la FSL de forêt mélangée de résineux et feuillus (Doré, 1975 ; Carrier et coll., 1976 ; Gratton et Chabot, 1983). Aujourd'hui, même si le qualificatif général de forêt mélangée peut s'accepter, des nuances s'imposent. Déjà, Carrier et coll., (1976) distinguaient trois secteurs : la vallée de la rivière du Chêne (érablières), la vallée du ruisseau l'Espérance (mélange de résineux et d'érablières) et les terrains plats (dominance de résineux).

Reprenons cette proposition en la précisant. Les abords du réseau hydrographique majeur (rivières du Chêne, Henri, Huron et aux Ormes) supportent un couvert forestier feuillu. Sur les terrasses inférieures dont une partie subit des inondations périodiques se concentrent les derniers spécimens de vieilles forêts (figure A1-19) autrefois répandues dans les basses-terres du Saint-Laurent (CRECA, 2018) comme des ormaies, des frênaies, des érablières à tilleul ou encore des bétulaies jaunes à érable. Quelques prucheraies avec des arbres de grande taille s'implantent çà et là dans les pentes les plus fortes. Ailleurs, les érablières (figure A1-20), dont la majorité est sous exploitation acéricole, colonisent les sols sableux bien drainés des terrasses intermédiaires et supérieures.



Figure A1-18 : Vestiges des coupes par bandes

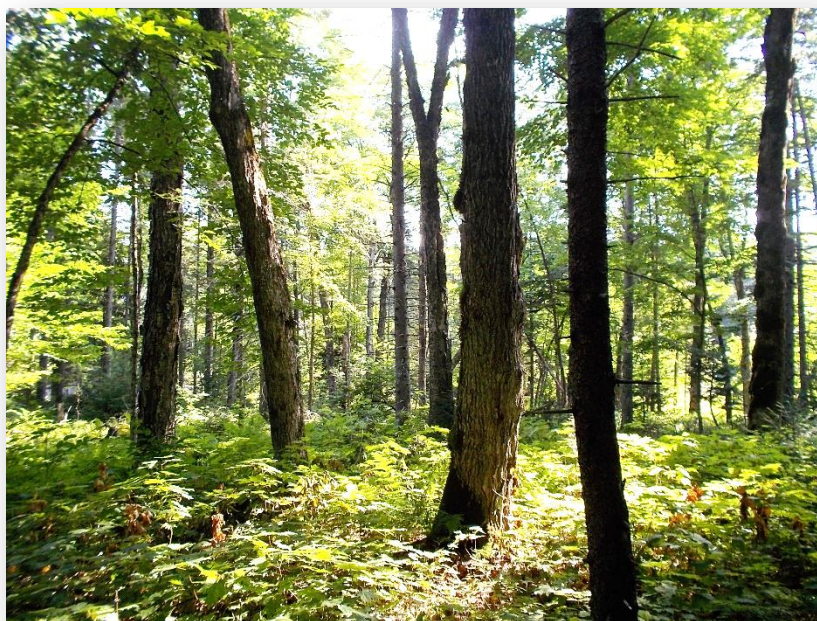


Figure A1-19 : Vieille forêt feuillue sur les terrasses inférieures de la rivière du Chêne



Figure A1-20 : Érablière sur les terrasses supérieures de la rivière du Chêne.

Nous proposons d'étendre les observations de Carrier et coll. (1976) concernant la vallée du ruisseau de l'Espérance au territoire de la FSL à l'ouest de la rivière du Chêne. En effet, ce secteur présente une homogénéité morphologique différente du reste du **territoire**, caractérisé par une succession de terrains plats entrecoupée de reliefs convexes bien marqués. Les parties planes, à drainage subhydrique avec des sols à texture fine, accueillent des peuplements mélangés : érable rouge et bouleau jaune dominant les essences feuillues en compagnie de sapin baumier, d'épinette rouge et de cèdre. Les peuplements résineux à dominance de sapin s'installent sur les stations les plus mal drainées (figure A1-21). Les parties convexes du relief aux sols sableux bien drainés et pierrosité élevée accueillent des érablières (figure A1-22).

Figure A1-21 : Peuplement résineux sur terrain plat mal drainé, secteur ouest de la rivière du Chêne



Figure A1-22 : Érablière sur une ondulation de relief bien drainée, secteur ouest de la rivière du Chêne

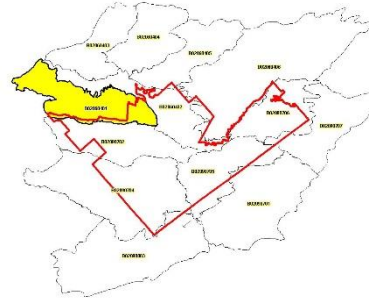
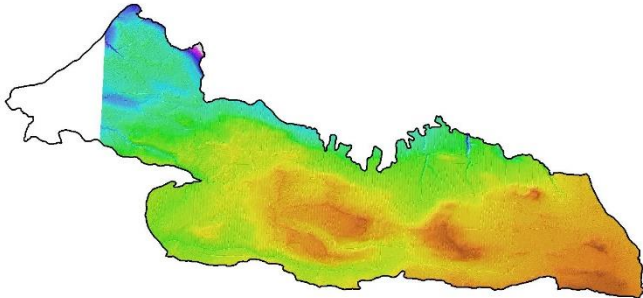


Le troisième secteur couvre le territoire à l'est de la rivière du Chêne. Les terrains plats dominant, rarement interrompus par quelques faibles ondulations de relief. Les peuplements résineux d'épinettes rouges accompagnées de sapin baumier, de cèdre, de bouleau jaune et d'érable rouge abondent sur des sols sableux à drainage subhydrique. Localement, on retrouve quelques superficies en peuplements mélangés dans lesquels l'érable rouge abonde. À nouveau, les érablières colonisent les ondulations de relief aux sols sableux, voire graveleux bien drainés. Dans ces deux secteurs, çà et là, quelques tourbières ouvertes (bogs) de superficie modeste interrompent le couvert forestier.

ANNEXE 2 : Description des ensembles topographiques

Plaine du rang du Castor (B02060401)

Altitude :			Superficie :
Min : 13,3 m	Max : 87,0 m	Moy : 66,0 m	37 km ²



Description détaillée	PN/AB/1AE (description générale)				
	Forme	Décli	Dépôt	Drainage	%
	TR	AB	1AE	23	35
	TP	AB	3M	45	25
	CA	AB	3M	45	10
	TP	AB	5S	23	10
	CR	CD	1AER	23	10
	TP	AB	5S	45	10

Située au nord-ouest de la FSL, la Plaine du rang du Castor s'intercale entre un ancien chenal du Proto-Saint-Laurent au nord et la Plaine du ruisseau de l'Espérance, légèrement surélevée, au sud. L'altitude varie entre 13 m en bordure nord et 87 m au centre et à l'extrémité orientale.

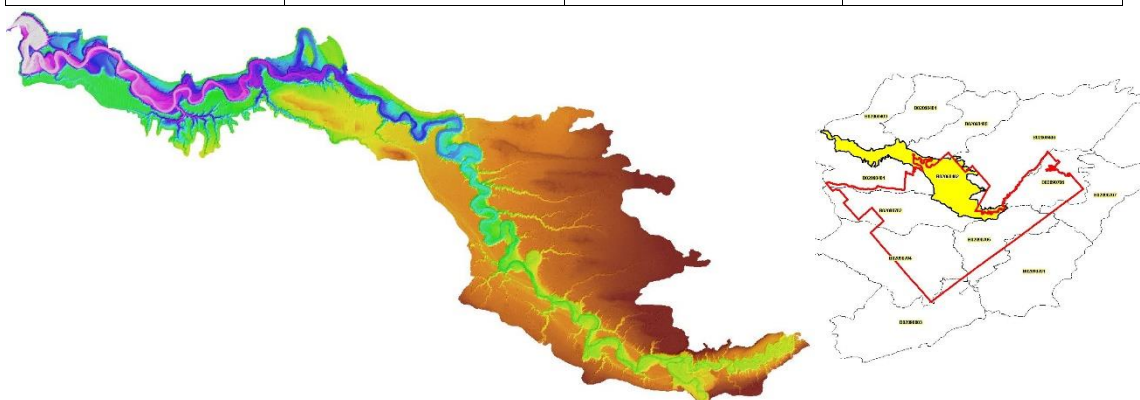
Cet ensemble topographique présente, des traces d'érosion et de sédimentation dues à l'écoulement des eaux lié à une phase estuarienne lors de l'exondation des terres et contient des terrains morainiques marqués de crêtes irrégulières.

Des dépôts argileux d'origine fluviomarine tapissent les niveaux les plus bas en épousant une topographie généralement uniforme. Uniformité, localement interrompue cependant par d'anciens petits chenaux d'écoulement, quelques bourrelets de matériaux graveleux et pierreux et quelques cuvettes comblées de dépôts littoraux ou organiques.

En léger surplomb, on retrouve des dépôts morainiques aux contours ondulés parcourus par des petites crêtes étroites. Ces dernières correspondent à du remplissage de crevasses dans la glace ou à des bourrelets de till remanié ou encore traduisent des lignes de rivage (littoral) éphémères qui épousent probablement l'emplacement des fronts morainiques en décrépitude. Disséminés ici et là, aux altitudes intermédiaires, des sables marins occupent des superficies appréciables.

Terrasse de la rivière du Chêne – secteur aval (B02060402)

Altitude :			Superficie :
Min : 0 m	Max : 105,5 m	Moy : 66,0 m	36 km²



	TE/AB/3FB (description générale)				
	Forme	Décli	Dépôt	Drainage	%
	TE	AB	3FB	23	50
	TP	AB	5S	23	30
	TE	AB	3DB	23	10
Description détaillée	TP	AB	3M	45	5
	RA	F	5S	23	5

La rivière du Chêne est la figure marquante de cette terrasse. D'orientation générale sud-est-nord-ouest, son parcours sinueux de 24 km s'encaisse de plus en plus vers l'aval ; l'altitude passant de 105 m à zéro.

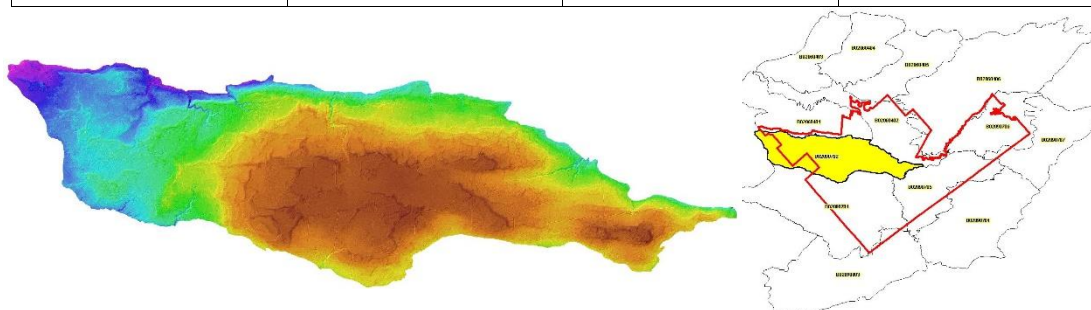
Des dépôts fluviaux actuels et subactuels caractérisent les terrasses étagées de la rivière. De part et d'autre de la vallée encaissée, sables et graviers, déposés par la mer de Champlain, forment des étendues planes qu'interrompent de rares inégalités topographiques plus graveleuses attribuables à des remaniements littoraux. Un dépôt deltaïque de plus de 50 m d'épaisseur occupe également une partie de la rive gauche de la rivière du Chêne.

Des dépôts fluviomarins de texture fine (limon/argile) associés à la phase estuarienne du Proto-Saint-Laurent se rencontrent au nord-ouest de cette unité.

De nombreux ravins et ravines entaillent profondément talus et replats des terrasses créant un paysage local fort distinctif avec une organisation spatiale unique. Des sédiments argileux apparaissent en de nombreux lieux ravinés : ils sont constitués d'argile silteuse massive ou stratifiée, de couleur gris bleuté contenant parfois des fossiles de mollusques contemporains de la mer de Champlain (*Hiattella arctica*; *Portlandia arctica*). Nous avons également rencontré, à l'occasion, un diamicton sableux sur quelques versants de ces ravins à proximité de rivière du Chêne.

Plaine Sud du ruisseau l'Espérance (B02090702)

Altitude :			Superficie :
Min : 63,1 m	Max : 100,1 m	Moy : 89,2 m	39 km²



PN/AB/1AE (description générale)					
Description détaillée	Forme	Décli	Dépôt	Drainage	%
	TR	AB	1AE	23	50
	CR	CD	1AER	23	20
	TP	AB	1AE	45	15
	TP	AB	5S	45	5
	TP	AB	7O	6	5
	TP	AB	5S	23	5

La couverture continue de sédiments glaciaires épais associés à des crêtes morainiques remaniées constitue le trait marquant de cet ensemble topographique dont l'altitude s'élève très graduellement d'ouest en est, passant de 63 m à 100 m. Un lobe glaciaire en décrépitude a vraisemblablement occupé les lieux pendant un certain temps.

Des crêtes morainiques remaniées de dimension importante, fort probablement héritées d'un front morainique en décrépitude, marquent la bordure nord du polygone, en léger surplomb de la Plaine du rang du Castor.

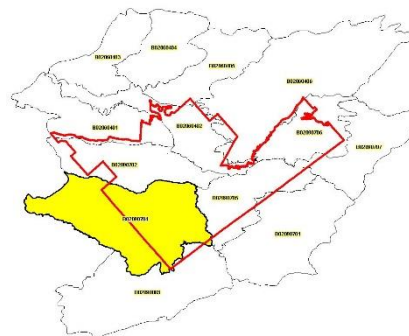
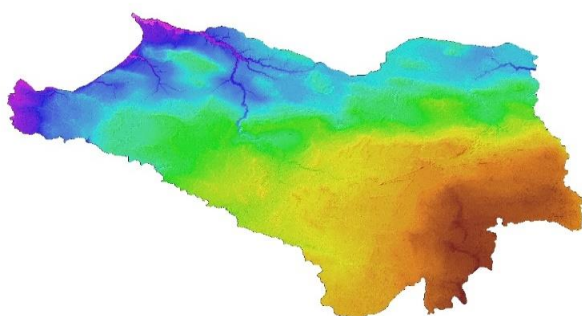
La partie centrale, plus élevée, contraste avec la présence de nombreuses crêtes étroites, arquées et sinueuses encerclant des surfaces plates uniformes de dépôts sableux marins. On retrouve également là, des terrains mal drainés et des tourbières.

Au sud-est, ce lobe de glace stagnante a vraisemblablement influencé le parcours de la rivière du Chêne en bloquant son écoulement vers le nord et l'obligeant à effectuer un virage à plus de 90 degrés vers l'est.

Dans le secteur ouest, de petites crêtes étroites, d'orientation N-S parcourent le dépôt morainique ; on les associe généralement à du remplissage de crevasses du glacier en fonte.

Plaine Est de Sainte-Françoise (B02090704)

Altitude :			Superficie :
Min : 61,9 m	Max : 128,1 m	Moy : 101,2 m	74 km²



PN/AB/5S (description générale)					
Description détaillée	Forme	Décli	Dépôt	Drainage	%
	TP	AB	5S	45	50
	TR	AB	1AE	23	30
	CR	CD	1AER	23	10
	CA	AB	7O	6	5
	CR	E	9DF	1	5

Au sud-ouest de la FSL, la Plaine Est de Sainte-Françoise s'élève doucement par une succession de petits paliers du N-O vers le S-E : elle passe ainsi de 60 m à 120 m ; cette pente générale a directement influencé l'orientation du réseau hydrographique.

Le till domine au S-E, dans le secteur le plus élevé. La surface de la plaine présente une succession de terrains à la surface irrégulière entrecoupée de terrains plans, souvent mal drainés. Au travers de tout

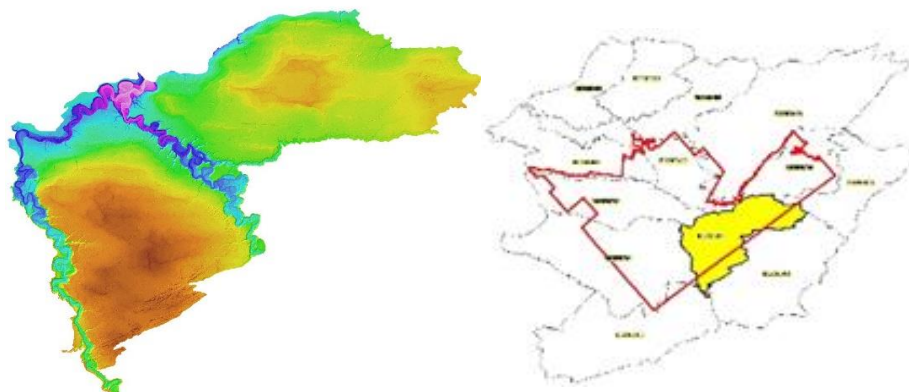
cela, on rencontre quelques crêtes morainiques remaniées par l'action littorale des vagues de la mer de Champlain.

En direction N.O., le paysage devient plus uniforme et se démarque par des étendues planes sableuses dans lesquelles ont pu se développer des dunes.

En se dirigeant vers le nord, autour de 80 m d'altitude, un ancien chenal s'écoule d'est en ouest. Des tourbières en occupent le fond en compagnie de sables marins mal drainés à son extrémité est. Il témoigne d'un exutoire des eaux de fonte qui, à l'époque tardiglaciaire, s'écoulaient, principalement vers l'ouest (Bras du Nord de la rivière aux Ormes et la Petite rivière du Chêne), mais également, en partie, vers la rivière du Chêne à l'est.

Plaine centrale de la rivière du Chêne et Henri (B02090705)

Altitude :			Superficie :
Min : 59,0 m	Max : 126,3 m	Moy : 106,9 m	35 km²



	PN/AB/5S (description générale)				
	Forme	Décli	Dépôt	Drainage	%
Description détaillée	TP	AB	5S	45	35
	CR	CD	1AER	23	30
	TE	AB	3FB	23	20
	TP	AB	5L	45	10
	TP	AB	5S	23	5

La rivière du Chêne à l'ouest et la rivière Henri au centre s'encaissent profondément dans cet ensemble topographique autrement peu accidenté. L'altitude varie entre 60 m et 120 m.

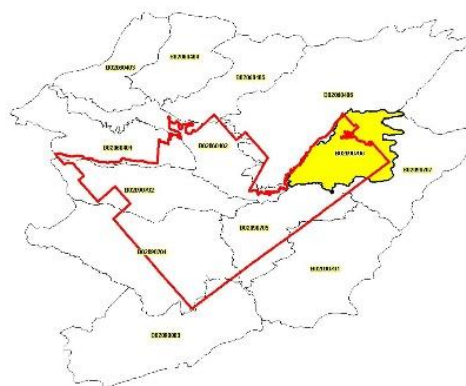
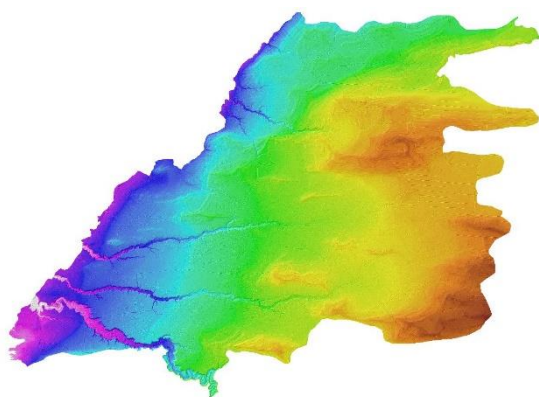
De nombreuses crêtes morainiques de grande dimension, remaniées par les eaux de la mer de Champlain, abondent dans la partie nord de l'unité. Elles sont régulièrement associées à des crêtes littorales. Cette configuration serait consécutive à la présence de plusieurs petits lobes glaciaires en décrépitude se désagrégeant sur place. Les eaux agitées de la mer de Champlain prenaient alors en charge le matériel issu de la désagrégation des masses de glace, le triaient, le remaniaient et le transportaient ailleurs pour édifier ces formes littorales.

Au sud de ce secteur, des sables marins généralement mal drainés accompagnés de milieux humides et de quelques tourbières caractérisent les terrains plats. Ailleurs, les sables marins plans dominent et seuls quelques dunes et quelques amoncellements d'origine glaciaire perturbent quelque peu cette horizontalité.

À proximité des rivières du Chêne, Henri et aux Cèdres, des ravins entaillent profondément la plaine au fond desquels il n'est pas rare d'observer des sédiments limoneux argileux associés aux faciès d'eau profonde de la mer de Champlain.

Plaine ouest de Laurier-Station (B02090706)

Altitude :			Superficie :
Min : 64,7 m	Max : 119,3 m	Moy : 100,5 m	30 km²



PN/AB/5S (description générale)					
Description détaillée	Forme	Décli	Dépôt	Drainage	%
	TP	AB	5S	45	50
	CR	CD	1AER	23	25
	TR	AB	1AE	23	10
	TR	AB	1AE	45	10
	TP	AB	5S	23	5

À l'extrémité Est de la FSL, la Plaine Ouest de Laurier-Station descend doucement du sud vers le nord : l'altitude décroissant lentement de 120 m à 65 m.

- Dans la partie la plus élevée à l'est, les crêtes littorales abondent (même phénomène de mise en place que dans la partie nord de la Plaine Amont de la Rivière du Chêne).
- Au pied de ce complexe, la plaine de sables marins épais interrompue par de rares accumulations morainiques remaniées s'étale vers l'ouest. À son extrémité, trois cours d'eau subparallèles, tributaires de la rivière Huron, la découpent et la ravinent profondément.
- Une succession de crêtes morainiques remaniées et de terrains plats sableux mal drainés occupent l'extrémité nord de l'unité.

ANNEXE 3 : Les 48 combinaisons de « Forme-dépôt-drainage-déclivité » pour caractériser les 750 polygones d'élément topographique de la FSL

Forme	Dépôt	Drainage	Déclivité	Nbr	Sup. ha.	Num_séq
BR	1AE	23	CD	14	186,4	1
BR	1AER	23	CD	42	213,1	2
BR	9DF	1	CD	18	45,4	3
CA	3FB	45	AB	21	88,9	4
CR	1AER	23	E	2	7,3	5
CR	1AER	23	CD	197	2 207,2	6
CR	9DF	1	E	34	154,1	7
LV	6DH	23	AB	152	522,5	8
RA	1AE	23	F	1	0,5	9
RA	1AE	23	E	2	2,0	10
RA	5L	23	E	15	9,3	11
RA	5S	23	F	5	8,8	12
RA	5S	23	G	5	8,3	13
RA	5S	23	E	10	9,7	14
RE	5S	23	CD	2	1,7	15
RE	5S	23	E	2	5,1	16
RE	5S	23	F	2	2,7	17
RP	6DH	23	AB	22	148,9	18
RP	8DN	45	AB	59	26,3	19
TA	1AE	23	G	5	6,0	20
TA	1AE	23	E	8	6,6	21
TA	1AE	23	F	17	24,3	22
TA	3DB	23	F	1	3,3	23
TA	3DB	23	E	3	33,3	24
TA	3DB	23	G	3	15,0	25
TA	3FB	23	F	15	51,1	26
TA	3FB	23	E	23	24,2	27
TA	3M	23	E	1	3,4	28
TA	5L	23	E	4	2,8	29
TA	5L	23	F	61	88,0	30
TA	5L	23	G	61	90,9	31
TA	5S	23	G	24	79,9	32
TA	5S	23	F	35	81,1	33
TA	5S	23	E	46	98,1	34
TP	1AE	45	AB	126	992,7	35
TP	3DB	23	AB	1	131,3	36
TP	3FB	45	AB	2	20,6	37
TP	3M	45	AB	3	152,5	38
TP	5L	45	AB	64	432,1	39
TP	5S	23	AB	194	1 779,5	40
TP	5S	45	AB	355	3 587,6	41
TP	7O	6	AB	117	1 081,4	42
TR	1AE	23	CD	4	4,7	43
TR	1AE	23	AB	310	3 067,3	44
TR	3FA	23	AB	149	133,4	45
TR	3FB	23	AB	28	177,3	46
TR	3FB	23	CD	63	457,4	47
TR	5S	23	CD	6	0,8	48

▪ Légende des codes de l'annexe 3

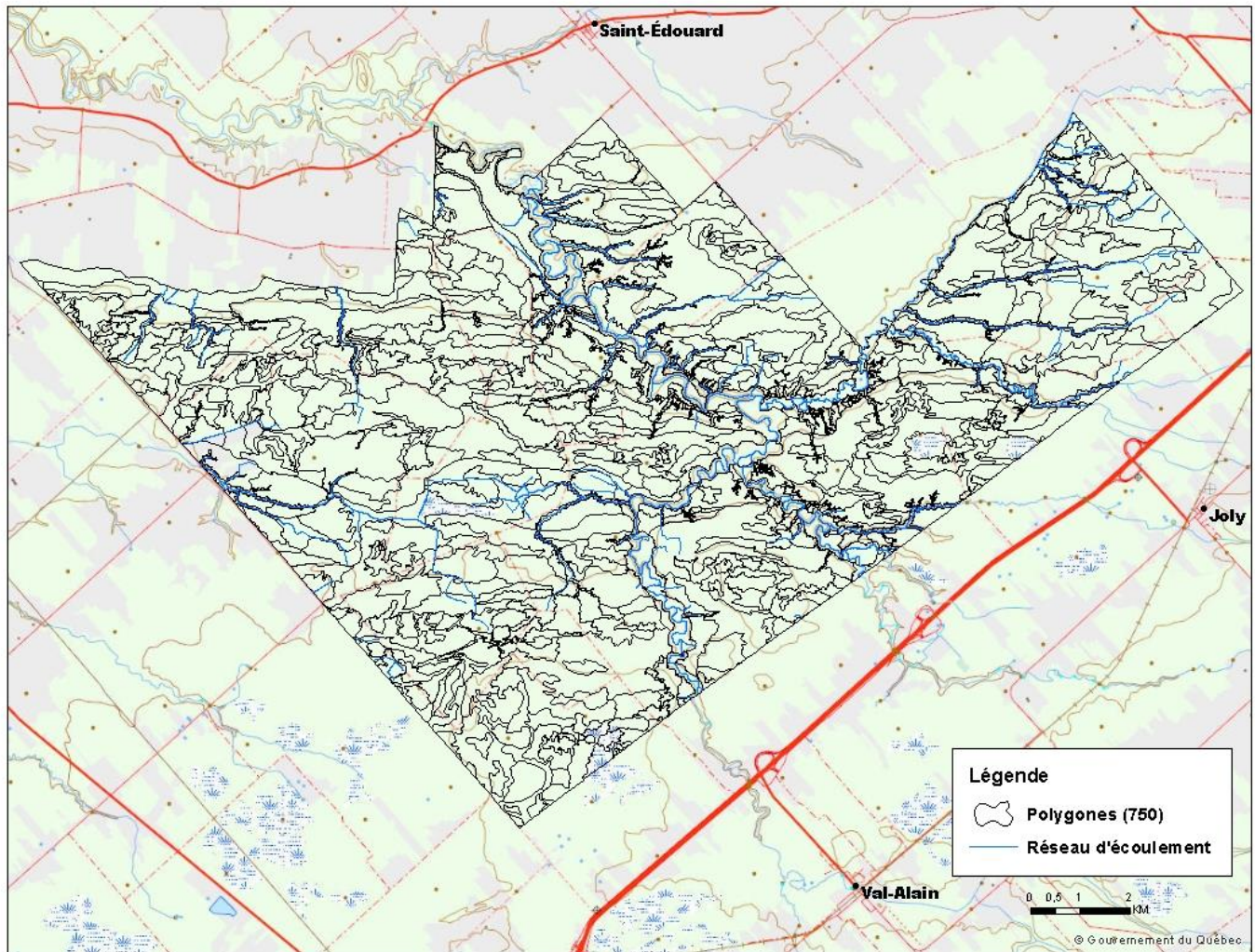
Forme	
BR	Bourrelet
CA	Chenal ancien
CR	Crête
LV	Levé
RA	Ravin
RE	Ravine
RP	Replat
TA	Talus
TP	Terrain plat
TR	Terrain

Dépôt	
1AE	Dépôts glaciaires épais
1AER	Dépôts glaciaires remaniés (épais et mince)
3DB	Dépôts deltaïques
3FA	Dépôts fluviaux actuels
3FB	Dépôts fluviaux subactuels
3M	Dépôts alluvionnaires fluviomarins
5L	Dépôts marins, faciès d'eau calme
5S	Dépôts marins, faciès d'eau agitée
6DH	Dépôts littoraux de haute plage
7O	Dépôts organiques
8DN	Dépôts de versants
9DF	Dépôts éoliens (Dunes)

Drainage	
1	Excessif
23	Bon à modéré
45	Imparfait à mauvais
6	Très mauvais

Déclivité	
AB	0-5 %
CD	5-15 %
E	15-30 %
F	30-60 %
G	+ de 60 %

ANNEXE 4 : Les 750 polygones cartographiques de niveau 7



ANNEXE 5 : Description des dépôts de surface

1AE

Dépôts glaciaires épais

Le till de Gentilly, témoin de la dernière réavancée glaciaire d'importance dans ce secteur des basses-terres du Saint-Laurent, caractérise les dépôts glaciaires de la FSL. C'est un till de fond dont la matrice argilo-silteuse grisâtre contient une bonne proportion de limon (silt) et des quantités variables d'argile, de sables, de graviers, de galets et de blocs. Une bonne proportion de ces derniers (roches ignées et métamorphiques) est d'âge précambrien et provient du socle laurentidien, loin au nord. D'épaisseur généralement supérieure à 1 m. le till de Gentilly présente, localement, quelques variations texturales. Ainsi, suite à quelques observations de terrain, la matrice du till présente un faciès plus sableux à l'est de la rivière du Chêne alors qu'à l'ouest, la texture semble plus fine (texture de loam) et la matrice plus pierreuse.



Figure A5-1 : Till de Gentilly dans le secteur de Saint-Édouard de Lotbinière

1AER

Dépôts glaciaires remaniés (épais et mince)

Le till remanié se distingue du till original par l'apport en surface de sables, de graviers, de nombreux cailloux et blocs et, occasionnellement, de coquillages marins. Ces apports sont associés aux remaniements littoraux qui ont eu lieu lors de l'exondation des eaux de la mer de Champlain. Le remaniement de la matrice originelle reste la plupart du temps superficiel (de l'ordre de 25 cm ou moins).

Lorsque remanié, le till se reconnaît aisément sur le terrain par ses formes de crêtes allongées, subparallèles et crénelées. Elles résultent de l'action des courants littoraux qui ont redistribué et remodelé en surface les matériaux granulaires sous forme de lignes de plages facilement observables sur les images LiDAR. Ces formes deviennent dominantes au pied des anciens lobes glaciaires ayant fondu sur place.

Ailleurs, isolées ici et là à travers la FSL, on peut observer d'autres crêtes courbées et sinueuses qui possèdent les mêmes faciès lithologiques ; elles traduisent des reliques de bourrelets périphériques de lobes glaciaires et, parfois, d'icebergs ayant fondu sur place.

Le till remanié se rencontre également, ici et là, sur des bourrelets de certains terrains ondulés. Dans ces conditions, il exige alors une analyse attentive de sa matrice, car il ne se traduit pas par une morphologie particulière liée à des phénomènes littoraux.



Figure A5-2 : À gauche, une couche de sable et gravier coiffe le till original. À droite, détail sur la granulométrie de cette couche

3FA – 3FB

Dépôts fluviaux

Les dépôts fluviaux englobent les alluvions récentes (3FA) et les alluvions anciennes (3FB). Leur mise en place résulte des changements, à travers le temps, du parcours des cours d'eau, du creusement de leurs chenaux et d'inondations périodiques. Ces dépôts sont toujours stratifiés, mais la stratigraphie peut grandement varier et présenter différents faciès: strates horizontales, strates obliques ou, encore, strates entrecroisées.

Les alluvions actuelles se retrouvent dans le lit mineur des cours d'eau ; certaines d'entre elles peuvent extrêmement pierreuses (en particulier dans les rivières du Chêne et Henri). On les retrouve aussi en périphérie immédiate des cours d'eau actuels sous la forme de levées et de basses terrasses irrégulières. Également, jouxtant le chenal actuel, des alluvions fines (sable fin et limon) comblent les anciens chenaux et les méandres abandonnés, habituellement inondés de façon récurrente au printemps.

Les alluvions anciennes (3FB) forment les terrasses emboîtées qui surplombent le lit des cours d'eau au-delà de la zone inondable actuelle. Elles se présentent en une succession de replats étagés souvent parcourus par un réseau dense d'écoulements anciens (méandres et bras abandonnés). Elles se composent de sables stratifiés avec graviers et cailloux, mais leurs faciès varient beaucoup tant en surface qu'en profondeur. Le drainage vertical est généralement rapide.



**Figure A5-3 : Alluvions récentes à gauche (3FA) et alluvions anciennes à droite (3FB)
le long de la rivière du Chêne**

3M

Dépôts alluvionnaires fluviomarins

Les alluvions fluviomarines se sont déposées dans le territoire de la FSL durant l'époque estuarienne du Proto-Saint-Laurent (l'ancêtre du Saint-Laurent actuel). La mer de Champlain a atteint son apogée, en amont de Québec, entre 13 000 et 10 600 ans AA. Une étendue d'abord d'eaux saumâtres, puis d'eaux douces lui succéda. Puis, assez rapidement, le niveau de l'eau baissa, s'écoulant par de multiples chenaux (temporaires et de tailles variables) au fond desquels se déposèrent, au-dessus des argiles de la mer de Champlain, des alluvions de texture généralement fine (faible force du courant suivi de phases d'eaux stagnantes). Ces chenaux d'écoulement se retrouvent ici à une altitude comprise entre 70 et 80 m.

Ces dépôts se caractérisent par des sables fins à très fins limoneux et des loams limoneux sur des argiles déposées dans les eaux calmes de la mer de Champlain ; l'épaisseur du dépôt supérieur, au-dessus de l'argile, excède rarement plus d'un mètre. On le reconnaît aisément sur le terrain par les interstratifications de limons et de sables très fins qui surmontent l'argile uniforme et compacte.



**Figure A5-4 : Dépôts alluvionnaires fluviomarins. Photo de gauche : sable fin mince sur argile.
Photo de droite : sable fin et limon sur argile**

3DB

Dépôts deltaïques

Les dépôts deltaïques se rencontrent uniquement sur la rive gauche de la rivière du Chêne, à la limite nord de la FSL. L'épaisseur du dépôt, révélée par un impressionnant talus abrupt au surplomb de la rivière, dépasse 30 mètres. Le talus en révèle la constitution : des sables bien triés, lités et pauvres en graviers. Il est recouvert d'une mince couche de dépôts marins à faciès d'eau agitée (5S).

Figure A5-5 : Coupe dans le dépôt deltaïque



5A-5L

Dépôts marins, faciès d'eau calme

Les dépôts marins déposés en eaux calmes (eaux profondes) affleurent rarement en surface dans la FSL. Les points d'échantillonnage réalisés lors des campagnes de terrain permettent cependant de distinguer deux classes texturales : d'une part, une texture argileuse massive (5A) et d'autre part, une texture limoneuse (5L) faite de loam argileux à argile limoneuse-silteuse massive qui contient souvent une quantité appréciable de sables très fins (Figure A5-6).

Ces dépôts marins présentent localement des rythmites et contiennent, presque toujours, des fossiles (coquilles d'espèces flottantes dans l'eau comme *Macoma balthica* ou d'espèces de fond comme *Balanus hameri*). Localement, ils peuvent également contenir quelques cailloux et même quelques blocs.

Le drainage est imparfait à mauvais, la nappe phréatique souvent proche de la surface et des mouchetures (tâches d'oxydation) toujours présentes dans le profil de sol.



Figure A5-6 : Dépôt marin, faciès d'eau calme. Photo de gauche, argile massive (5A) ; Photo de droite, dépôt limono-silteux (5L)

5S

Dépôts marins, faciès d'eau agitée

Ces dépôts ont sédimenté en eaux peu profondes et agitées en bordure du bassin de la mer de Champlain et lors de son retrait. En général, ce sont des sables fins à moyens localement graveleux, mais sans pierrosité notable et sans litage marqué. Ils sont généralement épais (> 1 m), mais dépassent rarement 4 à 5 m et ils forment de grandes étendus planes ou faiblement accidentées.

La majorité (environ les 2/3) est imparfaitement à mal drainée ; dans ces conditions, on observe assez fréquemment une couche d'induration (ortstein), dans le profil de sol, qui contribue au maintien de la nappe phréatique proche de la surface.



Figure A5-7 : Photos illustrant diverses caractéristiques pédologiques d'un dépôt de sable marin : bien drainé (à gauche) et mal drainé (à droite)

6DH

Dépôts littoraux de haut de plage

Les dépôts littoraux de haut de plage se composent de sables et de graviers stratifiés parfois fossilifères avec alternances de galets ; ils contiennent parfois quelques blocs. Ils épousent un relief très particulier en crêtes parallèles qui soulignent d'anciennes lignes de rivages successives de la mer de Champlain.

Leur origine dépend des sédiments déjà en place qui ont été remaniés par l'action des vagues: généralement, ils se constituent à partir du till, parfois à partir de sables d'exondation et, dans quelques cas, à partir de sédiments libérés par les glaces flottantes.

Les images LiDAR fournissent une excellente source d'informations pour localiser les dépôts littoraux de haut de plage. Cependant, prudence est de mise dans la lecture de ces images et des validations de terrain s'imposent. En effet, lors de ces validations, une bonne partie des crêtes reconnues sur LIDAR se sont avérées traduire un remaniement très superficiel dépassant rarement les 25 premiers cm du till en place.

Généralement, le drainage des dépôts littoraux de haut de plage est rapide.



Figure A5-8 : Dépôt littoral de haut de plage : gros plan sur la granulométrie

70

Dépôts organiques

Tourbières ouvertes et tourbières boisées constituent l'essentiel des dépôts organiques de la FSL.

Elles correspondent à des terrains, forestiers ou non, dans lesquels l'épaisseur de matière organique accumulée à la surface du sol excède 30 cm. Ce sont surtout des milieux à régime ombrotrophe et rarement minérotrophe, hormis à proximité immédiate des secteurs de ruissellement. Ils constituent une part importante des milieux humides de la FSL.

La tourbe provient surtout de la décomposition lente de sphaignes et d'éricacées. L'accumulation de matière organique a débuté vers 9500 ans avant aujourd'hui, dès le retrait de la mer de Champlain.



Figure A5-9: Terrain plat constitué de matière organique

8DN

Dépôts de versants

Les dépôts de versants proviennent des matériaux issus des décrochements et des glissements de terrain dans les ravins et les ravines. À certains endroits, ils se caractérisent par des structures faiblement ridées en empreintes digitales, ailleurs, par des cicatrices en amphithéâtre ou des bourrelets emboîtés en terrassettes vers le cours d'eau qui coule au fond de la dépression.

Les secteurs à forte concentration de ravins indiquent habituellement la présence d'argile en profondeur. Sur le terrain, nous avons alors souvent observé une couche de sable d'épaisseur variable sur le dépôt d'argile limoneuse, parfois massive et de couleur bleutée. Après décrochement et/ou glissement de la partie supérieure, les couches déplacées sont profondément perturbées. De plus, elles se recouvrent rapidement de matériel à texture variable provenant du colluvionnement des replats et des terrasses supérieures. Ceci crée un milieu instable, favorable à de fortes pressions interstitielles entre les différentes couches texturales (sables variables, limon et argile), augmentant d'autant les risques de rupture et de glissements qui remettent alors une grande quantité de sédiments en circulation qui aboutissent dans le réseau hydrographique.



Figure A5-10 : Décrochements dans les versants du ravin et redistribution des matériaux par le cours d'eau

9DF

Dépôts éoliens (Dunes)

Les dépôts éoliens sont constitués de sables fins à très fins, très bien triés, de couleur jaunâtre à brunâtre (brun olive pâle : 2.5 Y 5/3) disposés en stratifications obliques ; la pierrosité est nulle et le drainage excessif (1).

Ces dépôts éoliens sont principalement représentés par des dunes de 5 à 8 m de haut avec cependant quelques-unes qui culminent entre 20 et 25 m, mais aussi par quelques terrains ondulés de moindre envergure. Les dunes, réunies en champs de dunes, suivent un axe NE/SO ; on les observe essentiellement dans la zone recouverte par les sables marins, en particulier dans le secteur sud-ouest de la FSL.



Figure A5-11 : Dune dans le secteur sud-ouest de la FSL



**Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs**

Québec 