UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

CARACTÉRISATION STRUCTURALE ET MODÉLISATION 3D DE LA GÉOLOGIE DE LA RÉGION DE

MONTRÉAL, SUD DU QUÉBEC, CANADA.

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR

THIBAUT DUCAT

NOVEMBRE 2022

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon travail de recherche et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais dans un premier temps remercier mon directeur de mémoire Alain TREMBLAY, professeur à l'université du Québec à Montréal, pour sa disponibilité tout au long de ces années de recherche, pour m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé ainsi que pour avoir relu et corrigé mon mémoire.

François HARDY pour son aide permanente, ses conseils, ses critiques constructives et pour le temps qu'il a consacré à m'apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche notamment lors de la réalisation des modélisations 3D.

Vanessa SANCHEZ avec qui j'ai passé la plupart de mon temps ces dernières années autant à l'université que sur le terrain et qui a partagé avec moi les bons comme les mauvais moments de la réalisation de ce mémoire mais surtout qui m'a toujours apporté son aide.

Michel KUNTZ et Fatima El-MADANI, de la compagnie WSP, pour leurs motivations et leurs disponibilités, et sans qui ce travail de recherche n'aurait pas eu lieu.

Eric CHARTIER, André CAMPEAU et Jocelyn LAVOIE, de la ville de Montréal, pour leurs aides et leurs motivations, et pour avoir tout mis en œuvre pour faire avancer le projet.

Sans oublier bien sûr, ma copine Abir qui a toujours été là pour moi ces dernières années, m'encourageant toujours à travailler pour atteindre mes objectifs.

Mes parents, ma sœur Audrey, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1 Introduction	2
1.1 Définition de la problématique	2
1.2 Contexte des travaux	3
1.3 Méthodologie	3
1.4 Géologie régionale	4
1.5 Géologie structurale régionale	8
CHAPITRE 2 Les failles régionales	12
2.1 Étude bibliographique des failles régionales majeures : nomenclature et localisation	12
2.1.1 Zone Nord	13
2.1.1.1 Faille de Bas-Saint-Rose	13
2.1.1.2 Failles de Saint-Vincent-de-Paul, Laval et Duvernay	14
2.1.2 Zone centre	14
2.1.2.1 Failles du Rapide-du-Cheval-Blanc et d'Outremont	14
2.1.2.2 Faille de l'ile Bizard	15
2.1.2.3 Faille de Westmount	
2.1.2.4 Failles de Dorval. Pointe-Claire et Lasalle	
2.1.2.5 Failles de Sainte-Anne-de-Bellevue et de Dowker	16
2.1.2.6 Faille des Mille-Îles	16
2.1.3 Zone Sud	
2131 Faille de Havelock	17
21332 Faille de Delson	17
21332 Faille de Saint-Régis	17
 2.2 Mise à jour sur les failles régionales : les failles dans les projets de construction sur l'ile 17 	de Montréal
2.2.1 Rapports cartographiques reliés à la construction du métro de Montréal	
2.2.1.1 Failles de la ligne Orange - tronçon entre les stations Villa-Maria et Cote Vertu	19
2.2.1.2 Failles de la ligne Bleue – tronçon entre les stations Snowdon et Saint-Michel	21
2.2.1.3 Failles sur la ligne verte	
2.2.1.4 Synthèse des failles mise en évidence sur le réseau de métro de Montréal	
2.2.2 Failles décrites dans les projets de construction d'approvisionnement et d'assainis	sement de
l'eau sur l'île de Montréal (1970-2000)	29
2.2.3 Projets récents de la Ville de Montréal (2000-2022)	
2.2.3.1 Tunnel Jarry	
2.2.3.2 Tunnel Rosemont	
2.2.3.3 Bassin Rockfield	40
2.2.3.4 Bassin Lavigne	41
2.2.3.5 Bassin Leduc	43
2.2.3.6 Synthèse des failles mis en évidence dans les projets de construction récents	43
2.3 Failles observées sur le terrain	45
2.3.1 Localisation et ajout de données structurales	45

2.	3.2	Les failles Est-Ouest	48
2.	3.3	Les failles NO-SE	53
2.	3.4	Les failles N-S	55
2.	.3.5	Les failles orientées NE-SO.	57
СНА	PITRE	3 Modélisation numérique	58
3.1	Mét	hodologie	58
3.2	Synt	hèse structurale et géométrique des formations géologiques	59
3.	2.1	Précambrien	60
3.	.2.2	Groupe de Potsdam (Cambrien)	62
3.2.3		Groupe de Beekmantown	65
3.	2.4	Groupe de Chazy	67
3.2.5		Groupe de Black River	69
3.	2.6	Groupe de Trenton	69
3.	.2.7	Shale d'Utica	71
3.	.2.8	Groupe de Lorraine	73
3.3	Moc	lification et adaptation des données de modélisation	74
3.	.3.1	Données stratigraphiques	74
3.	.3.2	Données structurales	77
3.4	Mod	lèle 3D	80
3.5	Moc	lélisations géologiques locales	86
СНА	PITRE	4 Datations U-Pb	89
4.1	État	de la situation	89
4.2	Data	ition LA-ICP-MS de l'U/Pb de la calcite	89
4.3	Écha	intillonnage	91
4.4	Résu	ıltats	93
4.5	Inte	rprétation	95
СНА	PITRE	5 Synthèse/Discussion	98
5.1	Synt	hèse des résultats	98
5.2	Impl	ications géotechniques.	102
5.3	Reco	ommandations	102
CON	ICLUS	ion	104
		A . Données de fereges publiques provenent du sustème d'information déssion tifiques sét	roller
et ga	azier	(SIGPEG)	106
ANN	IEXE I	3 : Failles décrites dans les projets de construction sur l'île de Montréal	111
ANN	IEXE (C : Failles observées sur le terrain	119

EXE D : Coupes géologiques120

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte géologique simplifiée du Québec (Brisebois et al, 2003)5
Figure 2. Coupe schématique structurale de la plateforme du Saint-Laurent dans la grande région de Montréal (Rocher et Tremblay, 2001)5
Figure 3. Colonne stratigraphique de la plateforme du Saint-Laurent dans la région de Montréal (modifié de Comeau et al., 2012)
Figure 4. La Suite des Collines Montérégiennes dans le sud du Québec, tiré de Bourque (2017)
Figure 5. Carte géologique et structurale des basses terres du Saint-Laurent (modifiée de Raymond et al, 2012)
Figure 6. Carte géologique de la région de Montréal (tirée de Globensky, 1985)
Figure 7. Carte de localisation des failles majeures dans la région de Montréal13
Figure 8. Carte de localisation des projets d'infrastructures urbaines et de construction utilisés dans le cadre de ce travail de bibliographie
Figure 9. Carte de localisation des zones d'étude du métro de Montréal19
Figure 10. Carte de localisation des failles décrites sur le tronçon entre les stations Villa-Maria et Côte- Vertu de la ligne Orange (Chayer, 1977a)
Figure 11. Carte de localisation des failles décrites sur le tronçon entre les stations Snowdon et Saint- Michel de la ligne Bleue du métro de Montréal (Chayer, 1977b)
Figure 12. Carte de localisation des failles observées au sein des 8 zones de discontinuités lors de l'excavation du segment entre les stations Édouard-Montpetit et Outremont. Modifiée de Chayer et Campeau (1985)
Figure 13. Carte de localisation des failles recoupant le réseau du métro sur l'île de Montréal selon Chayer et Campeau (1985)
Figure 14. Carte de localisation des failles décrites le long de la ligne Verte du métro de Montréal 27
Figure 15. Photographie de la zone de faille observée dans l'excavation de la station Honoré-Beaugrand (tirée de Ville de Montréal, 1972)
Figure 16 Carte de localisation de l'ensemble des failles décrites sur le réseau de métro de Montréal et les failles majeures interprétées selon (Chayer et Campeau, 1985)
Figure 17. Carte de localisation des failles décrites sur les projets de construction des infrastructures d'approvisionnement et d'assainissement d'eau sur l'île de Montréal
Figure 18. Carte de localisation des failles présentes sur l'île de Montréal selon Durand (1978) 31

Figure 19. Carte de localisation des failles provenant de la compilation de Durand (1978) et comparaison avec les travaux de Clark (1972) et Globensky (1985)
Figure 20. Carte de compilation illustrant la localisation des failles sur l'ile de Montréal selon Rocher et al (2003)
Figure 21. Localisation des failles décrites par Rocher et al (2003) sur la carte géologique de référence. 34
Figure 22. Carte de localisation des forages des projets récents réalisés par la ville de Montréal 35
Figure 23. Carte de localisation des failles décrites sur le projet du tunnel Jarry (voir la Figure 22 pour la localisation de ce secteur)
Figure 24. Illustration 3D des forages et des failles interprétées le long du tunnel Jarry avec leur mouvement et rejets apparents
Figure 25. Carte de localisation des failles décrites le long du tunnel Rosemont (voir la Figure 22 pour la localisation de ce secteur)
Figure 26. Coupe géologique le long du tracé du tunnel Rosemont. Tirée de Boivin et Gagné (2013) 40
Figure 27. Interprétation structurale du bassin Rockfield. Tiré de Goulet (2020)
Figure 28. Carte de localisation des failles décrites sur les projets des bassin Lavigne et Leduc
Figure 29. Interprétation 3D des forages du bassin Lavigne illustrant la faille V22
Figure 30. Interprétation 3D des forages du bassin Leduc illustrant les failles V23 à 29 43
Figure 31. Localisation des failles identifiées dans les projets récents de la ville de Montréal et tracés des failles interprétées par Durand (1978) et Chayer et Campeau (1985)
Figure 32. Carte de localisation des principaux sites d'affleurements visités
Figure 33. Failles observées dans la zone d'étude 46
Figure 34. Photos de la faille T6 sur le site 4 illustrant les mouvements réels identifiés grace au niveau repère de bentonite (A et B) et le remplissage de calcite strié (C)
Figure 35. Photos illustrant les failles observées du site 7 (A) et le remplissage de calcite strié (B) 50
Figure 36. Photo de terrain illustrant les failles T13 (A) et T14 (B) sur le site 13 51
Figure 37. Photos de terrain illustrant le plan de faille (A) et le remplissage de calcite striée (B) de la faille T36 du site 19
Figure 38. Photos illustrant la zone de horsts et grabens des failles T15, 16 et17 (A) et les stries de la faille T18 (B)

Figure 39. Photos illustrant la faille T34 (A) et la zone de faille formée par la faille T34 et T35 (B) du la paroi Nord du site 19
Figure 40. Photo de terrain illustrant la faille inverse T1 de la paroi SE du site 1 dans l'est de l'île de Montréal.
Figure 41. Cartes et rapports géologiques de référence de la grande région de Montréal pour la construction du modèle 3D. Le cadre rouge délimite la zone d'étude
Figure 42. Localisation des forages de la base de données utilisées pour la construction du modèle 3D. 60
Figure 43. Isohypses du toit du Précambrien (modifié de Globensky, 1979)
Figure 44. Stratigraphie du Potsdam modifiée d'après Clark (1972)
Figure 45. Tableau comparatif des différentes études stratigraphiques régionales des formations géologiques cambriennes et ordoviciennes inférieur (Globensky 1982a et b)
Figure 46. Localisation des strates de la Formation de Covey Hill dans les limites du modèle 64
Figure 47. Localisation des strates de la Formation de Cairnside dans les limites du modèle
Figure 48. Localisation des strates de la Formation de Theresa dans les limites du modèle 66
Figure 49. Localisation des strates de la Formation de Beauharnois dans les limites du modèle 67
Figure 50. Localisation des strates du Groupe de Chazy dans les limites du modèle
Figure 51. Variations d'épaisseur des formations du Groupe de Trenton. Tiré de Clark (1972) 69
Figure 52. Localisation strates des formations du Groupe Trenton et du Groupe Black River dans les limites du modèle
Figure 53. Localisation des strates du shale d'Utica dans les limites du modèle
Figure 54. Localisation des strates du Groupe de Lorraine dans les limites du modèle
Figure 55. Orientations mesurées des formations géologiques dans les limites du modèle selon Clark et Globensky (1972, 1976, 1977, 1982a et b,1983, 1985 et 1986)
Figure 56. Exemple de modélisation en blocs effectuée par le logiciel Leapfrog
Figure 57. Comparaison de la position du contact inférieur du shale d'Utica selon Thériault (2014) et les cartes géologiques de Clark (1972) et Globensky (1985)
Figure 58. Carte de localisation des tracés de failles basés sur les interprétations de Chayer et Campeau (1985) et Durand (1978)
Figure 59. Ensemble des failles mises en évidence sur le terrain et dans les projets de construction de la Ville de Montréal

Figure 60. Prolongation des failles régionales et relations de recoupement présumées dans les limites du modèle sur le logiciel Leapfrog
Figure 61. Modèle géologique 3D de la zone d'étude 81
Figure 62. Vues des différentes faces du modèle 3D selon différentes orientations
Figure 63. Localisation des tracés de coupes réalisées dans les limites du modèle géologique
Figure 64. Coupe 3 orientée N-S traversant le centre du modèle 3D au niveau de l'intrusion du mont Royal.
Figure 65. Coupe 8 orientée E-O, traversant le centre du modèle entre les failles de Bas-Saint-Rose et du Rapide-du-Cheval-Blanc
Figure 66. Modèle géologique 3D préliminaire du site 16
Figure 67. Modèle géologique 3D préliminaire du site 20
Figure 68. A) Spectromètre LA-ICP-MS du collège de Middlebury. B) Exemple de tirs de laser sur un grain de calcite (Amidon, 2018)
Figure 69. Carte de localisation des failles échantillonnées pour datation U-Pb sur calcite
Figure 70. Exemple de plan de faille (T7) du site 7 avec un remplissage de calcite sélectionné pour la datation U-Pb (007C-01)
Figure 71. Diagrammes isochrones des échantillons 002-C-01 (A), 007-C-02 (B), 007-C-03 (C) et 007-C-04 (D)
Figure 72. Diagrammes isochrones des échantillons 013-C-04 (A), 017-C-01 (B) et 019-C-09 (C)
Figure 73. Diagramme synthétique des taux d'érosion et de flux de sédiments érodés dans le Canyon de Baltimore au large de la côte Est des États-Unis selon leurs âges (tiré d'Amidon et al. 2018)
Figure 74. Carte de l'ensemble des failles localisées au cours de cette étude
Figure 75. Projections stéréographiques illustrant l'orientation des failles provenant des visites de terrain et du travail de compilation bibliographique
Figure 76. Compilation des âges U-Pb sur calcite provenant de failles et veines analysées au Vermont et dans l'état de New York. La partie inférieure droite présente un histogramme d'âge des intrusions crétacés de la région. Tiré de (Amidon et al, 2022)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des failles répertoriées sur le tronçon entre les stations Villa-Maria et Cote Vertu 21
Tableau 2 : Liste des failles répertoriées sur le tronçon entre les stations Snowdon et Saint-Michel 26
Tableau 3 : Liste des failles répertoriées sur la ligne verte 27
Tableau 4. Liste des failles répertoriées dans les projets de construction d'approvisionnement et d'assainissement de l'eau sur l'île de Montréal (1970-2000)
Tableau 5 : Liste des failles répertoriées dans les projets de construction d'approvisionnement et d'assainissement d'eau sur l'île de Montréal (2000-2020).36
Tableau 6. Détails des failles observées dans la zone d'étude
Tableau 7 Rejets des principales failles 83
Tableau 8. Liste des échantillons de calcite prélevés pour la datation U-Pb. 92

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

- 3D 3 dimensions
- BSR Bas-Saint-Rose
- LA-ICP-MS Laser à ablation, spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif
- Ma Millions d'années
- Pb Plomb
- Ppb Part par milliard
- Ppm Part par million
- PSL Plateforme du Saint-Laurent
- SAB Sainte-Anne-de-Bellevue
- SIGPEG Système d'information géoscientifique pétrolier et gazier

U Uranium

RÉSUMÉ

La région de Montréal fait partie de la plateforme du Saint-Laurent, une séquence de roches cambriennes et ordoviciennes correspondant à une série sédimentaire marquant la transition d'un bassin de rift à une marge continentale passive, elle-même recouverte de dépôts d'avant-pays des formations de Trenton, du shale d'Utica et Lorraine. Les failles cassantes recoupant cette séquence montrent deux orientations principales, E-O et NO-SE, auxquelles s'ajoutent, dans le sud de la région de Montréal, des failles orientées N-S, telle que la faille de Havelock, et quelques failles orientées NE-SO.

Dans cette étude, les données structurales et géologiques de surface provenant des visites d'affleurements rocheux, de divers projets d'infrastructures permettant d'observer des excavations du socle rocheux ou comprenant des forages carottés, ainsi que des données de cartographie souterraine, ont été compilées dans une base de données géolocalisées. Cette base de données permet de mieux contraindre la nature et la géométrie des formations géologiques, des failles régionales et est utilisée pour construire un modèle géologique 3D du socle rocheux de la région de Montréal.

Le modèle 3D permet de proposer une mise à jour géologique régionale avec de nouveaux tracés de failles, notamment dans des zones où elles étaient considérées absentes, comme dans l'est et l'ouest de l'île de Montréal, et une nouvelle géométrie des formations géologiques.

Le réseau de failles de la région de Montréal, historiquement cartographié par Clark (1972) et Globensky (1987), s'avère localement plus complexe; 51 failles ont été observées sur le terrain sur une vingtaine de sites et 233 failles ont été compilées des différents rapports de construction consultés, pour un total de 284 failles pour l'ensemble de la région. Cet ajout important est souligné par l'existence de nombreuses failles mineures (i.e. à faible rejet), notamment sur le territoire de l'île de Montréal d'où proviennent la majeure partie des données structurales.

Les failles sont marquées, pour beaucoup d'entre elles, par du placage de calcite associé à des circulations de fluides hydrothermaux. Une dizaine de ces failles a fait l'objet d'un échantillonnage pour une datation LA-ICP-MS de l'U/Pb de la calcite. 7 échantillons, correspondant à 6 failles orientées E-O et à une faille orientée NO-SE, ont été datés avec succès, livrant des âges se répartissant selon trois périodes distinctes : Crétacé Précoce (c. 112-102 Ma), Crétacé Tardif (89-79 Ma) et Miocène (c. 22 Ma). Les âges mesurés, bien que peu nombreux, permettent de proposer une chronologie relative probable avec l'intrusion du mont

Royal (c. 125 Ma). Ces âges sont cohérents avec les résultats d'Amidon et al. (2022) qui ont formulé une hypothèse de réactivation de ces failles bien après la fin du rift Atlantique qui auraient correspondu à des épisodes de soulèvement crustal et de volcanisme en réponse aux changements de circulation magmatique mantellique durant le Crétacé et au développement de la topographie récente des Appalaches durant le Miocène.

Mots clés : Faille, structurale, modélisation 3D, datations U-Pb, base de données.

INTRODUCTION

La géologie de la région de Montréal a été historiquement étudiée dans les années 60 et 80, principalement avec les travaux de Clark (1972) et Globensky (1987) qui s'appuient sur des observations de terrain, des forages pétroliers et les travaux d'infrastructures de l'époque. Depuis, peu d'étude géologique ont vu le jour malgré un besoin croissant de connaissance géologique nécessaire dans le secteur de la construction d'infrastructures souterraines, notamment pour localiser les structures majeures recoupant le substratum rocheux. La localisation actuelle des failles régionales demeure d'ailleurs souvent très incertaine puisqu'une grande majorité d'entre elles n'ont jamais été observées sur le terrain, leurs existences reposant essentiellement sur des corrélations stratigraphiques et cartographiques, parfois anciennes. On sait aujourd'hui que le réseau de failles de la région est plus complexe qu'anticipé par Clark (1972), notamment par une plus grande abondance de failles telle que révélée par les différents projets de construction. De plus, la caractérisation structurale de la région de Montréal est encore aujourd'hui sujet à débats. Les failles n'ont pas été soumises à des travaux de datation précise et font encore l'objet d'hypothèses en ce qui concerne leur chronologie relative et leur évolution par rapport aux différents évènements tectoniques de l'est de l'Amérique du Nord (i.e. Rocher et al., 2003; Amidon et al., 2022).

Dans le cadre d'un financement Mitacs et d'une entente entre l'université du Québec à Montréal (UQAM) et la firme de génie-conseil WSP, ayant impliqué une collaboration avec la ville de Montréal (VdeM), des travaux d'analyse structurale ont été entrepris dans la grande région de Montréal afin de répondre à ces questions. Le développement récent de la région a permis l'acquisition de nouvelles informations géologiques et structurales qui ont été compilées au cours de la présente étude. Ces nouvelles informations comprennent notamment des campagnes de forage géotechnique, principalement les projets de construction du métro, les projets d'approvisionnement en eau de l'île de Montréal ainsi que les projets d'aménagements routiers. Un travail de compilation a été accompli afin de combiner l'ensemble des données géologiques historiques et récentes.

Ce travail de compilation géologique a été accompagné par une analyse de terrain avec des visites d'affleurements rocheux, de divers projets d'infrastructures permettant d'observer des excavations du socle rocheux et des forages carottés. Un important travail de corrélation stratigraphique a également été entrepris avec l'utilisation de lits de cendres volcaniques (K-bentonites) comme niveaux-repères afin de

1

mieux localiser les failles entre les forages existants dans les formations du Groupe de Trenton et déterminer le rejet de ces failles.

Un travail de modélisation numérique a aussi été entrepris, et un modèle global pour la grande région de Montréal est proposé dans ce mémoire pour illustrer la géologie régionale et la géométrie des failles régionales. Des modèles préliminaires de plus petite échelle sont aussi proposés.

Pour finir, une campagne d'échantillonnage de la calcite présente sur certains plans de faille a été effectuée pour des datations U/Pb par la méthode LA-ICP-MS ayant été réalisées par le Dr. Will Amidon, professeur au *Middlebury College* (Vermont, USA).

CHAPITRE 1

Introduction

1.1 Définition de la problématique

La région de Montréal connait depuis plusieurs dizaines d'années une activité très importante dans le secteur de la construction, notamment dans le cadre de grands projets d'infrastructures. Ces projets de construction, pour être réalisés, doivent s'adapter à la géologie régionale, notamment à la présence de structures majeures comme les failles recoupant le substratum rocheux. Les roches de la région montréalaise sont découpées en « blocs » par une importante série de failles d'orientations variables. La localisation de ces failles demeure souvent très incertaine car pour une grande majorité d'entre elles, leur existence et leur position sont basées sur des corrélations stratigraphiques et cartographiques, parfois anciennes, souvent non directement observées sur le terrain.

Les roches formant le substratum rocheux de la région de Montréal ont été historiquement étudiées dans les années 70 et 80, principalement avec les travaux de Clark (1972) et Globensky (1987) qui s'appuient sur des observations de terrain, des campagnes de forages pétroliers et la construction des premières lignes de métro. Les cartes géologiques actuelles issues de ces travaux sont incomplètes et reposent sur les connaissances disponibles à l'époque puisque très peu d'études ont été réalisées depuis ce temps, notamment aucune nouvelle étude globale de terrain. Le développement urbain de la ville de Montréal a permis par de nombreux travaux d'infrastructures souterraines et de multiples forages carottés, l'acquisition de nouvelles informations structurales et géologiques qui doivent être ajoutées à la compréhension actuelle de la région. On sait aujourd'hui que le réseau de failles de la région est plus complexe qu'anticipé par Clark (1972), notamment par une plus grande abondance de failles révélées par les différents projets de construction.

La géologie de l'île de Montréal est principalement représentée par des formations calcaires. Bien que la stratigraphie régionale soit bien connue, il est souvent difficile de se situer précisément dans cet empilement sédimentaire. Sur le terrain, il est relativement compliqué de reconnaître la présence d'une faille entre deux forages et de déterminer les rejets associés. Pour combler cette lacune, une étude de corrélation de niveaux de cendres volcaniques (bentonites) a été effectuée et fait l'objet de la maitrise de Vanessa Sachez (en cours) qui vise à caractériser ces niveaux repères et déterminer précisément la position stratigraphique des roches intersectées en forage.

Encore aujourd'hui, la nature et la cinématique des failles de la région de Montréal sont un sujet de débats; leur chronologie relative est discutée à cause de l'absence de relations de recoupement visibles sur le terrain et de contraintes isotopiques d'âge. L'évolution de ces failles en relation avec les différents évènements tectoniques reconnus dans le sud du Québec est également mal comprise, particulièrement la relation causale entre certaines de ces failles et les intrusions Montérégiennes. Une analyse approfondie de ces structures a donc été entreprise afin d'en caractériser la nature, la géométrie et la cinématique, et d'en quantifier le rejet net sur la base de corrélations stratigraphiques. Cette étude permettra d'apporter une meilleure compréhension globale des failles de la région et fournir un modèle géologique 3D, ainsi qu'une base de données géo-localisées dans le but de les mettre à la disposition des différents organismes publics, parapublics ou privés reliés au développement urbain.

1.2 Contexte des travaux

Ce projet est le résultat d'un partenariat de financement Mitacs entre l'UQAM et WSP entamé à l'été 2019. Ce partenariat est assisté par la collaboration de la ville de Montréal permettant de disposer des ressources bibliographiques nécessaires pour cette étude, notamment les données géologiques fournies par les grands projets d'infrastructures des 50 dernières années tel que, par exemple, la construction du métro. L'acquisition de nouvelles données a aussi été possible grâce à des projets récents, notamment via des campagnes de forage sur l'île de Montréal et la visite d'un certain nombre de carrières de la région. Des outils d'analyse précis comme une sonde de diagraphie ont également été mis à disposition par la compagnie WSP afin d'accomplir des relevés diagraphiques des trous de forage mis à disposition par la ville de Montréal.

1.3 Méthodologie

La caractérisation des failles de la région d'étude s'est effectuée, dans un premier temps, par une revue bibliographique de l'ensemble des travaux géologiques ou géotechniques disponibles sur le territoire; soit une compilation des rapports et cartes géologiques de la région et de l'ensemble des rapports de projet de construction disponibles. Il a évidemment été indispensable d'effectuer une synthèse structurale et tridimensionnelle des formations géologiques régionales, incluant la compilation des forages anciens et récents. Une étude de terrain de l'ensemble des sites de la région où sont exposées ces failles a été réalisée afin d'en déterminer les caractéristiques et de réaliser une description morphologique et structurale détaillée. Depuis 50 ans, l'urbanisation importante de la région a inévitablement entrainé une rareté des affleurements rocheux, bien que de nouvelles zones d'affleurement aient été mises à jour grâce,

3

notamment, au développement de nombreuses carrières de granulat apportant une nouvelle visibilité des zones étudiées par le passé.

Les travaux de terrain ont été effectués en parallèle d'un autre projet de recherche de maitrise de l'UQAM (i.e. celui de Vanessa Sachez) sur la corrélation et la caractérisation des niveaux de bentonite et leur utilisation éventuelle comme marqueurs stratigraphiques. Ces bentonites émettant un rayonnement gamma plus important que les roches calcaires encaissantes, lié à une composition riche en potassium et thorium, se distinguent facilement grâce à l'utilisation d'une sonde gamma dans les trous de forage. Ces niveaux une fois corrélés entre les différents forages permettent de mettre en évidence d'éventuels rejets de faille. Il est parfois aussi possible d'observer ces bentonites sur les parois rocheuses de certaines carrières pour les niveaux les plus épais et de s'en servir de niveaux repères.

Les travaux de compilation structurale et de terrain ont permis de réaliser une synthèse géologique régionale formant la base d'un modèle 3D illustrant les failles et fractures associées affectant le substratum rocheux de la région de Montréal. Ce modèle a été construit avec l'aide du logiciel Leapfrog et repose sur l'ensemble des forages anciens et récents, sur les orientations et pendage des formations géologiques et des failles qui les recoupent.

Enfin, des échantillons de placage de calcite prélevés sur les plans de faille ont été analysés par LA-ICP-MS pour datations U-Pb dans le cadre d'une étude préliminaire de 5 sites en collaboration avec le professeur Will Amidon du *Middlebury College* au Vermont (États-Unis).

1.4 Géologie régionale

La région de Montréal fait partie de la plateforme du Saint-Laurent (PSL) (Figure 1). D'ouest en est, la PSL s'étend de la région d'Ottawa jusque dans celle de Charlevoix. Elle est limitée au NO par une série de failles qui marquent le contact avec la Province de Grenville, sur laquelle la PSL repose en discordance, et au SE par la ligne Logan qui marque le front des Appalaches (Figure 2) (Globensky,1987). La PSL est une séquence de roches cambriennes et ordoviciennes correspondant à une série sédimentaire marquant la transition d'un bassin de rift à une marge continentale passive, elle-même recouverte de dépôts d'avant-pays des formations de Trenton, du shale d'Utica et Lorraine (St-Julien et Hubert, 1975).



Figure 1. Carte géologique simplifiée du Québec (Brisebois et al, 2003).



Figure 2. Coupe schématique structurale de la plateforme du Saint-Laurent dans la grande région de Montréal (Rocher et Tremblay, 2001).

La PSL comprend un assemblage de roches sédimentaires détritiques et carbonatées (Figure 3), d'âge Cambrien supérieur à Ordovicien et d'une puissance maximale variant entre 1500 et 3000 mètres selon les régions (Globensky, 1987). La séquence complète se résume en six assemblages lithologiques principaux: les grès du Cambrien supérieur du Groupe de Potsdam, les dolomies de l'Ordovicien inférieur et moyen du Groupe de Beekmantown, les calcaires argileux de l'Ordovicien moyen et supérieur des groupes de Chazy, Black-River et Trenton, les shales du shale d'Utica de l'Ordovicien supérieur, les turbidites de l'Ordovicien supérieur du Groupe de Lorraine et les lits rouges molassiques de l'Ordovicien supérieur du Groupe de Queenston (Brisebois et al, 2003).



Figure 3. Colonne stratigraphique de la plateforme du Saint-Laurent dans la région de Montréal (modifié de Comeau et al., 2012).

A la base de la séquence, on retrouve les grès du Cambrien supérieur du Groupe de Potsdam (Brisebois et al, 2003) qui est constitué de la Formation de Covey Hill, composée de grès rouges et de conglomérats (Globensky, 1987), et de la Formation de Cairnside qui est constituée de grés quartzeux (Salad Hersi et Lavoie, 2003). Ces dépôts reflètent l'évolution du rift du Cambrien inférieur vers un environnement marin avec les premières phases de la transgression marine cambro-ordovicienne (Brisebois et Brun, 1994).

Le Groupe de Beekmantown, d'âge Cambrien supérieur à Ordovicien inférieur moyen (Salad Hersi et Lavoie, 2003), repose sur le Potsdam. Il est constitué de la Formation de Theresa, composée d'arénites quartziques et de dolomie, et de la Formation de Beauharnois, essentiellement composée de dolomies (Bernstein, 1991 et 1992). Le groupe du Beekmantown marque le début de l'établissement de la plateforme marine (Brisebois et Brun, 1994). Le Beekmantown est surmonté par le Groupe de Chazy qui est constitué d'une alternance de grès, de calcaire, de calcarénite et de shale dolomitique (Clark, 1972). Au-dessus du Groupe de Chazy, on retrouve le Groupe de Black River constitué de trois formations, la Formation de Pamelia à la base composée de dolomies et silicoclastites, la Formation de Lowville composée de calcaire, et la Formation de Leray composée de calcaire et de shale (Brun, 1975). Vers la fin de l'Ordovicien moyen, la sédimentation au sein de la PSL correspond à un environnement de plateforme marine relativement profonde correspondant au Groupe de Trenton, qui est subdivisé en plusieurs formations (Globensky, 1987). Dans la région de Montréal, la base du Trenton est représentée par les formations de Mile-End, Rockland et Ouareau, des équivalents stratigraphiques latéraux essentiellement constitués de calcilutite (Brisebois et Brun, 1994). Vient ensuite la Formation de Deschambault, un calcaire cristallin, la Formation de Montréal, une alternance de calcaire et de shale du Membre de Saint-Michel, à la base, qui passe stratigraphiquement à des calcaires gris fossilifères du Membre de Rosemont (Clark, 1972). Enfin, la Formation de Tétreauville constitue le sommet du Trenton et est composée de calcaire micritique et de shale calcareux.

Vers la fin de l'Ordovicien moyen et supérieur, une séquence de flysch gréso-argileux se met en place. La source de ces sédiments est à la fois le Bouclier Canadien au nord et les montagnes issues de l'Orogénie Taconienne des Appalaches au sud-est. On retrouve à la base de la séquence le shale d'Utica, composé de shale noir, et le Groupe de Lorraine, composé des flyschs des formations de Nicolet et de Pont-Gravé. Au sommet de cette séquence, on retrouve le Groupe de Queenston, une série molassique constituée de shale rouge et de grès (Brisebois et al, 2003).

7

Aucune unité sédimentaire postérieure à l'Ordovicien supérieur n'affleure au sein de la PSL, si ce n'est de brèches de diatrème observées sur l'île Sainte-Hélène à Montréal, qui contiennent des fragments de calcaire d'âge Dévonien inférieur, suggérant la présence d'une sédimentation marine à cette époque (Globensky, 1987).

Au Crétacé, des intrusions alcalines héritées du passage de la plaque au-dessus d'un point chaud sont mises en place à partir des limites de la Province de Grenville jusqu'aux côtes atlantiques de l'Amérique du Nord (Brisebois et al, 2003). Elle se manifestent par la Suite des Collines Montérégiennes (Figure 4), constituées par de nombreux plutons alignés sur un axe E-O ainsi que la présence d'essaim de dykes et de brèches (Globensky, 1987). Dans la région de Montréal, on retrouve l'intrusion du mont Royal, composée de gabbro, monazite et diorite (Clark, 1972), et formant relief en plein cœur de la ville.



Figure 4. La Suite des Collines Montérégiennes dans le sud du Québec, tiré de Bourque (2017).

1.5 Géologie structurale régionale

La PSL correspond à un domaine tectonique spécifique comparé à la Province de Grenville et les Appalaches qui l'entourent. La Province de Grenville est le résultat de plusieurs phases orogéniques avec une phase principale de déformation relié à l'Orogénie grenvillienne entre 1080 à 985 Ma (Rivers et al, 2012). Les Appalaches sont caractérisées par une succession de 4 phases orogéniques paléozoïques:

Taconienne, Salinienne, Acadienne et Alléghanienne (Van Staal and Barr, 2012). On considère que les Appalaches du Nord (Canada) n'ont été que peu ou pas affectées par l'Orogénie Alléghanienne, et qu'elles peuvent sont donc considérées comme le produit des trois premières phases orogéniques (Tremblay et Castonguay, 2002), soit les phases Taconienne de l'Ordovicien moyen a supérieur, interprétée comme étant le résultat de l'obduction de terrains océaniques et un chevauchement des nappes vers le nord-ouest (Tremblay et Pinet, 1994), Salinique durant le Silurien et Dévonien interprétée comme une compression suivi d'une extension crustale (Tremblay et Pinet, 2016) et Acadienne durant le Dévonien interprété par la reprise d'un régime tectonique compressif se traduisant par la formation des plis régionaux et des failles (Tremblay et Pïnet, 2016).

La PSL a, quant à elle, subit une déformation moins intense que dans les Appalaches, les roches y sont légèrement plissées avec des plis généralement droits à grand rayon de courbure d'axe NE-SO, et légèrement faillées avec principalement des failles d'orientation NE-SO et 3 familles de failles secondaires d'orientations NO-SE, E-O et N-S (Figure 5) (Globensky, 1987).

Selon Rocher et Tremblay (2001), on peut résumer l'évolution structurale de la PSL en quatre événements majeurs: 1) la formation d'un rift d'extension NO–SE à la fin du Précambrien et au début du Cambrien ayant généré des failles d'orientation NE-SO (Kumarapelli, 1985); 2) la formation des Appalaches et enregistrement de compressions ONO et N-S de l'Ordovicien au Dévonien, réactivant les failles NE-SO et engendrant des décrochements E-O et NO-SE (Faure, 1995); 3) ouverture de l'océan Atlantique au Mésozoïque, contemporaine d'extensions NNE, N et NNO réactivant les failles E-O et NE-SO (Kumarapeli, 1966); et 4) une compression NE–SO depuis le Tertiaire jusqu'à maintenant, associée à la poussée de l'Atlantique Nord sur la plaque nord-américaine (Zoback et al., 1986).



Figure 5. Carte géologique et structurale des basses terres du Saint-Laurent (modifiée de Raymond et al, 2012).

Il est cependant important de souligner que cette interprétation structurale reste encore discutée et que l'historique de la formation des failles et de leurs possibles réactivations pourraient être plus complexe qu'anticipé dans les études mentionnées ci-dessus (Glasmacher et al, 1998). La tectonique de la région de Montréal, majoritairement caractérisée par les failles E-O et NO-SE (Figure 6), demeure un sujet de débat, principalement parce que la chronologie relative des failles et leur évolution par rapport aux différents évènements tectoniques de l'est de l'Amérique du Nord sont encore incertaines (Faure, 1995).



Figure 6. Carte géologique de la région de Montréal (tirée de Globensky, 1985).

CHAPITRE 2

Les failles régionales

2.1 Étude bibliographique des failles régionales majeures : nomenclature et localisation

La région de Montréal, telle que considérée dans cette étude, englobe les îles de Montréal et de Jésus ainsi que les rives nord et sud du fleuve Saint-Laurent. Ce territoire a fait l'objet d'études cartographiques et stratigraphiques dans les années 70-80 et qui ont été synthétisées dans plusieurs rapports par Clark (1972) et Globensky (1987). Ces travaux ont mis en évidence une série de failles régionales qui sont principalement de direction E-O et NO-SE, auxquelles s'ajoute une faille de direction N-S et une faille de direction NE-SO (Figure 7).

Ces failles sont décrites en détail ci-dessous selon trois zones, soit les zones Nord, Centre et Sud. La zone Nord comprenant les failles situées au nord-est et sud-est de l'îles Jésus et la partie nord de l'île de Montréal, la zone Centre regroupe les failles de la partie sud de l'île de Montréal ainsi que les failles situées sur le fleuve Saint-Laurent et la rivière des Mille-Îles, et enfin, la zone Sud comprend les failles situées sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent.



Figure 7. Carte de localisation des failles majeures dans la région de Montréal.

2.1.1 Zone Nord

La zone Nord expose deux systèmes de faille, un premier système, d'orientation Est-Ouest, représenté par la faille de Bas-Saint-Rose (BSR), et un second, orienté NO-SE, représenté par les failles de Saint-Vincentde-Paul, par la faille de Duvernay ainsi qu'une série de failles non nommées que nous appellerons les failles de Laval par soucis de simplicité.

2.1.1.1 Faille de Bas-Saint-Rose

La faille de Bas-Saint-Rose (BSR) s'étend d'est en ouest dans la zone Nord (Fig. 7). Son étendue et son tracé ont été définis en fonction de la cartographie des formations géologiques observées de part et d'autre révélant d'important décalages stratigraphiques. Il est possible qu'elle s'étende encore plus à l'ouest et à l'est mais aucun indice cartographique ne permet présentement de le démontrer (Globensky, 1985). D'après des forages profonds, la faille semble se dédoubler aux abords des secteurs où elle est recoupée par les failles du système NO-SE (Clark, 1952). La BSR est une faille normale subverticale avec un affaissement du bloc nord, son rejet vertical apparent serait autour de 200 mètres, alors que le rejet horizontal sénestre serait d'au moins 11 km (Rocher et Tremblay, 2001)

2.1.1.2 Failles de Saint-Vincent-de-Paul, Laval et Duvernay

L'anticlinal de l'île Jésus (Fig. 7) est recoupé par toute une série de failles parallèles entre elles, de direction NO-SE. La localisation de ces failles est contrainte par la distribution des lits des groupes de Chazy et de Black River dans ce secteur, et a été confirmée par de nombreux sondages de la Corporation du Gaz naturel du Québec, et qui ont permis de mettre en évidence de nombreuses structures en horst et graben de direction NO-SE (Clark, 1972). Les deux failles situées à l'extrémité nord-est sont les plus importantes et sont désignées ici sous les noms de Saint-Vincent-de-Paul I et II., elles sont indiquées comme se prolongeant à travers la partie nord de l'île de Montréal, bien que aucun affleurement ou forage ne le confirme (Clark, 1972). Plus au sud, on retrouve la faille de Duvernay qui provient notamment de travaux de cartographie dans le réseau de métro sur l'île de Montréal (Clark, 1972). Ces deux zones de faille comprennent au moins six autres failles (failles de Laval) de même orientation. Il en existe sans doute d'autres, mais le manque d'affleurements et de sondage ne permet pas de les déceler.

2.1.2 Zone centre

Dans la zone Centre de la région, on retrouve essentiellement des failles de direction E-O. Les principales sont les failles du Rapide-du-Cheval-Blanc, d'Outremont, de l'île Bizard, de Dorval et de Sainte-Anne-de-Bellevue auxquelles sont associées des failles secondaires, de plus faible rejet, telles que les failles de Westmount, de Pointe-Claire, de Lasalle et de Dowker. Clark (1972) a aussi suggéré l'existence d'une faille de direction NE-SO dans ce secteur, la faille des Mille-Îles.

2.1.2.1 Failles du Rapide-du-Cheval-Blanc et d'Outremont

La faille du Rapide-du-Cheval-Blanc s'étend de l'extrémité ouest de l'île Bizard, où elle rejoint la faille de l'île Bizard jusqu'à l'extrémité est de l'île de Montréal (Fig. 7). Elle a été mise en évidence, notamment, au sud-ouest de l'îles Jésus où des roches du Chazy et du Trenton sont juxtaposées et au nord du mont Royal ou elle a été observée dans les excavations du tunnel du métro (Clark, 1972). Au niveau de la rivière des Prairies, Clark (1952) rapporte avoir observer des zones de cisaillement E-O marquées par des cannelures, des veines et autres dislocations mineures. La faille du Rapide-du-Cheval-Blanc est une faille normale

14

subverticale avec un affaissement du bloc sud. Le rejet vertical apparent est estimé, selon des corrélations stratigraphiques, à 190 m dans l'est de l'île de Montréal et de 439 m au sud de l'île Jésus (Clark, 1952).

Sur l'île de Montréal, la faille semble se dédoubler et inclure la faille d'Outremont. La localisation de ces deux failles est définie par une zone de Trenton « indifférencié » dans la partie orientale de l'île de Montréal et par une juxtaposition anormale de certaines formations du Trenton dans les environs du mont Royal. La faille d'Outremont a également été observée dans les excavations du tunnel du métro sur l'île de Montréal (Clark, 1972). Le tracé des deux failles n'a pas été prolongé jusqu'au fleuve Saint Laurent n'ayant été observé dans aucuns des différents projets de construction dans l'est de l'île de Montréal (Clark, 1972).

2.1.2.2 Faille de l'île Bizard

La faille de l'île Bizard s'étend de l'extrémité ouest de l'île du même nom, où elle rejoint les failles du Rapide-du-Cheval-Blanc et des Mille-Îles jusqu'au voisinage du mont Royal à l'est (Fig. 7). Elle a été mise en évidence sur l'île Bizard où les roches du Chazy de la Pointe-aux-Carrières sont accolées au nord avec la Formation de Rosemont du Groupe de Trenton. On retrouve notamment des traces de glissement dans les calcaires. Le rejet vertical apparent de cette faille est estimé à 56 m au niveau de l'île Bizard (Clark, 1952).

Selon Clark (1972), le pendage anormalement prononcé des strates du Trenton à l'aéroport de Cartierville indiquerait qu'il y a eu soulèvement du socle rocheux au sud de cet endroit, ce qui l'a incité à prolonger la faille de l'île Bizard jusqu'à ce site. Son prolongement jusqu'au mont Royal se ferait au sein de la Formation de Rosemont mais il n'y a aucun indice de sa présence à l'est de la montagne (Clark, 1972).

2.1.2.3 Faille de Westmount

Au sud du mont Royal, on retrouve la faille de Westmount, mise en évidence par la présence des shales du shale d'Utica en bordure du canal Lachine, là où devrait se trouver le prolongement des lits de la Formation de Tétreauville du Groupe de Trenton (Clark, 1972).

2.1.2.4 Failles de Dorval, Pointe-Claire et Lasalle

La faille de Dorval s'étend depuis l'ouest de l'île de Montréal jusqu'au fleuve Saint Laurent (Fig. 7), elle a été mise en évidence sur son tracé par l'absence de corrélations des strates du Trenton à l'est, où

l'orientation des lits des formations de Rosemont et, de Tétreauville diffère, de même que dans l'ouest de Lachine où des affleurements de Trenton sont accolés au shale d'Utica (Clark, 1972). Vers l'ouest, elle est associée à une faille subsidiaire de même orientation, la faille de Pointe-Claire (Fig. 7), qui a été mise en évidence par la présence d'affleurements de Black River à pendage sud accolés à des affleurements du Chazy. Vers l'est, la faille de Dorval est également associée à la faille de Lasalle (Fig. 7), située entre le fleuve Saint-Laurent et l'entrée du canal Lachine où la juxtaposition de roches du Trenton et du shale d'Utica ne peut s'expliquer que par la présence d'une faille (Clark, 1972).

2.1.2.5 Failles de Sainte-Anne-de-Bellevue et de Dowker

La faille de Sainte-Anne-de-Bellevue (SAB) s'étend dans le fleuve Saint-Laurent depuis la pointe ouest de l'île de Montréal jusqu'à la rive Sud du fleuve à l'est de l'île de Montréal (Fig. 7). L'existence de cette faille est basée sur la présence de pendages SO des strates du Covey Hill qui seraient juxtaposées à des strates horizontales des roches de la Formation de Beauharnois dans la pointe ouest de l'île de Montréal (Globensky, 1986). Elle est fortement inclinée vers le nord et possède une composante de mouvement normal et une composante horizontale sénestre probable (Rocher et Tremblay, 2001). La faille de Dowker est une faille secondaire tributaire de la faille de SAB, son tracé est basé sur les variations de pendage des lits sur l'île Perrot et la présence d'un lambeau de la Formation de Cairnside (Globensky, 1986).

2.1.2.6 Faille des Mille-Îles

La faille des Mille-Îles, autrefois appelée faille de Rosemère (Clark, 1972), s'étend du sud du Lac-des-Deux-Montagnes jusqu'à la BSR, au nord. À l'ouest, elle est définie par le fait que les roches du Beekmantown se butent « anormalement » sur les roches du Potsdam, et par l'absence des groupes Chazy et Black River au nord-ouest de l'île Bizard. Le tracé de cette faille demeure cependant hypothétique puisque vers le NE, rien ne permet de confirmer son existence (Clark, 1972).

2.1.3 Zone Sud

La partie sud de la région est découpée pas 3 systèmes de failles, un système N-S représenté par la faille de Havelock, un système E-O représenté par la faille de Delson et un système NO-SE représenté par la faille de Saint-Régis.

16

2.1.3.1 Faille de Havelock

La faille de Havelock s'étend au nord depuis la faille de SAB jusqu'à la frontière américaine au sud. Dans sa partie nord, elle sépare les roches du Chazy et celles du Trenton supérieur avec un déplacement vertical minimal estimé à 145m. (Globensky, 1986).

2.1.3.2 Faille de Delson

La faille de Delson est d'orientation E-O (Fig. 7). Elle sépare les groupes de Trenton et de Lorraine entre la faille de Havelock et le sud-ouest de la région. Son tracé a été interprété à partir de travaux de cartographie soulignant la présence de Chazy à proximité d'affleurements du shale d'Utica et de Lorraine, avec un affaissement estimé du bloc NE d'environ 275 m (Clark, 1952). Elle est aussi bien contrainte par une série de forages implantés dans les environs de la carrière Lafarge à Saint-Constant (Globensky, 1986).

2.1.3.3 Faille de Saint-Régis

La faille de Saint-Régis (Clark, 1972) est basée sur la juxtaposition anormale du shale d'Utica et de calcaires du Trenton sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent avec une orientation présumée NO-SE (Fig. 7). Elle a été reconnue depuis son recoupement NO par la faille de Sainte-Anne-de-Bellevue et SE par la faille de Delson. Il n'y a aucune évidence claire pour l'existence de cette faille en surface, Clark (1972) l'ayant définie uniquement grâce aux données provenant des forages de la Voie maritime (cf. Globensky, 1986).

2.2 Mise à jour sur les failles régionales : les failles dans les projets de construction sur l'île de Montréal

La localisation des failles de la région de Montréal révélée par les travaux de cartographie de Clark (1972) et Globensky (1986) demeure une vision simplifiée du réseau réel de failles découpant le socle rocheux de la région métropolitaine. Dans les rapports géologiques afférents, ces auteurs font état d'une grande quantité de failles, trop nombreuses pour être détaillées, exposées notamment dans presque toutes les carrières visitées à leur époque. Afin de palier à cette lacune d'information et établir plus précisément la complexité structurale de la région, un second travail de synthèse bibliographique a été effectué avec la relecture des rapports géologiques et géotechniques reliés à la construction du métro de Montréal, ainsi que les rapports géotechniques de différents projets d'infrastructures souterraines, notamment les compilations de Chayer et Campeau (1985), de Durand (1978) et Rocher et al (2003), à laquelle s'ajoute différents projets de construction anciens et récents de la ville de Montréal (Figure 8).



Figure 8. Carte de localisation des projets d'infrastructures urbaines et de construction utilisés dans le cadre de ce travail de bibliographie.

2.2.1 Rapports cartographiques reliés à la construction du métro de Montréal

Il existe une multitude de rapports de cartographie géologique reliés à la construction des lignes de métro, notamment pour les projets d'extension à partir de 1976, les données de construction initiales ayant été utilisées lors de la réalisation de la carte de Clark (1972). Ces travaux correspondent principalement au tronçon de la ligne Orange, entre les stations Villa-Maria et Côte-Vertu (zone 1, Figure 9), le tronçon de la ligne Bleue entre les stations Snowdon et Saint-Michel (zone 2, Figure 9), ainsi quelques endroits ponctuels sur la ligne verte (zone 3, Figure 9). Les failles décrites dans les rapports cartographiques géologique reliés à la construction des lignes de métro sont identifiées par la notation M1 à M65. Les valeurs de rejet net ou apparent mentionnées ci-dessous et attribuées à ces failles sont tirées des rapports géologiques afférents.



Figure 9. Carte de localisation des zones d'étude du métro de Montréal.

2.2.1.1 Failles de la ligne Orange - tronçon entre les stations Villa-Maria et Cote Vertu.

L'analyse des cartographies d'excavation (Chayer,1977a) révèle de nombreuses failles (tableau 1) sur le tronçon entre les stations Villa-Maria et Côte-Vertu de la ligne Orange du métro de Montréal (Figure 10).



Figure 10. Carte de localisation des failles décrites sur le tronçon entre les stations Villa-Maria et Côte-Vertu de la ligne Orange (Chayer,1977a).

Sur le segment entre Villa-Maria et Snowdon, une faille normale (M1) orientée N90\60S a été observée au nord de Westmount selon Clark (1972). Sur le segment Snowdon-Côte-Sainte-Catherine, une faille E-O (M2), orientée N290\65N est décrite avec un rejet apparent de 1,5m et un remplissage de calcite. De la station Plamondon jusqu'à Namur, une faille normale (M7) d'orientation N140\80SO a été décrite, ainsi que 5 failles normales E-W (M3,4,5,6 et8) possédant des rejets autour de 1 à 3 m, localement soulignées par de la roche broyée sur environ 1m d'épaisseur, notamment au niveau de la station Namur. Sur le segment entre les stations Namur et De La Savane, 4 failles normales sont décrites; une première (M9) orientée N285\80N, soulignée aussi par une zone de roche broyée d'environ 1m, une deuxième (M10) orientée N300\60NE avec un rejet d'environ 1,5 m, une troisième (M11) orientée N80\75S marquée par une zone broyée de quelques dizaines de centimètres et un rejet d'environ 0,5m, et une dernière (M12) orientée N335\65W avec un rejet apparent d'environ 1m. Entre les stations De la Savane et Du collège, une faille (M13) d'orientation NO-SE et 6 failles (M14,15,16,17,18, et 19) d'orientation E-W ont été décrites; ce sont toutes des failles normales avec des rejets de 0,5 à 2,5m, à l'exception d'une faille inverse orientée N120\85SO. Deux de ces failles normales (M18 et 19) correspondent au tracé de la faille de L'île-Bizard
selon Clark (1972). Enfin, sur le segment Du collège - Côte-Vertu, deux failles normales (M20 et21) orientées N310\68NE et N320\80E et 4 failles normales E-W (M22,23,24 et25) avec des rejets de 1 à 2m ont été répertoriées.

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	Tronçon
M1	Faille normale	E-O	N90	60S	inconnu	Villa-Maria-Snowdon
M2	Faille normale	E-O	N290	65N	1,5	Snowdon- Côte Sainte-Catherine
M3	Faille normale	E-O	N290	85NE	0,5	Plamondon-Namur
M4	Faille normale	E-O	N290	70NE	1	Plamondon-Namur
M5	Faille normale	E-O	N290	75N	0,5	Plamondon-Namur
M6	Faille normale	E-O	N285	70N	inconnu	Plamondon-Namur
M7	Faille normale	NO-SE	N140	80SW	0,5	Plamondon-Namur
M8	Faille normale	E-O	N280	80N	3	Plamondon-Namur
M9	Faille normale	E-O	N285	80N	1	Namur-De la Savane
M10	Faille normale	NO-SE	N300	60NE	1,5	Namur-De la Savane
M11	Faille normale	E-O	N80	75S	0,5	Namur-De la Savane
M12	Faille normale	NO-SE	N335	65W	1	Namur-De la Savane
M13	Faille normale	NO-SE	N330	65W	1	De la Savane- Du collège
M14	Faille normale	E-O	N95	70S	0,5	De la Savane- Du collège
M15	Faille normale	E-O	N105	55S	0,5	De la Savane- Du collège
M16	Faille normale	E-O	N115	80SW	2,5	De la Savane- Du collège
M17	Faille inverse	E-O	N120	85SW	1,5	De la Savane- Du collège
M18	Faille normale	E-O	N105	90*	1	De la Savane- Du collège
M19	Faille normale	E-O	N70	90*	1	De la Savane- Du collège
M20	Faille normale	NO-SE	N310	68NE	1	Du collège- Côte-Vertu
M21	Faille normale	NO-SE	N320	80E	0,5	Du collège- Côte-Vertu
M22	Faille normale	E-O	N295	85NE	0,5	Du collège- Côte-Vertu
M23	Faille normale	E-O	N275	75N	inconnu	Du collège- Côte-Vertu
M24	Faille normale	E-O	N270	80N	inconnu	Du collège- Côte-Vertu
M25	Faille normale	E-O	N290	80N	inconnu	Du collège- Côte-Vertu

Tableau 1 : Liste des failles répertoriées sur le tronçon entre les stations Villa-Maria et Cote Vertu.

2.2.1.2 Failles de la ligne Bleue – tronçon entre les stations Snowdon et Saint-Michel

L'analyse des cartographies d'excavation (Chayer, 1977b) et de divers rapports de construction fournis par la ville de Montréal indique également de nombreuses failles (tableau 2) sur le tronçon entre les stations Snowdon et Saint-Michel de la ligne Bleue du métro de Montréal, ainsi que sur le segment reliant la ligne Bleue avec le garage Youville (Figure 11).



Figure 11. Carte de localisation des failles décrites sur le tronçon entre les stations Snowdon et Saint-Michel de la ligne Bleue du métro de Montréal (Chayer, 1977b).

Sur le tracé entre les stations Snowdon et Édouard-Montpetit, les cartographies d'excavation reportées par Chayer (1977b) indiquent au niveau de Snowdon une première faille normale (M26) orientée N110\90. Puis, trois failles normales (M27, 28 et 29) d'orientation E-W sont décrites, avec des rejets apparents d'environ 0,5m sur le segment entre Snowdon et Côte-des-Neiges. Sur le segment Côte-des-Neiges - Université de Montréal et le segment Université de Montréal - Édouard-Montpetit, la présence de plusieurs failles est suspectée à cause de nombreuses zones de roches broyées, mais une seule faille normale (M30), orientée N80,85S avec un rejet de 0,5m est décrite. En principe, ce tronçon devrait recouper la faille de l'ile Bizard mais Clark (1972) n'en souligne pas la présence.

Le segment entre les stations Édouard-Montpetit et Outremont a été étudié dans le cadre de travaux de corrélations stratigraphiques entre différents forages de ce secteur (Chayer et Campeau, 1985). Ces travaux ont mis en lumière 8 discontinuités (zones 1 à 8 sur la Figure 12) interprétées comme des failles normales avec des rejets apparents variant de 5 à 12m, à l'exception de l'une de ces failles (la faille d'Outremont) dont le rejet dépasserait 60m. Lors des travaux d'excavation, ces 8 discontinuités se sont

révélées être un important réseau de 17 failles (M31 à 47). La zone 1 correspond à une faille normale (M31) orientée N100 avec un rejet apparent de 7m. La zone 2 correspond à une faille normale (M32), elle aussi orientée N100, avec un rejet apparent de 11m. La zone 3 correspond à une faille normale (M33) orientée N280 avec un rejet apparent de 5m. la zone 4 est composée de 4 failles normales d'orientation E-O (M34, 35, 36 et 37), correspondant vraisemblablement à la faille d'Outremont avec rejet apparent de plus de 60m selon Chayer et Campeau (1985). La zone 5 correspond à deux failles normales (M38 et 39) orientées N110 et N260 avec des rejets d'environ 12m. Les zones 1 à 5 représentent vraisemblablement une même zone de faille possédant un rejet total d'une centaine de mètres. La zone 6 est plus complexe, 6 failles y ayant été décrites; 4 failles normales E-O (M40, 41, 42 et 44) et 2 failles normales NO-SE (M43 et 45) avec des rejets mineurs, l'ensemble de la zone 6 accusant un rejet apparent de 6m. La zone 7 correspond à une faille normale (M46) orientée N130 avec un rejet d'environ 8m. Enfin, la zone 8 correspond à une faille normale (M47) orientée N250 avec un rejet d'environ 12m.





Sur le segment entre les stations Outremont et de l'Acadie, deux failles (M48 et 49) d'orientation approximative N135 et N315, formant une structure en graben, ont été répertoriées (Ville de Montréal, 1979). Sur le segment entre les stations Acadie et Parc, les travaux d'excavation (Chayer, 1977b), recoupant le tracé de la faille du Rapide-du-Cheval-Blanc selon Clark (1972), seulement deux failles sont décrites; une première (M50) orientée N105,65N et une seconde (M51) orientée N140,35NE. Chayer et Campeau (1985) considère que de la faille du Rapide-du-Cheval-Blanc de Clark (1972) est absente sur ce segment et que la principale zone de faille se situe au niveau de la station Outremont (Figure 13). Il est cependant à noter que les travaux sur la ligne Orange, au niveau de la station Laurier (Ville de Montréal, 1962), décrivent une faille normale E-O (M52) qui, selon Chayer et Campeau (1985), rejoint les failles décrites à la station Outremont (Figure 13). Au niveau de la station Parc, en direction nord, le long d'un raccordement vers le garage Youville, Chayer (1977b) rapporte la présence de trois failles normales E-O (M53, 54 et 55), la faille M55 a été nommée la faille Guizot (Chayer et Campeau, 1985), qui se prolongerait plus l'est sur la ligne Orange entre les stations Crémazie et Jarry (Ville de Montréal, 1962b). Entre les stations Parc et De Castelnau, une faille normale E-O (M57) est décrite comme étant le prolongement probable de la faille M53 avec un rejet apparent de moins de 5m (Ville de Montréal, 1978).

Dans le secteur de la station Fabre, Clark (1972) a décrit le prolongement de la faille de Duvernay, orientée NO-SE, mais les travaux de Chayer et Campeau (1985) ont plutôt révélé une faille orientée E-O (M58), la faille Guizot; cette faille a d'ailleurs entrainé des aménagements dans le tunnel du fait de la présence d'une zone de roches broyées sur environ 7m. Son prolongement vers l'ouest est souligné par la présence d'un faille normale E-O (M59) reconnues lors de la construction de l'aqueduc A205 (Chayer et Campeau, 1985), ainsi que par la faille M 55 située sur le raccordement du garage d'Youville et par la faille M56 sur la ligne Orange. Une autre faille normale (M60) est également décrite au niveau de la station Fabre; elle est orientée N120\65N avec un rejet apparent de 0,3m (Chayer, 1977b).



Figure 13. Carte de localisation des failles recoupant le réseau du métro sur l'île de Montréal selon Chayer et Campeau (1985)

Sur le reste du tracé de la ligne Bleue, vers l'est, les cartographies d'excavation (CHAYER,1977b) indiquent la présence de deux autres failles avec de faibles rejets; une première (M61), orientée N330\15E, sur le segment Fabre-Iberville, correspondant à une faille de chevauchement, et une seconde faille normale (M62) sur le segment Iberville-Saint Michel, orientée N350\45E.

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	Localisation
M26	Faille normale	E-O	N110	90*	inconnu	Snowdon-Côte-des-Neiges
M27	Faille normale	E-O	N265	75N	0,5	Snowdon-Côte-des-Neiges
M28	Faille normale	E-O	N300	85NE	0,5	Snowdon-Côte-des-Neiges
M29	Faille normale	E-O	N125	80NE	inconnu	Snowdon-Côte-des-Neiges
M30	Faille normale	E-O	N80	85S	0,5	Snowdon-Côte-des-Neiges
M31	Faille normale	E-O	N100	inconnu	7	Edouard-Montpetit-Outremont
M32	Faille normale	E-O	N100	inconnu	11	Edouard-Montpetit-Outremont
M33	Faille normale	E-O	N280	inconnu	5	Edouard-Montpetit-Outremont
M34	Faille normale	E-O	N260	inconnu		Edouard-Montpetit-Outremont
M35	Faille normale	E-O	N100	inconnu	60	Edouard-Montpetit-Outremont
M36	Faille normale	E-O	N100	inconnu		Edouard-Montpetit-Outremont
M37	Faille normale	E-O	N250	inconnu		Edouard-Montpetit-Outremont
M38	Faille normale	E-O	N110	inconnu	12	Edouard-Montpetit-Outremont
M39	Faille normale	E-O	N260	inconnu	12	Edouard-Montpetit-Outremont
M40	Faille normale	E-O	N100	inconnu		Edouard-Montpetit-Outremont
M41	Faille normale	E-O	N300	inconnu		Edouard-Montpetit-Outremont
M42	Faille normale	E-O	N120	inconnu	6	Edouard-Montpetit-Outremont
M43	Faille normale	NO-SE	N320	inconnu	0	Edouard-Montpetit-Outremont
M44	Faille normale	E-0	N300	inconnu		Edouard-Montpetit-Outremont
M45	Faille normale	NO-SE	N320	inconnu		Edouard-Montpetit-Outremont
M46	Faille normale	NO-SE	N130	inconnu	8	Edouard-Montpetit-Outremont
M47	Faille normale	E-0	N250	inconnu	12	Edouard-Montpetit-Outremont
M48	Faille normale	NO-SE	N135	inconnu	7à11	Outremont-Acadie
M49	Faille normale	NO-SE	N315	inconnu	7à11	Outremont-Acadie
M50	Faille normale	E-O	N105	65N	inconnu	Acadie-Parc
M51	Faille normale	NO-SE	N140	35NE	inconnu	Acadie-Parc
M52	Faille normale	E-0	N90	inconnu	inconnu	Laurier
M53	Faille normale	E-0	N90	70N	inconnu	Raccordement Youville
M54	Faille normale	E-O	N90	65N	0,5	Raccordement Youville
M55	Faille normale	E-0	N95	65N	1,5	Raccordement Youville
M56	Faille normale	E-0	N90	inconnu	inconnu	Jarry-Crémazie
M57	Faille normale	E-0	N90	60N	5	Parc-De Castlenau
M58	Faille normale	E-O	N90	inconnu	inconnu	A205
M59	Faille normale	E-0	N80	inconnu	inconnu	Fabre
M60	Faille normale	E-O	N120	65N	0,3	Fabre
M61	Faille inverse	NO-SE	N330	15E	inconnu	Fabre-Iberville
M62	Faille normale	N-S	N350	45E	inconnu	Iberville-Saint-Michel

Tableau 2 : Liste des failles répertoriées sur le tronçon entre les stations Snowdon et Saint-Michel.

2.2.1.3 Failles sur la ligne verte

La ligne Verte du métro ne bénéficie pas d'une quantité importante de données structurales utilisables en comparaison avec les lignes Orange et Bleue, avec seulement trois failles décrites (Figure 14 et Tableau 3).



Figure 14. Carte de localisation des failles décrites le long de la ligne Verte du métro de Montréal.

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	Localisation
M63	Faille normale	E-O	N90	inconnu	inconnu	Berry-Beaudry
M64	Faille normale	E-O	N90	inconnu	inconnu	Papineau-Frontenac
M65	Faille inverse	NE-SO	N220	50NW	faible	Honorée-Beaugrand

Tableau 3 : Liste des failles répertoriées sur la ligne verte

Un rapport de construction de la ligne Verte (Ville de Montréal, 1963) sur le segment entre les stations Berry-de-Montigny et Frontenac indique la présence de deux failles normales (M63 et 64). La faille M63, nommée faille de Saint-Timothée, orientée E-O se situerait au sud de la station Beaudry a également décrite par Clark (1972). La faille M64, orientée E-O, est situé au nord de la station Papineau et a été désignée comme la faille de De Lorimier, elle correspond au tracé de la faille d'Outremont selon Clark (1972) a été interprété comme étant une faille séparée de celle d'Outremont par Chayer et Campeau (1985). Une dernière faille (M65), au niveau de la station Honoré-Beaugrand, est décrite dans un second rapport de construction (Ville de Montréal, 1972), il s'agit d'une faille inverse vers le SO, orientée N40\50NO (Figure 15).



Figure 15. Photographie de la zone de faille observée dans l'excavation de la station Honoré-Beaugrand (tirée de Ville de Montréal, 1972).

2.2.1.4 Synthèse des failles mise en évidence sur le réseau de métro de Montréal

La bibliographie des travaux d'excavations et compilations des ingénieurs de la ville de Montréal permet de mettre en lumière plusieurs différences entre l'interprétation géologique de Clark (1972) et la réalité (Figure 16). Les failles majeures décrites par Clark (1972) demeurent cohérentes dans leurs tracés mais plusieurs zones semblent beaucoup plus complexes que suggéré par sa mise en carte. Les failles d'Outremont et du Rapide-du-Cheval-Blanc, notamment, s'apparentent plutôt à une seule zone de faille qui serait constituée d'une multitude failles d'importance variable sur une zone d'environ 200m de largeur au centre de l'île de Montréal. Dans l'est de l'ile, les failles de De Lorimier et Saint-Timothée correspondraient au tracé de la faille d'Outremont. La faille de Duvernay, orientée NO-SE, semble quant à elle être absente sur l'île de Montréal au profit d'une nouvelle faille orientée E-O, la faille Guizot. Le segment de la ligne Orange décrit à l'ouest reflète également la présence d'un nombre important de failles, orientées E-O et NO-SE, avec des rejets plutôt faibles. La faille de l'ile Bizard semble être absente sur ce tracé au profit de cette multitude de faille et semble même absente sur le tracé de la ligne Bleue, étant donné qu'aucune faille de ce type n'a été décrite dans la zone de la station Édouard-Montpetit ou elle devrait, en principe, recouper le réseau. Pour finir, les interprétations de Chayer et Campeau (1985) suggèrent le dédoublement de la faille du Rapide-du-Cheval-Blanc dans l'ouest de l'île de Montréal de même que la présence d'une faille orientée E-O entre les failles de Westmount et de Dorval.



Figure 16 Carte de localisation de l'ensemble des failles décrites sur le réseau de métro de Montréal et les failles majeures interprétées selon (Chayer et Campeau, 1985)

2.2.2 Failles décrites dans les projets de construction d'approvisionnement et d'assainissement de l'eau sur l'île de Montréal (1970-2000)

La ville de Montréal a procédé dans les années 1970 à 2000 à la construction d'infrastructures pour l'approvisionnement et l'assainissement de l'eau, notamment les aqueducs et les intercepteurs nord, sudest et sud-ouest (Figures 8 et 17). Plusieurs rapports de construction fournis par la ville décrivent des failles (tableau 4) rencontrés sur ces différents projets, ces structures ont également fait l'objet d'étude dans le cadre des travaux de Durand (1978) et de Rocher (2003). Les failles décrites sur les projets de construction des infrastructures d'approvisionnement et d'assainissement d'eau sur l'île de Montréal sont nommées E1 à E9.



Figure 17. Carte de localisation des failles décrites sur les projets de construction des infrastructures d'approvisionnement et d'assainissement d'eau sur l'île de Montréal.

Tableau 4. Liste des failles répertoriées dans les projets de construction d'approvisionnement e
d'assainissement de l'eau sur l'île de Montréal (1970-2000).

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	Localisation
E1	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	7	Raccordement lle Bizard
E2	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	Inconnu	Aqueduc 206
E3	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	Inconnu	Aqueduc 206
E4	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	Inconnu	Aqueduc 206
E5	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	Inconnu	Aqueduc 206
E6	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	Inconnu	Aqueduc 206
E7	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	Inconnu	Aqueduc 206
E8	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	Inconnu	Raccordement 96
E9	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	Inconnu	Raccordement 96

Dans l'ouest de l'ile de Montréal, un projet de construction visant un raccordement d'eau avec l'ile Bizard (ville de Montréal, 1983) a mis en évidence une faille (E1) d'orientation E-W accusant un rejet d'environ 7m. Au sud de l'ile, le projet d'aqueduc 206 (Figure 17) rejoignant le réservoir Château-Fort à l'usine de Charles-Baillet a fait l'objet d'un projet de fin d'études (Claisse, 1976) et mis en évidence la présence de 6 failles (E2 à 7) orientée E-O sur la portion sud de cet aqueduc. Enfin, un rapport de construction (Ville de Montréal, 1973) concernant l'extension de l'aqueduc 206 (Figure 17) entre l'usine Charles-Baillet et l'usine Atwater décrit deux failles normales (E8 et E9) d'orientation E-O, situées légèrement au sud du tracé de la faille de Westmount (Clark, 1972).

Dans ses travaux de compilation, Durand (1978) a proposé une carte (Figure 18) illustrant son interprétation des failles déduites selon les projets de construction d'approvisionnement et d'assainissement de l'eau sur l'île de Montréal auxquels il a participé.



Figure 18. Carte de localisation des failles présentes sur l'île de Montréal selon Durand (1978).

En localisant ces failles sur la carte géologique de référence (Figure 19), on remarque que la zone de faille comprenant les failles du Rapide-du-Cheval-Blanc, d'Outremont et l'ile Bizard est découpée en plusieurs

branches dans l'ouest de l'ile, incluant la faille (E1) au sud de l'ile Bizard. On remarque aussi que les tracés des failles de Saint-Vincent-de-Paul sont modifiés, la faille de Saint-Vincent-de-Paul I est identifiée 200 m plus à l'est avec un abaissement de 30 mètres du bloc ouest à cet endroit, la faille de Saint-Vincent-de-Paul II est identifiée au moins 2000 mètres plus à l'est avec un rejet vertical apparent de 21 mètres (Durand, 1974). De plus les tracés de ces failles sont étendus pour atteindre le nord de l'ile de Montréal et même traversée complètement l'ile pour la faille de Saint-Vincent-de-Paul I (Durand, 1978). La faille de Bas-Saint-Rose est également décalée de 300m de son tracé, les shales de Lorraine étant à cette endroit en contact avec les calcaires du Tétreauville soulignant un abaissement du bloc Nord d'environ 200m (Durand, 1974). Les failles de Dorval et de Lasalle semblent être décalées de leurs positions initiales; Durand (1974) mentionne avoir étudié une centaine de forages dans ce secteur mais n'aurait pas repérer la faille de Dorval sur le tracée indiquée par Clark (1972) mais 700m plus au sud. À environ 2km au nord du tracé de la faille Dorval de Clark (1972), une nouvelle faille a été identifiées par Durand (1978); cette faille semble correspondre aux failles (E8 et E9) mentionnées ci-dessus. Dans la partie Nord de ce même secteur, la faille de Westmount est elle-aussi décalée de plusieurs centaines de mètres vers le sud.



Figure 19. Carte de localisation des failles provenant de la compilation de Durand (1978) et comparaison avec les travaux de Clark (1972) et Globensky (1985).

Les travaux de Rocher et al (2003) ne donne pas accès à une base de données spécifiques sur les failles mais seulement à une carte (Figure 20) illustrant la position des failles déduites des différents projets de construction disponibles à cette époque. Il a été par conséquent impossible d'obtenir des données précises de direction-pendage et de rejet pour ces failles, ni même de se faire une idée de la nature précise des failles dites mineures et majeures. La production de cette carte est cependant basée sur des rapports de construction de la ville de Montréal disponibles à cette époque, qui demeurent, à ce jour, les seules données structurales disponibles pour les zones situées hors des lignes du métro. La localisation de ces structures reste donc une information importante à intégrer dans la compréhension du réseau de faille.



Figure 20. Carte de compilation illustrant la localisation des failles sur l'ile de Montréal selon Rocher et al (2003).

La carte de Rocher et al (2003) étant de mauvaise qualité, la localisation précise de ces failles est compliquée. Grâce aux tracés des collecteurs d'eau, il est cependant possible de les situer sur la carte avec une précision approximative mais convenable, avec un décalage maximum d'une centaine de mètres (Figure 21). En comparant ces travaux avec nos données, on remarque que la localisation de plusieurs failles correspond aux failles décrites pour le métro ou interprétées par Durand (1978). On peut présumer, sans trop d'extrapolation, que les failles mineures de Rocher et al (2003) ont un rejet inférieur à 2 mètres et les failles majeures, un rejet supérieur à 2 mètres. Ne disposant pas des données brutes, il est évidemment difficile d'établir des conclusions définitives, mais la carte de Rocher et al (2003) est cohérente avec les travaux de compilation de Durand (1978) et Chayer et Campeau (1985) suggérant la présence de faille abondantes sur l'ensemble de l'île de Montréal.



Figure 21. Localisation des failles décrites par Rocher et al (2003) sur la carte géologique de référence.

2.2.3 Projets récents de la Ville de Montréal (2000-2022)

Ces dernières années (2000-2020), plusieurs projets de construction ont été réalisés par la Ville de Montréal pour l'aménagement d'eau impliquant des campagnes de forage. Ces projets sont les sources

d'information les plus récentes concernant la géologie de Montréal, et ont bénéficié des progrès technologiques des dernières années notamment par des études stratigraphiques plus complètes des forages permettant d'affiner la compréhension de la région. Ces projets sont des constructions de conduite d'aqueduc, que l'on désignera ici selon le secteur de développement; soit les tunnels Jarry, Rosemont, Anjou et Montréal-Est, la construction de l'intercepteur sud ainsi que la construction de bassins de rétention qu'on nommera ici bassins Rockfield, Leduc et Lavigne (Figure 22).



Figure 22. Carte de localisation des forages des projets récents réalisés par la ville de Montréal.

Dans cette section du mémoire, 5 de ces projets seront décrits en détail car ils ont révélé la présence de failles, ce sont les tunnels Jarry et Rosemont ainsi que les bassins Rockfield, Lavigne et Leduc. 29 failles ont été identifiées à partir de ces projets et sont identifiées V1 à V29 dans ce mémoire (Tableau 5).

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	Localisation
V1	Faille normale	NO-SE	Inconnu	Inconnu	4	Tunnel Jarry
V2	Faille normale	NO-SE	Inconnu	Inconnu	4	Tunnel Jarry
V3	Faille normale	NO-SE	Inconnu	Inconnu	9	Tunnel Jarry
V4	Faille normale	NO-SE	Inconnu	Inconnu	14	Tunnel Jarry
V5	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	60	Tunnel Rosemont
V6	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	20	Tunnel Rosemont
V7	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	3	Tunnel Rosemont
V8	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	15	Tunnel Rosemont
V9	Faille normale	E-O	N268	70N	Inconnu	Bassin Rockfield
V10	Faille normale	NO-SE	N135	75SO	Inconnu	Bassin Rockfield
V11	Faille normale	NO-SE	N135	72SO	Inconnu	Bassin Rockfield
V12	Faille normale	NE-SO	N40	45SE	Inconnu	Bassin Rockfield
V13	Faille normale	E-O	N100	80S	Inconnu	Bassin Rockfield
V14	Faille normale	NO-SE	N305	72NE	Inconnu	Bassin Rockfield
V15	Faille normale	NO-SE	N130	75SO	Inconnu	Bassin Rockfield
V16	Faille normale	NE-SO	N135	70SO	Inconnu	Bassin Rockfield
V17	Faille normale	NE-SO	N320	72NE	Inconnu	Bassin Rockfield
V18	Faille normale	E-O	N265	70N	Inconnu	Bassin Rockfield
V19	Faille normale	E-O	N100	70S	Inconnu	Bassin Rockfield
V20	Faille normale	NE-SO	N120	75SO	Inconnu	Bassin Rockfield
V21	Faille normale	E-O	N100	70S	Inconnu	Bassin Rockfield
V22	Faille normale	E-O	N100	Inconnu	150	Bassin Lavigne
V23	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	2,8	Bassin Leduc
V24	Faille inverse	E-O	Inconnu	Inconnu	1,8	Bassin Leduc
V25	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	3,2	Bassin Leduc
V26	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	5	Bassin Leduc
V27	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	5	Bassin Leduc
V28	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	3,25	Bassin Leduc
V29	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	4,5	Bassin Leduc

Tableau 5 : Liste des failles répertoriées dans les projets de construction d'approvisionnement et d'assainissement d'eau sur l'île de Montréal (2000-2020).

2.2.3.1 Tunnel Jarry

Le projet de construction du tunnel Jarry a compris une campagne de 53 forages géologiques sur un tracé d'une longueur de 5,5 km dans l'est de l'ile de Montréal (Ville de Montréal, 2012 et 2013) (Figures 22 et 23). D'après la carte de Clark (1972), ces forages se situent au sein de la Formation de Montréal et, possiblement dans le prolongement du tracé des failles de Saint-Vincent-de-Paul. Durand (1978) a cependant proposé un décalage des failles de Saint-Vincent-de-Paul par rapport à Clark (1972) et une possible prolongation de ces failles jusqu'à celle du Rapide-du-Cheval-Blanc (Figure 18).



Figure 23. Carte de localisation des failles décrites sur le projet du tunnel Jarry (voir la Figure 22 pour la localisation de ce secteur).

L'analyse stratigraphique des forages, s'appuyant notamment sur la présence de niveaux repères de bentonite, permet de mettre en évidence une série de décalages entre certains de ces forages dans la partie NE du tracé du tunnel Jarry (Figure 24); ces décalages sont attribués à une zone de faille abaissant les couches géologiques et expliquant la présence de la Formation de Tétreauville dans ce secteur. Cette zone de faille serait constituée de 4 failles normales (V1,2,3 et 4) d'orientation NO-SE formant une structure en horst, soit deux failles normales (V1 et V2) avec un rejet apparent vers le NE d'environ 4m chacune et deux autres failles normales avec un rejet apparent vers le SO de 9m (V3) et 14m (V4). Selon Durand (1978), cette zone de faille recoupe le tracé de la faille de Saint-Vincent-de-Paul.





2.2.3.2 Tunnel Rosemont

Le projet de construction du tunnel Rosemont a impliqué 27 forages géologiques sur un tracé d'une longueur de 4 km dans l'est de l'île de Montréal (Boivin et Gagné, 2013) (Figures 22 et 25).



Figure 25. Carte de localisation des failles décrites le long du tunnel Rosemont (voir la Figure 22 pour la localisation de ce secteur).

L'analyse stratigraphique de ces 27 forages indique la présence de deux importantes failles normales E-O non-identifiées par Clark (1972) (Figure 26). La première (V5) est une faille normale vers le sud accusant un rejet d'au moins 60m, la zone de fracturation associée à cette faille s'étendrait sur environ 100m. La seconde (V6) est également pentée vers le sud avec rejet d'apparent d'environ 20m (Boivin et Gagné, 2013). Deux autres failles orientées E-O ont également été proposées plus au sud sur le tracé, une faille inverse E-O vers le nord E-O (V7) avec un rejet apparent de 3m et une faille normale pentée vers le sud (V8) justifiée par la présence de fracturation importante et de changements d'inclinaison des lits, son rejet apparent serait d'environ 15m (Boivin et Gagné, 2013).



Ν

Figure 26. Coupe géologique le long du tracé du tunnel Rosemont. Tirée de Boivin et Gagné (2013).

2.2.3.3 Bassin Rockfield

S

Le projet du bassin Rockfield a bénéficié d'une importante excavation sur plusieurs dizaines de mètres de largeur et longueur; une étude structurale y a été effectuée (Goulet, 2020) avec une observation de failles et l'analyse des forages. 13 failles (V9 a V21) ont été observées et mesurées (Tableau 5).

La zone se situe sur le tracé de la faille de Dorval de Clark (1972) (Figure 22). L'étude de Goulet (2020) indique trois domaines principaux (Figure 27), soit un réseau de failles NE-SO (N40) interprétées comme des failles normales listriques, un réseau NO-SE (N135) et un réseau E-O (N100) interprétés comme un système conjugué. Le tout est interprété comme une zone de horst et graben. Les rejets de ces failles n'ont pas été définis. Des zones de brèches contenant des blocs de roches ignées altérées et de fragments de calcaire ont été observées avec des épaisseurs variant de 1 à 2m.

40



Figure 27. Interprétation structurale du bassin Rockfield. Tiré de Goulet (2020).

2.2.3.4 Bassin Lavigne

Le projet du bassin Lavigne, situé dans le nord-ouest de l'ile de Montréal près de la rivière des Prairies (Figures 22 et 28), a compris une campagne de 29 forages géologiques (Joyal et al, 2016). Ce secteur se situe sur le tracé des failles du Rapide-du-Cheval-Blanc et d'Outremont de Clark (1972). L'étude de Joyal et al. (2016) ne suggère cependant la présence que d'une seule faille E-O (V22), qui aurait été recoupée en forage et marquée par la présence d'une zone de brèche d'environ 10m (Figure 29). Cette faille se situe à environ 100m au sud du tracé de la faille du Rapide-du-Cheval-Blanc et possèderait un rejet d'au moins 150 mètres vers le sud, une estimation basée sur les épaisseurs moyennes des unités stratigraphiques séparant la Formation du Chazy et la Formation du Tétreauville (Joyal et al. (2016).



Figure 28. Carte de localisation des failles décrites sur les projets des bassin Lavigne et Leduc.



Figure 29. Interprétation 3D des forages du bassin Lavigne illustrant la faille V22.

2.2.3.5 Bassin Leduc

Le projet du bassin Leduc situé dans le NO de l'ile de Montréal (Figures 22 et 28), a compris une campagne de 42 forages (Leroux et al, 2019). Ce secteur se situe dans le prolongement des travaux du bassin Lavigne, recoupant le tracé de la faille d'Outremont de Clark (1972). L'étude des forages suggère la présence de la Formation de Tétreauville sur l'ensemble des forages, surmontée par la Formation de Terrebonne dans les forages du centre du projet; cette interprétation stratigraphique impliquant la présence de failles dans ce bassin (Figure 30).



Figure 30. Interprétation 3D des forages du bassin Leduc illustrant les failles V23 à 29.

Du nord vers le sud, 7 failles ont été interprétées (Tableau 5); une faille normale (V23) avec un rejet apparent vers le sud d'environ 2,8m se situant sur le tracé de la faille d'Outremont de Clark (1972), une faille inverse vers le nord (V24) avec un rejet apparent d'environ 1,8m, une faille normale (V25) avec un rejet apparent vers le sud d'environ 3,2m, un premier graben limité par deux failles normales (V26 et 27) dont les rejets sont d'au moins 5m, et enfin un deuxième graben limité par une faille normale (V28) avec un rejet apparent vers le sud de 3,25m et une faille normale (V29) avec un rejet apparent vers le nord d'environ 4,5m. L'orientation de ces failles n'a pas été observée mais au regard des failles et des travaux de Durand (1978) dans le secteur, leur orientation est vraisemblablement E-O.

2.2.3.6 Synthèse des failles mis en évidence dans les projets de construction récents

Les projets de construction récents de la ville de Montréal ont donc permis de mettre en évidence 29 failles (Figure 31). Les tunnels Rosemont et Jarry confirment la présence de failles dans ce secteur malgré

l'absence de telles structures sur la carte de Clark (1972), confirmant ainsi l'hypothèse de Durand (1978) sur la présence de faille NO-SE dans ce secteur et la prolongation de failles E-O. Le projet du bassin Lavigne ne confirme pas la multitude de faille E-O suggérée par Durand (1978), puisqu'une seule faille a été observée dans le secteur des failles du Rapide-du-Cheval-Blanc et d'Outremont. Par contre, le projet du bassin Leduc indique la présence de plusieurs failles entre la faille d'Outremont et celle de l'île Bizard. Enfin, le bassin Rockfield, ayant bénéficié d'une importante excavation, est un des rares projets récents permettant une observation structurale complète; ce site expose un nombre important de failles sur le tracé de la faille de Dorval de Clark (1972) et illustre bien la complexité sur le terrain du réseau de failles présentes sur l'ile de Montréal.



Figure 31. Localisation des failles identifiées dans les projets récents de la ville de Montréal et tracés des failles interprétées par Durand (1978) et Chayer et Campeau (1985).

2.3 Failles observées sur le terrain

2.3.1 Localisation et ajout de données structurales.

Afin d'observer les failles sur le terrain et d'effectuer une analyse structurale détaillé, une vingtaine de site ont été visités principalement dans des carrières de granulat (Figure 32).



Figure 32. Carte de localisation des principaux sites d'affleurements visités.

Malgré la relative pauvreté d'affleurements rocheux dans la région de Montréal, les différents systèmes de failles de la région ont pu être observés. Au total, 51 failles, nommées ici T1 à T51, ont été observées et décrites (Figure 33 et Tableau 6) sur l'ensemble des sites visités, avec une présence prédominance de failles de direction E-O sur la quasi-totalité des endroits ainsi qu'une seconde famille en ordre d'importance orientée NO-SE. On a pu également observer des failles d'orientation N-S, s'apparentant à la faille de Havelock, sur les sites 19 et 20 sur la rive sud. Enfin une dernière famille de failles orientées NE-SO est également présente sur 3 sites (1, 15 et 19). Toutes les failles observées sont à composante normale, parfois associées à une composante de décrochement pour certaines failles NO-SE, à l'exception de

quelques rares failles inverses de direction NE-SO ou E-O. Sur la plupart des sites visités, la séquence stratigraphique n'a pu être examinée avec précision de part et d'autre des failles à cause, notamment, de questions de sécurité à proximité des parois rocheuses et de difficultés d'accès mais aussi parfois à cause de la complexité de la géologie régionale, ne permettant pas de se situer précisément au sein de la stratigraphie régionale. Les rejets de faille mentionnés ci-dessous proviennent principalement des rapports litho-stratigraphiques de Beaulieu (2002a, 2002b et 2004) auquel s'ajoute des rejets de faille déterminés par l'analyse de niveaux repères de bentonite faisant l'objet d'un projet de recherche de maitrise de l'UQAM (i.e. Vanessa Sanchez) sur la corrélation et la caractérisation des niveaux de bentonite et leur utilisation éventuelle comme marqueurs stratigraphiques.



Figure 33. Failles observées dans la zone d'étude.

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	Localisation
T1	Faille inverse	NE-SO	N225	40NO	0,4	Site 1
T2	Faille normale	NO-SE	N145	70SO	Inconnu	Site 2
Т3	Faille normale	E-O	N270	90*	3,5	Site 4
T4	Faille normale	E-O	N100	90*	1	Site 4
T5	Faille normale	E-O	N 108	85S	10	Site 4
Т6	Faille normale	E-O	N110	85S	2,5	Site 4
Τ7	Faille normale	E-O	N110	85SO	inconnu	Site 7
Т8	Faille normale	E-O	N110	90	0,05	Site 9
Т9	Faille normale	E-O	N86	77S	inconnu	Site 9
T10	Faille normale	NO-SE	N145	75SO	inconnu	Site 12
T11	Faille normale	NO-SE	N 300	75NE	8	Site 13
T12	Faille normale	NO-SE	N 300	80NE	3	Site 13
T13	Faille normale	E-O	N285	75N	8	Site 13
T14	Faille normale	E-O	N275	75N	10	Site 13
T15	Faille normale	NO-SE	N 300	75NE	2	Site 13
T16	Faille normale	NO-SE	N120	65SO	0,75	Site 13
T17	Faille normale	NO-SE	N125	50SO	0,5	Site 13
T18	Faille normale	NO-SE	N120	40SO	Inconnu	Site 13
T19	Faille normale	NO-SE	N140	50SO	Inconnu	Site 13
T20	Faille normale	NO-SE	N140	70SO	Inconnu	Site 13
T21	Faille normale	E-O	N115	80SO	2,5	Site 13
T22	Faille normale	E-O	N280	80 N	3	Site 13
T23	Faille normale	E-O	N295	80N	1	Site 13
T24	Faille normale	E-O	N265	80N	0,5	Site 13
T25	Faille inverse	E-O	N 105	80S	Inconnu	Site 13
T26	Faille normale	E-O	N290	75N	Inconnu	Site 13
T27	Faille normale	NO-SE	N300	70NE	Inconnu	Site 13
T28	Faille inverse	NE-SO	N50	50SE	2	Site 15
T29	Faille normale	E-O	N265	72N	15	Site 16
T30	Faille normale	E-O	N115	88S	7	Site 16
T31	Faille normale	E-O	N80	80S	0,5	Site 17
T32	Faille normale	E-O	N260	80S	1	Site 17
T33	Faille normale	E-O	N80	50S	4	Site 17
T34	Faille normale	N-S	N340	70E	inconnu	Site 19
T35	Faille normale	N-S	N160	500	inconnu	Site 19
T36	Faille normale	E-O	N110	80S	inconnu	Site 19
T37	Faille normale	N-S	N345	55E	inconnu	Site 19
T38	Faille normale	E-O	N110	80S	inconnu	Site 19
T39	Faille inverse	NE-SO	N210	65O	inconnu	Site 19
T40	Faille normale	N-S	N10	75E	inconnu	Site 19
T41	Faille normale	N-S	N350	70E	inconnu	Site 19
T42	Faille normale	N-S	N160	700	inconnu	Site 19
T43	Faille normale	E-O	N110	90	inconnu	Site 19
T44	Faille normale	E-O	N100	90	inconnu	Site 19
T45	Faille normale	N-S	N160	820	2	Site 20
T46	Faille normale	N-S	N165	860	2	Site 20
T47	Faille normale	NO-SE	N150	800	Inconnu	Site 20
T48	Faille normale	NO-SE	N142	880	Inconnu	Site 20
T49	Faille normale	NO-SE	N300	76NE	7	Site 20
T50	Faille normale	NO-SE	N302	73NE	7	Site 20
T51	Faille normale	NO-SE	N328	71NE	7	Site 20

Tableau 6. Détails des failles observées dans la zone d'étude.

2.3.2 Les failles Est-Ouest

Les failles E-O constituent la principale famille, on les observe sur les sites 4, 7, 9, 13, 16, 17 et 19 (Figures 32 et 33).

Le site 4 situé dans l'est de l'ile de Montréal (Figures 32 et 33) et marquée par 4 failles E-O (T3, 4,5 et 6). La faille T3 possède un rejet apparent d'environ 3,5m vers le nord alors que les failles T4 ,5 et 6 possèdent des rejets apparents respectifs vers le sud de 1m, 10m et 3m. Les rejets des failles T4 et T6 (Figures 34A et 34B) sont visibles notamment grâce à un niveau de bentonite utilisé comme niveau repère. Le rejet apparent de la faille T5 a été estimé par Beaulieu (2002a). Ces failles sont caractérisées par des pendages abrupts à subverticaux et un remplissage de calcite marquées par des stries fortement plongeantes pour les failles T5 et T6 (Figure 34C).

Les sites 16 et 17 sont situés à environ 1km au sud de la faille de Delson (Figures 32 et33) de Clark (1972). Les travaux de terrain ont permis d'identifier 5 failles normales E-O (Tableau 6). Les failles T29 et 30 ont été identifiées grâce à l'analyse stratigraphique des forages et de l'analyse structurale du site 16; le site se présente sous la forme d'un horst délimité par la faille T29 au nord, avec un rejet apparent vers le nord d'environ 15m, et au sud par la faille T30 avec un rejet apparent normal vers le sud d'environ 7m. Sur le site 17, les failles T31,32 et 33 forment un graben délimité par la faille T31, avec un rejet apparent normal vers le sud, et la faille T32 avec un mouvement apparent vers le nord d'environ 1m, et un horst délimité par la faille T32 et la faille T33 avec un mouvement apparent vers le sud d'environ 4m. Ces failles sont caractérisées par la présence de gouge de faille et de calcite sur quelques centimètres d'épaisseur.



Figure 34. Photos de la faille T6 sur le site 4 illustrant les mouvements réels identifiés grace au niveau repère de bentonite (A et B) et le remplissage de calcite strié (C).

Le site 7, situé à l'extrémité nord de l'ile Bizard (Figure 35), expose une zone de faille (T7) souligné par un réseau de fractures relativement bien développé, avec une densité d'environ 20 fractures par 3 mètres. Ces fractures, dont les orientations varient de N105 à N110 et le pendage de 75 à 85SO (Figure 35A), montrent parfois un placage de calcite striée (Figure 35B) de quelques millimètres d'épaisseur, avec un pitch de 70°O et indiquant un mouvement normal vers le sud. Le site 7 se situe sur le tracé de la faille de l'île Bizard de Clark (1972), suggérant que cette faille majeure est constituée d'un réseau dense de failles à faible rejet.



Figure 35. Photos illustrant les failles observées du site 7 (A) et le remplissage de calcite strié (B).

Sur le site 13, 8 failles (T13, 14, 21, 22, 23, 24, 25 et 26) orientées E-O ont été identifiées, bien que sur la carte de Clark (1972), ce secteur corresponde à une zone de faille orientée NO-SE. Les failles observées ont des pendages abrupts d'environ 80°, et sont principalement à composante normale vers le nord. Les rejets apparents sont de quelques mètres pour la plupart, excepté la faille T13 (Figure 36A) dont le rejet est estimé à 8m et la faille T14 (Figure 36B) dont le rejet est estimé à plus de 10 mètres (Beaulieu, 2004). Les failles T25 et 26, bien que le rejet n'ait pu être identifié, se trouve dans le prolongement de la faille T13, avec un remplissage de calcite de quelques centimètres pour la faille T25 avec une composante apparente inverse vers le sud et pour la faille T26 de composante normale vers le nord.



Figure 36. Photo de terrain illustrant les failles T13 (A) et T14 (B) sur le site 13.

Enfin, le site 19 est situé sur le tracé de la faille de Havelock (Figures 32 et 33) de Globensky (1985). 4 failles normales E-O y ont été observées, soit T36, 38, 43 et 44. Ces failles sont sub-verticales avec un mouvement apparent vers le sud marqué par la présence de strie fortement plongeantes sur le remplissage de calcite

des plans de faille, notamment sur la faille T36 (Figures 37 A et B). On remarque également la présence de gouge de faille d'environ 10cm d'épaisseur.



Figure 37. Photos de terrain illustrant le plan de faille (A) et le remplissage de calcite striée (B) de la faille T36 du site 19.

2.3.3 Les failles NO-SE

La famille de failles NO-SE est la seconde famille en importance et a été observée sur le terrain sur les sites 2, 12, 13 et 20 (Figures 32 et 33).

Le site 13, décrit précédemment concernant les failles E-O, expose également le site des failles orientée NO-SE. Clark (1972) indique que cette carrière serait traversée par deux failles normales orientées NO-SE orientée N145 et engendrant une dépression entre ces deux failles. Le positionnement des failles de Clark (1972) provient de corrélations de forage et non d'observation de terrain. L'analyse détaillée de ce site, a permis d'identifier 9 failles (T11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20 et 27) orientées NO-SE, en plus des 8 failles E-O précédemment décrites, illustrant encore une fois la réelle complexité du réseau de failles régionales. Les failles NO-SE semblent être des failles à faible rejet, variant de 0,5 à 3m. Elles se caractérisent par des structures en horst-et-graben comme pour les failles T15,16 et 17 (Figure 38A), et des plans de faille marqués par du remplissage de calcite striée avec des angles de chute (pitch) de 60NE et 50SE (Figure 38B).

Le site 20 se situe à quelques centaines de mètres au sud au sud de la faille de Delson (Figures 32 et33). Globensky (1985) suggère la présence de failles E-O associées à la faille de Delson. Aucune faille E-O n'a cependant été observée. Nos travaux de terrain indiquent la présence de 5 failles NO-SE, T47 et T48; cellesci sont des failles normales subverticales à mouvement apparent vers l'ouest tandis que les failles T49, 50 et 51 sont des failles normales avec un pendage de 75°, un mouvement apparent vers le NE et un rejet apparent estimé à environ 7m.



Figure 38. Photos illustrant la zone de horsts et grabens des failles T15, 16 et17 (A) et les stries de la faille T18 (B).

2.3.4 Les failles N-S

Les failles orientées N-S a été observées principalement sur le site 19 avec 6 failles (T34, 35, 37, 40, 41 et 42), de même que sur le site 20 avec deux failles, T45 et T46 (Figures 32 et33).

Sur le site 19, la partie Est est caractérisée par plusieurs failles N-S vraisemblablement associées au système N-S formant la continuité de la faille de Havelock décrite par Globensky (1986) et dont le déplacement vertical minimal est estimé à 145m.On retrouve sur le site au niveau de la paroi Nord les failles T34, 35 et 37. la faille T34 est une faille normale pentée de 80E avec un affaissement du bloc est, elle est caractérisée par la présence de matériel cisaillé allant de quelques centimètres à 2 mètre d'épaisseur ainsi qu'un placage de calcite de quelques centimètres (Figures 39A et B). La faille T35 est une faille normale pentée de 500 avec un affaissement du bloc ouest formant un horst avec la faille T34, elle est caractérisée par un remplissage de gouge de quelques centimètres (Figure 39B). La faille T37 est une faille normale pentée de 65E avec un affaissement du bloc est, la fracture est caractérisée par un remplissage de centimètres et de stries de pitch 70S. Au niveau de la paroi Sud-est du site, on retrouve les failles T40, 41 et 42. Ces trois failles semblent être la continuité des failles T34,35 et 37 vers le sud avec un horst formé par les failles T41 et T42 orientées respectivement N350,70E et N160,700.

Sur le site 20, deux failles N-S, T45 et 46, ont été identifiées et sont caractérisées par des pendages subverticaux avec une composante normale vers l'ouest et des rejets apparents d'environ 2m.



Figure 39. Photos illustrant la faille T34 (A) et la zone de faille formée par la faille T34 et T35 (B) du la paroi Nord du site 19.
2.3.5 Les failles orientées NE-SO.

Des failles orientées NE-SO ont été observées seulement sur les sites 1, 15 et 19 (Figures 32 et 33). La faille T1, sur le site 1, est une faille inverse orientée N225°E, 40NO avec un déplacement d'environ 40 cm dirigé vers le SE. On y observe de la gouge de faille sur une épaisseur d'environ 50 cm, mais aucune strie de glissement (Figure 40). Une autre faille inverse, T28, orientée N50\50SE, a également été observée sur le site 15 avec un rejet apparent d'environ 2m. Enfin, une dernière faille (T39), également de composante inverse et orientée N210,65O a été observée sur le site 19.



Figure 40. Photo de terrain illustrant la faille inverse T1 de la paroi SE du site 1 dans l'est de l'île de Montréal.

CHAPITRE 3

Modélisation numérique.

3.1 Méthodologie

La création d'un modèle géologique 3D détaillé nécessite la création d'une importante base de données, de même qu'une synthèse géologique et structurale régionale. La région de Montréal a fait l'objet de plusieurs études géologiques récentes mais les travaux de Clark (1972) et Globensky (1987) demeurent les références de base car ils reposent sur une cartographie géologique exhaustive et la compilation d'abondantes données de forage. Afin de créer le modèle géologique en 3D, il a été essentiel dans un premier temps de procéder à une compilation des données géologiques et structurales recueillies à l'aide des cartes et rapports de ces travaux (voir la Figure 41).

Pour les iles de Montréal et Jésus, ainsi qu'une grande partie de la rive nord du fleuve Saint-Laurent, les données utilisées proviennent des rapports géologiques de Clark (1952, 1972). Dans la partie nord-est de la région, les données utilisées préférentiellement proviennent des rapports géologiques des régions de Vaudreuil et Lachute de Globensky (1982a, 1982b). Pour la partie nord, les données proviennent des rapports Laurentides-SO et Laurentides-Est de Globensky (1983) et de Clark et Globensky (1976), respectivement. Dans la partie ouest, les rapports des régions de Verchères de Clark et Globensky (1977) et de Saint-Jean/Bel-Œil de Globensky (1985) ont été utilisés. Enfin, pour la partie sud-est, les données du rapport de la région de Lachine de Globensky (1986).

Le modèle proposé couvre une zone qui s'étend sur 58 km d'est en ouest et sur 55 km du nord au sud, et comprend les iles de Montréal et Jésus ainsi que les rives nord et sud du Saint-Laurent (Figures 7 et 41). Cette zone a été délimitée en fonction des données LIDAR disponibles qui est une topographie obtenue par une télédection par laser, ces données LIDAR ont été utilisées pour déterminer la topographie du modèle sur le logiciel avec une résolution de 5m. Le système de projection utilisé est NAD83 MTM zone 8, un format qui est notamment utilisé par la ville de Montréal pour ses campagnes de forage.



-Vaudreuil RG199

-Lachine MM8402

-Saint-Jean MM8403

Figure 41. Cartes et rapports géologiques de référence de la grande région de Montréal pour la construction du modèle 3D. Le cadre rouge délimite la zone d'étude.

3.2 Synthèse structurale et géométrique des formations géologiques

Pour tout modèle géologique, il est essentiel d'apporter des contraintes structurales sur l'orientation des couches géologiques ainsi que sur l'épaisseurs des unités. Dans un premier temps, ces contraintes proviennent de l'ensemble des données disponibles sur les cartes et rapports des travaux mentionnés cidessus, auxquels se sont ajoutés les forages récents et anciens des différents projets de construction ou d'exploration pétrolières de la région (Figure 42). Les forages disponibles (Figure 42) en littérature proviennent presqu'exclusivement des forages pétroliers disponibles sur le site du Système d'information géoscientifique pétrolier et gazier (SIGPEG) du Ministère de Québec; l'ancienneté de ces forages n'a cependant pas permis de tous les géo-localiser précisément alors que certaines descriptions stratigraphiques sont apparues incomplètes (Voir annexe A).



Figure 42. Localisation des forages de la base de données utilisées pour la construction du modèle 3D.

Les formations géologiques présentes dans les limites du modèle et décrites dans cette synthèse structurale et géométrique comprennent les roches du socle précambrien, les formations de Cairnside et Covey Hill du Groupe de Potsdam, les formations de Theresa et Beauharnois du Groupe de Beekmantown, la Formation de Laval du Groupe de Chazy, les formations de Pamelia, de Lowville et de Leray du Groupe de Black-River, les formations de Deschambault, Montréal et Tétreauville du Groupe Trenton, le shale d'Utica, et la Formation de Nicolet du Groupe de Lorraine.

3.2.1 Précambrien

D'après Clark (1972), seul deux affleurements de roches précambriennes seraient observables sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces affleurements sont cependant introuvables aujourd'hui et les

nombreux forages effectués dans ce secteur depuis 1972 n'ont jamais intercepté de roche précambrienne. Il faut se rendre plus loin vers l'ouest et au nord pour observer des affleurements de Précambrien, notamment dans la région des collines d'Oka.

En ce qui concerne les forages profonds, deux de ceux-ci ont atteint le socle précambrien, soit les forages A057 situé sur l'ile Jésus qui recoupe le socle de 936 m à 1008 m de profondeur, et A58 sur la rive Nord qui atteint le Précambrien de 1014 m à 1076 m de profondeur. Le forage A058 étant situé à l'est du forage A057, cela suggère un approfondissement du socle selon cette direction, ce qui est confirmé par les travaux de Globensky (1979) qui a interprété les isohypses du toit du Précambrien dans les Basses-Terres du Saint-Laurent (Figure 43).



Figure 43. Isohypses du toit du Précambrien (modifié de Globensky, 1979).

3.2.2 Groupe de Potsdam (Cambrien)

Le Groupe de Potsdam (Figure 7) se retrouve au sud-ouest du modèle 3D, de même que légèrement au nord-ouest puisqu'il est présent sur toute la partie ouest à l'extérieur de la zone d'étude. Il a été initialement décrit par Clark (1972) comme constitué de deux formations, le Covey Hill et le Châteauguay (Figure 44), le Chateauguay ayant été subdivisé en deux membres, soit le Cairnside et le Norton Creek.



Figure 44. Stratigraphie du Potsdam modifiée d'après Clark (1972).

Globensky (1982a et b) a divisé le Chateauguay, la partie supérieure du Potsdam (Figure 45), en deux formations distinctes, la Formation Cairnside appartenant au Groupe de Potsdam, et la Formation de Theresa (anciennement Norton Creek) qui est maintenant incluse dans le Groupe de Beekmantown (Figures 7, 48 et 49), une modification ayant été basée sur de nouvelles coupes stratigraphiques et sur le contenu fossilifère du Theresa (Globensky, 1982a et 1982b).

	CLARK			GLOBENSKY WILSON		F1SHER (1977)			
			(1952.	1966, 1972)	(présent rapport)	(1946)	Vallée du St-Lauren	nt Vallée de Champlain
SYSTEME	SÉRIE	GROUPE	FORMATION	MEMBRE		FORMATION	FORMATION	FORMATION	FORMATION
0 R D 0 V I C I E N	(1) (2 L C L F A A N F D L L F L F L F L F L F L F L F L F L F L		Laval	Ste-Thérèse		Laval Ste-Thérèse	Rockcliffe	-	Dey Point
			1			DISCORDANCE			
0 R D 0 1 C 1 E N	A R E N I G I E N	В Е Е К М А А А Л Т Т Е О N N	Beath ar noi s	St-Lin Huntingdon Ste-Clotilde		Beauharnol s	Oxford	Ogdensburg	Fort Cassin Spellman - Fort Ann Great Meadows
					1	Theresa	March	Theresa	Ticonderoga - Whitehall
C A M B	T R E M	C P R O D T I S	Château- guay	Ruisseau Norton Cairnsid e	/	Cairnside		Potsdam	Keesev I I Ie
R I E N	<u>^</u>	XD IA EM N	Covey HIII	Rlvière aux Outardes		Covey HIII	Nepean	Ausable	Ausable

Figure 45. Tableau comparatif des différentes études stratigraphiques régionales des formations géologiques cambriennes et ordoviciennes inférieur (Globensky 1982a et b).

Pour la construction du modèle 3D, il est évidemment essentiel d'utiliser la même séquence stratigraphique pour l'ensemble des données. La stratigraphie du Potsdam de Globensky (1987) a été choisie car elle repose sur des observations géologiques plus fiables et plus récentes que celles des travaux de Clark (1972), notamment sur des coupes stratigraphiques plus complètes. Cependant, comme de nombreux forages ont été décrits avant la mise à jour de Globensky (1987), une modification de l'épaisseur des formations a été nécessaire afin d'être conforme à la stratigraphie utilisée.

La Formation de Covey Hill est composée de minces lits de siltstone et de grès rouges, en majeure partie à grains grossiers, avec à la base du conglomérat (Globensky, 1987). On retrouve cette formation au sudouest du modèle ainsi qu'à l'extérieur de celui-ci au nord-ouest (Figure 46).



Figure 46. Localisation des strates de la Formation de Covey Hill dans les limites du modèle.

Dans la partie sud-ouest du modèle, les valeurs de pendage de la stratification sont majoritairement subhorizontales avec une augmentation à proximité du plissement, avec des valeurs moyennes de 5° vers le S, SE, SO, NE et NO et un maximum de 10° aux alentours de Saint-Anne-de-Bellevue (SAB) (Globensky, 1982a et1986, et Clark, 1972). Selon les forages cités par Globensky (1982a, la tendance générale serait un épaississement de la Formation de Covey Hill vers le SE, elle aurait une épaisseur de 503 m au sud-ouest à l'extérieur du modèle, entre 549 et 610 m au sud-ouest du modèle et de 465 m dans le forage A079 au nord-ouest.

La Formation de Cairnside est décrite comme une succession d'orthoquartzite blanc à ciment siliceux (Clark, 1972). On la retrouve au sud-ouest du modèle et au nord-ouest, juste à l'extérieur de nos limites (Figure 47).



Figure 47. Localisation des strates de la Formation de Cairnside dans les limites du modèle.

Dans la partie sud-ouest du modèle, les stratifications sont généralement subhorizontales ou inclinées de quelques degrés vers le SE (Globensky, 1986). En ce qui concerne l'épaisseur du Cairnside, elle a été déterminée dans le mord du modèle à 44 m dans le forage A079 (Globensky, 1982a). Selon les forages utilisés par Globensky (1982b), l'épaisseur mesurée au nord-ouest, à l'extérieur de du modèle, varie entre 30,5 m à 70 m et diminue vers le nord. Dans la partie sud-ouest, Globensky (1986) a suggéré une épaisseur entre 100 et 150m, confirmant l'hypothèse d'un épaississement vers le sud.

3.2.3 Groupe de Beekmantown

Tel que mentionné ci-dessus, la partie supérieure de la Formation de Chateauguay (Norton Creek) décrite par Clark (1972) correspond à la Formation de Theresa, constituée d'orthoquartzite blanche à ciment dolomitique avec de minces lits de dolomie (Clark, 1972). Elle est essentiellement présente dans les parties sud-ouest et nord-ouest du modèle (Figure 48).



Figure 48. Localisation des strates de la Formation de Theresa dans les limites du modèle.

Dans la partie sud-ouest, les pendages de la stratification sont subhorizontaux avec des variations de direction et pendage essentiellement dues aux plissements et ne dépassant que rarement quelques degrés (Globensky, 1986). Au nord-ouest, les pendages sont de quelques degrés vers le SE ou le NE (Globensky, 1983). L'épaisseur de la Formation de Theresa est définie dans deux forages, le forage A079 au nord montre une épaisseur de 74 m alors que, selon Globensky (1982a) au sud-ouest à l'extérieur du modèle, un forage montrerait une épaisseur de 62,5 m.

La Formation de Beauharnois surmonte le Theresa et est composée de dolomie et quelques lits de calcaire dans sa partie inférieure, et de calcaire argileux, dolomie, dolomie silteuse, et siltstone dolomitique et/ou calcareux dans sa partie supérieure (Globensky, 1982a). On retrouve cette unité sur toute la partie ouest et nord-ouest du modèle ainsi qu'au sud (Figure 49).



Figure 49. Localisation des strates de la Formation de Beauharnois dans les limites du modèle.

La Formation de Beauharnois, dans l'ouest comme au sud du modèle, accuse des pendages très faibles variant de quelques degrés. Comme pour la Formation de Theresa, les variations de pendage sont dues aux plissements régionaux et, plus localement, à la faille de Havelock le long de laquelle ils peuvent atteindre des valeurs maximales de 10° (Globensky, 1982a). L'épaisseur du Beauharnois a été définie au nord-ouest dans le forage A079 qui a recoupé 248,8 m de strates (Globensky, 1982b). Dans les forages de la base de données du SIGPEG, on retrouve, au nord-ouest et au nord de la faille de Bas-Saint-Rose (BSR), le forage A085 qui recoupe 245 m de la Formation de Beauharnois, le forage A057, au sud de la BSR, sur l'ile Jésus qui recoupe 246 m et, au sud-est du modèle, le forage A111 qui recoupe 271 m. L'épaisseur de la formation semble donc plutôt uniforme dans le nord du modèle avec un épaississement vers le sud.

3.2.4 Groupe de Chazy

Dans la zone d'étude, le Groupe de Chazy est représenté par la Formation de Laval. Elle est composée essentiellement de calcaire cristallin avec des alternances de calcaire argileux dans sa partie supérieure et

de lits de grès et shale dans sa partie inférieure (Globensky, 1987). On la retrouve du nord au sud sur le modèle (Figure 50) mais a principalement été décrite au centre des îles Jésus et de Montréal, entre les failles de Bas-Saint-Rose (BSR) et du Rapide-du-Cheval-Blanc. On retrouve également la Formation de Laval au nord de la BSR ainsi qu'à l'ouest de l'ile de Montréal, entre les failles de l'ile Bizard et de Saint-Annede-Bellevue. Enfin, on la retrouve aussi la Formation de Laval dans le sud du modèle, à l'ouest de la faille de Havelock et au sud de celle de Delson.



Figure 50. Localisation des strates du Groupe de Chazy dans les limites du modèle.

Dans la partie nord, le pendage moyen des couches est de 9° vers le SE (Globensky, 1983). Dans la partie centrale, les pendages sont essentiellement faibles, de quelques degrés et dirigés vers l'est (Clark,1972). Au sud, La formation accuse aussi des pendages de seulement quelques degrés qui varient de direction en fonction des plissements (Globensky, 1986). En ce qui concerne l'épaisseur de la Formation de Laval, elle est définie au nord de la faille de Bas-Saint-Rose (BSR) par le forage A079 avec une épaisseur de 82,3 m. Plus à l'est, les forages A084 et A085 montrent une épaisseur de 105 m et 122 m, respectivement,

suggérant un épaississement vers l'est dans la partie nord du modèle. Au sud de la BSR, son épaisseur se situe entre 62,5 m (A058) et 144,5 m (A075), pour une épaisseur moyenne de 111 m. Vers l'est, on a mesuré 148 m de Chazy dans le forage A157 et de 138 m dans le forage A111, suggérant une augmentation d'épaisseur vers le sud.

3.2.5 Groupe de Black River

Les roches du Groupe de Black River sont présentes dans le nord et le sud du modèle (Figure 52). Elles se subdivisent en trois formations: de la base au sommet, les formations de Pamelia, de Lowville et de Leray (Brun, 1975). La Formation de Pamelia est typiquement dolomitique, avec une certaine proportion de shale et d'argile; la Formation de Lowville est formée de calcaire cristallin en lits minces et la Formation de Leray, de calcaire en lits épais (Clark, 1972). Les pendages sont essentiellement subhorizontaux ou de quelques degrés vers l'est (Globensky, 1983). L'épaisseur du Groupe de Black River est faible et très variable; dans les forages de l'iles Jésus, au sud de la faille de Bas-Saint-Rose (BSR), elle varie entre 13 m et 31 m avec une moyenne de 21 m (Clark, 1972). Les forages au nord de la BSR ont recoupé quant à eux entre 17 et 22 m de strates de Black River (Globensky, 1983).

3.2.6 Groupe de Trenton

Les formations du Groupe de Trenton sont décrites dans les rapports de Clark (1952 et 1972) de la région de Montréal. Globensky (1986) a utilisé ces mêmes données, notamment pour l'épaisseur des formations (Figure 51).

	MINIMUM	MAXIMUM
Terrebonne	55 m	67 m
Tétreauville	55 m	67 m
Rosemont	73 m	91 m
Saint-Michel	31 m	37 m
Deschambault	3 m	7,5 m
Mile End	2,5 m	5 m
Rockland	2 m	3 m
Total ·····	221,5 m	277,5 m

Figure 51. Variations d'épaisseur des formations du Groupe de Trenton. Tiré de Clark (1972)

Le Groupe de Trenton est composé dans sa partie inférieur des formations de Deschambault, de Mile-End et de Rockland qui sont regroupées dans le modèle sous l'appellation unique de Formation de Deschambeault. Par-dessus le Deschambault, la Formation de Montréal est subdivisée en deux membres, Saint-Michel à la base et Rosemont. Enfin, au sommet du Trenton se trouve la Formation de Tétreauville. Le Trenton est présent partout sur le modèle, notamment sur l'ile de Montréal où il représente presque la totalité des roches affleurantes.



Figure 52. Localisation strates des formations du Groupe Trenton et du Groupe Black River dans les limites du modèle.

La Formation de Deschambault est constituée d'un calcaire cristallin gris clair à moyen. Peu d'affleurements de cette unité ont été mesurés sur le modèle. Il y a très peu de données de pendage mais Globensky (1983) indique des pendages de quelques degrés vers le SE au nord du modèle. En terme d'épaisseur, elle est de 19 m dans forage A085 au nord du modèle. Les formations de Mile-End et de Rockland de Clark (1972) sont minces, entre 2 m et 5 m pour le Mile-End et entre 2m et 3m pour le Rockland. La Formation de Rockland a été décrite dans une ancienne carrière dans l'est de Montréal et est constituée par un banc de calcaire non-fossilifère qui recouvre les calcaires du Chazy, alors que la Formation de Mile-End est décrite comme un calcaire nodulaire, en lits minces et plutôt cristallin, observé

à l'ouest du mont Royal et dans le secteur des failles de Saint-Vincent-de-Paul (Clark, 1972). Comme on ne retrouve ces deux dernières formations que très localement, elles ont été incluses dans la Formation de Deschambault dans le modèle 3D.

Le Membre de Saint-Michel est composé d'une alternance de calcaire et de shale, et a été décrit dans les sites 2 et 3 sur l'ile de Montréal (Figure 32) où les lits sont inclinés vers le nord-ouest (Clark, 1972). Il est aussi présent dans l'est de Montréal et représenté par des strates subhorizontales à quelques degrés d'inclinaison vers le SE et NE (Clark, 1972). Dans la partie sud du modèle, on retrouve cette unité au site 4 (Figure 32) orienté N165,5NE (Globensky, 1986). Le Membre de Saint-Michel n'excède pas 37 m à Montréal et sur l'ile Jésus (Clark, 1972). A la carrière Lafarge de Saint-Constant, il fait entre 33 m et 36 m d'épaisseur (Globensky, 1986). Le Membre de Rosemont est un calcaire fossilifère grisâtre, parfois micritique et cristallin, en minces lits ondulés avec des interlits de shale noir (Clark, 1972). Tout comme le Membre de Saint-Michel, il est essentiellement défini par quelques affleurements dans l'est de l'île de Montréal, avec des strates subhorizontales ou inclinées de quelques degrés vers le SE et le NE (Clark, 1972). Clark (1972) a estimé son épaisseur à 76 m d'après des forages sur l'ile Jésus. Sur la rive sud, il fait 72,5 m d'épaisseur et on le retrouve seulement en forage près de la carrière Lafarge (Globensky, 1986).

La Formation du Tétreauville est composée de calcaire micritique gris bleuté avec des interlits de shale calcareux noir. Dans la partie nord, le pendage des strates du Tétreauville est subhorizontales (Clark et Globensky, 1976). Dans l'est de l'ile de Montréal, un nombre important de mesures de pendage a été effectué, les valeurs sont généralement faibles avec une inclinaison moyenne vers l'est, sauf à proximité de la faille de Bas-Saint-Rose ou les valeurs peuvent atteindre 10° (Clark,1972). Au sud du modèle, la Formation de Tétreauville affleure près du fleuve Saint-Laurent, accusant des pendages de 5°S. Clark (1972) a estimé l'épaisseur de la Formation de Tétreauville entre 110 m et 137 m sur l'ile de Montréal et Jésus. Dans les forages pétroliers, le Tétreauville est entièrement recoupé dans le forage A111 et fait 125 m d'épaisseur, dans le forage A206 au sud du mont Royal, il fait 120 m et dans le A084 il fait 137 m d'épaisseur.

3.2.7 Shale d'Utica

Le shale d'Utica, est composée de shale noir et de mudstone calcareux qu'on retrouve essentiellement dans l'est du modèle au nord de la faille de Bas-Saint-Rose, le long du fleuve Saint-Laurent, ainsi qu'au nord de la faille de Delson (Figure 53).

71



Figure 53. Localisation des strates du shale d'Utica dans les limites du modèle.

Sur l'ile de Montréal, les pendages sont rarement supérieurs à deux degrés, bien que localement perturbés par les failles E-O (Clark, 1972). Dans le centre-est modèle, on retrouve des affleurements à l'est du fleuve avec des strates inclinées de 9° SE, et plus au nord, toujours à l'est du fleuve, les affleurements de shale d'Utica ont des directions entre N95 et N130 et un pendage de 3° SO (Globensky, 1985). Dans la partie sud du modèle, entre les failles de Delson et de Saint-Régis, deux affleurements ont été observés avec des strates mesurées à N150/3NE et N105/4SO (Globensky, 1986).

L'épaisseur du shale d'Utica est très variable dans les forages pétroliers. Clark (1972) l'a estimé à 122 m sur la base du forage A111 à l'est du fleuve Saint-Laurent. Globensky (1985) indique propose une épaisseur de 170 m, basée sur le forage A157 à proximité de la faille de Dorval. On retrouve également le shale d'Utica dans le forage A263, proche de la faille de Delson, avec une épaisseur de 107m.

3.2.8 Groupe de Lorraine

Le Groupe de Lorraine est représenté par la Formation de Nicolet composée de shale gris foncé avec des lits de mudstone et de microgrès grisâtre. On retrouve cette unité stratigraphique exclusivement à l'est, entre la limite nord du modèle et la faille de Delson (Figure 54).



Figure 54. Localisation des strates du Groupe de Lorraine dans les limites du modèle.

Le Groupe de Lorraine a été observé en affleurements sur presque toute la totalité de la zone d'étude, où il montre des orientations de stratification qui varient entre N35 et N135 et des pendages variables, soulignant une série de petites ondulations avec une moyenne de 4° et des valeurs maximales de 10 degrés (Globensky, 1985 et 1986). En termes d'épaisseur, jusqu'à 296 m de Lorraine ont été recoupée dans les forages pétroliers à l'intérieur du modèle (Globensky, 1985), mais cela ne représente pas l'épaisseur maximale qui serait autour de 900m (Globensky, 1987).

3.3 Modification et adaptation des données de modélisation

3.3.1 Données stratigraphiques

La synthèse structurale et géométrique qui précède a permis de créer une base de données géoréférencées pour l'orientation des formations géologiques de la région. On note cependant que de nombreuses valeurs de pendage sont incohérentes avec les interprétations de la distribution des formations. En effet, les valeurs de pendage des strates étant généralement très faibles, les variations de direction sont donc très importantes et très localisées (Figure 55). Ces orientations apparemment contradictoires nécessitent d'effectuer une certaine homogénéisation des données. De plus, l'abondance de données compliquent inévitablement la modélisation et il est donc nécessaire d'alléger le modèle de toute orientation perturbant le rendu 3D. Pour ce faire, les interprétations cartographiques de Globensky (1987) et Clark (1972) ont été utilisées afin de définir des orientations et pendages moyens des unités géologiques dans chaque zone du modèle.



Figure 55. Orientations mesurées des formations géologiques dans les limites du modèle selon Clark et Globensky (1972, 1976, 1977, 1982a et b,1983,1985 et 1986).

La modélisation sur le logiciel Leapfrog nécessite de disposer de données de forage géologique sur l'ensemble du modèle. En effet, le logiciel découpe le modèle en fonction des failles afin de délimiter des blocs, chacun de ces blocs (65 en ce qui concerne le modèle) doit disposer de forages géologiques (Figure 56). La grande précision de la modélisation 3D nécessite une quantité importante de données géologiques mais la région ne dispose que d'une quantité limitée de données de forage, les forages pétroliers demeurent l'information stratigraphique la plus utile mais seule une quarantaine de ceux-ci sont disponibles dans les limites du modèle. Pour combler le manque de données, plusieurs projets de construction de la VdeM ont été utilisés afin de fournir de l'information supplémentaire, bien que ces données soient très localisées. En ce qui concerne les blocs avec peu ou pas d'information géologique, des colonnes stratigraphiques ont été interprétés en extrapolant les informations géologiques les plus proches, en s'appuyant notamment sur les données d'orientation des formations géologiques. En effet, le logiciel nécessite, pour chaque bloc, l'introduction de données permettant de construire une colonne stratigraphique complète, sinon aucune interpolation n'est possible et le bloc n'est pas modélisable.



Figure 56. Exemple de modélisation en blocs effectuée par le logiciel Leapfrog.

Une étude de compilation géologique récente (Thériault, 2014) a modifié certains contacts stratigraphiques sur la carte du SIGEOM, notamment les contacts Tétreauville-Utica et Utica-Lorraine. Les résultats de cette étude sont incompatibles avec la base de données, autant en ce qui concerne les affleurements rocheux que les descriptions de forages utilisés. Le sommet de la Formation de Tétreauville identifiée dans une grande partie des forages de la ville de Montréal, tels que ceux du tunnel de Montréal-Est ou des bassins Lavigne et Leduc₇ ferait partie du shale d'Utica selon Thériault (2014). Or, l'analyse de ces forages correspond bien aux descriptions originales de Globensky (1985). En comparaison avec la carte géologique interactive diffusée sur le SIGEOM, la position de ces contacts a été modifiée en accord avec

les cartes géologiques originales de Globensky (1985) et de Clark (1972). Sur la Figure 57, les traits bleus correspondent aux limites du shale d'Utica tirés du SIGEOM (i.e. interprétation de Thériault, 2014) et les traits verts, les limites de l'Utica basées sur les cartes historiques (Clark, 1972 et Globensky, 1987).



Limites du Groupe d'Utica selon Clark(1972) et Globensky (1985)

Limites du Groupe d'Utica selon Thériault (2014)

Figure 57. Comparaison de la position du contact inférieur du shale d'Utica selon Thériault (2014) et les cartes géologiques de Clark (1972) et Globensky (1985).

3.3.2 Données structurales

Afin de construire le modèle 3D, le choix a été fait de conserver les failles de Clark (1972) et Globensky (1987). Ce choix est principalement justifié par le manque de donnée de forages géologiques permettant de respecter les interprétations proposées par Chayer et Campeau (1985) et Durand (1978) (Figure 58).



Figure 58. Carte de localisation des tracés de failles basés sur les interprétations de Chayer et Campeau (1985) et Durand (1978).

La construction d'un tel modèle nécessiterait un travail de mise à jour des bases de données de forages afin d'interpréter les descriptions des roches décrites pour en définir précisément la position stratigraphique, la majorité des données disponibles n'étant pas malheureusement pas définies avec une stratigraphie précise. En outre l'étendue du modèle sur plusieurs dizaines de kilomètres ne permet pas d'effectuer une analyse d'échelle plus réduite; en effet, la multitude de failles secondaires avec de faibles rejets (Figure 59), parfois très proche géographiquement, rendrait le rendu final visuellement compliqué. Il est donc préférable de construire des modélisations locales pour illustrer ces failles. Malgré la complexité réelle du réseau de failles, les interprétations de Clark (1972) et de Globensky (1987) demeurent suffisamment fidèles aux décalages stratigraphiques régionaux. De plus, les failles mises en évidence dans le bassin Leduc dans le secteur de la faille d'Outremont ou le bassin Rockfield dans le secteur de la faille de Dorval ne permettent pas de confirmer les interprétations de Durand (1978) et Chayer et Campeau (1985). Enfin, il est encore très compliqué d'établir des corrélations régionales précises entre toutes ces failles, à cause, notamment, de la relative absence de données précises sur la direction, le pendage et le rejet net de ces failles, de même que l'absence de relations de terrain en ce qui concerne la chronologie relative de ces différents réseaux de faille.



Figure 59. Ensemble des failles mises en évidence sur le terrain et dans les projets de construction de la Ville de Montréal.

L'ensemble de ces failles majeures et secondaires permet cependant de conforter la décision de prolonger certaines failles du modèle. En effet, le logiciel Leapfrog, comme la plupart des outils de modélisation numérique en géologie, ne permet pas de modéliser des failles finies, il faut donc arrêter la prolongation d'une faille sur une autre faille ou sur les limites du modèle. Sur ce modèle, les failles de direction NO-SE ont été prolongées vers le SE et parfois vers le NO, alors que les failles E-O ont été prolongées vers l'Est, parfois vers l'ouest (Figure 60). Le choix d'un prolongement selon une direction ou une autre a été basé sur la compilation des travaux historiques et récents. Les failles de Saint-Vincent-de-Paul (NO-SE) semblent se prolonger plus au SE par rapport au tracé de Clark (1972) tel qu'indiqué sur la compilation de Durand (1978), et appuyé par les travaux du tunnel Jarry. Pour les failles de direction E-O, les travaux de Chayer et Campeau (1985), Durand (1978) ainsi que Rocher et al (2003) semblent confirmer un prolongement vers

l'est et l'ouest de l'ile de Montréal, avec la présence de telles failles sur la majorité des secteurs étudiés, auquel s'ajoute la présence de failles E-O observées dans le tunnel Rosemont dans l'est de la ville, ainsi que le réseau de faille mis en évidence sur le site 4 (Figure 32). Enfin, plusieurs tracés de faille ont été arrêtés de façon arbitraire lors de la création des cartes géologiques due au manque de données comme, par exemple, à l'est du fleuve Saint-Laurent où le Groupe Lorraine n'expose pas de structures géologiques permettant de justifier la présence ou pas de failles dans ce secteur.



Figure 60. Prolongation des failles régionales et relations de recoupement présumées dans les limites du modèle sur le logiciel Leapfrog.

3.4 Modèle 3D

Le modèle géologique 3D régional a donc été réalisé en s'appuyant sur les synthèses structurales et géométriques présentées ci-dessus (Figures 61 et 62). Le modèle s'étend du nord au sud sur 55km et d'est en ouest sur 58 km. Les failles utilisées pour la modélisation (Figure 60) ont nécessité la création de 65

blocs géologiques avec une profondeur maximale de 2 km. Les rejets associés aux failles ont été définis par la bibliographie structurale ou par interpolation logicielle en fonction des données stratigraphiques intégrées.



Figure 61. Modèle géologique 3D de la zone d'étude.



Figure 62. Vues des différentes faces du modèle 3D selon différentes orientations.

La modélisation en 3D permet de visualiser les failles régionales et d'en estimer les rejets nets. Bien que ces valeurs de rejet soient discutables, étant donné que leurs précisions reposent non seulement sur des données géologiques de surface relativement disparates, mais aussi sur les interpolations du logiciel de modélisation, elles sont tout de même présentées ici à titre d'estimations (tableau 7). Il faut également noter que la modélisation numérique a été effectuée avec des failles à pendage présumément vertical en

l'absence de données précises puisqu'aucune de ces failles n'a été directement observée sur le terrain. Les stries de ces failles ont été considérées comme étant essentiellement aval-pendage (*down-dip*), en accord avec ce qui a été le plus souvent observé sur les failles mineures lors des travaux de terrain.

Ainsi, le rejet net de la faille de Bas-Saint-Rose serait de 601 mètres, avec un affaissement du bloc nord avec une légère composante de décrochement vers l'ouest. La faille de Sainte-Anne-de-Bellevue aurait un rejet net de 506 mètres, avec elle-aussi un bloc nord descendant et décrochant vers l'ouest, de même que la faille de Dorval avec un rejet net de 84 mètres. La faille de Delson aurait un rejet net de 848 mètres et aussi marquée par un affaissement du bloc nord. La faille de Havelock possède un rejet net de 212 mètres et soulignée par un affaissement du toit vers l'est. Les failles du Rapide-du-Cheval-Blanc et de l'île Bizard seraient marquées par l'affaissement de leur bloc sud et un rejet net de 416 mètres et 95 mètres, respectivement, avec une légère composante de décrochement vers l'ouest.

Faille	Orientation	Bloc descendant	Rejet net (m)	
Bas-Saint-Rose	E-O	nord	601	
Saint-Anne-de-Bellevue	E-O	nord	506	
Delson	E-O	nord	848	
Havelock	N-S	ouest	212	
Dorval	E-O	nord	84	
Rapide-du-Cheval-	E-O	sud	416	
Île Bizard	E-O	sud	95	

Tableau 7 Rejets des principales failles

Grace aux outils disponibles sur le logiciel Leapfrog, 13 coupes ont pu être réalisées afin d'observer plus en profondeur la géologie régionale (Figure 63). La création des coupes permet notamment de tester les limites d'interpolation du logiciel et repérer les incohérences, dans l'ensemble le modèle est conforme à la représentation graphique attendue. Les erreurs repérées sont principalement des erreurs d'épaisseur des formations géologiques, le logiciel ajustant parfois certaines épaisseurs entre les données intégrées de manière excessives. Ces erreurs proviennent principalement de la taille très grande du modèle comparé à la quantité de données intégrées comme les forages mais aussi la proximité des failles, ainsi que la précision de la topographie apportée avec le LIDAR comparé à la précision des profondeurs de forage. On peut remarquer également que les formations géologiques au contact des failles sont illustrées sans respecter avec précision les courbures associées au mouvement des failles, cette erreur provient notamment du fait que en réalité les failles ne sont pas aussi verticales qu'illustrée. Pour finir les plissements régionaux sont également illustrés avec une certaine accentuation de leur courbure comparée à leur forme réelle, le logiciel ne disposant pas d'un outil spécial afin de les créer de manière parfaite.



Figure 63. Localisation des tracés de coupes réalisées dans les limites du modèle géologique.

Les coupes géologiques orientées N-S (Coupes 1 à 4 en annexe D) permettent d'apprécier l'abondance des failles orientées E-O et NO-SE découpant la région en plusieurs succession de horsts et grabens. La coupe 3 orientée N-S (Figure 64) illustre bien la succession des failles, majoritairement orientées E-O découpant la zone d'étude. De façon générale, on peut remarquer que la zone se compose d'une succession de quatre

horsts et grabens principaux : un graben situé au nord de la faille (1) de Bas-Saint-Rose (BSR), un horst délimité au nord par la BSR et au sud par les failles (12 et 11) du Rapide-du-Cheval-Blanc et d'Outremont, un graben délimité au nord par les failles (12 et 11) du Rapide-du-Cheval-Blanc et d'Outremont et au sud par la faille (2) de Delson et un horst à nouveau au sud de la faille (2) de Delson. Ces 4 horsts et grabens sont eux même découpés par des failles à plus faible rejets orientées E-O et NO-SE, tel qu'illustré notamment par une dépression délimitée par les failles (3 et 16) de Dorval et Saint-Anne-de-Bellevue. L'intrusion du mont Royal est montrée ici sous la forme d'un tube vertical, ce choix est cependant totalement arbitraire et essentiellement motivé par une volonté de simplification du modèle. Cette intrusion pourrait également se présenter sous la forme d'un laccolithe ou d'un lopolithe.



Figure 64. Coupe 3 orientée N-S traversant le centre du modèle 3D au niveau de l'intrusion du mont Royal.

Les coupes géologiques orientées E-O (Coupes 5 à 13 en annexe D) bien que la région soit majoritairement découpée par des failles orientées E-O, permettent d'illustrer les failles orientées NO-SE ainsi que les

plissements régionaux orientées principalement NE-SO. La coupe 8 (Figure 65) est un exemple du découpage de ces failles orientées NO-SE entre la faille de Bas-Saint-Rose (BSR) et la faille du Rapide-du-Cheval-Blanc recoupant le synclinal d'Ahuntsic et l'anticlinal de Villeray. Ces failles ont des rejets apparents plutôt faibles comparées aux failles orientées E-O, ne dépassant que très rarement la dizaine de mètres et formant des petites zones de horst et graben à l'intérieur des plis régionaux.





3.5 Modélisations géologiques locales.

La modélisation 3D globale ne permettant pas d'illustrer l'ensemble du réseau de failles de la région, des modèles de plus petite échelle ont été réalisés, notamment sur les secteurs ayant permis une importante acquisition de données structurales comme les carrières de granulat ou les projets de construction de la Ville. Les forages associés à une cartographie structurale locale permettent de créer une représentation

géologique 3D de certains secteurs et notamment de failles à plus faible rejet, non visibles sur un modèle à plus grande échelle. Les forages des projets de construction de la ville ont été intégrés à la base de données utilisées sur Leapfrog afin de définir localement les failles secondaires bien que ces failles n'aient pas été ajoutées au modèle globale (Figures 61 et 62). En ce qui concerne les carrières de granulat, plusieurs ont fait l'objet d'étude structurale et, lorsque c'était possible, de description de forage. Deux carrières situées au sud de la zone d'étude, à proximité de la faille de Delson, ont pu faire l'objet de modélisation locale. La première carrière, correspondant au site 16 (Figure 32), permet d'illustrer les failles T29 et T30 dont les localisations et les rejets ont pu être déterminés grâce au forage et les informations géologiques associées (Figure 66). Pour la deuxième carrière correspondant au site 20 (Figure 32), les données de forage sont très peu nombreuses (5 forages) et la modélisation du site demeure donc préliminaire (Figure 67). Le modèle s'appuie en grande partie sur les tracés des failles ainsi que la géologie définis dans les travaux de Beaulieu (2002b), auxquels s'ajoute les données structurales recueillies sur le terrain (failles T45 à T51) et sur les descriptions de forage.



Figure 66. Modèle géologique 3D préliminaire du site 16.



Figure 67. Modèle géologique 3D préliminaire du site 20.

CHAPITRE 4

Datations U-Pb

4.1 État de la situation

Les études géologiques structurales de la région de Montréal sont anciennes et, encore aujourd'hui, sujets à débat. Les failles n'ont pas été soumises à des travaux de datation précise et font l'objet d'hypothèses en ce qui concerne leur chronologie relative et leur évolution par rapport aux différents évènements tectoniques de l'est de l'Amérique du Nord (i.e. Rocher et al., 2003; Amidon et al., 2022). Pendant les travaux de cette étude, aucun élément permettant de mettre en évidence des relations de recoupement entre les différentes orientations de failles n'a été observé.

4.2 Datation LA-ICP-MS de l'U/Pb de la calcite

Afin de contraindre l'âge des principales failles régionales, la méthode de datation LA-ICP-MS U-Pb sur calcite a été appliquée dans le laboratoire du collège de Middlebury, à l'aide d'un laser NWR 213 nm couplé à un spectromètre de masse iCAP-Q (Amidon et al, 2022). Il s'agit d'une méthode de datation relativement récente (Roberts et Walker, 2016) qui consiste à utiliser le laser à ablation (LA) (Figure 68A) sur des grains de calcite prélevés sur les plans de faille. Les grains de calcite sont d'abord polis et soumis à des tirs de laser (Figure 68B), chaque tir de laser permet de calculer ensuite par spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS), les rapports 238U/206Pb et 207Pb/206Pb qui sont ensuite disposés sur un diagramme isochrone pour obtenir un âge isotopique (Amidon, 2018).

La datation U-Pb de calcite, malgré qu'elle soit une méthode relativement récente, a été récemment utilisée dans de nombreux contextes géologiques, notamment pour déterminer l'âge des gisements filoniens comme illustré, par exemple, par les travaux de Pinet et al (2022). Cette technique a également été utilisée pour dater des veines hydrothermales (e.g. Simpsons, 2018) et contraindre des événements de déformation cassante régionale. La méthode a également été comparée directement avec d'autres méthodes comme dans les travaux Mottram et al (2020) avec la datation du K-Ar sur du matériel provenant d'une même faille, en l'occurrence de l'argile de gouge de faille.

Cette méthode de datation présente plusieurs intérêts, étant donné qu'une minéralisation de calcite est relativement commune sur beaucoup de plans de faille de la zone d'étude. De plus, contrairement aux méthodes conventionnelles qui impliquent des techniques de dissolution et de re-concentration, elle ne

nécessite pas une concentration élevée d'uranium (>1ppm) (Kylander-Clark, 2020). Les matériaux carbonatés ont généralement de très faibles concentrations en U, entre 10 ppb et 10 ppm, contrairement aux minéraux accessoires traditionnellement utilisés en datation U-Pb comme, par exemple, le zircon qui possède généralement une concentration en U supérieure à 100 ppm (Roberts et al, 2020). La datation U-Pb sur calcite est également plus rapide et moins onéreuse que les méthodes conventionnelles puisque plusieurs échantillons peuvent être analysés en une seule journée (Roberts et al, 2020).

Dans le cadre de cette étude, il s'est agi d'une étude géochronologique préliminaire en collaboration avec Dr. Will Amidon du *Middlebury College* (Vermont, USA), dont seul l'échantillonnage des zones de faille sur le terrain a été directement sous notre contrôle. La préparation des échantillons pour les analyses U-Pb a été dirigée par le laboratoire du Middlebury College, dans le cadre d'une étude globale de datation des failles et structures cassantes du nord-est de l'Amérique du Nord (Amidon et al, 2022). Les échantillons ont ensuite été envoyés par l'équipe du Dr. Amidon à *l'University of California, Santa Barbara (USA)* pour l'acquisition des analyses ICP-MS.





Figure 68. A) Spectromètre LA-ICP-MS du collège de Middlebury. B) Exemple de tirs de laser sur un grain de calcite (Amidon, 2018).

4.3 Échantillonnage

L'échantillonnage de calcite a été effectué sur 5 localités distinctes afin de couvrir, de la façon la plus homogène possible, l'ensemble des structures régionales de la région, soit les sites 2, 7, 13, 17 et 19 (Figure 32 et 69). Pour cet échantillonnage, la majorité des plans de failles observés sur le terrain et comportant un remplissage de calcite ont été sélectionnés (Figure 70); 22 échantillons de calcite ont ainsi été récupérés (Figure 69 et Tableau 8).

Les plans de faille sélectionnés pour la datation U-Pb correspondent aux différentes familles d'orientation, E-O, NO-SE et N-S (Tableau 6).

Les échantillons 007-C-01, 02,03 et 04; 017-C-01 et 02; 019-C-04, 05, 06, 07 et 08; 019-C-09 et 010 et 013-C-04 et 05 proviennent des failles orientées E-O. Les échantillon 007-C-01, 02,03 et 04 proviennent de la faille T7, marquée par un placage de calcite striée (Figure 70) de quelques millimètres d'épaisseur sur plusieurs fractures parallèles dans une zone fracturée d'une dizaine de métres. Les échantillons 017-C-01 et 02 proviennent de la faille T31, comportant un placage de calcite blanche striée de 1 cm d'épaisseur, associé a environ 5 cm de gouge de faille. Les échantillons 019-C-04, 05, 06, 07 et 08 proviennent de la faille T36 marquée par un remplissage de calcite striée associé a une épaisseur d'environ 10 cm de gouge de faille. Les échantillons 013-C-04 et 05 proviennent de la faille T25 orientée E-O avec un placage de calcite striée de 2 cm d'épaisseur. Pour finir les échantillons 019-C-09 et 010 proviennent de la faille T38 comportant un placage d'environ 1cm de calcite striée.

Les échantillons 013-C01, 002-C-01, 013-C-02 et 013-C03 proviennent des failles orientées NO-SE. L'échantillon 013-C01 provient de la faille T26, montrant un placage de calcite striée de quelques mm d'épaisseur. L'échantillon 002-C-01 provient de la faille T2, comportant un placage de calcite striée de couleur jaunâtre de 2 cm d'épaisseur sur le plan de faille, associé à un dyke bréchifié et altéré en bordure. L'échantillon 013-C02 provient de la faille T19 comportant un placage de calcite striée de 2 a 4 cm d'épaisseur. L'échantillon 013-C03 provient de la faille T20 orientée NO-SE comportant un placage de calcite striée quelques mm.

Enfin, les échantillons 019-C-01, 02 et 03 proviennent de la faille T34 orientée N-S, soulignée par des veines de calcite de quelques centimètres d'épaisseur associées avec des épontes cisaillées sur quelques centimètres à 2 mètre d'épaisseur.

91

Tableau 8. Liste des échantillons de c	calcite prélevés pour	la datation U-Pb.
--	-----------------------	-------------------

Nom	Failles	Famille	Localisation
002-C-01	T2	NO-SE	Site 2
007C-01	Т7	E-O	Site 7
007C-02	Т7	E-O	Site 7
007C-03	Т7	E-O	Site 7
007C-04	Т7	E-O	Site 7
017-C-01	T31	E-O	Site 17
017-C-02	T31	E-O	Site 17
013-C-01	T26	NO-SE	Site 13
013-C-02	Т19	NO-SE	Site 13
013-C-03	T20	NO-SE	Site 13
013-C-04	T25	E-O	Site 13
013-C-05	T25	E-O	Site 13
019-C-01	T34	N-S	Site 19
019-C-02	T34	N-S	Site 19
019-C-03	T34	N-S	Site 19
019-C-04	Т36	E-O	Site 19
019-C-05	Т36	E-O	Site 19
019-C-06	Т36	E-O	Site 19
019-C-07	Т36	E-O	Site 19
019-C-08	Т36	E-O	Site 19
019-C-09	Т38	E-O	Site 19
019-C-10	Т38	E-O	Site 19



Figure 69. Carte de localisation des failles échantillonnées pour datation U-Pb sur calcite.


Figure 70. Exemple de plan de faille (T7) du site 7 avec un remplissage de calcite sélectionné pour la datation U-Pb (007C-01).

4.4 Résultats

Sur les 22 échantillons sélectionnés, 7 ont livré des résultats lors de la datation LA-ICP-MS et permis la construction de diagrammes isochrones. Les échantillons n'ayant pas fonctionné sont principalement attribuables à la présence en trop faible quantité d'U et de Pb radiogénique. L'échantillon 002-C-01, correspondant à la faille T2 du site 2 et à la famille de faille NO-SE, a livré un âge à 102 ± 16 Ma (Crétacé Précoce); cet échantillon s'étant mal comporté lors de l'analyse en laboratoire, le diagramme isochrone obtenu a été réalisé avec peu de donnée et la marge d'erreur est donc plus importante que pour les autres échantillons (Figure 71A). Trois échantillons correspondant à la faille T7 du site 7 de la famille de faille E-O ont aussi livré des âges Crétacé Précoce à 111,2 ±2 Ma pour l'échantillon 007-C-02 (Figure 71B), 112,1 ± 1,7 Ma pour l'échantillon 007-C-03 (Figure 71C) et 112 ±4,3 Ma pour l'échantillon 007-C-04 (Figure 71D).



Figure 71. Diagrammes isochrones des échantillons 002-C-01 (A), 007-C-02 (B), 007-C-03 (C) et 007-C-04 (D).

L'échantillon 013-C-04, correspondant à la faille T25 du site 13, a livré un âge Crétacé Tardif de 89,9 ±3 Ma (Figure 72A), L'échantillon 017-C-01, correspondant à la faille T31 du site 17, a aussi livré un âge Crétacé Tardif, à 79,5 ± 1,5 Ma (Figure 72B), et l'échantillon 019-C-09, correspondant à la faille T38 du site 19, a quant à lui livré un âge Miocène avec une grande incertitude, de 22 ± 18 Ma (Figure 72C).



Figure 72. Diagrammes isochrones des échantillons 013-C-04 (A), 017-C-01 (B) et 019-C-09 (C).

4.5 Interprétation

Bien que le nombre d'échantillons ayant livré un âge isotopique U-Pb soit limité, on remarque que les résultats obtenus correspondent à trois tranches d'âge distincts, soit Crétacé Précoce (c. 112-102 Ma), Crétacé Tardif (89-79 Ma) et Miocène (c. 22 Ma). Les âges Crétacé Précoce semblent cohérents avec le contexte régional, les âges obtenus correspondant approximativement à la période de mise en place des intrusions Montérégiennes, suggérant ainsi un lien possible entre la formation des failles E-O et la mise en place du pluton du mont Royal estimé à 125 Ma (Foland et al. 1986). En ce qui concerne les âges Crétacé Tardif et Miocène, il est plus difficile d'émettre des hypothèses concernant leur contexte tectonique, mais il existe peut-être un lien avec le régime de compression passé et actuel des Basses-Terres du Saint-Laurent généré par la poussée de la ride médio-Atlantique sur la plaque nord-américaine (Faure, 1995, Zoback et al., 1986). Plusieurs études basées sur les traces de fission sur apatite formulent l'hypothèse de la

réactivation de failles au Crétacé Tardif (Tremblay et al, 2013) mais également synchrone ou postérieure au Crétacé supérieur, tel que, par exemple, dans le massif des Adirondacks dans l'état de New-York, USA (Roden-Tice and Tice, 2005). En outre, l'activité sismique actuelle des Basses-Terres du Saint-Laurent suggère qu'il y a probablement encore aujourd'hui un certain niveau de déformation cassante active dans la vallée du fleuve St-Laurent et son estuaire (Mazzotti et al, 2005).

Les résultats obtenus peuvent également être comparés avec les travaux d'Amidon et al. (2022), basés sur la datation U-Pb de calcite de plusieurs centaines d'échantillons de failles et fractures associées provenant du nord-est des États-Unis, et qui se répartissent sur trois tranches d'âges prédominants, soit 125-110 Ma, 85-65 Ma, et 20-5 Ma. Ces âges sont attribués à trois épisodes tectoniques distincts du Crétacé et du Miocène (Amidon et al, 2017). Amidon et al. (2022) ont formulé l'hypothèse que les marges Atlantique de l'Amérique du Nord aurait connu des épisodes de soulèvement et de volcanisme en réponse à des changements de circulation magmatique mantellique bien après la fin de la phase de rift de l'océan Atlantique au Jurassique. Les tranches d'âges Crétacé (125-110 Ma et 85-65 Ma) correspondraient à une réponse aux perturbations lithosphérique causée par les la mise en place des intrusions Montérégiennes, alors que les âges Miocène correspondraient au développement du relief moderne de l'est de l'Amérique du Nord. Ces hypothèses sont également basées sur différents autres paramètres géologiques tels que, par exemple, le taux d'érosion et l'apport sédimentaire déduits des sédiments du Canyon de Baltimore au large de la côte Est des États-Unis qui suggèrent des pics d'érosion correspondant aux mêmes tranches d'âges déterminés par les datations U-Pb sur calcite (Figure 73) (Amidon, 2018).



Figure 73. Diagramme synthétique des taux d'érosion et de flux de sédiments érodés dans le Canyon de Baltimore au large de la côte Est des États-Unis selon leurs âges (tiré d'Amidon et al. 2018).

CHAPITRE 5

Synthèse/Discussion

5.1 Synthèse des résultats.

Au cours de cette étude, 284 failles ont été localisées avec 154 failles comportant une localisation précise ainsi qu'une orientation définie (voir annexes B et C), 74 d'entre elles proviennent de la compilation des projets anciens de construction de la ville de Montréal et des travaux de Chayer et Campeau (1985) et Durand (1978), auxquelles s'ajoutent 29 failles mises en évidence dans les projets récents de la ville de Montréal et 51 failles observées et décrites lors de nos travaux de terrain (Figure 74). A ces 154 failles s'ajoute 130 failles supplémentaires, localisées d'après les travaux de Rocher et al (2003), elles constituent une information importante concernant la densité de fracture de la région bien que leurs orientations ne soient pas définies, leurs localisations soient plus incertaines et qu'elles contiennent probablement plusieurs doublons avec des failles déjà localisées, notamment en ce qui concerne le centre de l'île de Montréal (Figure 74).



Figure 74. Carte de l'ensemble des failles localisées au cours de cette étude.

Sur ces 154 failles, les mesures de 53 plans failles ont pu être compilées et 51 plans de failles ont été directement mesurés sur le terrain. Les données d'orientation sont présentées sur la Figure 75.



Figure 75. Projections stéréographiques illustrant l'orientation des failles provenant des visites de terrain et du travail de compilation bibliographique.

Les failles orientées E-O forment la principale famille observable dans la région de Montréal, on la retrouve sur l'ensemble des sites étudiés avec une importante concentration sur l'île de Montréal; elle est généralement caractérisée par des failles normales abrupts et des rejets apparents variant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. Les failles orientées NO-SE forment la seconde famille d'importance, on les retrouve également sur de nombreux sites étudiés mais leur occurrence est plus fréquente dans le nord de la région d'étude, au sud de la faille de Bas-Saint-Rose. Ce sont des failles normales formant souvent des petites zones en horst-et-graben, avec des pendages modérés à abrupts et des rejets apparents dépassant très rarement la dizaine de mètres. La famille de failles orientées N-S n'a quant à elle été observée que sur les sites sur la rive sud du fleuve St-Laurent. Elle est principalement représentée par la faille de Havelock et se caractérise par des pendages moyens à abrupts avec des rejets apparents de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. Enfin, quelques failles NE-SO ont été observées, ce sont généralement des failles inverses avec des pendages faibles et de faibles rejets apparents.

La base de données structurales construite au cours de cette étude fournit un outil préliminaire important pour une meilleure compréhension de la géologie du socle rocheux de la région de Montréal. Le réseau historique de failles reconnues par Clark (1972) et Globensky (1987) demeure pertinent mais la densité de ces structures s'avère localement significativement plus grande. Ainsi, 284 failles ont été ajoutées à la cartographie originale bien qu'il existe une certaine incertitude en ce qui concerne leurs localisations précises, leurs étendues latérales et importance. Ces failles témoignent tout de même d'un vaste réseau de failles à faibles rejets, découpant l'ensemble de la région de Montréal qui sont tributaires des failles majeures historiquement reconnues par Clark (1972). Un travail de synthèse demeure cependant à être complété en ce qui concerne la géométrie et la chronologie relative de ces structures puisqu'aucune relation de recoupement n'a pu être observée, que ce soit en forage ou sur le terrain. De plus, il est vraisemblable que ces 284 failles ne représentent vraisemblablement pas la totalité de ce type de structures puisque seules les données fournies par la ville de Montréal ont fait l'objet d'un travail de compilation.

Le modèle 3D produit lors de cette étude fournit, quant à lui, une vision en profondeur de la géométrie des structures régionales, permettant notamment de synthétiser les données stratigraphiques tirées des forages pétroliers historiques et des forages récents des projets de construction de la ville de Montréal et offrant aussi une nouvelle vision de la géométrie du réseau de failles, notamment dans l'est et l'ouest de l'île de Montréal. Ce modèle géologique est évidemment le reflet des connaissances actuelles et doit être considéré comme constituant une base conceptuelle qui pourra être bonifiée et améliorée dans le futur, au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données géologiques, afin de devenir un important outil géotechnique pour la planification d'infrastructures souterraines sur le territoire montréalais.

Les analyses LA-ICP-MS de la calcite ont permis de dater plusieurs failles de la région. Les âges mesurés correspondent à trois périodes distinctes, soit le Crétacé Précoce (c. 112-102 Ma), le Crétacé Tardif (89-79 Ma) et le Miocène (c. 22 Ma). Une seule faille NO-SE a été datée et a livré un âge à 102 Ma, il demeure difficile d'émettre des hypothèses fiables concernant la chronologie régionale dans le développement de ces structures, d'autant plus que certaines marges d'erreur sur ces datations sont très importantes.

100

Les âges obtenus sur les failles E-O permettent cependant de faire le lien avec d'autres travaux de géochronologie isotopique sur calcite sur des centaines d'échantillons effectués dans le nord-est des États-Unis et qui montrent des répartitions tout à fait cohérentes avec nos résultats (Figure 76; Amidon et al, 2022).



Figure 76. Compilation des âges U-Pb sur calcite provenant de failles et veines analysées au Vermont et dans l'état de New York. La partie inférieure droite présente un histogramme d'âge des intrusions crétacés de la région. Tiré de (Amidon et al, 2022).

Ces âges sont attribués, en partie, à la réactivation des failles régionales bien après l'ouverture (rifting) de l'océan Atlantique mais aussi à la mise en place, vers c. 125 Ma, des intrusions Montérégiennes, telles que

le mont Royal. Selon Amidon et al. (2022), ces réactivations structurales seraient une réponse à une forte altération lithosphérique pour ce qui est des failles d'âge Crétacé, et correspondraient au développement du relief moderne des Appalaches pour ce qui est de celles d'âge Miocène. Ces hypothèses peuvent être corrélées aux études concernant les failles du Phanérozoïque dans les roches sédimentaires cambroordoviciennes du graben d'Ottawa, dans la région d'Ottawa au sud-est de notre région d'étude indiquant également la réactivation de ces failles durant le Mésozoïque (Rimando et Benn, 2005).

5.2 Implications géotechniques.

Concernant l'aspect géotechnique, la présence de failles sur presque la totalité des zones d'affleurements étudiées laisse supposer une densité importante de cassures et fractures associées dans la région de Montréal. Cependant, les roches de la région étant peu affleurantes, cela laisse évidemment supposer qu'une quantité non négligeable de failles mineures reste à identifier et localiser. L'étude bibliographique des projets de constructions anciens, ainsi que les projets récents décrits précédemment, confirment cette hypothèse. La présence de ces failles sur les projets d'infrastructures urbaines complique évidemment la mise en œuvre des travaux, notamment lorsque les zones de faille et\ou de fracturation serrée ne sont pas préalablement localisées, ces zones du socle rocheux constituant des secteurs de faiblesse en termes de résistance au cisaillement, de même que des zones pouvant poser problèmes en termes d'écoulement d'eau. Afin de mener à bien les projets d'infrastructures futurs, il est essentiel de prendre en compte cette importante densité de faille, bien que la géométrie du réseau reste préliminaire concernant les recoupements des failles entres elles et les possibles décalages dans leurs tracés, les failles localisées dont les orientations sont disponibles permettent tout de même en prolongeant leurs tracés de définir des zones faillées potentielles. L'île de Montréal notamment dispose d'une quantité non négligeable de failles localisées permettant ce genre de travail afin de cibler des zones préférentielles pour les forages et augmenter les chances d'identifier les zones problématiques pour la construction.

5.3 Recommandations

L'identification de la présence de failles lors des campagnes de forage nécessite une connaissance stratigraphique précise de ces sites de forage. Cependant, la presque totalité des forages de projets de construction, sauf les plus récents exécutés ou commandés par la ville de Montréal, ne comporte pas de description stratigraphique précise. Ce manque d'informations critiques est un problème à résoudre dans le futur si l'on souhaite améliorer la connaissance géologique de la région et, notamment améliorer la connaissance des réseaux de failles. Ce type d'information géologique devrait également être aisément

102

accessible à tous les intervenants des domaines publics et privés; la consultation des rapports géologiques et géotechniques effectuée pendant cette étude a permis de mettre en évidence de nombreux secteurs densément faillés dans la région métropolitaine, mais cette information de base demeure encore aujourd'hui très dispersée et incomplète. Dans le futur, la création d'une base de données évolutive sur la géologie de la région serait un ajout important et essentiel pour la cartographie structurale du territoire. Les outils technologiques actuels permettent la création d'une telle base de données, qui pourrait alors être directement reliée au modèle 3D qui serait mis à jour au fur à mesure de l'acquisition des connaissances géologiques sur le territoire montréalais.

CONCLUSION

La région de Montréal, historiquement cartographié par Clark (1972) et Globensky (1987), a fait l'objet de très peu d'études géologiques depuis plusieurs dizaines d'année, probablement due à une urbanisation croissante du territoire laissant très peu d'affleurements de roche observable en surface. Afin de combler, au moins en partie, cette lacune, une vingtaine de sites, principalement des carrières de granulat, ont été visités et décrits en parallèle avec un important travail de compilation de rapports de construction mis à disposition par la ville de Montréal sur les infrastructures souterraines (i.e. tunnels des lignes de métro ou de conduite d'eau). De plus, une analyse des forages géologiques a également été effectuée, comprenant les forages pétroliers de la base de données du SIGPEG et les forages mis à disposition par la ville de Montréal pour les travaux d'aménagement d'infrastructure urbaines effectués ces dernières années (2010-2022).

Les travaux de terrain et de compilation de cette étude ont permis de créer une base de données géolocalisées permettant d'affiner la connaissance géologique régionale. Cette base de données a servi de base pour la construction d'un modèle géologique en 3 dimensions représentatif de l'ensemble de la région d'étude, et constitue aussi une assise pour les futurs projets de développement urbain. La modélisation géologique 3D proposée permet une visualisation de la mise à jour géologique menée à l'aide des données géolocalisées, illustrant notamment les prolongements des failles E-O dans l'est et l'ouest de l'île de Montréal ainsi que la prolongation des failles NO-SE de l'île-Jésus vers le sud-ouest, jusque dans l'est de l'île de Montréal. De plus, elle permet une visualisation globale de la géologie régionale avec l'ajout des forages provenant des projets récents de construction qui permettent, notamment, une cartographie des formations géologiques plus précises stratigraphiquement pour le Trenton indifférencié tel qu'originellement mis en carte par Clark (1972).

La datation LA-ICP-MS de la calcite des plans de faille a permis de dater 6 failles E-O et une faille NO-SE. Ces structures ont livré des âges correspondent à trois périodes distinctes; soit Crétacé Précoce (c. 112-102 Ma), Crétacé Tardif (89-79 Ma) et Miocène (c. 22 Ma). Les âges obtenus sont préliminaires mais, bien que peu nombreux, coïncident avec les résultats d'Amidon et al. (2022) qui ont formulé une hypothèse de la réactivation de failles suite à l'ouverture de l'océan Atlantique durant le Crétacé. Les données d'âge permettent également d'établir un lien probable entre la formation des failles E-O et la mise en place du pluton du mont Royal il y a environ 125 Ma. En définitive, une meilleure compréhension de la chronologie

104

relative des différentes familles de failles de la région nécessiterait un échantillonnage plus important afin d'obtenir des contraintes d'âge plus précise.

Bien que préliminaire, la base de données géologiques élaborée durant cette étude représente une étape importante et devrait être nourrie dans le futur par de nouveaux projets de cartographie et\ou d'infrastructures urbaines afin de permettre une meilleure compréhension et possiblement être en mesure de localiser l'ensemble des failles du réseau régional.

ANNEXE A : Données de forages publiques provenant du système d'information géoscientifique pétrolier et gazier (SIGPEG)

Nom	X (MTM8 NAD83)	Y (MTM8 NAD83)	Élevation (m) (niveau de la mer)	De (m)	À (m)	Lithologie
A052	297021 2938	5044091 984	39 9288	0.0000	188 9760	Tétreauville
A036	315237 0706	5023436 846	27 7368	0,0000	18 5928	Dépôts meubles
				18.5928	72.5424	Lorraine / Utica
				72 5424	75 5904	Svénite
				75.5904	93.8784	Lorraine / Utica
				93.8784	96.9264	Svénite
				96,9264	252,3740	Lorraine / Utica
				252,3740	255,4220	, Svénite
				255,4220	319,4304	Lorraine / Utica
A263	317442,288	5025652,329	36,0000	0,0000	25,5000	Dépôts meubles
				25,5000	292,5000	Lorraine
				292,5000	399,5000	Utica
				399,5000	418,5000	tétreauville
A157	305535,335	5033829,879	16,4592	0,0000	3,0480	Dépôts meubles
				3,0480	173,1260	Utica
				173,1260	422,4528	Trenton
				422,4528	455,0664	Black River
				455,0664	554,7360	Laval
				554,7360	603,5040	Laval
				603,5040	1038,7580	Theresa
				1038,7580	1340,2060	Potsdam supérieu
						Potsdam
				1340,2060	1445,9710	inférieur
A111	310128,6108	5041466,731	28,6512	0,0000	4,8768	Dépôts meubles
				4,8768	255,4220	Lorraine
				255,4220	376,7328	Utica
				376,7328	502,3104	Tetreauville
				502,3104	635,2032	Montreal
				635,2032	651,6624	Black River
				651,6624	662,6352	Black River
				662,6352	666,2928	Black River
				666,2928	804,0624	Laval
				804,0624	1075,3340	Beauharnois
				1075,3340	1089,0500	Theresa
				1089,0500	1244,4980	Potsdam

A053	298250,2094	5039245,275	47,2440	0,0000	8,5344	Dépôts meubles
				8,5344	129,5400	Tetreauville
				129,5400	208,7880	Montreal
A056	304792,1911	5044887,303	14,0208	0,0000	131,9780	Utica
				131,9780	293,5220	Tétreauville
				293,5220	433,7304	Montréal
A078	302684,3489	5046587,971		0,0000	23,1648	Dépôts meubles
				23,1648	47,5488	Utica
				47,5488	123,4440	Trenton n.d.
				123,4440	457,2000	n.d.
				457,2000	609,6000	n.d.
AZ10	315669,1843	5049897,669	28,9560	0,0000	1,5240	Dépôts meubles
				1,5240	213,3600	Lorraine
				213,3600	304,8000	Utica
A205	303318,1526	5052711,17	17,0000	0,0000	6,8000	Dépôts meubles
				6,8000	119,3000	Tétreauville
				119,3000	256,7500	Montréal
A204	303482,0037	5053033,418	15,0000	0,0000	2,3500	Dépôts meubles
				2,3500	116,3500	Tétreauville
				116,3500	183,3500	Montréal
A206	304090,2832	5052799,941	12,1300	0,0000	14,0000	Dépôts meubles
				14,0000	24,0000	Utica
				24,0000	144,4000	Tétreauville
				144,4000	183,6700	Montréal
B116	312366,9338	5057738,797	55,0000	0,0000	55,0000	Dépôts meubles
				55,0000	58,0000	Roc
B110	309724,5699	5058447,409	27,0000	0,0000	25,0000	
				25,0000	28,0000	
A079	278527,3932	5059011,984	70,4088	0,0000	84,7344	Laval
				84,7344	405,9936	Theresa
				405,9936	924,1536	Potsdam
A084	299619,8984	5060381,346	16,7640	0,0000	29,8704	Dépôts meubles
				29,8704	99,3648	Utica
				99,3648	181,6610	Terrebonne
				181,6610	236,5250	Tétreauville
				236,5250	297,4850	Montréal
				297,4850	314,2488	Trenton inférieur
				314,2488	318,8208	Black River
				318,8208	327,9648	Black River
				327,9648	337,1088	Black River
				337,1088	442,2648	Laval
				442,2648	456.8952	Beauharnois

A085	294307,4293	5060421,36	17,0688	0,0000	12,1920	Dépôts meubles
				12,1920	88,3920	Tétreauville
				88,3920	152,4000	Montréal
				152,4000	171,2980	Deschambault
				171,2980	175,2600	Black River
				175,2600	179,8320	Black River
				179,8320	188,9760	Black River
				188,9760	310,8960	Laval
				310,8960	555,9552	Beauharnois
				555,9552	587,9592	Theresa
				587,9592	623,6208	Potsdam
B188	288425,192	5057044,427	50,9016	0,0000	7,0104	Dépôts meubles
				7,0104	85,0392	Laval
				85,0392	95,4024	Beauharnois
B187	289696,6324	5057474,645	49,3776	0,0000	1,2192	Dépôts meubles
				1,2192	109,1180	Laval
				109,1180	113,9950	Beauharnois
A132	289768,3239	5058119,05	32,0040	0,0000	13,1064	Dépôts meubles
				13,1064	104,8510	Trenton
				104,8510	123,1390	Black River
				123,1390	213,9700	Laval
				213,9700	224,0280	Beauharnois
B190	290974,2373	5057249,417	40,5384	0,0000	2,4384	Dépôts meubles
				2,4384	112,7760	Laval
				112,7760	120,3960	Beauharnois
A135	291641,6265	5055892,142	33,8328	0,0000	2,4384	Dépôts meubles
				2,4384	59,4360	Laval
				59,4360	403,5552	Beekmantown
				403,5552	460,5528	Potsdam
A057	292359,4752	5056235,186	35,3568	0,0000	0,9144	Dépôts meubles
				0,9144	90,5256	Laval
				90,5256	336,4992	Beauharnois
				336,4992	420,3192	Theresa
				420,3192	936,6504	Potsdam
				936,6504	1007,6690	Précambrien
B185	291757,8658	5059292,599		0,0000	1,5240	Dépôts meubles
				1,5240	7,2000	Roc
B184	291842,2054	5058636,731		0,0000	3,9624	Dépôts meubles
				3,9624	11,2776	Black River
				11,2776	138,6840	Laval
				138,6840	145,6940	Beauharnois
B197	292043,1575	5057836,152	37,4904	0,0000	8,5344	Dépôts meubles
				8,5344	115,2140	Laval
				115,2140	121,9200	Beauharnois

B196	292446,801	5057035,176	36,2712	0,0000	4,2672	Dépôts meubles
				4,2672	89,6112	Laval
				89,6112	95,7072	Beauharnois
A136	292944,4871	5056445,202	32,3088	0,0000	2,4384	Dépôts meubles
				2,4384	75,5904	Laval
				75,5904	398,9832	Beekmantown
				398,9832	448,0560	Potsdam
A137	293140,5543	5057089,409	28,6512	0,0000	1,5240	Dépôts meubles
				1,5240	68,8848	Laval
				68,8848	410,8704	Beekmantown
				410,8704	455,3712	Potsdam
B191	293296,9002	5057344,727	34,7472	0,0000	14,9352	Dépôts meubles
				14,9352	63,7032	Laval
				63,7032	76,8096	Beauharnois
B192	292620,3681	5058112,834	36,8808	0,0000	8,2296	Dépôts meubles
				8,2296	100,5840	Laval
				100,5840	109,1180	Beauharnois
A139	292690,9746	5058357,191	37,4904	0,0000	0,3048	Dépôts meubles
				0,3048	96,3168	Laval
				96,3168	455,6760	Beekmantown
				455,6760	501,7008	Potsdam
B183	292606,303	5058890,8	24,6888	0,0000	1,2192	Dépôts meubles
				1,2192	54,8640	Laval
				54,8640	60,9600	Beauharnois
B181	293315,4317	5058945,022		0,0000	4,2672	Dépôts meubles
				4,2672	42,3672	Laval
				42,3672	90,8304	Beauharnois
A140	293969,5454	5058732,698	35,3568	0,0000	0,6096	Dépôts meubles
				0,6096	61,5696	Laval
				61,5696	435,2544	Beekmantown
				435,2544	475,4880	Potsdam
B182	293836,7547	5058544,002		0,0000	0,9144	Dépôts meubles
				0,9144	66,7512	Laval
				66,7512	71,3232	Beauharnois
B186	295676,235	5058941,124	21,0312	0,0000	9,1440	Dépôts meubles
				9,1440	112,7760	Laval
				112,7760	119,4820	Beauharnois
B194	295284,7324	5057674,782	17,3736	0,0000	6,0960	Dépôts meubles
				6,0960	104,8510	Laval
				104,8510	112,1660	Beauharnois
A138	294660,1906	5056997,849	21,3360	0,0000	0,6096	Dépôts meubles
				0,6096	104,8510	Laval
				104,8510	454,7616	Beekmantown
				454,7616	502,3104	Potsdam

B195	294589,9914	5056964,623	17,9832	0,0000	1,8288	Dépôts meubles
				1,8288	13,4112	Black River
				13,4112	109,4230	Laval
				109,4230	116,7380	Beauharnois
B189	294030,7094	5058054,674	37,1856	0,0000	5,7912	Dépôts meubles
				5,7912	54,5592	Laval
				54,5592	92,6592	Beauharnois
A134	293773,4378	5057988,443	38,4048	0,0000	1,8288	Dépôts meubles
				1,8288	57,9120	Laval
				57,9120	410,2608	Beekmantown
				410,2608	456,5904	Potsdam
B250	293703,2449	5057955,227	37,4904	0,0000	1,8288	Dépôts meubles
				1,8288	51,8160	Laval
				51,8160	60,9600	Beauharnois
A149	293703,1856	5057921,887	37,4904	0,0000	0,6096	Dépôts meubles
				0,6096	50,5968	Laval
				50,5968	395,6304	Beekmantown
A150	293578,4624	5057899,884	38,1000	0,0000	0,3048	Dépôts meubles
				0,3048	53,6448	Laval
				53,6448	415,1376	Beekmantown
				415,1376	457,5048	Potsdam

ANNEXE B : Failles décrites dans les projets de construction sur l'île de Montréal

Failles identifiées sur le tracé de la ligne Orange du métro de Montréal :

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	X (MTM8 NAD83)	Y (MTM8 NAD83)	Localisation	Source	Catégorie
M1	Faille normale	E-0	N90	60S	inconnu	295308.472263	5037893.85385	Villa-Maria-Snowdon	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 1 de 15	Inconnu
M2	Faille normale	E-0	N290	65N	1,5	294465.67503	5039036.59817	Snowdon- Côte Sainte-Catherine	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 3 de 15	Mineure
M3	Faille normale	E-0	N290	85NE	0,5	293739.751026	5039419.56745	Plamondon-Namur	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 7 de 15	Mineure
M4	Faille normale	E-0	N290	70NE	1	293673.330014	5039423.29185	Plamondon-Namur	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 7 de 15	Mineure
M5	Faille normale	E-0	N290	75N	0,5	293608.186702	5039423.4035	Plamondon-Namur	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 7 de 15	Mineure
M6	Faille normale	E-0	N285	70N	inconnu	293511.110101	5039419.56745	Plamondon-Namur	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 7 de 15	Inconnu
M7	Faille normale	NO-SE	N140	80SW	0,5	293273.526711	5039423.97713	Plamondon-Namur	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 8 de 15	Mineure
M8	Faille normale	E-0	N280	80N	3	292860.637961	5039426.50219	Plamondon-Namur	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 8 de 15	Majeure
M9	Faille normale	E-0	N285	80N	1	292788.38721	5039484.02228	Namur-De la Savane	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 9 de 15	Mineure
M10	Faille normale	NO-SE	N300	60NE	1,5	292694.158729	5039567.54316	Namur-De la Savane	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 9 de 15	Mineure
M11	Faille normale	E-0	N80	75S	0,5	292340.755977	5039878.62469	Namur-De la Savane	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 10 de 15	Mineure
M12	Faille normale	NO-SE	N335	65W	1	292236.243951	5039973.67619	Namur-De la Savane	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 10 de 15	Mineure
M13	Faille normale	NO-SE	N330	65W	1	292040.60694	5040161.07231	De la Savane- Du collège	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 11 de 15	Mineure
M14	Faille normale	E-0	N95	70S	0,5	292004.694203	5040199.74971	De la Savane- Du collège	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 11 de 15	Mineure
M15	Faille normale	E-0	N105	55S	0,5	291982.739166	5040218.46206	De la Savane- Du collège	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 11 de 15	Mineure
M16	Faille normale	E-0	N115	80SW	2,5	291874.99551	5040325.31567	De la Savane- Du collège	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 11 de 15	Majeure
M17	Faille inverse	E-0	N120	85SW	1,5	291839.080072	5040360.93442	De la Savane- Du collège	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 11 de 15	Mineure
M18	Faille normale	E-0	N105	90*	1	291355.487401	5040846.59448	De la Savane- Du collège	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 12 de 15	Mineure
M19	Faille normale	E-0	N70	90*	1	291338.005468	5040859.63323	De la Savane- Du collège	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 12 de 15	Mineure
M20	Faille normale	NO-SE	N310	68NE	1	291081.014735	5041106.75989	Du collège- Côte-Vertu	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 13 de 15	Mineure
M21	Faille normale	NO-SE	N320	80E	0,5	291036.259205	5041148.00039	Du collège- Côte-Vertu	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 13 de 15	Mineure
M22	Faille normale	E-0	N295	85NE	0,5	290996.585833	5041182.2006	Du collège- Côte-Vertu	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 13 de 15	Mineure
M23	Faille normale	E-0	N275	75N	inconnu	290769.927124	5041384.7295	Du collège- Côte-Vertu	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 14 de 15	Inconnu
M24	Faille normale	E-0	N270	80N	inconnu	290669.415845	5041474.93163	Du collège- Côte-Vertu	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 15 de 15	Inconnu
M25	Faille normale	E-0	N290	80N	inconnu	290590.471344	5041545.08063	Du collège- Côte-Vertu	Chayer. M, 1985, Cartographies des excavations, , pidt 9223, 15 de 15	Inconnu

Failles identifiées sur le tracé de la ligne Bleue du métro de Montréal :

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	X (MTM8 NAD83)	Y (MTM8 NAD83)	Localisation	Source	Catégorie
M26	Faille normale	E-0	N110	90*	inconnu	294770.638142	5038304.85162	Snowdon-Côte-des-Neiges	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 5 de 26	Inconnu
M27	Faille normale	E-0	N265	75N	0,5	294836.263731	5038464.79245	Snowdon-Côte-des-Neiges	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 6 de 26	Mineure
M28	Faille normale	E-O	N300	85NE	0,5	294854.638172	5038531.23085	Snowdon-Côte-des-Neiges	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 6 de 26	Mineure
M29	Faille normale	E-O	N125	80NE	inconnu	295000.24307	5039053.70793	Snowdon-Côte-des-Neiges	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 7 de 26	Inconnu
M30	Faille normale	E-0	N80	85S	0,5	295521.327704	5040287.52569	Snowdon-Côte-des-Neiges	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 9 de 26	Mineure
M31	Faille normale	E-O	N100	inconnu	7	295721.437983	5042329.40576	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M32	Faille normale	E-0	N100	inconnu	11	295752.17402	5042317.82767	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M33	Faille normale	E-O	N280	inconnu	5	295840.285212	5042264.11713	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M34	Faille normale	E-0	N260	inconnu		295958.354052	5042189.55509	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M35	Faille normale	E-O	N100	inconnu	60	296001.333935	5042162.13884	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M36	Faille normale	E-O	N100	inconnu	00	296010.074542	5042156.53322	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M37	Faille normale	E-O	N250	inconnu		296036.040915	5042139.91187	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M38	Faille normale	E-O	N110	inconnu	12	296099.834646	5042068.12129	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M39	Faille normale	E-0	N260	inconnu	12	296102.315633	5042040.37078	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M40	Faille normale	E-O	N100	inconnu		296112.513831	5041934.28578	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Mineure
M41	Faille normale	E-0	N300	inconnu		296111.371105	5041929.51448	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Mineure
M42	Faille normale	E-O	N120	inconnu	c	296101.327483	5041918.93202	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Mineure
M43	Faille normale	NO-SE	N320	inconnu	0	296102.704192	5041909.34412	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Mineure
M44	Faille normale	E-O	N300	inconnu		296094.126201	5041895.89445	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Mineure
M45	Faille normale	NO-SE	N320	inconnu		296077.953384	5041869.98695	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Mineure
M46	Faille normale	NO-SE	N130	inconnu	8	296085.943813	5041635.01361	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M47	Faille normale	E-0	N250	inconnu	12	296091.133811	5041590.67199	Edouard-Montpetit-Outremont	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M48	Faille normale	NO-SE	N135	inconnu	7à11	295590.659641	5042397.97766	Outremont-Acadie	Ville de Montréal, 1979	Majeure
M49	Faille normale	NO-SE	N315	inconnu	7à11	295509.663442	5042438.17779	Outremont-Acadie	Ville de Montréal, 1979	Majeure
M50	Faille normale	E-O	N105	65N	inconnu	295156.535774	5042733.62142	Acadie-Parc	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 15 de 26	Mineure
M51	Faille normale	NO-SE	N140	35NE	inconnu	295120.987449	5042997.6577	Acadie-Parc	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 15 de 26	Mineure
M52	Faille normale	E-O	N90	inconnu	inconnu	297829.505948	5043167.30488	Laurier	Ville de Montréal, 1962	Majeure
M53	Faille normale	E-0	N90	70N	inconnu	294873.103346	5043849.2668	Raccordement Youville	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 1 de 26	Mineure
M54	Faille normale	E-0	N90	65N	0,5	293893.80423	5044530.42247	Raccordement Youville	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 1 de 26	Mineure
M55	Faille normale	E-O	N95	65N	1,5	293861.810084	5044554.68961	Raccordement Youville	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 4 de 26	Majeure
M56	Faille normale	E-O	N90	inconnu	inconnu	294562.292433	5044889.87565	Jarry-Crémazie	Ville de Montréal, 1962b	Majeure
M57	Faille normale	E-0	N90	60N	5	295414.672964	5043917.01851	Parc-De Castlenau	Ville de Montréal, 1978	Majeure
M58	Faille normale	E-0	N90	inconnu	inconnu	296498.84853	5045476.73692	A205	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M59	Faille normale	E-0	N80	inconnu	inconnu	294964.181887	5045022.23907	Fabre	Chayer et Campeau, 1985	Majeure
M60	Faille normale	E-O	N120	65N	0,3	296349.461995	5045178.49619	Fabre	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 20 de 26	Mineure
M61	Faille inverse	NO-SE	N330	15E	inconnu	296612.334222	5045606.37814	Fabre-Iberville	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 21 de 26	Mineure
M62	Faille normale	N-S	N350	45E	inconnu	296876.336589	5046138.15775	Iberville-Saint-Michel	Chayer. M, 1977b, Cartographies des excavations, , pidt 9225, 23 de 26	Mineure

Failles identifiées sur le tracé de la ligne Verte du métro de Montréal :

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	X (MTM8 NAD83)	Y (MTM8 NAD83)	Localisation	Source	Catégorie
M63	Faille normale	E-0	N90	inconnu	inconnu	300291.702511	5041994.71212	Berry-Beaudry	Ville de Montréal (1963)	Majeure
M64	Faille normale	E-0	N90	inconnu	inconnu	300731.671737	5042816.66625	Papineau-Frontenac	Ville de Montréal (1963)	Majeure
M65	Faille inverse	NE-SO	N220	50NW	faible	302070.498414	5050740.91557	Honorée-Beaugrand	Ville de Montréal (1972)	Mineure

Failles identifiées dans les rapports de projet de construction du réseau d'eau de Montréal :

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	X (MTM8 NAD83)	Y (MTM8 NAD83)	Localisation	Source	Catégorie
E1	Faille normale	E-0	inconnu	inconnu	7	277354.43614	5038601.18359	Raccordement Ile Bizard	Ville de Montréal, 1983	Majeure
E2	Faille normale	E-O	inconnu	inconnu	Inconnu	295226.884715	5032463.45193	Aqueduc 206	Claisse, 1976	Inconnu
E3	Faille normale	E-0	inconnu	inconnu	Inconnu	295205.207814	5032557.38516	Aqueduc 206	Claisse, 1976	Inconnu
E4	Faille normale	E-0	inconnu	inconnu	Inconnu	295096.823312	5033146.27429	Aqueduc 206	Claisse, 1976	Inconnu
E5	Faille normale	E-0	inconnu	inconnu	Inconnu	295079.40126	5033205.62509	Aqueduc 206	Claisse, 1976	Inconnu
E6	Faille normale	E-0	inconnu	inconnu	Inconnu	294992.261376	5033649.15903	Aqueduc 206	Claisse, 1976	Inconnu
E7	Faille normale	E-0	inconnu	inconnu	Inconnu	294944.350165	5033893.02265	Aqueduc 206	Claisse, 1976	Inconnu
E8	Faille normale	E-0	inconnu	inconnu	Inconnu	298766.261176	5037593.11434	Raccordement 96	Ville de Montréal, 1973	Inconnu
E9	Faille normale	E-0	inconnu	inconnu	Inconnu	298879.5365	5037719.8561	Raccordement 96	Ville de Montréal, 1973	Inconnu

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	X (MTM8 NAD83)	Y (MTM8 NAD83)	Localisation	Source	Catégorie
V1	Faille normale	NO-SE	Inconnu	Inconnu	4	298829.146508	5051176.54029	Tunnel Jarry	Ville de montréal ,2012 et 2013	Majeure
V2	Faille normale	NO-SE	Inconnu	Inconnu	4	298880.85806	5051256.47994	Tunnel Jarry	Ville de montréal ,2012 et 2013	Majeure
V3	Faille normale	NO-SE	Inconnu	Inconnu	9	298948.137206	5051337.95177	Tunnel Jarry	Ville de montréal ,2012 et 2013	Majeure
V4	Faille normale	NO-SE	Inconnu	Inconnu	14	299017.847103	5051411.66067	Tunnel Jarry	Ville de montréal ,2012 et 2013	Majeure
V5	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	60	299187.134793	5046096.62706	Tunnel Rosemont	Boivin et Gagné, 2013	Majeure
V6	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	20	299651.851352	5045687.86664	Tunnel Rosemont	Boivin et Gagné, 2013	Majeure
V7	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	3	300053.491069	5045321.75412	Tunnel Rosemont	Boivin et Gagné, 2013	Majeure
V8	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	15	300135.82572	5045227.84478	Tunnel Rosemont	Boivin et Gagné, 2013	Majeure
V9	Faille normale	E-O	N268	70N	Inconnu	292725.085323	5033302.33959	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V10	Faille normale	NO-SE	N135	75SO	Inconnu	292721.175813	5033278.3204	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V11	Faille normale	NO-SE	N135	7250	Inconnu	292728.920116	5033270.45799	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V12	Faille normale	NE-SO	N40	45SE	Inconnu	292766.25064	5033268.84864	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V13	Faille normale	E-O	N100	80S	Inconnu	292677.71287	5033245.56864	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V14	Faille normale	NO-SE	N305	72NE	Inconnu	292676.243421	5033244.24051	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V15	Faille normale	NO-SE	N130	75SO	Inconnu	292701.969155	5033234.17024	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V16	Faille normale	NE-SO	N135	70SO	Inconnu	292711.405211	5033230.83583	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V17	Faille normale	NE-SO	N320	72NE	Inconnu	292734.056547	5033214.45645	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V18	Faille normale	E-O	N265	70N	Inconnu	292671.992456	5033235.61898	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V19	Faille normale	E-O	N100	70S	Inconnu	292689.772662	5033220.55042	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V20	Faille normale	NE-SO	N120	75SO	Inconnu	292714.158372	5033212.73086	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V21	Faille normale	E-O	N100	70S	Inconnu	292728.774322	5033207.14437	Bassin Rockfield	Goulet, 2020	Mineure
V22	Faille normale	E-O	N100	Inconnu	150	287519.207995	5042641.78172	Bassin Lavigne	Joyal et al, 2016	Majeure
V23	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	2,8	287832.957811	5042403.01077	Bassin Leduc	Leroux et al, 2019	Majeure
V24	Faille inverse	E-O	Inconnu	Inconnu	1,8	287958.592424	5042322.17774	Bassin Leduc	Leroux et al, 2019	Mineure
V25	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	3,2	288087.028395	5042201.08097	Bassin Leduc	Leroux et al, 2019	Majeure
V26	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	5	288534.360885	5041744.41974	Bassin Leduc	Leroux et al, 2019	Majeure
V27	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	5	288601.636869	5041567.05578	Bassin Leduc	Leroux et al, 2019	Majeure
V28	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	3,25	288846.276814	5041341.98703	Bassin Leduc	Leroux et al, 2019	Majeure
V29	Faille normale	E-O	Inconnu	Inconnu	4,5	288895.204803	5041297.95184	Bassin Leduc	Leroux et al, 2019	Majeure

Failles identifiées dans les projets de construction récents de la Ville de Montréal :

Failles mineures identifiées par Rocher et al (2003) :

Nom	Туре	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	X (MTM8 NAD83)	Y (MTM8 NAD83)	Source	Catégorie
R1	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	274181.098667	5035275.57855	Rocher, 2003	Mineure
R2	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	279446.066658	5032554.98804	Rocher, 2003	Mineure
R3	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	280174.102691	5033357.06163	Rocher, 2003	Mineure
R4	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	282773.138792	5040737.16566	Rocher, 2003	Mineure
R5	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	287309.003825	5033224.00275	Rocher, 2003	Mineure
R6	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	287915.957036	5033065.03882	Rocher, 2003	Mineure
R7	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	289067.813369	5043008.79887	Rocher, 2003	Mineure
R8	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	291583.760092	5040577.96869	Rocher, 2003	Mineure
R9	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	292967.620591	5039424.50147	Rocher, 2003	Mineure
R10	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	292469.451298	5037561.08302	Rocher, 2003	Mineure
R11	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295118.58037	5039524.12513	Rocher, 2003	Mineure
R12	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295319.825245	5039798.87611	Rocher, 2003	Mineure
R13	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295388.115556	5031416.67949	Rocher, 2003	Mineure
R14	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298735.813005	5037479.22742	Rocher, 2003	Mineure
R15	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298429.25534	5037285.07423	Rocher, 2003	Mineure
R16	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295351.828748	5043804.94075	Rocher, 2003	Mineure
R17	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	297825.154802	5041373.13038	Rocher, 2003	Mineure
R18	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298642.641909	5040381.92726	Rocher, 2003	Mineure
R19	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	294746.975229	5034873.3239	Rocher, 2003	Mineure
R20	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298989.70243	5044795.61686	Rocher, 2003	Mineure
R21	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298628.420757	5045185.80107	Rocher, 2003	Mineure
R22	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298173.205849	5045445.92387	Rocher, 2003	Mineure
R23	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	299220.922701	5045951.71821	Rocher, 2003	Mineure
R24	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	301502.726351	5056761.59843	Rocher, 2003	Mineure
R25	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	303214.2038	5058720.50092	Rocher, 2003	Mineure

Failles majeures identifiées par Rocher et al (2003) :

Nom	Tuno	Eamillo	Azimuth	Dondago	Point (m)			Sourco	Catógoria
	iype	- Failine	Azimutii					Source	Categorie
R26	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	275327.37363	5036691.28647	Rocher, 2003	Majeure
R27	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	276349.232513	5038019.70301	Rocher, 2003	Majeure
R28	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	277166.71962	5038489.7581	Rocher, 2003	Majeure
R29	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	277698.086239	5038816.75294	Rocher, 2003	Majeure
R30	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	278106.829793	5039143.74779	Rocher, 2003	Majeure
R31	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	278929.195521	5032440.94465	Rocher, 2003	Majeure
R32	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	280543.732557	5033769.36119	Rocher, 2003	Majeure
R33	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	281729.088862	5034566.41112	Rocher, 2003	Majeure
R34	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	282444.39008	5034525.53677	Rocher, 2003	Majeure
R35	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	283729.648	5035628.07298	Rocher, 2003	Majeure
R36	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	283096.095492	5039797.25722	Rocher, 2003	Majeure
R37	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	279907.895775	5040819.11611	Rocher, 2003	Majeure
R38	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	281461.121278	5040614.74433	Rocher, 2003	Majeure
R39	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	282421.668629	5040349.06102	Rocher, 2003	Majeure
R40	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	283586.587756	5040206.00078	Rocher, 2003	Majeure
R41	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	285554.305094	5041047.84454	Rocher, 2003	Majeure
R42	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	286637.47551	5041538.3368	Rocher, 2003	Majeure
R43	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	287005.344708	5041804.02011	Rocher, 2003	Majeure
R44	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	288538.496095	5033008.46854	Rocher, 2003	Majeure
R45	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	288016.785858	5042427.37412	Rocher, 2003	Majeure
R46	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	288527.715299	5042652.18307	Rocher, 2003	Majeure
R47	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	289917.443381	5043020.05227	Rocher, 2003	Majeure
R48	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	289835.69467	5042059.50492	Rocher, 2003	Majeure
R49	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	290706.289136	5041410.22493	Rocher, 2003	Majeure
R50	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	292876.547726	5042343.99916	Rocher, 2003	Majeure
R51	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	293894.249896	5041717.7209	Rocher, 2003	Majeure
R52	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	294148.675438	5041541.58014	Rocher, 2003	Majeure
R53	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	294474.129635	5036829.65858	Rocher, 2003	Majeure
R54	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	294513.272026	5036125.09554	Rocher, 2003	Majeure
R55	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	294552.414417	5035694.52924	Rocher, 2003	Majeure
R56	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	294728.555177	5035185.67815	Rocher, 2003	Majeure

R57	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295348.152505	5031805.59906	Rocher, 2003	Majeure
R58	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295661.291634	5031942.59743	Rocher, 2003	Majeure
R59	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	296581.137826	5031746.88547	Rocher, 2003	Majeure
R60	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	295035.298982	5037276.26201	Rocher, 2003	Majeure
R61	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295348.438111	5036923.98049	Rocher, 2003	Majeure
R62	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295700.719631	5036728.26854	Rocher, 2003	Majeure
R63	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298255.794401	5034454.83854	Rocher, 2003	Majeure
R64	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	299038.642223	5034043.84344	Rocher, 2003	Majeure
R65	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300003.010139	5036712.24439	Rocher, 2003	Majeure
R66	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300140.008508	5038395.3672	Rocher, 2003	Majeure
R67	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300296.578073	5040019.77644	Rocher, 2003	Majeure
R68	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295941.970828	5041507.54526	Rocher, 2003	Majeure
R69	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	295932.18523	5041752.1852	Rocher, 2003	Majeure
R70	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295873.471643	5041987.03955	Rocher, 2003	Majeure
R71	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295178.694201	5042632.889	Rocher, 2003	Majeure
R72	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295110.195016	5042916.67134	Rocher, 2003	Majeure
R73	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	294969.227389	5043768.84364	Rocher, 2003	Majeure
R74	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	293863.454839	5044463.62108	Rocher, 2003	Majeure
R75	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	294489.733097	5044463.62108	Rocher, 2003	Majeure
R76	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	295288.335669	5045636.64172	Rocher, 2003	Majeure
R77	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295745.020198	5046300.91013	Rocher, 2003	Majeure
R78	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	296464.644303	5046660.72218	Rocher, 2003	Majeure
R79	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	296879.812056	5043090.2795	Rocher, 2003	Majeure
R80	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298014.603914	5042813.501	Rocher, 2003	Majeure
R81	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298775.744795	5041706.38699	Rocher, 2003	Majeure
R82	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	299426.174275	5042232.26615	Rocher, 2003	Majeure
R83	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	299343.140724	5041277.38031	Rocher, 2003	Majeure
R84	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	299564.563526	5041083.63536	Rocher, 2003	Majeure
R85	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	299876.335824	5041466.43483	Rocher, 2003	Majeure
R86	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300047.243012	5041721.61311	Rocher, 2003	Majeure
R87	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300574.805058	5041388.09171	Rocher, 2003	Majeure
R88	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300740.872159	5041997.00442	Rocher, 2003	Majeure
R89	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300851.58356	5042342.97755	Rocher, 2003	Majeure
R90	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300533.288283	5042467.52787	Rocher, 2003	Majeure
R91	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300920.778185	5042882.69563	Rocher, 2003	Majeure
R92	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	301142.200987	5043339.38015	Rocher, 2003	Majeure

R93	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300381.060106	5043450.09155	Rocher, 2003	Majeure
R94	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	300353.382256	5044211.23244	Rocher, 2003	Majeure
R95	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300533.288283	5044584.88341	Rocher, 2003	Majeure
R96	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300643.999683	5045027.72902	Rocher, 2003	Majeure
R97	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	299855.180953	5044764.78944	Rocher, 2003	Majeure
R98	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	299578.402451	5045290.66859	Rocher, 2003	Majeure
R99	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	298983.328671	5045567.4471	Rocher, 2003	Majeure
R100	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	299924.375578	5045927.25915	Rocher, 2003	Majeure
R101	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	301927.90745	5045134.77947	Rocher, 2003	Majeure
R102	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	301027.632454	5046720.04631	Rocher, 2003	Majeure
R103	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	302433.316278	5046289.38116	Rocher, 2003	Majeure
R104	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	302820.806181	5047244.26699	Rocher, 2003	Majeure
R105	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	303000.712207	5047590.24012	Rocher, 2003	Majeure
R106	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	303222.135008	5048005.40787	Rocher, 2003	Majeure
R107	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	303641.428634	5050855.50294	Rocher, 2003	Majeure
R108	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	290629.279228	5044266.01132	Rocher, 2003	Majeure
R109	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	290781.507405	5044681.17907	Rocher, 2003	Majeure
R110	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	291681.037536	5046203.46083	Rocher, 2003	Majeure
R111	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	291999.332813	5046881.56816	Rocher, 2003	Majeure
R112	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	293003.182874	5049359.18038	Rocher, 2003	Majeure
R113	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295452.672617	5050784.58966	Rocher, 2003	Majeure
R114	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295350.353496	5053729.50181	Rocher, 2003	Majeure
R115	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	295945.427275	5054296.89774	Rocher, 2003	Majeure
R116	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	297453.870111	5055556.23992	Rocher, 2003	Majeure
R117	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300737.564112	5058180.5029	Rocher, 2003	Majeure
R118	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	300972.418459	5057701.00861	Rocher, 2003	Majeure
R119	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	302440.493924	5059196.55448	Rocher, 2003	Majeure
R120	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	302665.562673	5058971.48573	Rocher, 2003	Majeure
R121	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	302900.41702	5058824.70177	Rocher, 2003	Majeure
R122	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	303653.908049	5058491.99144	Rocher, 2003	Majeure
R123	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	303967.047178	5058354.99307	Rocher, 2003	Majeure
R124	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	305053.248532	5057591.71645	Rocher, 2003	Majeure
R125	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	305239.17489	5057337.2909	Rocher, 2003	Majeure
R126	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	305405.530052	5056936.0814	Rocher, 2003	Majeure
R127	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	303708.879366	5059541.92498	Rocher, 2003	Majeure
R128	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	304061.771956	5059375.85788	Rocher, 2003	Majeure
R129	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	305037.416176	5058988.36798	Rocher, 2003	Majeure
R130	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	Inconnu	305390.308766	5058836.1398	Rocher, 2003	Majeure

ANNEXE C : Failles observées sur le terrain

Nom	Type	Famille	Azimuth	Pendage	Rejet (m)	X (MTM8 NAD83)	Y (MTM8 NAD83)	Localisation	Catégorie
T1	Faille inverse	NE-SO	N225	40NO	0,4	301409.786093	5055446.44045	Site 1	Mineure
T2	Faille normale	NO-SE	N145	70SO	Inconnu	294879.114111	5046392.10475	Site 2	Inconnu
Т3	Faille normale	E-O	N270	90*	3,5	301362.742624	5053863.75329	Site 4	Majeure
T4	Faille normale	E-O	N100	90*	1	301264.951206	5053638.74909	Site 4	Mineure
T5	Faille normale	E-O	N108	85S	10	301583.718544	5053207.34191	Site 4	Majeure
T6	Faille normale	E-O	N110	85S	2,5	301799.614725	5053016.12147	Site 4	Majeure
T7	Faille normale	E-O	N110	85SO	inconnu	273377.284615	5041981.13309	Site 7	inconnu
Т8	Faille normale	E-O	N110	90	0.05	300588.723703	5042364.06361	Site 9	Mineure
Т9	Faille normale	E-O	N86	77S	inconnu	300654.444131	5042633.56106	Site 9	Inconnu
T10	Faille normale	NO-SE	N145	7550	inconnu	297573.202131	5041164.25028	Site 12	inconnu
T11	Faille normale	NO-SE	N300	75NE	8	290595.548847	5055099.55583	Site 13	Majeure
T12	Faille normale	NO-SE	N300	80N E	3	289976.501935	5055819.30917	Site 13	Majeure
T13	Faille normale	E-O	N285	75N	8	290268.08965	5056098.15157	Site 13	Majeure
T14	Faille normale	E-O	N275	75N	10	290014.302	5056523.781	Site 13	Majeure
T15	Faille normale	NO-SE	N300	75NE	2	289995.763	5056390.55	Site 13	Mineure
T16	Faille normale	NO-SE	N120	65SO	0,75	290004.274	5056376.131	Site 13	Mineure
T17	Faille normale	NO-SE	N125	50SO	0.5	290002.652	5056366.464	Site 13	Mineure
T18	Faille normale	NO-SE	N120	40SO	Inconnu	290134.613787	5056313.10259	Site 13	Inconnu
T19	Faille normale	NO-SE	N140	50SO	Inconnu	289959.696226	5056363.25378	Site 13	Inconnu
T20	Faille normale	NO-SE	N140	70SO	Inconnu	289980.490622	5056353.46818	Site 13	Inconnu
T21	Faille normale	E-O	N115	80SO	2.5	290486.895307	5056214.02341	Site 13	Maieure
T22	Faille normale	E-O	N280	80 N	3	290445.278081	5056294.60005	Site 13	Majeure
T23	Faille normale	E-O	N295	80N	1	290415.949723	5056337.56658	Site 13	Mineure
T24	Faille normale	E-O	N265	80N	0,5	290383.0259	5056373.27027	Site 13	Mineure
T25	Faille inverse	E-O	N105	80S	Inconnu	290116.265791	5056155.30982	Site 13	Inconnu
T26	Faille normale	E-0	N290	75N	Inconnu	290099.140995	5056146.74742	Site 13	Inconnu
T27	Faille normale	NO-SE	N300	70N E	Inconnu	289800.680263	5056379.15537	Site 13	Inconnu
T28	Faille inverse	NE-SO	N50	50SE	2	294945.363903	5058382.10951	Site 15	Mineure
T29	Faille normale	E-O	N265	72N	15	310246.876466	5018849.89594	Site 16	Majeure
T30	Faille normale	E-O	N115	88S	7	310250.0	5017713.66963	Site 16	Majeure
T31	Faille normale	E-O	N80	80S	0,5	309599.211711	5019814.0	Site 17	Mineure
T32	Faille normale	E-O	N260	80S	1	309423.734943	5019694.96587	Site 17	Mineure
T33	Faille normale	E-O	N80	50S	4	309706.855945	5019485.34975	Site 17	Mineure
T34	Faille normale	N-S	N340	70E	inconnu	294251.789588	5022707.49941	Site 19	Majeure
T35	Faille normale	N-S	N160	500	inconnu	294317.536573	5022671.41502	Site 19	Majeure
T36	Faille normale	E-O	N110	80S	inconnu	294072.896629	5022771.41159	Site 19	Majeure
T37	Faille normale	N-S	N345	65E	inconnu	294209.283398	5022704.13561	Site 19	Majeure
T38	Faille normale	E-O	N110	80S	inconnu	294271.207884	5022666.82802	Site 19	Majeure
Т39	Faille inverse	NE-SO	N210	650	inconnu	294236.040892	5022692.66811	Site 19	Mineure
T40	Faille normale	N-S	N10	75E	inconnu	294302.07144	5022399.31797	Site 19	Majeure
T41	Faille normale	N-S	N350	70E	inconnu	294282.755599	5022320.41866	Site 19	Majeure
T42	Faille normale	N-S	N160	700	inconnu	294331.371133	5022347.23141	Site 19	Majeure
T43	Faille normale	E-O	N110	90	inconnu	294088.195639	5022137.37289	Site 19	Majeure
T44	Faille normale	E-O	N100	90	inconnu	293877.564036	5022442.64099	Site 19	Majeure
T45	Faille normale	N-S	N160	820	2	301409.119725	5023528.52389	Site 20	Mineure
T46	Faille normale	N-S	N165	860	2	301565.922418	5023170.67195	Site 20	Mineure
T47	Faille normale	NO-SE	N150	800	Inconnu	301645.933638	5023010.12095	Site 20	Inconnu
T48	Faille normale	NO-SE	N142	880	Inconnu	301540.02985	5023166.90861	Site 20	Inconnu
T49	Faille normale	NO-SE	N300	76NE	7	301328.80899	5023317.36083	Site 20	Majeure
T50	Faille normale	NO-SE	N302	73NE	7	301420.634812	5023241.54045	Site 20	Majeure
T51	Faille normale	NO-SE	N328	71NE	7	301511.639492	5023161.71945	Site 20	Majeure

ANNEXE D : Coupes géologiques

Localisation des coupes géologiques :



Coupe 1

S

Ν



121







Failles

Ν

1	— – Bas-Saint-Rose A	8 — – Duvernay 4	15 — – Outremont
2	— – Bas-Saint-Rose B	9 — – Ile-Bizard	16 — – Pointe-claire
3	— – Dorval	10 — – Westmount	17 — Rapides-du-Cheval-Blanc
4	— – Dowker	11 — – Lasalle	18 — – Saint-Vincent-de-Paul 1
5	— – Duvernay	12 — – Laval 1	19 — – Saint-Vincent-de-Paul 2
6	— – Duvernay 2	13 — – Laval2	20 — SainteAnnedeBellevue
7	— – Duvernay 3	14 — – Laval 3	
		Scale: 1:240 000	
	,	/ertical exaggeration: 5	x
	0 <u>m</u>	10	<u>0</u> 00m



Coupe 3



Légende

Ν



Failles

1	 Bas-Saint-Rose	9 — Laval 2	
2	 Delson	10 — — Laval 3	
3	 Dorval	11 — – Outremont	
4	 Duvemay C	12 — Rapides-du-Cheval-	-Blanc
5	 Duvemay D	13 — – Saint-Régis 2	
6	 Ile-Bizard	14 — – Saint-Vincent-de-P	aul 1
7	 Westmount	15 — – Saint-Vincent-de-P	aul 2
8	 Laval 1	16 — – SainteAnnedeBelle	evue

Échelle : 1:240 000 Éxagération verticale : 5x Om 1000





123







Failles

Ν







S

Coupe 5

Е



W



Failles

- 1 – Duvernay
- 2 – Duvernay 2
- 3 – Duvernay 3
- 4 – Duvernay 4
- 5 – Laval 1
- 6 – Laval 2
- 7 – Laval 3
- 8 – Saint-Vincent-de-Paul 1
- 9 – Saint-Vincent-de-Paul 2





Coupe 7



Scale: 1:240 000

Vertical exaggeration: 5x

0m

Failles

1 — – Duvernay

W

- 2 – Duvernay 2
- 3 – Duvernay 3
- 4 – Duvernay 4
- 5 – Laval 1
- 6 – Laval 2
- 7 – Laval 3
- 8 – Saint-Vincent-de-Paul 1
- 9 – Saint-Vincent-de-Paul 2



10000m







Failles

1 — – Duvernay

W

- 2 – Duvernay 2
- 3 – Duvernay 3
- 4 – Duvernay 4
- 5 – Laval 1
- 6 – Laval 2
- 7 – Saint-Vincent-de-Paul 1
- 8 – Saint-Vincent-de-Paul 2



10000m

Scale: 1:240 000

Vertical exaggeration: 5x

0m








W

— – Mille-Iles





Ε





W









Failles

W

- 1 – Havelock 2 — – Saint-Régis 1
- 3 – Saint-Régis 2
- 4 – Sainte-Anne-de-Bellevue











W











Failles

W

- 1 – Delson
- ² – Havelock
- 3 – Saint-Régis

Scale: 1:240 000 Vertical exaggeration: 5x 0m 10000m



Е

RÉFÉRENCES

Amidon, W. H., Barr, M., Walcott, C., Kylander-Clark, A. R. C. (2017), Geochronologic evidence for Late Cretaceous and Miocene tectonism in northern New England, American Geophysical Union, Fall Meeting 2017.

Amidon, W. (2018). Post-rift rejuvenation of the northeastern. Seminar, Earth and Atmospheric Sciences.

Amidon, W. H., Kylander-Clark, A. R. C., Barr, M., Graf, S. F. I. et West, D. P. (2022). Pace of passive margin tectonism revealed by U-Pb dating of fracture-filling calcite. 7P.

Beaulieu, J. (2002a). Carrière Montréal-Est. Lithostratigraphie prédictive des carrières de granulats de pierre concassée et inventaire : région de Montréal, QC. Projet d'approvisionnement d'information des ensembles lithostratigraphiques associés aux granulats avec information géologique, pétrographie, localisation et caractérisation. 99 pages.

Beaulieu, J. (2002b). Carrière Saint-Constant. Lithostratigraphie prédictive des carrières de granulats de pierre concassée et inventaire : région de Montréal, QC. Projet d'approvisionnement d'information des ensembles lithostratigraphiques associés aux granulats avec information géologique, pétrographie, localisation et caractérisation. 138 pages.

Beaulieu, J. (2004). Carrière Simard-Beaudry. Lithostratigraphie prédictive des carrières de granulats de pierre concassée et inventaire : région de Montréal, QC. Projet d'approvisionnement d'information des ensembles lithostratigraphiques associés aux granulats avec information géologique, pétrographie, localisation et caractérisation. 121 pages.

Bernstein, L. (1991). The Lower Ordovician Beekmantown Group, Quebec and Ontario. Thèse, Université de Montréal, Montréal.

Bernstein, L. (1992). A revised lithostratigraphy of the Lower Middle Ordovician Beekmantown Group, St. Lawrence Lowlands, Quebec and Ontario. Journal canadien des sciences de la Terre; numéro 29, pages 2677-2694.

Boivin, V. et Gagné, B. (2013). Rapport factuel, Investigations géotechniques 2012, Réservoir Rosemont (Lot 1) – Conduite d'alimentation en tunnel de 2 100 mm de diamètre. Projet A-209. Ville de Montréal, Québec.

Bourque, P-A. (1997). [Image des Montérégiennes]. Section 5.4 Les collines Montérégiennes au Crétacé. http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s5/plan.section.5.html

Brisebois, D.et Brun, J. (1994). La plate-forme du Saint-Laurent et les Appalaches, Géologie du Québec, MM 94-01. P95-117.

Brisebois, D., Sharma, K., Jacob, H-L. et Belanger, M. (2003). Géologie de la grande région de Montréal, ressources minérales de la région de Montréal. DV-2001-09. P7-14.

Brun, J. (1975). Étude géologique et géochimique des formations du black river et du Trenton du Québec.

Chayer, M. (1977a). Cartographie géologique des excavations. Communauté urbaine de Montréal. Bureau de transport métropolitain. PIDT 9223. 15 pages.

Chayer, M. (1977b). Cartographie géologique des excavations. Communauté urbaine de Montréal. Bureau de transport métropolitain. PIDT 9225. 26 pages.

Chayer, M. et Campeau, A. (1985). La productivité sécuritaire. 5^e conférence canadienne des tunnels. Association canadienne des tunnels. 17 pages.

Clark, T. H. (1952). Région de Montréal, Feuilles de Laval et de Lachine. Ministère des Mines du Québec; RG-46, 189p.

Clark, T. H. (1972). Région de Montréal. Ministère des Richesses Naturelles, Québec ; RG-152, 260p.

Clark, T. H. et Globensky, Y. (1976). Région des Laurentides (moitié est) et de Rawdon (partie sud-est). Ministère des Richesses naturelles; RG-157, 121p. Clark, T. H. et Globensky, Y. (1977). Région de Verchères. Ministère des Richesses Naturelles, Québec; RG 190, 72p.

Durand, M. (1974). Géologie urbaine à Montréal. Application aux travaux d'excavation, de construction et d'aménagement. École Polytechnique, Rap. Tech. EP-74-R-36, 151 p.

Durand, M. (1978). Classification des phénomènes et cartographie des roches rencontrées dans les grands travaux urbains à Montréal, Canada. In: Proceedings of the III international congress, international association for engineering geology, 4–8 Sept 1978, pp 45–55.

Faure, S. (1995). Reconstitution des paléocontraintes tectoniques dans les Basses-Terres du Saint-Laurent et les Appalaches du Québec et du Nord du Nouveau-Bruswick. Thèse, Université du Québec, INRS-Géoressources, Sainte-Foy. 259 p.

Foland, K. A., Gilbert, L. A., Sebring, C. A. et Jiang-Feng, C. 1986. 40Ar/39Ar ages for plutons of the Monteregian hills, Quebec: Evidence for a single episode of Cretaceous magmatism. Geological Society of America Bulletin 97, 966–74.

Glasmacher, U., Tremblay, A. et Zentilly, M. (1998). Post- Triassic thermo-tectonic evolution of the Laurentian margin in Quebec, Canada.GAC-MAC meeting, Québec, Abstract volume A-66.

Globensky, Y. (1979). Recommandations pour une prospection minière des basses terres du Saint-Laurent. Ministère des Richesses Naturelles du Québec; DV-661.

Globensky, Y. (1982a). Région de Vaudreuil. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; RG-199, 66p.

Globensky, Y. (1982b). Région de Lachute. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; RG-200, 74p.

Globensky, Y. (1983). Région des Laurentides (SW). Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MM 82-01, 42p.

Globensky, Y. (1985). Géologie des régions de St-Jean (partie nord) et de Beloeil. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MM84-03, 108p.

Globensky, Y. (1986). Géologie de la Région de Saint-Chrysostome et de Lachine (sud). Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. MM 84-02, 182p.

Globensky, Y. (1987). Géologie des Basses Terres du Saint-Laurent. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Mémoire MM 85-02, 63p.

Joyal, G., Gratton, R. et Charrette, P. A. (2016) Construction du bassin de rétention Lavigne, arrondissement Ahuntsic-Cartierville et Saint-Laurent. Rapport d'étude géotechnique et caractérisation environnementale des sols et de l'eau souterraine. 13G010. P653.

Kumarapeli, P. S. (1985). Vestiges of lapetan rifting in the craton West of the Northern Appalachian. Geoscience Ca nada; volume 12, number 2, pages 54-59.

Kumarapeli, P. S. et Saull, V. A. (1966). The St. Lawrence valley system: a North American equivalent of the East African rift valley system, Can. J. Earth Sci. 3. P639–658.

Kylander-Clark, A. R. (2020). Expanding the Limits of Laser-Ablation U-Pb Calcite Geochronology

Leroux, V., Descoteaux, Y., Castegnier, F. et Colas. A. (2019). Construction de l'ouvrage de rétention Leduc. Arrondissement de Saint-Laurent, Montréal. Étude géotechnique et caractérisation environnementale. 17G082. P1630.

Mazzotti, S., James, T.S., Henton, J., et Adams, J. (2005). GPS crustal strain, postglacial rebound, and seismic hazard in eastern North America: The Saint Lawrence valley example: Journal of Geophysical Research, v. 110, B11301.

Mottram, C. M., Kellett, D.A., Barresi, T., Zwingmann, H., Friend, M. Todd, A. et Percival, J. B. (2020). Syncing fault rock clocks: Direct comparison of U-Pb carbonate and K-Ar illite fault dating methods. Geology. The Geology Society of America. P5.

Pinet, N., Davis, W. J., Petts, D. C., Sack, P., Mercier-Langevin, P., Lavoie, D. et Simon E. Jackson, S. E. (2022). U-Pb vein calcite dating reveals the age of carlin-type gold deposits of central Yukon and a contemporaneity with a regional intrusion-related metallogenic event. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, v. 117, no. 4, pp. 905–922.

Raymond, J., Malo, M., Comeau, F. A., Bedard, K., Lefebvre, R., et Therrien, R. (2012). Assessing the geothermal potential of the St. Lawrence sedimentary basin in Québec, Canada. In 39th IAH congress, Niagara Falls, Canada, 2012.

Rimando, R. E. et Benn, K. (2005). Evolution of faulting and paleo-stress field within the Ottawa Graben, Canada. ournal of Geodynamics 39(4):337-360.

Rivers, T., Culshaw, N., Hynes, A., Indares, A., Jamieson, R. et Martignole, J. (2012). The Grenville orogen – A post-LITHOPROBE perspective. Chapter 3. In: Tectonic Styles in Canada: The LITHOPROBE Perspective. Edited by J.A. Percival, F.A. Cook and R.M. Clowes. Geological Association of Canada; Special Paper 49, pages 97-236.

Roberts, N.M.W. et Walker, R.J. (2016). U-Pb geochronology of calcite-mineralized faults: Absolute timing of rift-related fault events on the northeast Atlantic margin. 4P.

Roberts, N. M. W., Drost, K., Horstwood, M. S. A., Condon, D. J., Chew, D., Drake, H., Milodowski, A. E., Mclean, N. M., Smye, A. J., Walker, R. J., Haslam, R., Hodson, K., Imber, J., Beaudoin, N. et Lee, J. K. (2020). Laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS) U–Pb carbonate geochronology: strategies, progress, and limitations. 29P.

Rocher, M., Tremblay, A., Lavoie, D. et CAMPEAU, A. (2003). Brittle fault evolution of the Montréal area (St Lawrence Lowlands, Canada): rift-related structural inheritance and tectonism approached by palaeostress analysis. Geol. Mag. 140 (2), pp. 157–172.

Rocher, M. et Tremblay, A. (2001). L'effondrement de la plate-forme du Saint-Laurent: ouverture de lapetus ou de l'Atlantique? Apport de la reconstitution des paléocontraintes dans la région de la ville de Québec(Canada). Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences. (D) 333, 171–8.

Roden-Tice, M.K., et Tice, S.J. (2005). Regional-scale Mid-Jurassic to Late Cretaceous unroofing from the Adirondack Mountains through central New England based on apatite fission-track and (U-Th)/He thermochronology: The Journal of Geology, v. 113, p. 535–552.

Salad-Hersi, O. et LAVOIE, D. M. (2003). Stratigraphie et paléoenvironnements des unités de la marge passive (groupes de Potsdam et de Beekmantown) de la grande région de Montréal, ressources minérales de la région de Montréal. DV-2001-09. P7-14.

Simpson, A., Glorie S., Morley, C. K., Roberts, N. M. W., Gillespie, J. et Lee, J. K. (2021). In-situ calcite U-Pb geochronology of hydrothermal veins in Thailand: New constraints on Indosinian and Cenozoic deformation. Journal of Asian Earth Sciences. Volume 206, February 2021, 104649

St-Julien, P. et Hubert, C. (1975). Evolution of the Taconian Orogen in the Quebec Appalachians. American Journal of Science, 275-A: 337-362.

Thériault, R. (2014). Géologie des basses-terres du Saint-Laurent. Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles du Québec; DV 2014-05.

Tremblay, A. et Pinet, N. (1994). Distribution and characteristics of Taconian and Acadian deformation, southern Québec Appalachians. Geological Society of America Bulletin, vol. 106, p. 1172-1181.

Tremblay, A. et Castonguay, S. (2002). Structural evolution of the Laurentian margin revisited (southern Quebec Appalachians): Implications for the Salinian orogeny and successor basins. Geology, vol. 30, p. 79-82.

Tremblay, A., Roden-Tice, M.K., Brandt, J.A., et Megan, T.W. (2013). Mesozoic fault reactivation along the St. Lawrence rift system, eastern Canada: Thermochronologic evidence from apatite fission-track dating: GSA Bulletin, v. 125, p. 794–810.

Tremblay, A. et Pinet, N. (2016). Late Neoproterozoic to Permian tectonic evolution of the Quebec Appalachians., Canada. Earth-Sciences Reviews, 160, P131-170.

Ville de Montréal. (2012). Étude géotechnique d'avant-projet : Projet de construction d'une conduite d'aqueduc de 1200 mm dans l'axe des rues Villeray et Jarry, entre la 18e Avenue et le boulevard Louis-H Lafontaine. Service des infrastructures, transport et environnement. Direction des infrastructures, Division de l'expertise et du soutien technique. A-335-2. P246.

Ville de Montréal. (2013). Étude géotechnique : Construction d'une conduite d'eau principale dans l'axe de la rue Villeray, entre la 18ième et la 24ième Avenues, dans l'axe de la 24ième Avenue entre les rues Villeray et Jarry est, et dans l'axe de la rue Jarry est, entre la 24ième Avenue et le boulevard L.-H.-Lafontaine, Arrondissements Villeray-Parc Extension- Saint-Michel, Saint-Léonard et Anjou, Montréal, Québec. Direction des infrastructures, Division de l'expertise et du soutien technique. M029362-A4. P95.

Zoback, M. L., Nishenko, S.P., Richardson, R. M., Hasegawa, H. S. et Zoback, M. D. (1986). Mid-plate stress, deformation, and seismicity. In: The Geology of America (M.P.R. Vogt and B.E. Tuckolke, editors). Geological Society of America; pages 297-312.