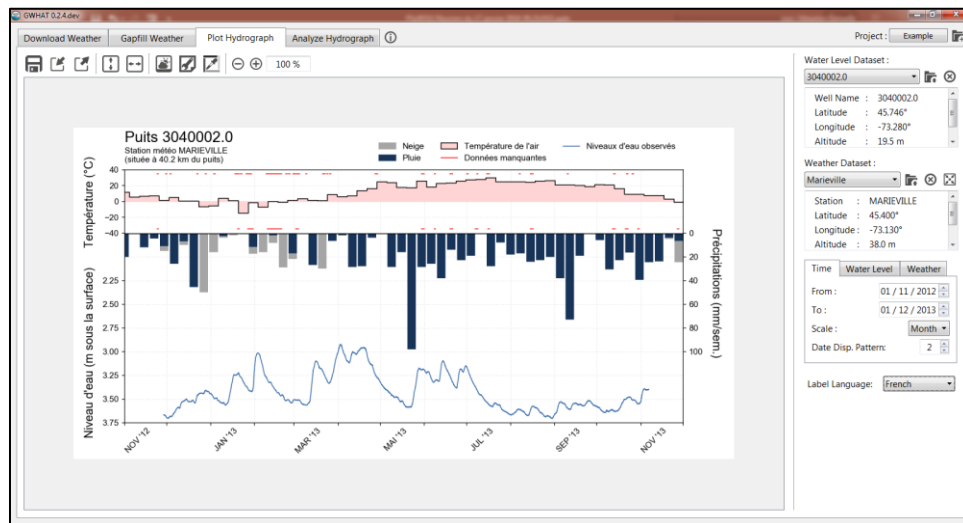


RAPPORT FINAL (version révisée)

Indicateurs de l'état des ressources en eau souterraine sous
l'effet du climat et de leur exploitation

Jean-Sébastien Gosselin, François Huchet et René Lefebvre



Institut national de la recherche scientifique
Centre Eau Terre Environnement

Rapport final
Rapport de recherche R2039
Juin 2021
(Version révisée en mai 2023)

RÉSUMÉ

Le présent rapport documente les travaux réalisés par l'INRS afin de permettre au MELCC de mieux gérer et d'exploiter les données de son Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ), particulièrement dans une perspective de détection des effets des changements climatiques. Les travaux ont été réalisés de concert avec deux projets réalisés par l'UQAM et l'Université Laval avec la collaboration de la Commission géologique du Canada (CGC). Ces projets ont tous porté sur une vaste région d'étude de 36 000 km² couvrant tout le Québec au sud du fleuve Saint-Laurent entre Québec et Montréal.

L'ensemble des travaux vise à évaluer et mieux comprendre l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau souterraine. L'objectif général du projet de l'INRS est de développer des outils permettant de dériver des indicateurs de l'état des ressources en eau souterraine et de faire un suivi de l'effet du stress sur cette ressource, qu'il soit causé directement ou indirectement par les changements climatiques. Ces indicateurs seraient surtout tirés des niveaux d'eau mesurés par le RSESQ, mais aussi des données et cartes issues des projets réalisés dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du Québec. Le projet de l'INRS comprenait cinq (5) volets : 1) définition des conditions entourant les puits de suivi du RSESQ ; 2) inventaire des caractéristiques des puits de suivi; 3) développement d'outils de gestion des données de suivi ; 4) application des outils aux puits de suivi de la région d'étude ; et 5) propositions pour améliorer la gestion du RSESQ, de concert avec l'UQAM.

Afin de dresser un portrait des puits du RSESQ dans la région d'étude, les conditions autour et au droit de chaque puits ont été définies. La connaissance de ces conditions assure une meilleure compréhension du comportement des niveaux d'eau souterraine mesurés aux puits du RSESQ. De plus, pour faire le lien avec un contexte d'ordre régional, les conditions locales rencontrées dans l'environnement des puits pourront être mises en relation avec des secteurs hydroclimatiques. Ces secteurs représentent des conditions météorologiques et géomorphologiques distinctes à travers douze (12) parties de grands bassins versants dans la région d'étude qui peuvent aussi être regroupés en quatre (4) groupes de secteurs aux conditions météorologiques similaires. Afin de définir les conditions autour des puits de suivi, douze (12) paramètres ont été considérés à partir de données produites par des projets antérieurs, notamment les projets du PACES : contexte dans le bassin, puits d'approvisionnement à proximité, pente du sol, occupation du sol, affectation du territoire, pédologie, géologie du Quaternaire, géologie du roc, épaisseur des dépôts meubles, confinement de l'aquifère rocheux, recharge de l'aquifère rocheux, et vulnérabilité de l'aquifère rocheux.

Au niveau des puits de suivis eux-mêmes, plusieurs conditions ont été considérées afin 1) de compiler un ensemble de critères permettant l'établissement d'un portrait des puits; 2) d'établir le degré de confinement des puits ; 3) de vérifier la représentativité des critères stratigraphiques utilisés dans la définition des conditions de confinement; et, 4) d'établir un classement des puits en fonction de leur utilisation potentielle. Avant de définir les fonctions des puits du RSESQ, une des 59 stations météorologiques de la région d'étude a été associée à chacun des puits afin de pouvoir mettre en relation la variation des niveaux d'eau souterraine avec les conditions météorologiques. Le portrait du réseau a d'abord considéré la répartition des 109 puits actifs (sur les 123 puits du réseau) dans les secteurs hydroclimatiques qui disposent tous d'au moins deux puits avec une densité moyenne d'un puits actif pour 330 km² dans la région d'étude. Le portrait des puits du réseau a été complété par la compilation des statistiques pour les douze (12) paramètres représentant les conditions entourant les puits. Une attention particulière a été portée sur les puits en condition libre qui pourraient permettre d'estimer la recharge. Ces puits en conditions libres avec les puits en conditions semi-captives qui pourraient aussi être utilisés pour suivre l'évolution saisonnière des niveaux d'eau souterraine

et diagnostiquer « l'état des nappes ». Ces travaux vont être développés dans le cadre d'un autre projet de l'INRS mandaté par le MELCC portant sur la production d'un Bulletin sur l'état des nappes. Pour la région d'étude, une pré-sélection a été faite de 36 puits en conditions libres de même que 7 puits en conditions semi-captives, donnant ainsi 43 puits pouvant être considérés pour définir l'état des nappes. Après une analyse détaillée des installations des puits, des conditions entourant les puits et du comportement de leurs hydrogrammes, notamment en lien avec les conditions météorologiques, 21 puits ont été sélectionnés pour la recharge et le suivi de nappe et 12 puits uniquement pour le suivi de nappe, pour un total de 33 puits, mais 6 autres puits pourraient aussi être considérés.

Le volet 3 du projet portant sur le développement des outils pour l'exploitation des données du RSESQ a produit des outils ayant des fonctions variées : 1) un utilitaire pour acquérir et traiter les données météorologiques (Environnement et Changement climatique Canada) pouvant être mises en relation avec les niveaux d'eau mesurés dans les puits du RSESQ, 2) des outils pour faciliter la collecte et la mise en forme des données hydrométriques (CEHQ) et piézométriques (SIH du MELCC), 3) un éditeur pour produire des hydrogrammes des niveaux d'eau enregistrés par les puits de suivi du RSESQ en relation avec les conditions météorologiques, 4) des outils pour faire un portrait des données du RSESQ pour tout le réseau ou pour une région donnée, 5) un outil pour produire des hydrogrammes statistiques des niveaux d'eau souterraine mensuels afin de montrer si le niveau actuel est bas, moyen ou élevé, 6) un outil pour l'analyse fréquentielle des mesures de niveau d'eau, 7) des outils pour la production de la fonction de réponse barométrique, incluant la préparation des données et la représentation des marées terrestres, 8) un outil pour la correction barométrique des niveaux piézométriques, et 9) un outil pour l'estimation de la recharge à partir des séries temporelles de niveau d'eau et de données météorologiques, incluant la définition de la courbe de récessions des niveaux d'eau. Tous les outils ont été développés avec Python; certains outils plus spécifiques sont sous formes de scripts autonomes alors que d'autres ont été incorporés dans le logiciel GWHAT (*Ground-Water Hydrograph Analysis Toolbox*) librement disponible sur Internet ou dans le logiciel SARDES servant à gérer les données du RSESQ et développé dans le cadre d'un autre projet de l'INRS avec le MELCC.

Les outils développés pour télécharger, valider et formater les données hydrométriques, piézométriques et météorologiques ont été utilisés pour télécharger les données disponibles dans la région d'étude. L'outil pour produire des hydrogrammes statistiques permet de montrer la médiane et les percentiles mensuels des niveaux d'eau mesurés historiquement ainsi que l'hydrogramme enregistré durant la dernière année. Ces hydrogrammes montrent efficacement l'état des niveaux d'eau d'un puits de suivi par rapport à ses niveaux historiques. Ces capacités ont été appliquées aux puits du RSESQ de la zone d'étude ayant au moins 10 années de mesures. L'outil pour l'évaluation de la réponse barométrique a été appliqué à tous les puits de la région d'étude. En plus de leur développement, plusieurs des outils ont été appliqués dans le cadre de divers projets. Ces applications permettent de tester et d'améliorer les outils et de s'assurer qu'ils conviennent à différents contextes hydrogéologiques. Les outils développés ont aussi été diffusés dans le cadre de divers forums scientifiques et des outils ont aussi été transférés à des utilisateurs. Finalement, l'outil permettant l'évaluation de la recharge a été appliqué à deux puits avec une approche améliorée qui est plus systématique et plus rigoureuse. Les autres puits de la région d'étude en conditions libres pouvant faire l'objet d'une estimation de la recharge seront analysés dans le cadre d'un nouveau projet visant la production d'un Bulletin sur l'état des nappes. Nos recommandations pour la gestion et l'amélioration du RSESQ ont été regroupées avec celles de l'UQAM dans le rapport conjoint portant sur la comparaison des résultats issus des projets de l'Université Laval, de l'UQAM et de l'INRS.

TABLE DES MATIÈRES

<u>1</u>	<u>MANDAT</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>CARACTÉRISTIQUES DES OUTILS DÉVELOPPÉS</u>	<u>3</u>
<u>3</u>	<u>DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES.....</u>	<u>5</u>
3.1	OUTILS POUR LE TRAITEMENT DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES	6
3.2	COMPARAISON DES SOURCES DE DONNÉES MÉTÉO.....	7
<u>4</u>	<u>OUTILS POUR LA GESTION ET L'EXPLOITATION DES DONNÉES DU RSESQ</u>	<u>10</u>
4.1	COLLECTE ET MISE EN FORME DES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ET PIÉZOMÉTRIQUES	10
4.2	ÉDITEUR DE FIGURES POUR LES HYDROGRAMMES	10
4.3	PORTRAIT DU RSESQ ET DONNÉES DISPONIBLES POUR UNE RÉGION DONNÉE	11
4.4	HYDROGRAMMES STATISTIQUES.....	13
4.5	ANALYSES FRÉQUENTIELLES.....	14
<u>5</u>	<u>RÉPONSE ET CORRECTION BAROMÉTRIQUES.....</u>	<u>16</u>
5.1	PRINCIPES DE LA FONCTION DE RÉPONSE BAROMÉTRIQUE	16
5.2	PRÉPARATION DES DONNÉES PIÉZOMÉTRIQUES ET BAROMÉTRIQUES	18
5.3	PRODUCTION DES DONNÉES SYNTHÉTIQUES DE MARÉES TERRESTRES	19
5.4	DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL POUR ÉVALUER LA BRF	19
5.5	ÉVALUATION DE LA BRF POUR LA RÉGION D'ÉTUDE	21
5.6	PRÉPARATION DES DONNÉES BAROMÉTRIQUES DE LA GRILLE NARR.....	21
5.7	CORRECTION BAROMÉTRIQUE DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES	22
<u>6</u>	<u>CONTEXTE DES PUITTS DU RSESQ</u>	<u>24</u>
6.1	DÉFINITION DES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES	24

6.2	CONDITIONS AUTOUR DES Puits DE SUIVI	28
6.3	CARACTÉRISTIQUES DES Puits DE SUIVI	39
<u>7</u>	<u>CONDITIONS DE CONFINEMENT DES Puits DE SUIVI.....</u>	<u>42</u>
7.1	MÉTHODE DES HYDROFACIÈS.....	42
7.2	MÉTHODE DE LA BRF	44
7.3	DISCUSSION DES RÉSULTATS.....	47
7.3.1	CONDITIONS DE CONFINEMENT	47
7.3.2	INFLUENCES EXTERNES	49
<u>8</u>	<u>OUTIL ET MÉTHODOLOGIE POUR L'ESTIMATION DE LA RECHARGE</u>	<u>50</u>
8.1	PRINCIPES DE LA MÉTHODE.....	50
8.2	OUTILS ET CADRE MÉTHODOLOGIQUE	51
<u>9</u>	<u>APPLICATION À D'AUTRES PROJETS</u>	<u>55</u>
<u>10</u>	<u>PORTRAIT ET APPLICATIONS POSSIBLES DES Puits DU RSESQ.....</u>	<u>58</u>
10.1	PORTRAIT DE L'ÉTAT ACTUEL DU RSESQ	58
10.2	APPLICATIONS POSSIBLES DES Puits DU RSESQ.....	65
<u>11</u>	<u>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....</u>	<u>70</u>
<u>12</u>	<u>RÉFÉRENCES</u>	<u>72</u>
	<u>ANNEXES</u>	<u>75</u>
<u>A1</u>	<u>INDICATEURS DES Puits DU RSESQ SITUÉS DANS LA RÉGION DU PROJET PACC</u>	<u>76</u>
A1.1	SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET GROUPES	76
A1.2	CONTEXTE.....	79
A1.3	PUITS PROCHES & PENTE	82

A1.4 OCCUPATION DU SOL.....	85
A1.5 AFFECTATION DU TERRITOIRE	88
A1.6 PÉDOLOGIE & GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE	91
A1.7 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ; ÉPAISSEUR DE DÉPÔTS MEUBLES & CONDITIONS DE CONFINEMENT DU ROC	94
A1.8 RECHARGE DE L'AQUIFÈRE ROCHEUX & VULNÉRABILITÉ INTRINSÈQUE	97
<u>A2 PORTRAIT DU RÉSEAU</u>	<u>100</u>
<u>A3 CARTES</u>	<u>110</u>
<u>A4 STATIONS INACTIVES DU RSESQ : PÉRIODE DE SUIVI ET RAISON DE L'INACTIVITÉ</u>	<u>120</u>
<u>A5 MATRICE DE CONFUSION</u>	<u>121</u>
<u>A6 CONDITIONS DES PUIITS</u>	<u>123</u>
<u>A7 CLASSIFICATION DES DESCRIPTIONS LITHOLOGIQUES EN HYDROFACIÈS</u>	<u>130</u>
<u>A8 LOGS D'HYDROFACIÈS PAR ZONE HYDROCLIMATIQUES</u>	<u>136</u>
<u>A9 FONCTION DE RÉPONSE BAROMÉTRIQUE DES PUIITS DE LA RÉGION D'ÉTUDE</u>	<u>144</u>
A9.1 YAMASKA SUD & BAIE MISSISSQUOI.....	144
A9.2 RICHELIEU	146
A9.3 YAMASKA NORD	148
A9.4 SAINT-FRANÇOIS OUEST.....	151
A9.5 NICOLET SUD	151
A9.6 NICOLET NORD & SAINT-FRANÇOIS NORD.....	152
A9.7 BÉCANCOUR NORD	153
A9.8 BÉCANCOUR SUD	155
A9.9 SAINT-FRANÇOIS EST.....	155

A9.10 DU CHÊNE	156
A9.11 CHAUDIÈRE.....	156
A9.12 CHÂTEAUGUAY.....	158
<u>A10 GRAPHIQUES COMPARAISONS MÉTÉO GRILLE VS STATIONS</u>	<u>163</u>
A10.1 PRÉCIPITATIONS TOTALES JOURNALIÈRES GRILLE VS STATIONS	163
A10.2 PRÉCIPITATIONS TOTALES ANNUELLES GRILLE VS STATIONS	167
A10.3 TEMPÉRATURE MAXIMALE JOURNALIÈRE GRILLE VS STATIONS	171
A10.4 TEMPÉRATURE MINIMALE JOURNALIÈRE GRILLE VS STATIONS	175
A10.5 FONCTION DE DENSITÉ DE PROBABILITÉ DES PRÉCIPITATIONS JOURNALIÈRES AUX STATIONS VS GRILLE.....	179
<u>A11 CONDITIONS DE CONFINEMENT ET INFLUENCE DES NIVEAUX D’EAU DES PUIITS DU RSESQ</u>	<u>183</u>
<u>A12 TRAVAUX DE DOCTORAT DE PIERRE LADEVÈZE PORTANT SUR LA BRF</u>	<u>187</u>
<u>A13 RÉSULTATS AUTRES PROJETS</u>	<u>188</u>
A13.1 ÉVALUATION DE LA RECHARGE A VALCARTIER.....	188
A13.2 SUIVI DES FLUX D’INFILTRATION À VALCARTIER.....	189
A13.3 ÉVALUATION DE LA RECHARGE AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE	190
A13.4 ÉVALUATION DE LA RECHARGE À WAINWRIGHT EN ALBERTA.....	191
A13.5 ÉVALUATION DE LA RECHARGE À SUFFIELD EN ALBERTA	193
<u>A14 ÉTUDE DE CAS : ÉVALUATION DE LA RECHARGE À SAINTE-JUSTINE.....</u>	<u>194</u>
A14.1 DESCRIPTION DE L’HYDROGRAMME.....	194
A14.2 STRATIGRAPHIE ET CONDITIONS DE CONFINEMENT	196
A14.3 DESCRIPTION DE LA RÉGION AUTOUR DE LA STATION	198
A14.4 ESTIMATION DE LA RECHARGE	199

A14.5 DISCUSSION.....	205
<u>A15 ÉTUDE DE CAS : ÉVALUATION DE LA RECHARGE À MERCIER</u>	<u>207</u>
<u>ANNEXES ÉLECTRONIQUES.....</u>	<u>217</u>
<u>E1 TÉLÉCHARGEMENT DES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ET PIÉZOMÉTRIQUES</u>	<u>218</u>
<u>E2 PORTRAIT DU RÉSEAU</u>	<u>218</u>
<u>E3 HYDROGRAMMES STATISTIQUES.....</u>	<u>219</u>
<u>E4 ANALYSES ET CORRECTIONS BAROMÉTRIQUES</u>	<u>219</u>
E4.1 HYDROSENSORREADER.....	219
E4.2 RSESQ_DATA_15MIN_2017.....	219
E4.3 SYNTHETIC_EARTH TIDES.....	220
E4.4 BRF_1HOUR_INPUT_DATA.....	220
E4.5 BRF_1HOUR_PROJETS_GWHAT.....	221
E4.6 NARR_GRID_BARODATA.....	221
E4.7 WATER_LEVELS_BARO_CORRECTION	222
E4.8 BRF_INTERPRETATION_PACC	222
<u>E5 HYDROFACIÈS.....</u>	<u>223</u>
<u>E6 ANALYSES HARMONIQUES.....</u>	<u>223</u>
<u>E7 INDICATEURS DES PUIITS DU RSESQ SITUÉS AU SUD DE LA PROVINCE (CHIFFRIERS EXCEL)</u>	<u>224</u>
<u>E8 INDICATEURS DES PUIITS DU RSESQ SITUÉS AU SUD DE LA PROVINCE (FICHIERS PDF)</u>	<u>226</u>

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 2.1 – CARACTÉRISTIQUES SOUHAITÉES POUR LES OUTILS DÉVELOPPÉS.....	3
TABLEAU 3.1 – STATISTIQUES TIRÉES DE LA COMPARAISON ENTRE LES TEMPÉRATURES JOURNALIÈRES MINIMALES ET MAXIMALES MESURÉES AUX STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET CELLES DE LA GRILLE DU MELCC DANS LES MAILLES OÙ SE TROUVENT LES STATIONS.....	8
TABLEAU 3.2 – STATISTIQUES TIRÉES DE LA COMPARAISON ENTRE LES PRÉCIPITATIONS JOURNALIÈRES ET ANNUELLES TOTALES MESURÉES AUX STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET CELLES DE LA GRILLE DU MDELCC DANS LES MAILLES OÙ SE TROUVENT LES STATIONS.	8
TABLEAU 4.1 – CRITÈRE POUR LA CLASSIFICATION DES AQUIFÈRES AVEC LA MÉTHODE DES ANALYSES HARMONIQUES (TIRÉ DE RAHI ET HALIHAN 2013)	15
TABLEAU 6.1 – PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES.	27
TABLEAU 6.2 – COUVERTURE DES ANCIENS PROJETS DE CARACTÉRISATION HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONALE AU SUD DU FLEUVE SAINT-LAURENT DANS LA RÉGION D’ÉTUDE.	28
TABLEAU 6.3 – PARAMÈTRES PROPOSÉS POUR DÉFINIR LES CONDITIONS ENTOURANT LES Puits DU RSESQ (RAYON DE 1 KM AUTOUR DU Puits ; DONNÉES EXTRAITES DES CARTES PACES ET AUTRES SOURCES)	29
TABLEAU 6.4 – PARAMÈTRES EXTRAITS POUR LES CONDITIONS ENTOURANT LES Puits DU RSESQ ¹	30
TABLEAU 6.5 – CRITÈRES BASÉS SUR L’ÉPAISSEUR DES SÉDIMENTS DÉFINISSANT LES CONDITIONS DE CONFINEMENT.....	33
TABLEAU 6.6 – LIEN ENTRE LES INDICATEURS EXTRAITS AUTOUR DES Puits ET LES FICHIERS ÉLECTRONIQUES ANNEXÉS AINSI QU’AVEC LES MATRICES DE LA FICHE INFORMATIVE DES Puits DU RSESQ POUR LA RÉGION D’ÉTUDE.	35
TABLEAU 6.7 – PARAMÈTRES PROPOSÉS POUR LES CARACTÉRISTIQUES DES Puits DU RSESQ.....	41
TABLEAU 7.1 – DÉFINITION DES HYDROFACIÈS ET DES CONDUCTIVITÉS HYDRAULIQUES.	42
TABLEAU 7.2 – CRITÈRES DE DÉFINITION DES CONDITIONS DE CONFINEMENT SELON LA MÉTHODE DES HYDROFACIÈS.....	44
TABLEAU 7.3 – SYNTHÈSE PAR SECTEUR HYDROCLIMATIQUE DES CONDITIONS DE CONFINEMENT DES Puits DE LA RÉGION D’ÉTUDE DÉTERMINÉES AVEC LA MÉTHODE DES HYDROFACIÈS.....	44
TABLEAU 7.4 – CONDITIONS DE CONFINEMENT ET ÉVIDENCE D’INFLUENCE SELON LA BRÉ DES Puits ACTUELS DU RSESQ SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	46
TABLEAU 10.1 – NOMBRE DE STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES (ECCC) LOCALISÉS DANS LA RÉGION D’ÉTUDE ET DANS UNE ZONE TAMPON DE 25 KM AUTOUR DE CETTE RÉGION ¹	59

TABEAU 10.2 – PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES PUIITS ACTUELS DU RSESQ (MELCC) SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	59
TABEAU 10.3 – ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES FLUCTUATIONS DES NIVEAUX DE NAPPE DES PUIITS D'INTÉRÊT ¹	60
TABEAU 10.4 – SYNTHÈSE DES INDICATEURS DÉFINISSANT LES CONDITIONS DES PUIITS DU RSESQ (MELCC) (1/2).	62
TABEAU 10.5 – SYNTHÈSE DES INDICATEURS DÉFINISSANT LES CONDITIONS DES PUIITS DU RSESQ (MELCC) (2/2).	64
TABEAU 10.6 – CLASSEMENT INITIAL DES PUIITS ACTUELS DU RSESQ SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	66
TABEAU 10.7 – SÉLECTION DES PUIITS DU RSESQ POUR L'ÉVALUATION DE LA RECHARGE (ET LE SUIVI DE NAPPE) SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	68
TABEAU 10.8 – SÉLECTION DES PUIITS DU RSESQ POUR LE SUIVI DE NAPPE UNIQUEMENT SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	68
TABEAU 10.9 – SÉLECTION FINALE DES PUIITS DU RSESQ SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	69
TABEAU 10.10 – SÉLECTION FINALE DES PUIITS DU RSESQ SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	69
TABEAU A5.1 – ANALYSE COMPARATIVE PAR MATRICE DE CONFUSION DES CONDITIONS DE CONFINEMENT COMPILÉES PAR LE MELCC ET L'INRS POUR LES PUIITS DU RSESQ SITUÉS DANS LA RÉGION D'ÉTUDE.	121
TABEAU A5.2 – ANALYSE COMPARATIVE PAR MATRICE DE CONFUSION DE L'ÉVIDENCE D'INFLUENCE COMPILÉES PAR LE MELCC ET L'INRS POUR LES PUIITS DU RSESQ SITUÉS DANS LA RÉGION D'ÉTUDE.	122
TABEAU A6.1 – POSITION ET CONTEXTE DES PUIITS DU RSESQ (MELCC) SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	123
TABEAU A6.2 – NOMBRE DE PUIITS PROCHES ET PENTE AU DROIT DES PUIITS DU RSESQ (MELCC) SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	124
TABEAU A6.3 – OCCUPATION DU SOL AU DROIT DES PUIITS DU RSESQ (MELCC) SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	125
TABEAU A6.4 – AFFECTATION DU TERRITOIRE AU DROIT DES PUIITS DU RSESQ (MELCC) SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	126
TABEAU A6.5 – PÉDOLOGIE AU DROIT DES PUIITS DU RSESQ (MELCC) SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE ¹	127
TABEAU A6.6 – GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE ¹ ET CONTEXTE GÉOLOGIQUE ² AU DROIT DES PUIITS DU RSESQ (MELCC) SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	128
TABEAU A6.7 – ÉPAISSEUR DE DÉPÔTS MEUBLES, CONDITIONS DE CONFINEMENT DU ROC, RECHARGE NETTE ET POTENTIELLE DU ROC PUIS VULNÉRABILITÉ INTRINSÈQUE DU ROC AU DROIT DES PUIITS DU RSESQ (MELCC) SELON LE SECTEUR HYDROCLIMATIQUE.	129

TABLEAU A11.1 – CONDITIONS DE CONFINEMENT DÉFINIES POUR CHAQUE STATION PIÉZOMÉTRIQUE DE LA RÉGION D'ÉTUDE AVEC LES DIFFÉRENTES MÉTHODES CONSIDÉRÉES DANS CE PROJET. LES CONDITIONS DE CONFINEMENT DE L'AQUIFÈRE ROCHEUX QUI ONT ÉTÉ DÉFINIES AUTOUR DES Puits À PARTIR DU MODÈLE D'ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES DE LA CGC, DE MÊME QUE L'IDENTIFICATION D'INFLUENCES EXTERNES DANS LES NIVEAUX D'EAU TEL QUE DETERMINÉ PAR LE MINISTÈRE DANS LA BD DU RSESQ ET VIA LA MÉTHODE DES BRP SONT ÉGALEMENT DONNÉES.....	183
TABLEAU A14.1 – EXTRAIT DU TABLEAU A11.1 PRÉSENTANT LES CONDITIONS DE CONFINEMENT DÉFINIES POUR LA STATION PIÉZOMÉTRIQUE 023440005 À SAINTE-JUSTINE.	197
TABLEAU A14.2 – ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES À L'INTÉRIEUR D'UN RAYON DE 500 M DE LA STATION PIÉZOMÉTRIQUE 023440005 D'APRÈS LE MODÈLE D'ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS DE LA CGC (TIRÉ DU TABLEAU DE L'ANNEXE A1.7).....	197
TABLEAU A14.3 – PENTE DU TERRAIN AU Puits ET PENTE MINIMALE, MOYENNE ET MAXIMALE À L'INTÉRIEUR D'UN RAYON DE 500 M AUTOUR DE LA STATION PIÉZOMÉTRIQUE 023440005 (TIRÉ DU TABLEAU DE L'ANNEXE A1.3).....	199
TABLEAU A14.4 – OCCUPATION DU SOL À L'INTÉRIEUR D'UN RAYON DE 500 M AUTOUR DE LA STATION PIÉZOMÉTRIQUE 023440005 (TIRÉ DU TABLEAU DE L'ANNEXE A1.4).....	199
TABLEAU A14.5 – PLAGES DES VALEURS DES PARAMÈTRES PRIMAIRES ET VALEURS DES PARAMÈTRES SECONDAIRES UTILISÉS DANS LA PREMIÈRE ÉTAPE DU PROCESSUS D'ÉVALUATION DE LA RECHARGE POUR GÉNÉRER UN GRAND ENSEMBLE DE RÉALISATIONS.....	199
TABLEAU A15.1 – STATISTIQUES SUR LA POROSITÉ DE DRAINAGE (SPECIFIC YIELD SY) (HEALY ET COOK 2002).	208
TABLEAU A15.1 – STATISTIQUES SUR LA PENTE DANS UN RAYON DE 500 M AUTOUR DU Puits.....	212
TABLEAU A15.1 – VALEURS TYPIQUES DU COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT (TSUTSUMI ET AL. 2004).....	214

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.1 – RÉGION D'ÉTUDE DU PROJET SYNTHÈSE DU SUD DU QUÉBEC.....	1
FIGURE 3.1 – APERÇU DE L'OUTIL POUR COMBLER LES VALEURS MANQUANTES DANS LES SÉRIES JOURNALIÈRES DE DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES.	6
FIGURE 3.2 – APERÇU DE L'OUTIL POUR RECHERCHER, TÉLÉCHARGER ET METTRE EN FORME AUTOMATIQUEMENT LES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES DISPONIBLES SUR LE SITE D'ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA (ECCC).	7
FIGURE 3.3 – COMPARAISON DE LA FONCTION DE DENSITÉ DE PROBABILITÉ (FDP) DES PRÉCIPITATIONS MESURÉE À LA STATION ARTHABASKA AVEC CELLE DE LA MAILLE LA PLUS PROCHE DE LA GRILLE DU MELCC.....	9
FIGURE 4.1 – APERÇU DE L'ÉDITEUR PERMETTANT DE PRODUIRE DES HYDROGRAMMES DANS GWHAT.....	10
FIGURE 4.2 – NOMBRE DE STATIONS PIÉZOMÉTRIQUES DU RSESQ EN FONCTION DE LA DISTANCE AUX STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES LES PLUS PROCHES POUR LESQUELLES DES DONNÉES ÉTAIENT DISPONIBLES SUR LE SITE INTERNET D'ENVIRONNEMENT CANADA (EN BLEU) ET EN FONCTION DE LA DISTANCE AUX STATIONS HYDROMÉTRIQUES LES PLUS PROCHES DU CEHQ (EN JAUNE) EN DATE DU 19 SEPTEMBRE 2018.....	11
FIGURE 4.3 – HISTORIQUE DU NOMBRE DE STATIONS PIÉZOMÉTRIQUES ACTIVES DU RSESQ EN DATE DU 19 SEPTEMBRE 2018.	12
FIGURE 4.4 – NOMBRE DE STATIONS PIÉZOMÉTRIQUES DU RSESQ EN FONCTION DU NOMBRE D'ANNÉES AVEC DES DONNÉES EN DATE DU 19 SEPTEMBRE 2018.	12
FIGURE 4.5 – DONNÉES PIÉZOMÉTRIQUES DU RSESQ DISPONIBLES POUR LA RÉGION DE LA VILLE DE MERCIER.	13
FIGURE 4.6 – EXEMPLE D'HYDROGRAMME STATISTIQUE PRODUIT POUR LA PÉRIODE 2015-2016 POUR LE PUIT SITUÉ À BROWNSBURG-CHATHAM DANS LES LAURENTIDES.	14
FIGURE 4.7 – ANALYSES HARMONIQUES DES DONNÉES DE NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES ET BAROMÉTRIQUES AU PIÉZOMÈTRE 03030011 DU RSESQ SITUÉ DANS LA MUNICIPALITÉ DE BROME.	15
FIGURE 5.1 – SÉRIES TEMPORELLES DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES (EN BLEU) ET BAROMÉTRIQUES (EN GRIS) MESURÉS AUX 15 MINUTES DANS LE PUIT D'OBSERVATION 03040005 DU RSESQ À SAINT-AMABLE.	16
FIGURE 5.2 – SÉRIES TEMPORELLES DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES (EN BLEU) MESURÉS AUX 15 MINUTES DANS LE PUIT D'OBSERVATION 03070002 DU RSESQ À SAINT-PATRICE-DE-SHERRINGTON.	17
FIGURE 5.3 – APERÇU DE LA FEUILLE DE CALCUL EXCEL DU LOGICIEL KGS BRF.....	20
FIGURE 5.4 – APERÇU DE L'OUTIL DISPONIBLE DANS GWHAT 4.0 POUR ÉVALUER LA FONCTION DE RÉPONSE BAROMÉTRIQUE DES PUIT.	20
FIGURE 5.5 – CORRÉLATION ENTRE LES DONNÉES BAROMÉTRIQUES MESURÉES DANS LES PUIT DU RSESQ DE LA MONTÉRÉGIE EST ET LES DONNÉES DE LA GRILLE NARR.....	22

FIGURE 5.6 – COMPARAISON DES NIVEAUX D’EAU (GRIS) AVEC LES NIVEAUX D’EAU CORRIGÉS POUR L’EFFET DES VARIATIONS DE PRESSION BAROMÉTRIQUE (BLEU) POUR LE PUIT 03030003 DU RSEQ À SAINT-HUGUES. ...23	23
FIGURE 6.1 – CLASSEMENT DES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES SUR LE SUD DU QUÉBEC.....25	25
FIGURE 6.2 – STATISTIQUES DESCRIPTIVES (MINIMUM, MAXIMUM ET MOYENNE) DES NORMALES CLIMATIQUES (1981-2010) DES DIFFÉRENTS SECTEURS HYDROCLIMATIQUES PAR RAPPORT À L’ENSEMBLE DU SUD DU QUÉBEC.26	26
FIGURE 6.3 – MISE EN FORME DES TABLEURS COMPILANT LES INDICATEURS EXTRAITS AUTOUR DES PUIT DU RSEQ POUR LA RÉGION D’ÉTUDE34	34
FIGURE 6.4 – EXEMPLE DE MISE EN FORME DES FICHES SIGNALÉTIQUES PRÉLIMINAIRES.36	36
FIGURE 7.1 – SÉQUENCES DES HYDROFACIÈS DES PUIT DU RSEQ DE LA MONTÉRÉGIE EST.43	43
FIGURE 7.2 – MODÈLES THÉORIQUES DE RÉPONSES BAROMÉTRIQUES POUR DES CAS IDÉALISÉS (ADAPTÉ DE SPANE 2002).45	45
FIGURE 8.1 – ILLUSTRATION (A) DES COMPOSANTES DU BILAN HYDROLOGIQUE DE SURFACE ET (B) DU BILAN EN EAU D’UN AQUIFÈRE LIBRE (TIRÉ DE GOSSELIN ET AL. 2018).50	50
FIGURE 8.2 – APERÇU DE L’OUTIL POUR ÉVALUER LA COURBE MAÎTRESSE DE RÉCESSION (MRC) DES HYDROGRAMMES DE PUIT DANS GWHAT (LIGNES POINTILLÉES ROUGES).....52	52
FIGURE 8.3 – APERÇU DE L’OUTIL DANS GWHAT POUR ÉVALUER LA RECHARGE À PARTIR DE DONNÉES CLIMATIQUES ET DE MESURES JOURNALIÈRES DE NIVEAUX D’EAU SOUTERRAINE.....52	52
FIGURE 8.4 - APERÇU DES FIGURES GÉNÉRÉES PAR GWHAT À PARTIR DES RÉSULTATS OBTENUS AVEC LA MÉTHODE D’ESTIMATION DE LA RECHARGE AMÉLIORÉE DANS LE CADRE DU PRÉSENT PROJET.53	53
FIGURE 8.5 - APERÇU DE L’OUTIL DANS GWHAT PERMETTANT DE VISUALISER LA DISTRIBUTION DES RÉALISATIONS EN FONCTION DE LEUR RMSE.53	53
FIGURE 9.1 – COMPARAISON DES VALEURS DE RECHARGE ANNUELLES MOYENNES ÉVALUÉES AVEC NOTRE OUTIL ET LE MODÈLE HELP DANS LE CADRE DU PROJET DE MAÎTRISE DE FRANÇOIS HUCHET.57	57
FIGURE A2.1 – NOMBRE DE STATIONS CLIMATIQUES (ECCC) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE (AINSI QUE DANS UNE ZONE TAMPON DE 25 KM AUTOUR DE LA RÉGION D’ÉTUDE).....100	100
FIGURE A2.2 – NOMBRE DE PUIT DE SUIVI (RSEQ) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.101	101
FIGURE A2.3 – ÉTAT DES PUIT DU RSEQ SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.....102	102
FIGURE A2.4 – TYPES D’AQUIFÈRE DES PUIT DU RSEQ SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.103	103

FIGURE A2.5 – CONDITIONS DE CONFINEMENT SELON LA BRF (INRS) DES Puits DU RSESQ SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	104
FIGURE A2.6 – ÉVIDENCE D'INFLUENCE SELON LA BRF (INRS) DES Puits DU RSESQ SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	105
FIGURE A2.7 – APPLICATION POSSIBLE SELON LE CLASSEMENT DE L'INRS (BRF) DES Puits DU RSESQ SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	106
FIGURE A2.8 – SÉLECTION DES Puits DU RSESQ POUR LA RECHARGE (ET LE SUIVI DE NAPPE) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	107
FIGURE A2.9 – SÉLECTION DES Puits DU RSESQ POUR LE SUIVI DE NAPPE UNIQUEMENT SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	108
FIGURE A2.10 – SÉLECTION DES Puits DU RSESQ SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	109
FIGURE A3.1 – DISTRIBUTION DES STATIONS CLIMATIQUES (ECCC) ET PIÉZOMÉTRIQUES DU RSESQ (MELCC) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	110
FIGURE A3.2 – ÉTAT DES Puits DU RSESQ (MELCC) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	111
FIGURE A3.3 – TYPES D'AQUIFÈRE DES Puits DU RSESQ (MELCC) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	112
FIGURE A3.4 – CONDITIONS DE CONFINEMENT SELON LA BRF (INRS) DES Puits DU RSESQ (MELCC) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	113
FIGURE A3.5 – ÉVIDENCE D'INFLUENCE SELON LA BRF (INRS) DES Puits DU RSESQ (MELCC) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	114
FIGURE A3.6 – APPLICATION POSSIBLE SELON LE CLASSEMENT DE L'INRS (BRF) DES Puits DU RSESQ (MELCC) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	115
FIGURE A3.7 – SÉLECTION DES Puits DU RSESQ (MELCC) POUR L'ÉVALUATION DE LA RECHARGE (ET LE SUIVI DE NAPPE) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	116
FIGURE A3.8 – SÉLECTION DES Puits DU RSESQ (MELCC) POUR LE SUIVI DE NAPPE UNIQUEMENT SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	117
FIGURE A3.9 – SÉLECTION DES Puits DU RSESQ (MELCC) SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	118
FIGURE A3.10 – SÉLECTION DES Puits DU RSESQ (MELCC) EN FONCTION DU TYPE D'AQUIFÈRE ET LACUNES SPATIALES IDENTIFIÉES SELON LES SECTEURS HYDROCLIMATIQUES ET LES GROUPES AU SUD DE LA PROVINCE.	119

FIGURE A13.1 – FONCTIONS DE RÉPONSE BAROMÉTRIQUE ET CLASSIFICATION DES PUIITS À L'AIDE DES OUTILS ET DE LA MÉTHODE PRÉSENTÉS AUX SECTIONS 5.4 ET 7.2 DANS LE CADRE D'UN PROJET DE SUIVI DE LA NAPPE À WAINWRIGHT EN ALBERTA.....	191
FIGURE A14.1 – HYDROGRAMME DE LA STATION 02340005 SITUÉ À SAINTE-JUSTINE. LES PRÉCIPITATIONS ET LA TEMPÉRATURE DE L'AIR SONT ÉGALEMENT PRÉSENTÉES SOUS UNE BASE HEBDOMADAIRE EN HAUT DU GRAPHIQUE.....	195
FIGURE A14.2 – EXEMPLE MONTRANT UNE PÉRIODE CLAIREMENT DISCERNABLE DANS L'HYDROGRAMME (ENCADRÉ ROUGE) PENDANT LAQUELLE LE NIVEAU DE L'EAU DEMEURE STABLE SUITE À LA RECHARGE PRINTANIÈRE.....	195
FIGURE A14.3 – EXEMPLE MONTRANT DEUX ÉPISODES DE RECHARGE DURANT LA RÉCESSION ESTIVALE (FLÈCHES ROUGES).	195
FIGURE A14.4 – STRATIGRAPHIE ET DÉTAILS DE CONSTRUCTION DU PIÉZOMÈTRE 02340005 SITUÉ DANS LA MUNICIPALITÉ DE SAINTE-JUSTINE (TIRÉ DU SITE INTERNET DU RSESQ)	196
FIGURE A14.5 – BRP CALCULÉE POUR LA STATION 02340005 À SAINTE-JUSTINE.....	197
FIGURE A14.6 – TOPOGRAPHIE ET PHOTO AÉRIENNE DE LA RÉGION AUTOUR DU PUIITS (TIRÉES DE GOOGLE MAPS).	198
FIGURE A14.7 – ENVELOPPE DES NIVEAUX D'EAU ÉVALUÉE À PARTIR D'UN ENSEMBLE DE 5410 RÉALISATIONS. ..	201
FIGURE A14.8 – VALEURS DE LA RECHARGE ANNUELLE ESTIMÉES À PARTIR D'UN ENSEMBLE DE 5410 RÉALISATIONS.	201
FIGURE A14.9 – DISTRIBUTION DES VALEURS DE RMSE, CALCULÉES ENTRE LES NIVEAUX MESURÉS ET LES NIVEAUX SYNTHÉTIQUES, POUR L'ENSEMBLE DE 5410 RÉALISATIONS.	201
FIGURE A14.10 – ENVELOPPE DES NIVEAUX D'EAU ÉVALUÉE À PARTIR D'UN ENSEMBLE DE 73 RÉALISATIONS.	202
FIGURE A14.11 – VALEURS DE LA RECHARGE ANNUELLE ESTIMÉES À PARTIR D'UN ENSEMBLE DE 73 RÉALISATIONS.	202
FIGURE A14.12 – DISTRIBUTION DES VALEURS DE RMSE, CALCULÉES ENTRE LES NIVEAUX MESURÉS ET LES NIVEAUX SYNTHÉTIQUES, POUR L'ENSEMBLE DE 73 RÉALISATIONS.....	202
FIGURE A14.13 – ENVELOPPE DES NIVEAUX D'EAU ÉVALUÉE À PARTIR D'UN ENSEMBLE DE 10 RÉALISATIONS.	203
FIGURE A14.14 – VALEURS DE LA RECHARGE ANNUELLE ESTIMÉES À PARTIR D'UN ENSEMBLE DE 10 RÉALISATIONS.	203
FIGURE A14.15 – DISTRIBUTION DES VALEURS DE RMSE, CALCULÉES ENTRE LES NIVEAUX MESURÉS ET LES NIVEAUX SYNTHÉTIQUES, POUR L'ENSEMBLE DE 10 RÉALISATIONS.....	203
FIGURE A14.16 – VALEURS MOYENNES ANNUELLES DU BILAN HYDROLOGIQUE CALCULÉES POUR L'INTERVALLE DE CONFIANCE GLUE50 À PARTIR DE L'ENSEMBLE DE 10 RÉALISATIONS QUI ONT ÉTÉ CONSERVÉES POUR L'ESTIMATION DE LA RECHARGE.	204

FIGURE A14.17 – VALEURS MOYENNES MENSUELLES DU BILAN HYDROLOGIQUE CALCULÉES POUR L'INTERVALLE DE CONFIANCE GLUE50 À PARTIR DE L'ENSEMBLE DE 10 RÉALISATIONS QUI ONT ÉTÉ CONSERVÉES POUR L'ESTIMATION DE LA RECHARGE.	204
FIGURE A15.1 – Puits Mercier (03090001) du RSEQ : À GAUCHE, STRATIGRAPHIE ET INSTALLATION; À DROITE L'HYDROGRAMME DU Puits (NIVEAUX D'EAU) DE 2004 À 2018.	207
FIGURE A15.2 – DÉTAILS DE L'HYDROGRAMME DU Puits Mercier (03090001) du RSEQ DE 2014 À 2017.	208
FIGURE A15.3 – DÉTAILS DE L'HYDROGRAMME DU Puits Mercier (03090001) du RSEQ DE 2010 À 2012.	209
FIGURE A15.4 – DISTRIBUTION DE L'ERREUR RMSE (À GAUCHE) ET PARAMÈTRES UTILISÉS POUR ESTIMER LA RECHARGE (À DROITE).	209
FIGURE A15.5 – PLAGE DES CHARGES SIMULÉES (EN GRIS) PAR RAPPORT À L'HYDROGRAMME OBSERVÉ (EN BLEU).	210
FIGURE A15.6 – PLAGES DES VALEURS DE LA RECHARGE ANNUELLE (ANNÉES HYDROLOGIQUES) ESTIMÉE DE 1981 À 2020 À PARTIR DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES POUR CETTE PÉRIODE.	210
FIGURE A15.7 – DISTRIBUTION DE L'ERREUR RMSE (À GAUCHE) ET PARAMÈTRES UTILISÉS POUR ESTIMER LA RECHARGE (À DROITE) POUR LES SIMULATIONS AVEC DES ERREURS INFÉRIEURES À 115.2 MM.	211
FIGURE A15.8 – PLAGE DES CHARGES SIMULÉES (EN GRIS) PAR RAPPORT À L'HYDROGRAMME OBSERVÉ (EN BLEU) POUR LES SIMULATIONS AVEC DES PLAGES RESTREINTES D'ERREUR RMSE ET DE VALEURS DE PARAMÈTRES HYDROLOGIQUES (FIGURE A15.7).	211
FIGURE A15.9 – PLAGES DES VALEURS DE LA RECHARGE ANNUELLE (ANNÉES HYDROLOGIQUES) ESTIMÉE DE 1981 À 2020 À PARTIR DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES POUR CETTE PÉRIODE EN UTILISANT LES PLAGES D'ERREUR RMSE ET DE PARAMÈTRES HYDROLOGIQUES MONTRÉS À LA FIGURE A15.7.	212
FIGURE A15.10 – PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE DES CONDITIONS ENTOURANT LE Puits D'OBSERVATION.	213
FIGURE A15.11 – DISTRIBUTION DE L'ERREUR RMSE (À GAUCHE) ET DES PARAMÈTRES UTILISÉS POUR ESTIMER LA RECHARGE (À DROITE) POUR LES SIMULATIONS AVEC DES ERREURS INFÉRIEURES À 115.2 MM.	214
FIGURE A15.12 – PLAGE DES CHARGES SIMULÉES (EN GRIS) PAR RAPPORT À L'HYDROGRAMME OBSERVÉ (EN BLEU) POUR LES SIMULATIONS AVEC DES PLAGES RESTREINTES D'ERREUR RMSE ET DE VALEURS DE PARAMÈTRES HYDROLOGIQUES (FIGURE A15.11).	215
FIGURE A15.13 – PLAGES DES VALEURS DE LA RECHARGE ANNUELLE (ANNÉES HYDROLOGIQUES) ESTIMÉE DE 1981 À 2020 À PARTIR DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES POUR CETTE PÉRIODE EN UTILISANT LES PLAGES D'ERREUR RMSE ET DE PARAMÈTRES HYDROLOGIQUES MONTRÉS À LA FIGURE A15.11.	215
FIGURE A15.14 – COMPOSANTES DU BILAN HYDROLOGIQUE POUR LA PÉRIODE CONSIDÉRÉE POUR L'ESTIMATION DE LA RECHARGE.	216
FIGURE A15.15 – COMPOSANTES MOYENNES DU BILAN HYDROLOGIQUE MENSUEL POUR LA PÉRIODE CONSIDÉRÉE POUR L'ESTIMATION DE LA RECHARGE.	216

FIGURE A15.16 – COMPOSANTES MOYENNES DU BILAN HYDROLOGIQUE ANNUEL POUR LA PÉRIODE CONSIDÉRÉE POUR L'ESTIMATION DE LA RECHARGE.	216
--	-----

1 Mandat

Ce projet a été réalisé pour permettre au MELCC de mieux gérer le Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ) et de faciliter l'exploitation des données acquises par ce réseau. Les travaux sont réalisés dans une vaste région d'étude de 36 000 km² comprenant tout le territoire du Québec entre le fleuve Saint-Laurent et les États-Unis et allant de Québec à Montréal (figure 1.1). Ces travaux s'insèrent dans un projet multi-institutionnel ayant pour but d'évaluer l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau souterraine.

Les travaux sont réalisés de concert avec deux projets visant la même région d'étude et portant sur la relation entre la recharge des nappes et les débits d'étiage des cours d'eau, porté par l'UQAM, et un autre projet impliquant le développement d'un modèle numérique intégré de l'écoulement des eaux de surface et souterraines, sous la responsabilité de l'Université Laval. La Commission géologique du Canada (CGC) a aussi collaboré au projet de l'Université Laval en apportant son expertise sur les modèles géologiques.

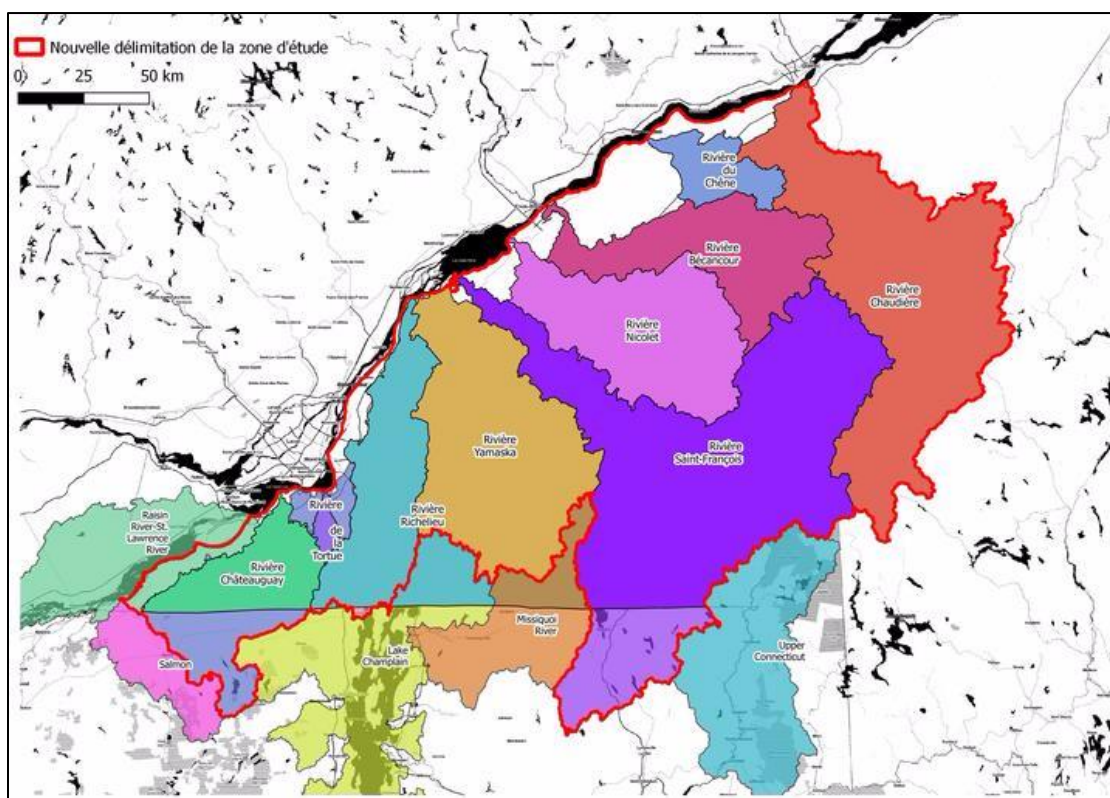


Figure 1.1 – Région d'étude du projet synthèse du sud du Québec.

L'objectif général du projet réalisé par l'INRS est de développer des outils permettant de dériver des indicateurs de l'état des ressources en eau souterraine et de faire un suivi de l'effet du stress affectant cette ressource, qu'il soit causé directement ou indirectement par les changements climatiques. Ces indicateurs seraient surtout tirés des niveaux d'eau mesurés par le RSESQ, mais aussi des données et cartes issues des projets réalisés dans le cadre du Programme d'acquisition des connaissances sur les eaux souterraines

(PACES). Le projet est réalisé dans la perspective de faciliter la détection des effets des changements climatiques. Le projet comprend cinq (5) volets : 1) définition des conditions entourant les puits de suivi du RSESQ ; 2) inventaire des caractéristiques des puits de suivi eux-mêmes ; 3) développement d'outils de gestion des données de suivi ; 4) application des outils aux puits de suivi situés dans la région d'étude ; et 5) soumission de propositions pour améliorer la gestion du RSESQ, de concert avec l'UQAM. Le présent rapport documente les travaux réalisés pour chacun des volets du projet de l'INRS, sauf pour le dernier volet, alors que les recommandations concernant le RSESQ sont documentées dans le rapport conjoint des trois projets de l'Université Laval, de l'UQAM et de l'INRS.

2 Caractéristiques des outils développés

Tel que mentionné à la section précédente, l'un des objectifs principaux de ce projet était de développer, améliorer et documenter des outils permettant d'exploiter les données du RSESQ par le MELCC et les utilisateurs des données du réseau. Un travail de recherche et de réflexion a donc été fait en début de projet pour définir les caractéristiques souhaitées de ces outils. Les caractéristiques retenues ont été validées avec le MELCC et sont résumées au tableau 2.1.

Tableau 2.1 – Caractéristiques souhaitées pour les outils développés.

Ouverts
1. Licence « open source »
2. Facilement modifiables
3. Publication en continu des outils
4. Démarche transparente et documentée sur GitHub
D'intérêt général
1. Peuvent être utilisés avec n'importe quelles données
2. Basés autant que possible sur des données publiques
Accessibles
1. Interface graphique disponible (lorsque possible)
2. Documentation complète
Maintenables
1. Organisation modulaire et documentation interne du code
2. Documentation des bogues et des nouvelles idées
3. Suivi des modifications et contrôle des versions
4. Développement en intégration continue

Plusieurs des outils développés ont été incorporés dans le logiciel GWHAT (*Ground-Water Hydrograph Analysis Toolbox*) dont le développement a été amorcé durant le doctorat de Jean-Sébastien Gosselin (Gosselin 2016). Le code source et un exécutable pour Windows de GWHAT sont disponibles publiquement sur GitHub à l'adresse suivante : <https://github.com/jnsebgosselin/gwhat>. L'incorporation des outils développés dans le cadre de ce projet à GWHAT a permis de rendre les outils plus rapidement et facilement accessibles au MELCC et aux utilisateurs des données du réseau. Les outils qui ont été incorporés dans GWHAT sont les suivants :

- Éditeur pour produire des graphiques mettant en relation les données de niveaux d'eau et les données météorologiques.
- Outil pour estimer la courbe maîtresse de récession (MRC)
- Outil pour calculer la fonction de réponse barométrique (BRF)
- Outil pour estimer la recharge

Un autre logiciel a été développé pour rechercher des stations climatiques pour lesquelles des données journalières sont disponibles sur le site d'Environnement et Changement Climatique Canada (ECCC) et

télécharger, mettre en forme et combler les valeurs manquantes dans les séries journalières de données. Cet outil est disponible publiquement sur GitHub à l'adresse suivante : <https://github.com/cgq-qgc/climate-data-preprocessing-tool>.

Plusieurs scripts Python ont été rédigés dans le cadre de ce projet. Ces scripts sont tous disponibles sur GitHub dans le répertoire de projet suivant : <https://github.com/cgq-qgc/pacc-inrs>. De plus, ces scripts sont également fournis dans les annexes électroniques E1 à E6 qui sont jointes à ce rapport.

Enfin, dans le cadre d'un projet parallèle portant sur le développement de méthodologies d'analyse des données du RSESQ (Gosselin et al. 2020), l'INRS a développé un outil fonctionnel pour faire la démonstration au ministère de nouvelles capacités pouvant être utilisées pour améliorer le stockage, la gestion et la publication des données du RSESQ. Cet outil nommé SARDES (Suivi, analyse et représentation de données d'eau souterraine) est fonctionnel et a été utilisé dans le cadre de ce projet pour exploiter les données de la BD du RSESQ. Cet outil devrait être rendu disponible publiquement d'ici quelques mois suivant le dépôt de ce rapport.

3 Données météorologiques

Les variations du niveau de l'eau souterraine sont intimement liées aux conditions météorologiques. Il est donc important de pouvoir interpréter les données de niveaux d'eau conjointement aux données météorologiques afin de mettre en contexte les comportements observés de la nappe phréatique. De plus, les données météorologiques sont requises pour l'évaluation de la recharge aux puits en nappe libre avec la méthode et les outils qui ont été développés dans le cadre de ce projet. Les données météorologiques constituent également un intrant important des modèles intégrés d'écoulement de l'eau souterraine.

Au Québec, des données météorologiques horaires et journalières sont acquises aux stations du Réseau de surveillance du climat du Québec (RSCQ) et du Réseau météorologique coopératif du Québec (RMCQ) (Lepage et Bourgeois 2011). Une portion importante des données récoltées par ce réseau est disponible publiquement sur le site Internet d'Environnement Canada¹. Cependant, ces jeux de données météorologiques contiennent beaucoup de données manquantes et leur période d'enregistrement varie beaucoup d'une station à l'autre. De plus, les stations météorologiques ne sont pas nécessairement localisées à proximité des stations piézométriques du RSESQ. Les données manquantes, la période d'enregistrement parfois limitée et la distance parfois importante entre les stations météorologiques et piézométriques constituent des obstacles majeurs à l'utilisation des données météorologiques mesurées aux stations pour interpréter et analyser les données de niveaux d'eau du RSESQ.

Une façon de contourner ces problèmes est d'utiliser des données météorologiques sur grille, comme celle qui est produite depuis 2015 par le MELCC à partir des mesures prises aux stations avec observateurs et aux stations automatiques du RSCQ et du RMCQ (Bergeron 2017). La version actuelle de ces données sur grille concerne les précipitations totales quotidiennes (solides et liquides), les températures minimale et maximale quotidiennes et la variance d'interpolation associée à chacune de ces trois variables. Le domaine spatial couvre tout le Québec avec une résolution de $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ (environ 10 km^2), y compris les portions hors Québec des bassins versants de la rivière des Outaouais et de la rivière Richelieu alors que le domaine temporel total correspond à la période qui s'étend du 1^{er} janvier 1961 au 31 décembre 2017 (Bergeron 2017). Bien que les données météorologiques sur grille présentent de nombreux avantages par rapport aux données des stations météorologiques, ces données ne sont malheureusement pas disponibles publiquement et aucune mise à jour de la grille n'a été faite depuis 2017.

Dans le but d'utiliser autant que possible des données disponibles publiquement en libre accès et afin de pouvoir mettre en relation les données piézométriques récentes du RSESQ (2017 à aujourd'hui) avec des données météorologiques pour l'interprétation des hydrogrammes et l'évaluation de la recharge, il a été décidé dans le cadre de ce projet d'utiliser les données des stations météorologiques qui sont disponibles sur le site Internet d'Environnement Canada.

¹ https://climate.weather.gc.ca/historical_data/search_historic_data_e.html

3.1 Outils pour le traitement des données météorologiques

Le téléchargement, la mise en forme et le comblement des valeurs manquantes dans les séries temporelles de données météorologiques peuvent rapidement devenir une tâche fastidieuse et complexe. C'est particulièrement vrai pour les précipitations quotidiennes en raison de leur grande variabilité spatiale et temporelle et de la complexité des processus physiques impliqués (Simolo et al. 2010).

Ainsi, dans le but de faciliter tout le processus de traitement des données météorologiques, le logiciel « Climate Data Preprocessing Tool » a été développé et a été rendu disponible publiquement sur GitHub à l'adresse suivante : <https://github.com/cgq-qgc/climate-data-preprocessing-tool>. Ce logiciel permet de rechercher des stations climatiques pour lesquelles des données journalières sont disponibles sur le site d'Environnement et Changement Climatique Canada (ECCC) et de télécharger, mettre en forme et combler les valeurs manquantes dans les séries journalières de données. Un aperçu de l'outil pour combler les valeurs manquantes dans les séries de données est présenté à la figure 3.1 alors que l'outil permettant de rechercher et télécharger les données météorologiques du site d'Environnement Canada est présenté à la figure 3.2.

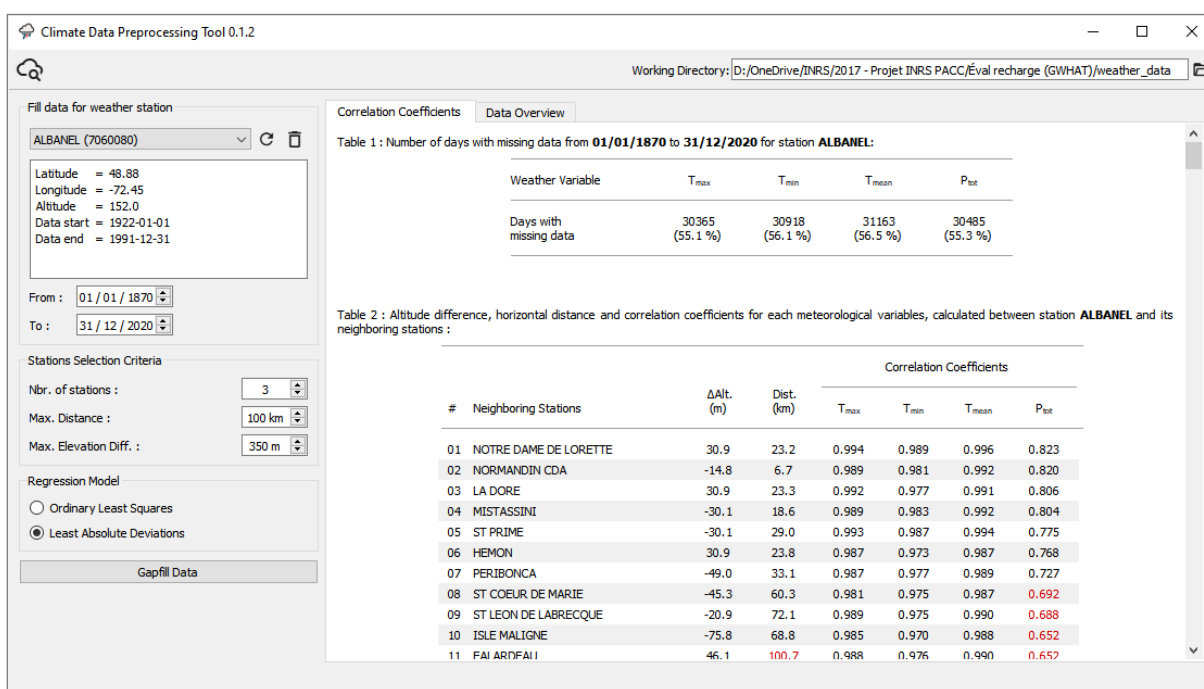


Figure 3.1 – Aperçu de l'outil pour combler les valeurs manquantes dans les séries journalières de données météorologiques.

Download Weather Data

Search Criteria

Province: **All**

☒ Proximity Filter

Latitude: **45.866** North

Longitude: **71.821** West

Search Radius: **100 km**

☒ Data Availability filter

Search for stations with data available for at least **1** year(s) between **1980** and **2020**

☐	Weather Stations	Proximity (km)	From Year	To Year	Prov.	Climate ID	Lat. (dd)	Lon. (dd)	Elev. (m)
☐	EATON RIVER NORTH	75.0	1973	1981	Quebec	702K30E	45.23	-71.5	nan
☐	INVERNESS	48.6	1965	1982	Quebec	7023284	46.25	-71.52	236.2
☐	HAM NORD	16.4	1965	1982	Quebec	7022985	45.93	-71.63	403.9
☐	GRANBY	92.2	2018	2021	Quebec	7022802	45.37	-72.77	86.0
☐	GRANBY	88.4	1948	2021	Quebec	7022800	45.38	-72.72	175.0
☐	GEORGEVILLE	87.9	1951	2020	Quebec	7022720	45.13	-72.23	266.7
☐	GARTHBY	34.4	1963	1994	Quebec	7022596	45.83	-71.38	251.0
☐	FRAMPTON	98.8	1965	1985	Quebec	7022553	46.43	-70.83	426.7

Refresh Download Close

Figure 3.2 – Aperçu de l’outil pour rechercher, télécharger et mettre en forme automatiquement les données météorologiques disponibles sur le site d’Environnement et Changement Climatique Canada (ECCC).

3.2 Comparaison des sources de données météo

Puisque les données météorologiques ont un impact important sur l’estimation de la recharge et la modélisation de l’écoulement de l’eau souterraine, il est pertinent de comparer les données mesurées aux stations météorologiques avec celles de la grille du MELCC (Bergeron 2017). L’exercice d’intercomparaison a été réalisé pour un ensemble de 28 stations météorologiques dont les données ont servi à interpréter les mesures des stations piézométriques du RSESQ situées dans la région d’étude des projets PACC. La comparaison a été faite pour la température minimum et maximum de l’air sur une base journalière et les précipitations totales sur une base journalière et annuelle. Le script Python et les données météorologiques des stations qui ont été utilisés pour réaliser les analyses sont disponibles sur GitHub à l’adresse suivante : https://github.com/cgq-qgc/pacc-inrs/tree/master/meteo_station_vs_grid.

Les statistiques détaillées tirées de la comparaison des températures journalières minimales et maximales mesurées aux stations sont données dans le tableau 3.1. Dans l’ensemble, la grille reproduit fidèlement les températures minimales et maximales de l’air mesurées aux stations sur une base journalière avec un coefficient de corrélation r qui est en moyenne supérieur à 0.99 dans les deux cas. Des graphiques comparant les températures journalières maximales et minimales mesurées aux stations avec celles de la grille sont présentés aux annexes A10.3 et A10.4.

Les résultats pour la comparaison des précipitations totales journalières et annuelles sont présentés sous forme graphique aux annexes A10.1 et A10.2 et une synthèse des statistiques tirées de la comparaison des données sont présentées dans le tableau 3.2. En général, la grille permet de bien représenter les précipitations sur une base journalière. Le coefficient de corrélation entre les précipitations totales journalières mesurées aux stations et celles de la grille varient entre 0.80 et 0.98 avec une valeur moyenne de 0.94 pour l’ensemble des stations. Les précipitations totales sont mieux reproduites par la grille sur une base annuelle, alors que le coefficient de corrélation est supérieur à 0.93 pour l’ensemble des stations, avec une valeur moyenne de 0.98.

Tableau 3.1 – Statistiques tirées de la comparaison entre les températures journalières minimales et maximales mesurées aux stations météorologiques et celles de la grille du MELCC dans les mailles où se trouvent les stations.

Paramètre statistique	Températures minimales			Températures maximales		
	min	moy	max	min	moy	max
RMSE	0.684	1.236	2.759	0.497	1.007	2.759
ME	-0.816	0.011	1.289	-0.816	0.004	1.289
<i>r</i>	0.979	0.994	0.998	0.979	0.996	0.999

Tableau 3.2 – Statistiques tirées de la comparaison entre les précipitations journalières et annuelles totales mesurées aux stations météorologiques et celles de la grille du MDELCC dans les mailles où se trouvent les stations.

Paramètre statistique	Précipitations journalières			Précipitations annuelles		
	min	moy	max	min	moy	max
RMSE	1.417	2.083	3.885	37.037	64.119	117.874
ME	-0.232	-0.084	0.171	-82.459	-28.427	54.777
<i>r</i>	0.804	0.943	0.981	0.939	0.979	0.994

Toutefois, dans l'ensemble, la grille tend à sous-estimer les précipitations par rapport aux mesures acquises aux stations. Les graphiques présentés à l'annexe A10.2 montrent qu'effectivement les précipitations totales annuelles sont sous-estimées par la grille pour 25 des 28 stations météorologiques considérées dans cette intercomparaison. Cette sous-estimation s'explique principalement par le fait que, de façon générale, la grille n'arrive pas à bien représenter les précipitations extrêmes. Cela est clairement visible sur les graphiques de l'annexe A10.5 qui comparent les fonctions de densité de probabilité (FDP) des précipitations journalières de la grille à celles des stations météorologiques. À titre d'exemple, le graphique de la figure 3.3 montre bien que la grille n'arrive pas à représenter les précipitations journalières de la station ARTHABASKA qui sont supérieures à 65 mm/jour.

À l'inverse, les graphiques de l'annexe A10.5 montrent également qu'en général la grille tend à surestimer de façon importante le nombre de jours pluvieux. Ceci est typique des méthodes de spatialisation des précipitations journalières reposant sur des techniques de régression qui tendent à ajouter artificiellement des jours avec des traces de précipitations dans les chroniques de données. Cela est bien illustré sur le graphique de la figure 3.3 où le nombre de jours avec des précipitations inférieures à 1 mm/jour est largement surestimé par la grille, comparé aux mesures de la station, résultant en une surestimation du nombre de jours pluvieux qui est en moyenne de 26 jours par année. Toutefois, bien que cette surestimation du nombre de jours pluvieux puisse paraître importante, elle n'a pas un impact significatif sur les précipitations totales annuelles, car les jours pluvieux qui sont ajoutés lors de la spatialisation des données sont associés à de petites quantités de précipitations totales journalières (moins de 1 mm/jour).

Ces résultats plutôt positifs concernant la reproduction des mesures des stations météo par la grille justifient bien l'usage de la grille lorsqu'on considère tous ses avantages de la grille pour l'interprétation des données piézométriques du RSESQ. Cet exercice d'intercomparaison pourrait être réalisé à nouveau lorsque la nouvelle grille à jour sera disponible vers la fin de 2021. Pour les fins de l'estimation de la recharge, il faudrait

peut-être considérer le biais de la grille (sous-estimation des précipitations totales annuelles) ou à tout le moins souligner le biais de la grille (par rapport à la station météo la plus proche) dans la documentation des résultats.

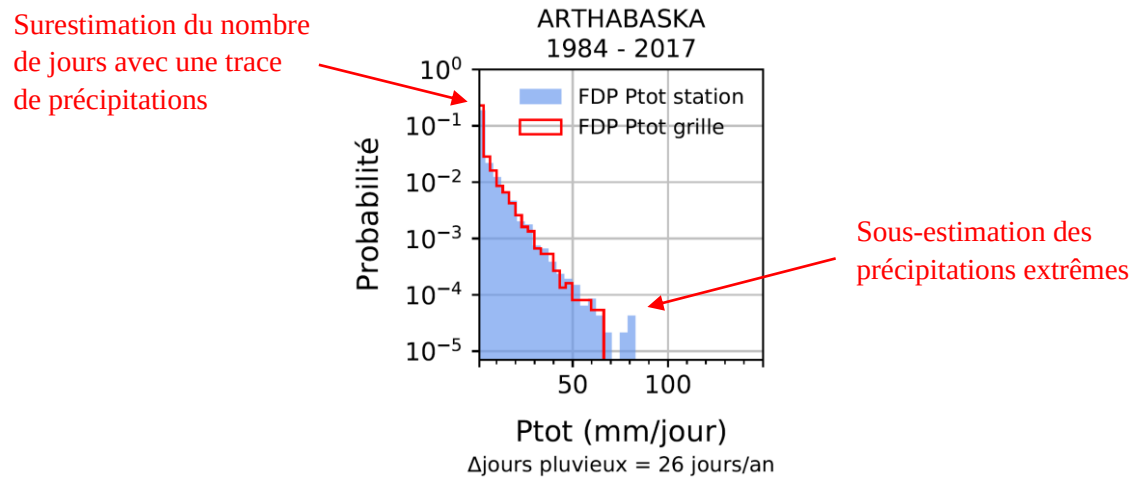


Figure 3.3 – Comparaison de la fonction de densité de probabilité (FDP) des précipitations mesurée à la station ARTHABASKA avec celle de la maille la plus proche de la grille du MELCC

4 Outils pour la gestion et l'exploitation des données du RSESQ

4.1 Collecte et mise en forme des données hydrométriques et piézométriques

Des outils ont été développés pour télécharger, valider et formater automatiquement les données publiques hydrométriques et piézométriques journalières à partir des sites Internet du CEHQ et du MELCC. Ces outils sont organisés en un module Python qui est disponible dans l'annexe électronique E1.

Bien que les données hydrométriques et piézométriques nous aient été transmises en début de projet par le MELCC, le développement de ces outils était tout de même pertinent puisque cela permettait d'étendre la portée et l'intérêt général du projet à tous les utilisateurs des données du RSESQ. Tel qu'indiqué dans le tableau 2.1, nous souhaitons développer des outils qui sont basés autant que possible sur des données qui sont disponibles publiquement en libre-accès afin que tous les utilisateurs des données du réseau puissent bénéficier des retombées de ce projet. De plus, cela nous permettait une autonomie pour accéder aux données les plus à jour disponibles sur les sites Internet du CEHQ et du RSESQ.

4.2 Éditeur de figures pour les hydrogrammes

Un éditeur de figures a été développé pour produire des graphiques mettant en relation les données de niveau d'eau et les données météorologiques. En plus des données météorologiques et piézométriques, les résultats découlant de l'analyse de la courbe maîtresse de récession et les niveaux de la nappe prédits lors de l'évaluation de la recharge (section 8) peuvent également être affichés sur le graphique. Cet outil est incorporé à GWHAT qui est disponible sur GitHub à l'adresse suivante : <https://github.com/jnsebgosse-lin/gwhat>. Un aperçu de cet outil est présenté à la figure 4.1.

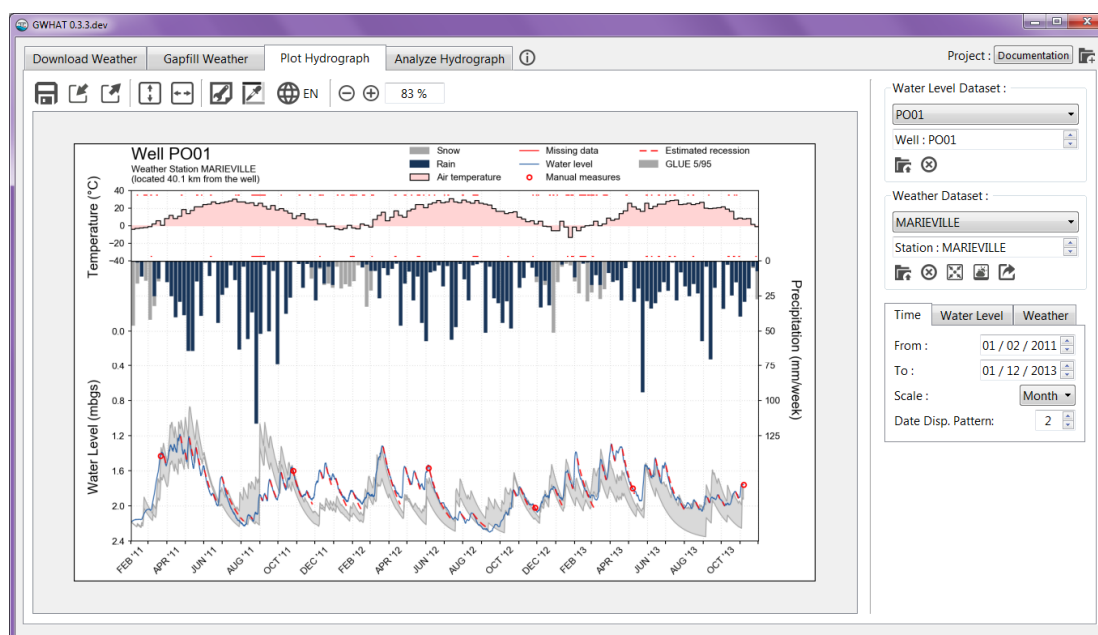


Figure 4.1 – Aperçu de l'éditeur permettant de produire des hydrogrammes dans GWHAT.

Dans le cadre d'un projet parallèle portant sur le développement de méthodologies d'analyse des données du RSESQ (Gosselin et al. 2020), les travaux réalisés ici ont permis d'émettre des recommandations et de mettre en œuvre les moyens qui ont permis d'améliorer le format des hydrogrammes qui sont publiés sur le site Internet du RSESQ.

4.3 Portrait du RSESQ et données disponibles pour une région donnée

Des outils ont été créés afin de produire des graphiques qui permettent de brosser un portrait général des stations du RSESQ. Les graphiques sont produits à partir des données piézométriques, hydrométriques et météorologiques qui sont disponibles publiquement sur les sites Internet du RSESQ, du CEHQ et d'Environnement Canada. Il pourrait être intéressant pour le ministère d'adapter ces outils pour produire les graphiques directement à partir de la base de données du RSESQ. Cela pourrait être un moyen rapide et facile de produire des graphiques permettant de donner une vue d'ensemble du réseau. Ces graphiques pourraient être publiés sur le site Internet du RSESQ où une description un peu plus détaillée du réseau et de ses fonctions pourrait être faite.

L'ensemble des codes Python à partir desquels les graphiques présentés ci-dessous ont été produits sont disponibles dans l'annexe électronique E2. Dans un premier temps, un outil a été développé pour produire un diagramme à bande montrant le nombre de stations du RSESQ en fonction de la distance aux stations météorologiques et hydrométriques actives les plus proches. La figure 4.2 présente le graphique qui a été produit le 19 septembre 2018 à partir des données qui étaient alors disponibles sur les sites Internet du RSESQ, du CEHQ et d'Environnement Canada. D'après ce graphique, on peut voir que seulement 40% des stations du RSESQ sont situées à moins de 10 km d'une station météorologique et 35% à moins de 10 km d'une station hydrométrique. À noter que puisque à notre connaissance l'information en lien avec les stations météorologiques du Québec n'est pas disponible publiquement sur le site du ministère, seulement les stations qui apparaissent sur le site d'Environnement Canada ont été utilisées pour produire le graphique de la figure 4.2. Le ministère pourrait adapter cet outil afin d'utiliser la localisation de l'ensemble des stations pour lesquelles des données météorologiques sont disponibles au Québec à partir des informations auxquelles il a accès à l'interne.

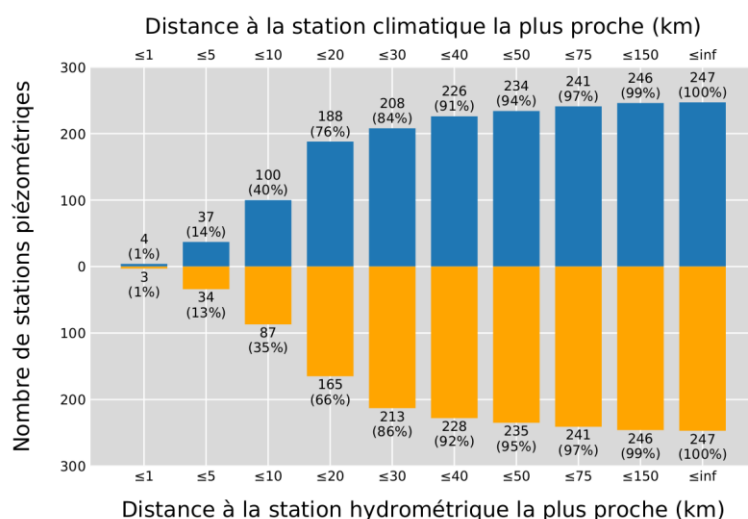


Figure 4.2 – Nombre de stations piézométriques du RSESQ en fonction de la distance aux stations météorologiques les plus proches pour lesquelles des données étaient disponibles sur le site Internet d'Environnement Canada (en bleu) et en fonction de la distance aux stations hydrométriques les plus proches du CEHQ (en jaune) en date du 19 septembre 2018.

Des outils ont ensuite été développés pour produire des graphiques présentant un historique du nombre de stations piézométriques actives dans le RSESQ en fonction du temps (voir figure 4.3) et du nombre de stations piézométriques en fonction du nombre d'années avec des données disponibles à ces stations (voir figure 4.4).

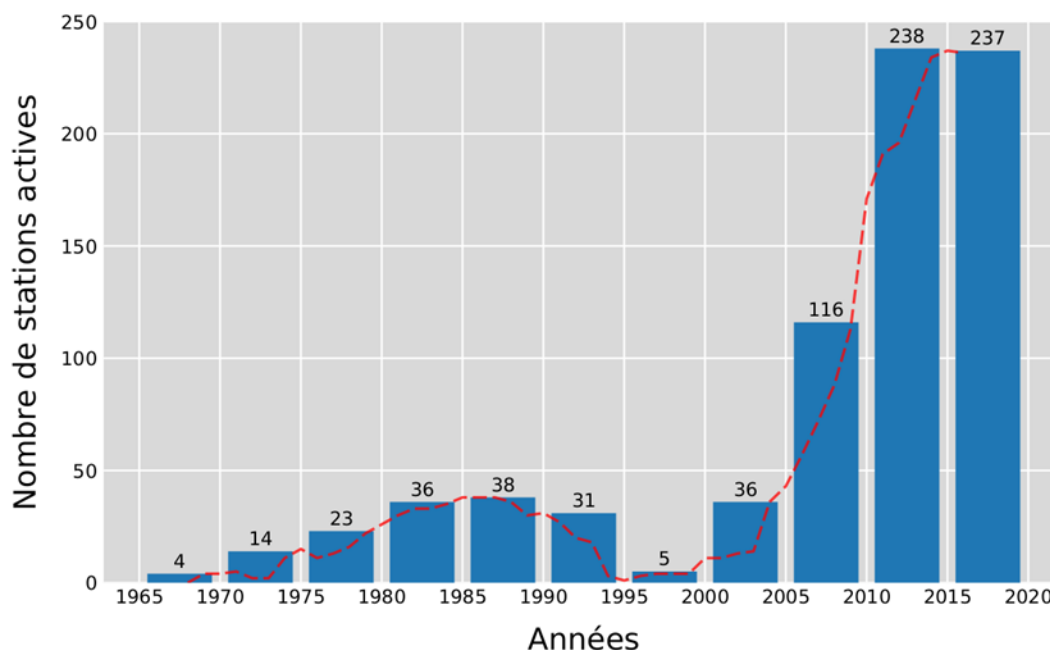


Figure 4.3 – Historique du nombre de stations piézométriques actives du RSESQ en date du 19 septembre 2018.

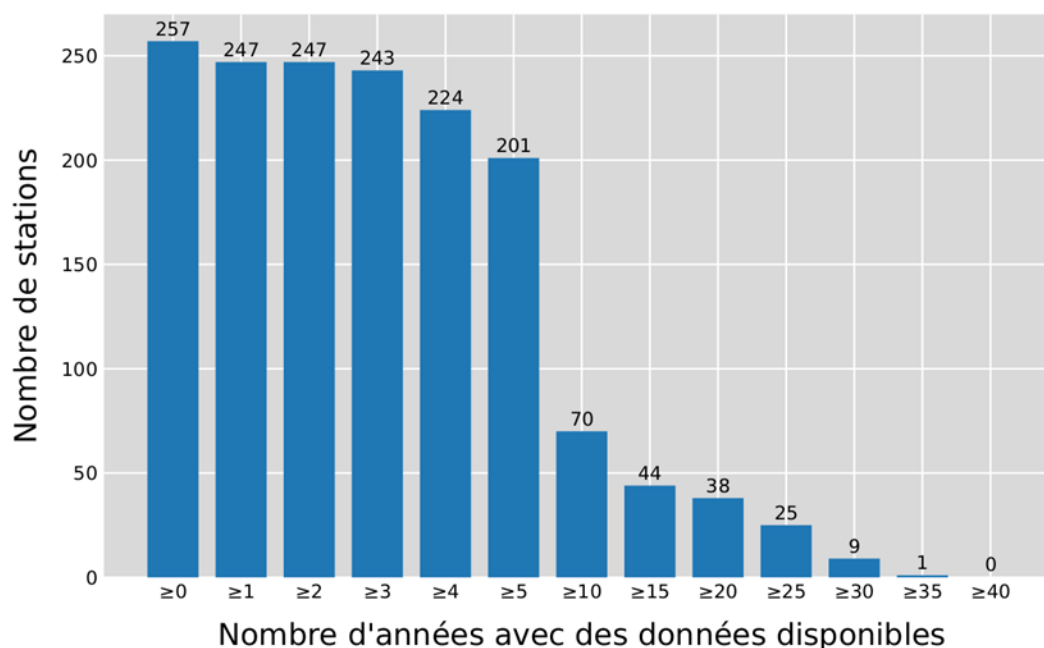


Figure 4.4 – Nombre de stations piézométriques du RSESQ en fonction du nombre d'années avec des données en date du 19 septembre 2018.

Enfin, un outil a été développé permettant de rechercher et sélectionner les stations piézométriques du RSESQ situés à l'intérieur d'une région définie par un polygone (shapefile). L'outil permet ensuite de produire un graphique montrant la distribution dans le temps des données piézométriques qui sont disponibles à chacune des stations de la zone d'étude. La figure 4.5 présente un exemple de graphique produit avec cet outil pour la région de la ville de Mercier où on peut voir les années où des mesures sont disponibles pour chaque station du RSESQ identifiée par son numéro.

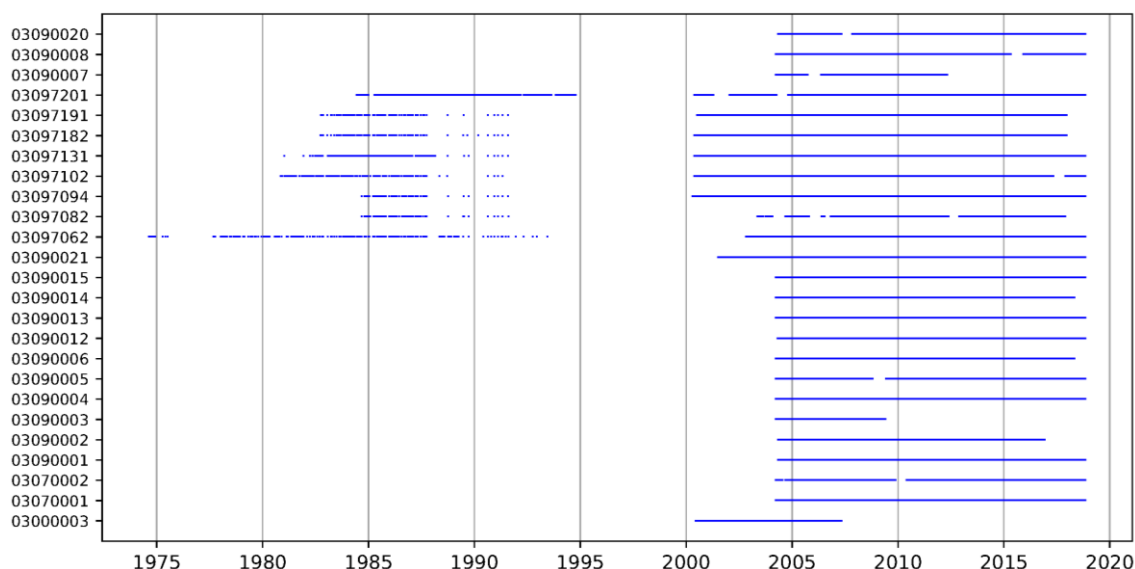


Figure 4.5 – Données piézométriques du RSESQ disponibles pour la région de la ville de Mercier.

4.4 Hydrogrammes statistiques

Un script Python a été développé pour produire des hydrogrammes statistiques à partir des données de niveaux d'eau qui sont disponibles sur le site Internet du RSESQ. Cet outil est inspiré de ce que produit l'USGS pour l'ensemble des puits de son *Climate Response Network* qui est disponible à l'adresse suivante : <https://groundwaterwatch.usgs.gov/>. Un exemple d'hydrogramme statistique est présenté à la figure 4.6 pour la station piézométrique 04017031 située à Brownsburg-Chatham dans les Laurentides. Dans le cadre de ce projet, les hydrogrammes statistiques ont été produits pour l'année 2015-2016 pour l'ensemble des stations du RSESQ pour lesquels au moins 10 ans de données étaient disponibles sur le site Internet du RSESQ au moment de la production des hydrogrammes. Le script Python de même que les figures des hydrogrammes statistiques qui ont été produites pour l'ensemble des stations piézométriques qui le permettaient sont disponibles à l'annexe électronique E3.

À noter que dans le cadre du projet portant sur le développement de méthodologies d'analyse des données du RSESQ (Gosselin et al. 2020), le concept des hydrogrammes statistiques a été exploré plus en détails et des recommandations ont été émises pour améliorer la méthode de calcul et de présentation des résultats. De plus, dans un projet subséquent ayant pour objectif la production d'un bulletin sur l'état des nappes du Québec et d'un portrait du réseau de suivi des eaux, l'outil développé ici et les recommandations émises dans le cadre du projet sur le développement de méthodologies d'analyse des données du RSESQ seront reprises afin de développer un outil fonctionnel qui permettra au ministère de produire des hydrogrammes statistiques à jour directement à partir de la base de données du RSESQ.

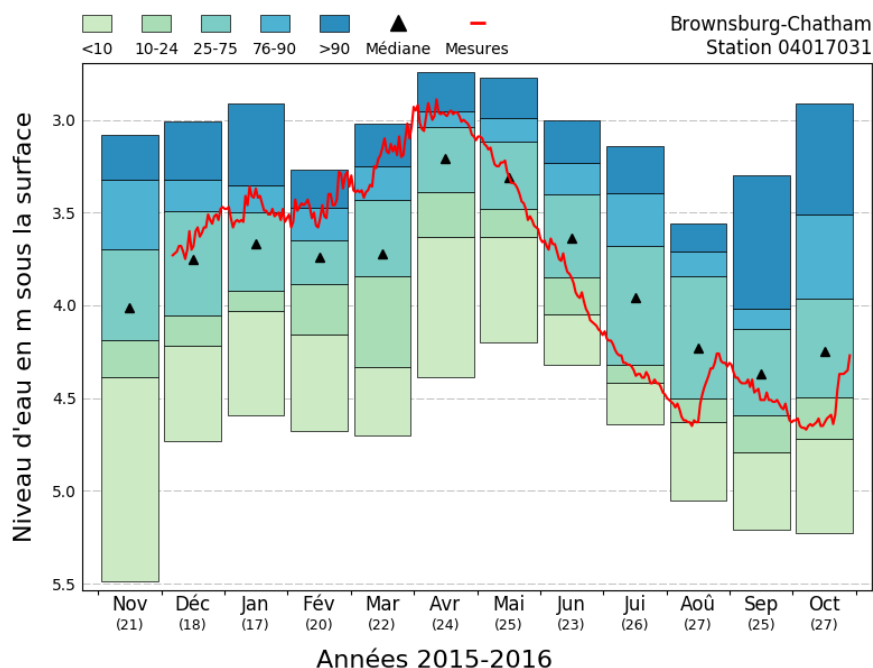


Figure 4.6 – Exemple d'hydrogramme statistique produit pour la période 2015-2016 pour le puits situé à Brownsburg-Chatham dans les Laurentides.

4.5 Analyses fréquentielles

Un script Python a été rédigé pour réaliser des analyses fréquentielles des séries temporelles des niveaux piézométriques et barométriques du RSESQ et afficher les résultats dans un format permettant de visualiser et interpréter les résultats. Cet outil a été utilisé pour réaliser des analyses fréquentielles des données piézométriques et barométriques acquises aux 15 minutes pour l'ensemble des puits situés en Montérégie Est. Les résultats de ces analyses, de même que le script Python mentionné ci-dessus, sont disponibles en format pdf dans l'annexe électronique E6. Le prétraitement des données ayant servi aux analyses a été réalisé avec les outils qui sont présentés plus loin dans ce rapport à la section 5.2.

Un exemple de résultats est présenté à la figure 4.7 pour la station piézométrique 03030011 située dans la municipalité de Brome en Montérégie Est. Le graphique du haut présente les séries temporelles des données normalisées de niveaux d'eau (bleu) et de pression atmosphérique (gris). Le graphique du centre et du bas présentent respectivement les résultats des analyses fréquentielles réalisées sur les données piézométriques et barométriques. De plus, les fréquences des composantes harmoniques principales des marées sont indiqués sur ces deux graphiques par des lignes verticales de couleur. Cela permet de bien visualiser l'impact des différentes composantes des marées sur les données piézométriques et barométriques.

Une des utilités des analyses fréquentielles est de permettre d'identifier les puits qui sont influencés par du pompage. Par exemple pour le puits 03030011 à Brome dont les résultats sont présentés à la figure 4.7, le graphique du centre montre clairement un pic de la puissance du signal autour de 21 et 28 heures/cycle. Or, ces deux pics ne correspondent à aucune des harmoniques principales de la marée, ce qui suggère fortement l'influence d'effets anthropiques dans les données de niveaux d'eau de ce puits, ce qui est apparent lorsque l'on regarde l'allure des fluctuations des niveaux d'eau dans ce puits.

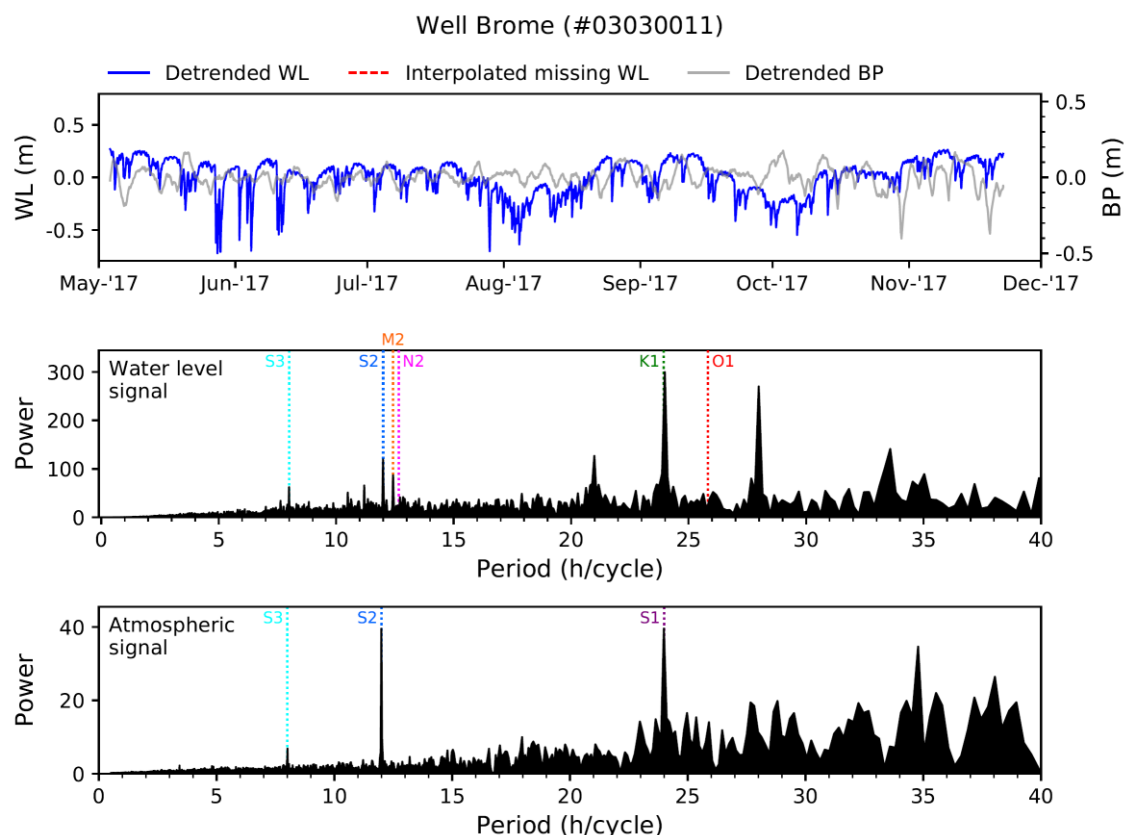


Figure 4.7 – Analyses harmoniques des données de niveaux piézométriques et barométriques au piézomètre 03030011 du RSESQ situé dans la municipalité de Brome.

De plus, d'après Rahi et Halihan (2013), les analyses fréquentielles pourraient également servir à caractériser le niveau de confinement des aquifères. Le principe de la méthode consiste à déterminer la présence et la force relative du signal aux fréquences des composantes harmoniques des marées terrestres (principalement les composantes O1, K1, M2, S2 et N2). Le type d'aquifère pourrait ensuite être déterminé (captif, libre et semi-captif) en se basant sur les critères présentés dans le tableau 4.1 ci-dessous. Cette approche n'a toutefois pas été explorée davantage dans le cadre du présent projet (voir les travaux sur le confinement aux sections 6 et 7).

Tableau 4.1 – Critère pour la classification des aquifères avec la méthode des analyses harmoniques (tiré de Rahi et Halihan 2013). Voir la figure 4.7, graphique du centre, pour la définition des composantes de la marée.

Composante de la marée	Type d'aquifère		
	Captive	Semi-captive	Libre
O1	Présente	Peut-être présente	Absente
K1	Présente	Présente	Peut-être présente
M2	Présente et dominante	Présente	Absente
S2	Présente	Présente et dominante	Peut-être présente
N2	Présente	Peut-être présente	Absente

5 Réponse et correction barométriques

5.1 Principes de la fonction de réponse barométrique

Les variations de la pression atmosphérique sont connues pour causer des fluctuations proportionnelles et opposées du niveau d'eau dans les puits. Un exemple de ce phénomène est illustré à la figure 5.1 où des mesures temporelles de niveaux d'eau et de pression atmosphérique acquises simultanément dans un des puits d'observation du RSESQ sont présentées sur un même graphique.

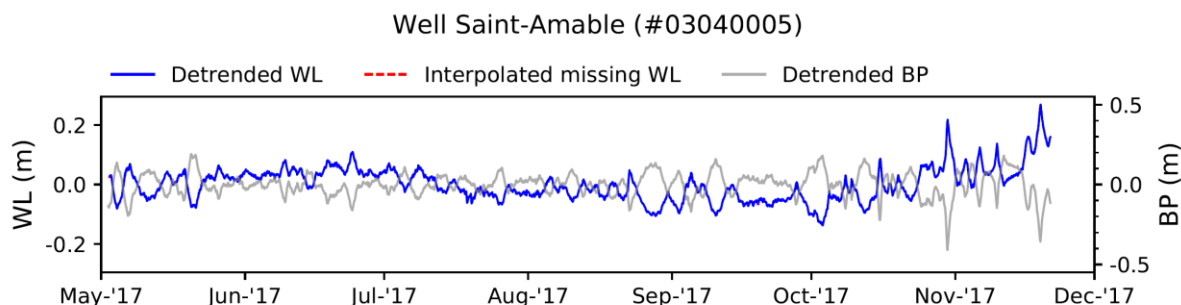


Figure 5.1 – Séries temporelles des niveaux piézométriques (en bleu) et barométriques (en gris) mesurés aux 15 minutes dans le puits d'observation 03040005 du RSESQ à Saint-Amable.

Ce « bruit » dans les séries temporelles de données piézométriques contient de l'information qui peut être utilisée pour mieux caractériser le niveau de confinement des aquifères à l'aide de la fonction de réponse barométrique (BRF : *Barometric Response Function*) qui est une méthode d'analyse des séries temporelles de données de niveaux piézométriques et barométriques. La BRF peut également être utilisée pour corriger les données piézométriques pour l'effet des variations barométriques, ce qui est souhaitable dans plusieurs applications, tel que pour la détection de tendances dans les niveaux piézométriques, l'évaluation des corrélations entre les niveaux et les variables climatiques et la production de cartes piézométriques. Des données acquises à une fréquence au moins horaire sont nécessaires pour évaluer la BRF correctement. Lorsque les conditions le permettent, une fréquence d'acquisition de 4 mesures par heure (toutes les 15 minutes) est même à privilégier (Butler Jr. et al., 2011). À cette fin, les sondes de pression d'eau et barométriques installées dans les puits du RSESQ ont donc été programmées au cours de l'année 2017 pour enregistrer des données aux 15 minutes pour une période d'environ 1 an.

En plus des effets barométriques, le niveau de l'eau souterraine peut également être influencé par les marées terrestres qui sont l'expression de la force de marée sur la terre solide due aux forces de gravitation de la lune et du soleil. Un exemple de ce phénomène est illustré à la figure 5.2 où l'effet des marées terrestres se traduit par de petites variations journalières en forme de « m » du niveau de l'eau qui sont clairement visibles sur l'hydrogramme du puits 03070002. Le fait de considérer l'effet des marées terrestres lors de l'évaluation de la BRF permet d'améliorer significativement les résultats obtenus. Pour ce faire, il est alors nécessaire de générer des données synthétiques de marée terrestre à chacune des stations piézométriques.

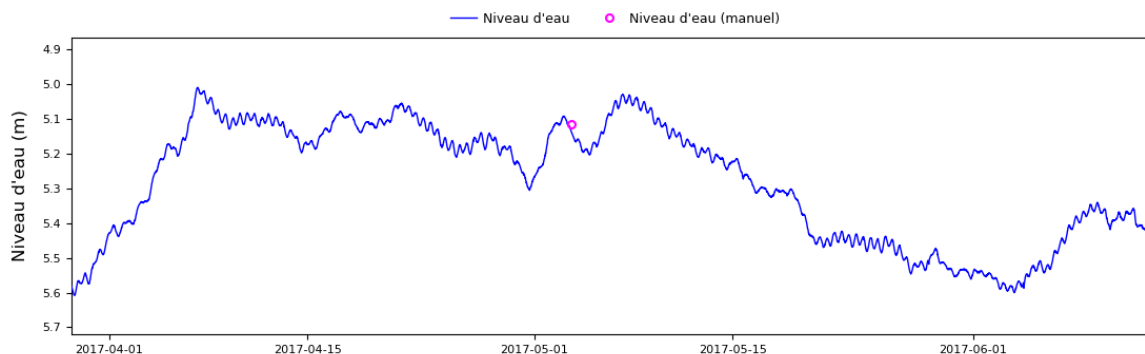


Figure 5.2 – Séries temporelles des niveaux piézométriques (en bleu) mesurés aux 15 minutes dans le puits d'observation 03070002 du RSESQ à Saint-Patrice-de-Sherrington.

Dans le cadre de ce projet, la BRF est calculée en utilisant l'approche présentée par Butler et al. (2011) qui est basée sur la méthode de régression-déconvolution de Rasmussen et Crawford (1997). Le principe de cette approche consiste à résoudre un modèle de régression linéaire multiple qui représente la relation dans le domaine temporel entre les changements observés dans les données redressées du niveau piézométrique mesuré dans un puits d'observation, ΔW , avec les changements antécédents observés au puits dans les données redressées de la pression atmosphérique, ΔB , et du potentiel de gravité des marées terrestre, ΔE .

Ce modèle de régression linéaire multiple peut être exprimé sous la forme suivante :

$$\Delta W(t) = \sum_{i=0}^m \alpha_i \Delta B(t - i\Delta t) + \sum_{i=0}^n \beta_i \Delta E(t - i\Delta t) \quad \text{Équation 1}$$

où t correspond au temps, Δt correspond au pas de temps d'acquisition des données, i correspond au décalage temporel des variations de la pression atmosphérique et du potentiel de gravité des marées terrestre par rapport aux variations observées du niveau piézométrique, n et m correspondent aux décalages temporels maximums considérés dans l'évaluation de la réponse des niveaux d'eau aux variations de la pression atmosphérique et du potentiel de gravité des marées terrestres, α_i et β_i correspondent aux coefficients de la fonction de réponse des niveaux piézométriques aux changements observés de la pression atmosphérique et du potentiel de gravité des marées terrestres.

Cette méthode d'évaluation de la BRF repose sur l'hypothèse que les changements observés du niveau piézométrique pour une période donnée ne sont fonction que des changements de la pression atmosphérique et du potentiel de gravité des marées terrestre. C'est pourquoi l'évaluation de la BRF avec cette méthode doit être faite à partir de données judicieusement sélectionnées durant les périodes de récession des niveaux d'eau, lorsque la recharge est supposée négligeable et ne produit pas de variations des niveaux d'eau. La BRF ne peut également pas être évaluée pour les puits dont les niveaux d'eau sont influencés par du pompage. Cette technique est donc intéressante puisqu'elle fournit une méthode permettant d'identifier les puits influencés par du pompage. Toutefois, pour les puits influencés, il n'est alors pas possible de corriger les niveaux d'eau pour les effets des variations barométriques.

Dans le cadre de ce projet, des outils ont d'abord été développés pour lire les données piézométriques non compensées et les données barométriques aux 15 minutes à partir des fichiers de données brutes archivés par le ministère. Un outil a aussi été développé pour générer de façon automatisée les marées terrestres synthétiques à chacune des stations de la région d'étude. Des outils et une méthodologie ont ensuite été développés dans le but d'évaluer la BRF à partir des données piézométriques, barométriques et de marée terrestre. Enfin, des outils et une méthodologie ont été développés pour corriger les niveaux piézométriques quotidiens de 1980 à aujourd'hui pour l'ensemble des stations du RSESQ situées dans la région d'étude et pour lesquelles une BRF a pu être évaluée. L'ensemble des outils, méthodologies et résultats qui ont été produits dans le cadre de ce volet du projet sont présentés dans les sous-sections suivantes.

5.2 Préparation des données piézométriques et barométriques

Les données piézométriques non compensées et les données barométriques qui ont été acquises aux 15 minutes dans les puits du RSESQ au cours de l'année 2017 ont été archivées par le ministère dans des fichiers csv qui ont été produits par le logiciel Solinst lors du téléchargement des données des sondes piézométriques et barométriques. Pour chaque campagne de collecte des données (2 par année), les fichiers de données brutes sont sauvegardés dans un dossier commun avec un nom de fichier contenant le nom et le numéro de la station piézométrique de même que la date de téléchargement des données.

Afin de réaliser les analyses de réponse barométrique pour les puits du RSESQ, il était nécessaire de pouvoir lire les données piézométriques non compensées et les données barométriques de ces fichiers csv. Pour ce faire, nous avons utilisé le module Python HydroSensorReader qui a été développé à la CGC par Xavier Malet. Dans le cadre de notre projet, nous avons pu régler quelques bogues et ajouter au module HydroSensorReader les fonctionnalités nécessaires pour la lecture des fichiers de données brutes du RSESQ. Cet outil est distribué gratuitement sous une licence « open source » et est disponible à l'adresse suivante : <https://github.com/cgc-qgc/HydroSensorReader>. Une copie de ce module est également fournie dans l'annexe électronique E4.1. À noter que les travaux réalisés ici ont servi dans le cadre du projet portant sur le développement de méthodologies d'analyse des données du RSESQ (Gosselin et al. 2020), où une preuve de concept a été produite afin de démontrer l'utilisation de nouvelles méthodes et outils qui permettraient au ministère d'améliorer la gestion et le stockage des données du RSESQ.

Nous avons ensuite créé un script Python permettant d'utiliser le module HydroSensorReader afin de lire et formater automatiquement l'ensemble des données brutes qui étaient disponibles pour la région PACC. Ce script, de même que les données brutes, sont disponibles dans l'annexe électronique E4.2. Les données ont été traitées en fonction des différentes régions que le ministère utilise pour archiver les données brutes du RSESQ, soit la Capitale-Nationale, Centre-Québec, Chaudière-Appalaches, Montérégie et Montréal. Les données brutes de chacune des régions ont ensuite été formatées et sauvegardées dans des fichiers csv. Les fichiers csv contenant les données piézométriques et barométriques formatées pour chacune des régions sont également disponible dans l'annexe électronique E4.2.

5.3 Production des données synthétiques de marées terrestres

Le logiciel TSoft qui a été développé à la *Royal Observatory of Belgium* peut être utilisé pour générer des séries temporelles synthétiques des marées terrestres qui sont synchronisées avec les données piézométriques et barométriques. Ce logiciel est disponible gratuitement à l'adresse suivante : <https://seismologie.oma.be/en/downloads/tsoft>. Toutefois, l'utilisation de TSoft pour produire des séries temporelles synthétiques des marées terrestres aurait demandé un effort considérable, car il aurait fallu faire le travail pour chacune des stations du RSESQ de la région d'étude.

Dans le cadre de ce projet, nous avons donc développé un script Python qui a permis d'utiliser les fonctionnalités du module Python PyGTide pour automatiser la production des données synthétiques de marées terrestres aux stations piézométriques du RSESQ. PyGTide est distribué gratuitement sous une licence « open source » et est disponible à l'adresse suivante : <https://github.com/hydrogeoscience/pygtide>.

Le script Python de même que les données synthétiques de marée terrestre qui ont été produites pour la période de 1980 à 2018 (inclusivement) à chacun des puits du RSESQ sont disponibles dans l'annexe électronique E4.3.

5.4 Développement d'un outil pour évaluer la BRF

Quelques outils existent pour calculer la BRF, dont le logiciel KGS BRF (Bohling et al. 2011) développé par la *Kansas Geological Survey* qui est disponible gratuitement sur leur site Internet à l'adresse suivante : http://www.kgs.ku.edu/HighPlains/OHP/index_program/brf.html. Le logiciel KGS BRF comporte deux composants : une feuille de calcul Excel (voir figure 5.3) et un programme compilé (exécutable). La feuille de calcul Excel sert d'interface graphique au programme et permet de gérer les données et de produire les fichiers d'entrée requis par l'exécutable. La feuille permet également de lancer l'exécutable, de lire les résultats des fichiers de sortie produits par le programme et d'afficher les résultats. Toutefois, l'utilisation de la feuille de calcul Excel n'est pas conviviale et demande beaucoup d'efforts pour la gestion des données et des résultats lorsque la BRF doit être calculée pour plusieurs puits et pour différentes périodes.

Afin de faciliter l'application de la méthode à l'ensemble des puits du RSESQ, un nouvel outil a été développé et incorporé à GWHAT (voir figure 5.4). Ce nouvel outil permet d'exploiter les fonctionnalités de gestion et de visualisation des données de niveau d'eau de GWHAT pour rapidement calculer la BRF à l'aide de l'exécutable KGS BRF, lire les résultats des fichiers de sorties produits par l'exécutable et afficher les résultats sur un graphique. Autrement dit, cet outil remplace complètement la feuille Excel de l'outil KGS BRF. Les résultats sont stockés automatiquement dans le fichier de projet GWHAT et peuvent être exportés en tout temps dans des fichiers csv ou Excel. Ainsi, cet outil permet de faciliter grandement le calcul de la BRF pour plusieurs puits et pour différentes périodes de l'année, ce qui a déjà été fait pour tous les puits du RSESQ de la zone d'étude à partir des données qui ont été acquises aux 15 minutes.

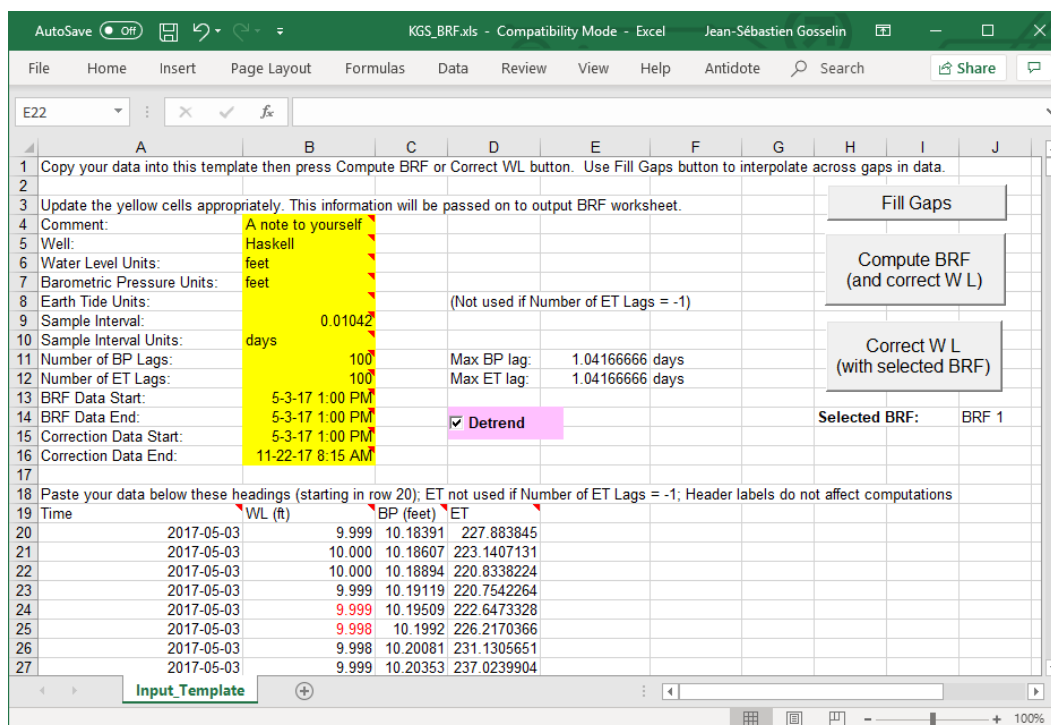


Figure 5.3 – Aperçu de la feuille de calcul Excel du logiciel KGS BRF.

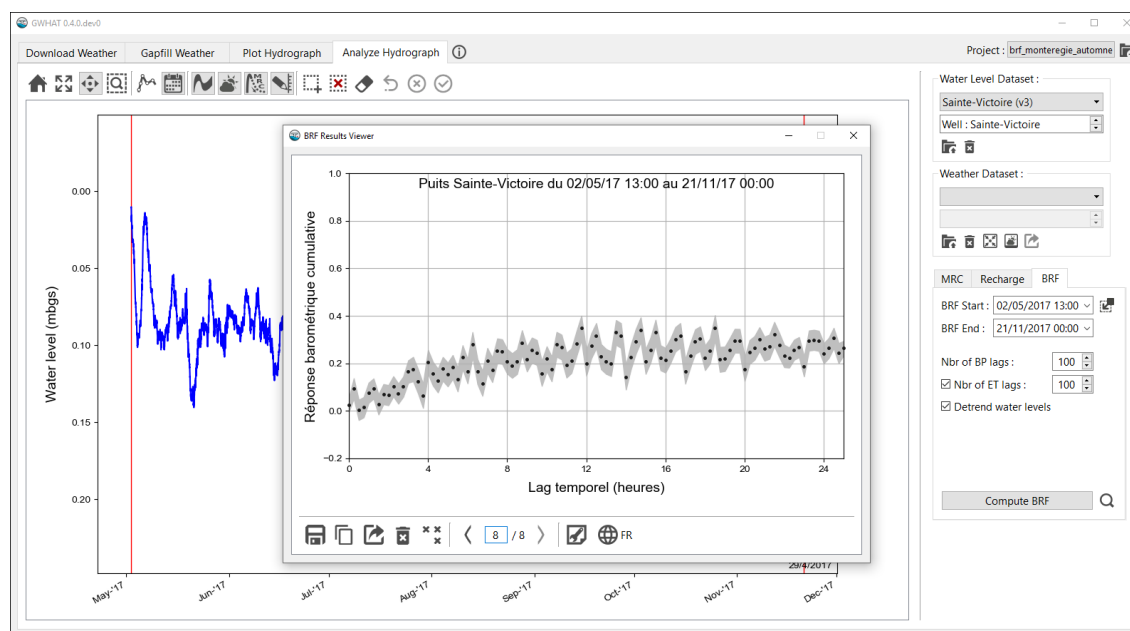


Figure 5.4 – Aperçu de l'outil disponible dans GWHAT 4.0 pour évaluer la fonction de réponse barométrique des puits.

5.5 Évaluation de la BRF pour la région d'étude

Suite à la production des données d'entrée qui a été décrite aux sections précédentes, les données ont été mise en commun de façon à créer pour chaque station de la région d'étude un fichier csv contenant les séries de données synchronisées piézométriques, barométriques et de marées terrestres. Les fichiers ont été sauvegardés dans un format d'entrée compatible avec GWHAT. À noter que pour les stations piézométriques qui n'étaient pas équipées d'une sonde barométrique, les données de la sonde installée à la station la plus proche ont été utilisées. De plus, les données aux 15 minutes ont été rééchantillonnées aux heures lors de cette étape. Cela a été fait, car des tests ont permis de déterminer que cela permettait d'améliorer non seulement l'évaluation de la BRF, mais également la correction barométrique des niveaux d'eau. Le script Python de même que les fichiers csv contenant les données formatées sont disponibles dans l'annexe électronique E4.4.

Les fichiers de données ainsi préparés ont ensuite été chargés dans GWHAT. Un projet GWHAT a été créé pour chacune des régions utilisées par le ministère pour archiver les données brutes du RSESQ (voir section 5.2). À l'aide de l'outil GWHAT présenté à la section 5.4, les BRF ont ensuite été évaluées pour chacune des stations piézométriques de la région d'étude. Les BRF ont été évaluée en utilisant un délai temporel variant entre 1 et 8 jours, dépendamment du type de réponse et de la qualité des données. De façon générale, les BRF ont été évaluées à partir de segments de données d'une durée de 2 à 4 semaines et correspondant à une période de récession des niveaux d'eau, alors que la recharge est supposée négligeable. Grâce à l'outil GWHAT, il est facile d'évaluer pour une station donnée la BRF pour différentes périodes de l'année afin d'augmenter le niveau de confiance des résultats. Il est alors possible de choisir la période permettant de produire la meilleure évaluation de résultats de BRF parmi les données disponible, basé sur le bruit dans la courbe de BRF et la concordance les courbes BRF des modèles théoriques.

Au total, la BRF a pu être évaluée pour 83 des 123 stations de la région d'étude. La BRF n'a pas pu être évaluée pour 17 stations car les niveaux étaient influencés, pour 13 stations qui étaient inactives et pour lesquelles des données aux 15 minutes n'étaient pas disponibles (même si un intervalle horaire a été utilisé) et enfin pour les 10 nouvelles stations du PACES Estrie, car aucune donnée n'était alors disponible pour ces stations lorsque le travail a été réalisé. À noter que la BRF a pu être évaluée pour la station 03097191 à Sainte-Martine puisque des données aux 15 minutes étaient disponibles, mais que cette station a été rendue inactive depuis. La BRF ne permet pas de définir l'origine de l'influence subit par les puits, mais on peut présumer qu'en général cela serait dû à un ou des puits dont le pompage affecterait le niveau d'eau.

L'ensemble des graphiques des BRF qui ont ainsi été produits sont présentés à l'annexe A9 alors que les données numériques des BRF et les fichiers de projet GWHAT dans l'annexe électronique E4.5. À noter que la BRF n'a pas pu être évaluée pour les puits dont l'ensemble des données de niveaux d'eau est influencé par du pompage. Dans les cas où le pompage était limité à certaines périodes des données, il a alors été possible d'évaluer une BRF à partir des sections non influencées des données.

5.6 Préparation des données barométriques de la grille NARR

Tel que mentionné précédemment, un des objectifs de ce projet était de développer une méthodologie permettant d'utiliser la BRF pour corriger les données piézométriques journalières des stations de la région d'étude pour la période de 1980 à 2017. Toutefois, les données barométriques du RSESQ qui sont nécessaires pour la correction ne permettent pas de couvrir cette période. Des données barométriques de la grille

North American Regional Reanalysis (NARR) du NOAA Earth System Research Laboratory ont alors été utilisées (disponibles gratuitement à : <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.narr.html>).

Ces données sont disponibles aux 3 heures de 1979 à aujourd'hui. Dans un premier temps, un script Python a été développé pour télécharger en lot les données barométriques de la grille NARR. Un second script a ensuite été développé pour extraire les données de la grille NARR aux points de la grille les plus proches des stations piézométriques du RSESQ. Les données ainsi extraites ont ensuite été sauvegardées dans un fichier csv. Les scripts Python qui ont été utilisés pour télécharger et extraire les données barométriques de la grille NARR, de même que le fichier contenant les données qui ont été extraites aux points de la grille situés à proximité des stations du RSESQ sont disponibles dans l'annexe électronique E4.6.

Dans le but de valider l'utilisation des données de la grille NARR pour la correction barométrique des données du RSESQ, les données de la grille NARR ont été comparées avec celles mesurées en 2017 dans les puits du RSESQ. Les résultats ont démontré que la corrélation entre les deux jeux de données était excellente. À titre d'exemple, la figure 5.5 montre les corrélations et RMSE obtenues pour les puits du RSESQ de la Montérégie Est. Le script Python qui a été développé pour faire la comparaison des données barométriques est également disponible dans l'annexe électronique E4.6.

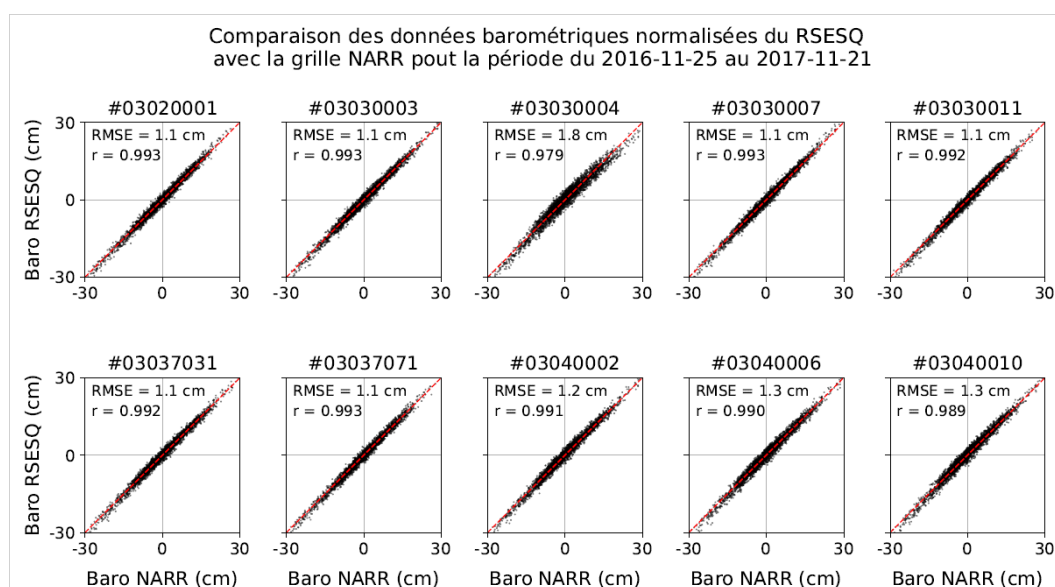


Figure 5.5 – Corrélation entre les données barométriques mesurées dans les puits du RSESQ de la Montérégie Est et les données de la grille NARR.

5.7 Correction barométrique des niveaux piézométriques

La correction des données piézométriques pour les stations de la région d'étude pour lesquelles une BRF a pu être évaluée a été réalisée à l'aide d'un script Python. L'approche consiste à utiliser les données barométriques de la grille NARR (voir section 5.6) et les données synthétiques du potentiel de gravité des marées terrestre (voir section 5.3) pour calculer avec l'équation 1 de la section 5.1 les perturbations des niveaux d'eau (ΔW) associés aux effets barométriques et des marées terrestres. Les valeurs des paramètres α_i et β_i dans l'équation 1 ont été calculées lors de l'évaluation des BRF aux stations du RSESQ et ont été sauvegardées dans des fichiers csv disponibles dans l'annexe électronique E4.5.

La correction des niveaux d'eau pour les effets barométriques et des marées terrestres consiste alors à soustraire les perturbations calculées avec l'équation 1 aux données de niveaux d'eau non corrigés tel que :

$$W_{\text{corrigés}}(t) = W_{\text{non_corrigés}}(t) - \Delta W(t) \quad \text{Équation 2}$$

où $W_{\text{corrigés}}(t)$ sont les niveaux d'eau corrigés pour les effets barométriques et des marées terrestres, $W_{\text{non_corrigés}}(t)$ sont les niveaux d'eau non corrigés tel que publiés sur le site Internet du RSEQ et $\Delta W(t)$ sont les perturbations des niveaux d'eau dans le puits causés par les effets barométriques et les marées terrestres.

La correction de niveaux d'eau a donc pu être faite pour 81 des 123 stations de la région d'étude de 1980 à 2017 inclusivement à l'aide d'un script Python implémentant la méthode décrite ci-dessus. À noter que la correction des niveaux d'eau pour les stations 03040013 à Frelighsburg et 03090006 à Franklin n'a pas été faite, en dépit du fait qu'une BRF ait été calculées pour ces dernières. Cela s'explique par le fait que la BRF n'avait pas pu être évaluée pour ces stations lorsque le travail de correction barométrique a été réalisé, puisque les niveaux d'eau de ces deux stations sont influencés par des phénomènes autres que la recharge naturelle et les variations barométriques. Toutefois, ces stations ont été revisitées plus tard dans le projet et une BRF a pu finalement être évaluée dans les deux cas à partir de segments dans les données qui n'étaient pas influencés. Toutefois, la correction des niveaux d'eau à partir de ces nouveaux résultats de BRF n'a pas été fait pour ces deux stations.

Les niveaux d'eau corrigés pour chacune des stations, de même que les données originales, sont disponibles dans l'annexe électronique E4.7. Des graphiques mettant en relation les données de niveaux d'eau corrigées et originales ont également été produit pour chacune des stations et ont été sauvegardés dans un fichier PDF. Un exemple de résultat est présenté à la figure 5.6 pour la station 03030003 à Saint-Hugues.

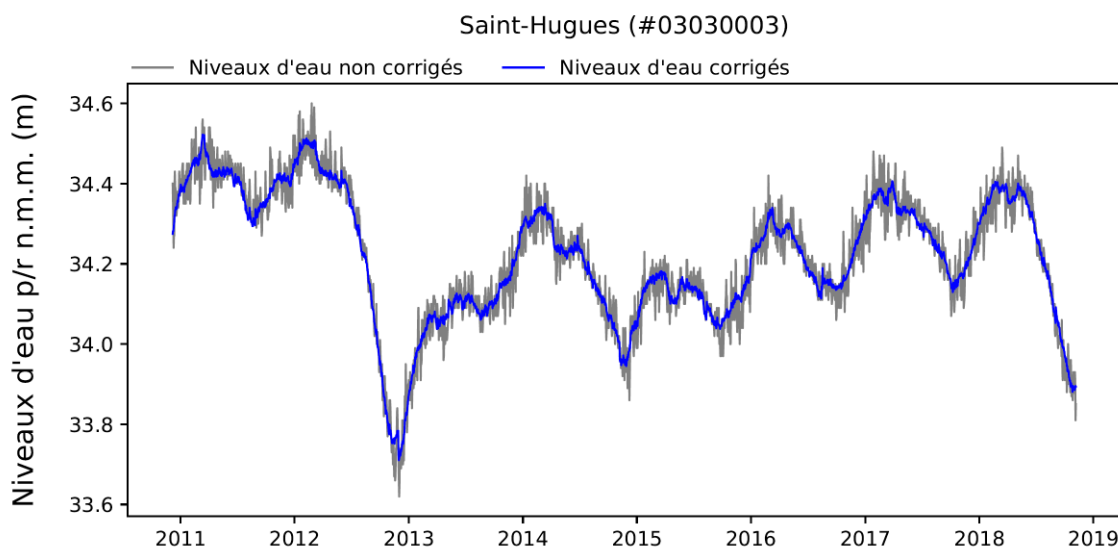


Figure 5.6 – Comparaison des niveaux d'eau (gris) avec les niveaux d'eau corrigés pour l'effet des variations de pression barométrique (bleu) pour le puits 03030003 du RSEQ à Saint-Hugues.

6 Contexte des puits du RSESQ

Afin de dresser un portrait, le plus exhaustif possible, des puits du RSESQ situés au sud du fleuve Saint-Laurent, il a été nécessaire de définir les conditions autour (section 6.2) et au droit (section 6.3) de chaque puits du réseau. Ces conditions assurent une meilleure compréhension du contexte d'implantation de chaque puits à une échelle locale. Toutefois, pour faire le lien avec un contexte d'ordre régional, les conditions locales rencontrées dans l'environnement proche de chacun des puits vont être mises en relation avec les secteurs hydroclimatiques définis dans le cadre d'un projet connexe portant sur la définition d'indicateurs de stress hydrique (Huchet et al. 2021). Les 12 secteurs hydroclimatiques définis dans la région d'étude sont brièvement évoqués dans la section 6.1 mais plus de détails sont disponibles directement dans le rapport du projet sur le stress hydrique (voir Huchet et al. 2021).

6.1 Définition des secteurs hydroclimatiques

La définition des secteurs hydroclimatiques a été faite dans le cadre de la production d'un indicateur climatique permettant de relier les fluctuations des niveaux de nappe enregistrées dans les puits du RSESQ à la variabilité naturelle des paramètres météorologiques (précipitations et températures). En plus de leur localisation, le contexte d'implantation des puits du réseau est un attribut important puisque les tendances observées sur certains puits devraient être reliées aux conditions climatiques et hydrogéologiques rencontrées au sein d'une région donnée. Puisqu'au sud du fleuve Saint-Laurent, le réseau dispose de 109 puits actifs (sur un total de 123), il est également nécessaire de les regrouper au sein de zones ou régions aux contextes hydroclimatiques distincts. En effet, la définition d'un indicateur de stress hydrique nécessite un cadre et une échelle adaptés.

La procédure de définition des secteurs hydroclimatiques visait à retenir des critères permettant de subdiviser la région d'étude en plusieurs zones aux caractéristiques hydrogéologiques et climatiques distinctes. Pour ce faire, les normales climatiques (précipitations totales et températures moyennes) enregistrées entre 1981 et 2010 et compilées sur la grille Info-climat (Bergeron 2017) du MELCC ont été utilisées en plus d'autres cartes telles que le modèle numérique de terrain (topographie) et le cadre géologique (limites des grands ensembles géologiques seulement). Cette procédure a finalement mis en exergue un lien évident entre le relief et la distribution des précipitations. En effet, un seuil physiographique naturel à 200 m d'altitude marque une limite entre une zone de précipitations plus faibles au nord (1 050 mm/an en moyenne entre 1981 et 2010), là où le relief est moins marqué, et une autre, au sud, caractérisée par des reliefs plus élevés avec des précipitations plus importantes (1 153 mm/an en moyenne sur la même période). En complément, les limites des Zones de gestion intégrée de l'eau par bassins versants (ZGIEBV) ont aussi été utilisées pour assurer une certaine cohérence avec les limites hydrologiques des organismes de bassins versants (OBV). Ce faisant, 12 secteurs hydroclimatiques de 1 500 à 6 700 km² ont été délimités sur les 36 000 km² de la région d'étude (figure 6.1).

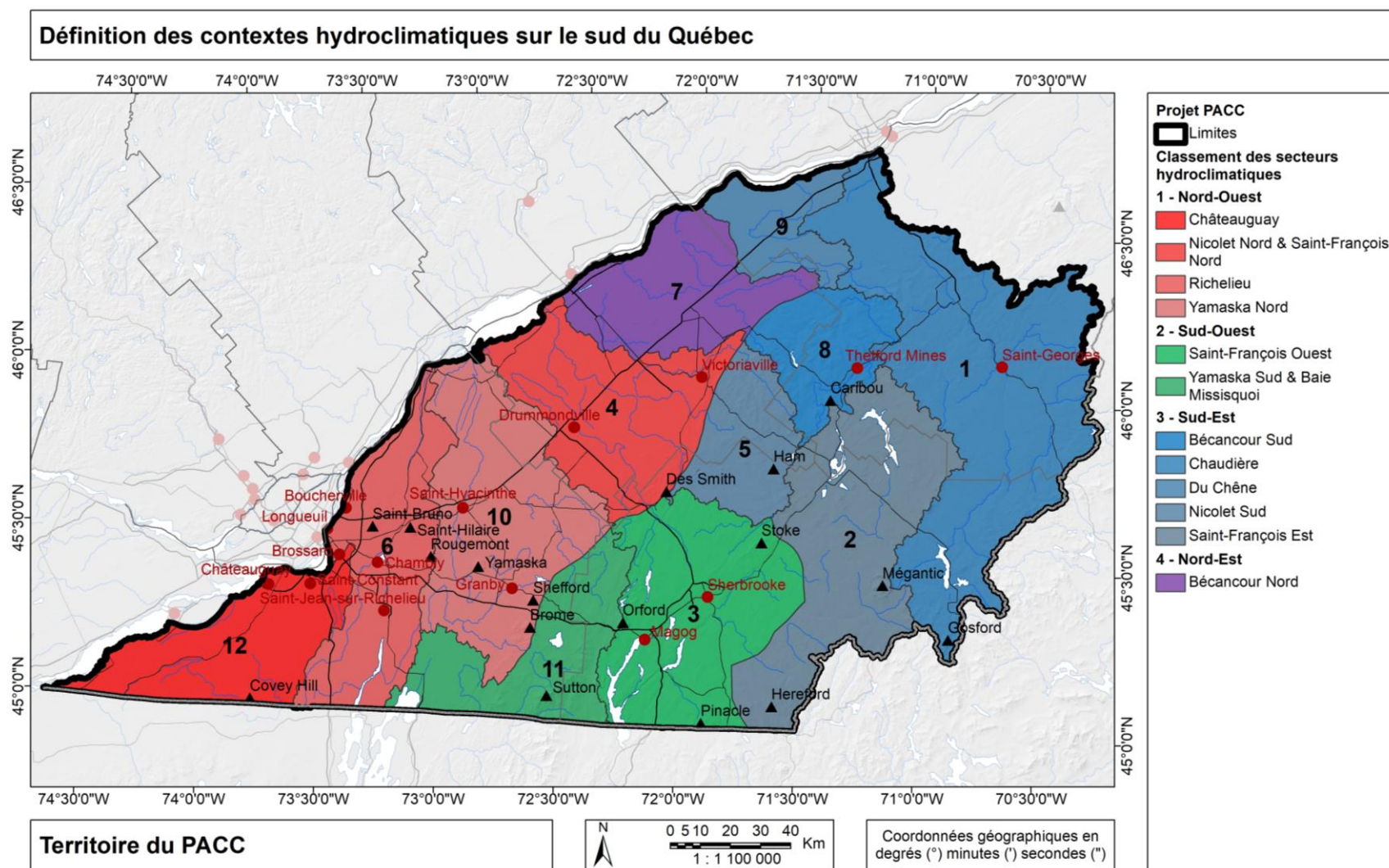


Figure 6.1 – Classement des secteurs hydroclimatiques sur le sud du Québec

Il est possible de rassembler ces 12 secteurs hydroclimatiques au sein de quatre groupes selon leur situation par rapport aux normales climatiques enregistrées au sud de la province mais également leur situation géographique (figure 6.2) : (1) Nord-Ouest : bassins ou portions avales de bassins situées à proximité du fleuve Saint-Laurent, au nord-ouest du seuil à 200 m/NMM, et caractérisés par de faibles précipitations et des températures élevées ; (2) Sud-Ouest : régions situées au sud-ouest de la limite fixées à 200 m/NMM et marquées par des précipitations et des températures importantes ; (3) Sud-Est : portions de bassins versants situées au sud-est du seuil de 200 m/NMM où les reliefs sont les plus importants et donc les précipitations les plus élevées et les températures les plus faibles ; (4) Nord-Est : portion avale de la rivière Bécancour caractérisée par des bas-reliefs, des précipitations et des températures faibles.

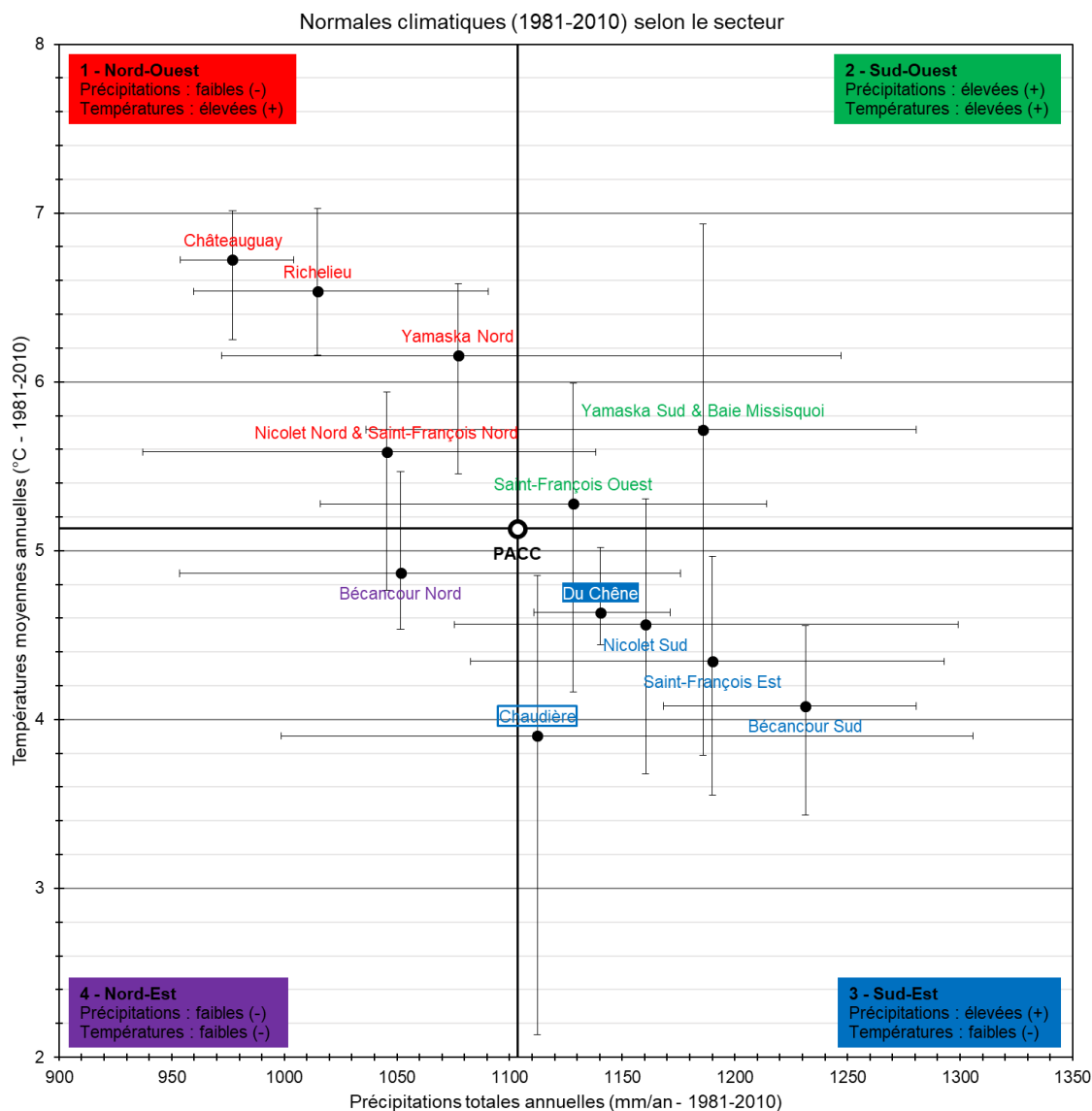


Figure 6.2 – Statistiques descriptives (minimum, maximum et moyenne) des normales climatiques (1981-2010) des différents secteurs hydroclimatiques par rapport à l'ensemble du sud du Québec.

Les caractéristiques physiographiques et climatiques rencontrées dans chaque secteur hydroclimatique sont détaillées dans Huchet et al. (2021). Néanmoins, le tableau 6.1 présenté ci-dessous offre une synthèse des principales caractéristiques rencontrées.

Tableau 6.1 – Principales caractéristiques des secteurs hydroclimatiques.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Aire (km ²)	Puits (RSESQ) ¹	Alt. moy. (m/NMM)	P _{tot} (mm/an) ²	T _{moy} (°C) ²
Châteauguay	N.-O.	2 411	35 (24)	57	977	6.7
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	3 111	7 (7)	101	1 046	5.6
Richelieu	N.-O.	2 868	10 (9)	34	1 015	6.5
Yamaska Nord	N.-O.	3 915	18 (18)	77	1 077	6.2
St-François Ouest	S.-O.	3 791	8 (8)	277	1 128	5.3
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	2 297	9 (9)	225	1 186	5.7
Bécancour Sud	S.-E.	1 491	5 (4)	346	1 231	4.1
Chaudière	S.-E.	6 711	8 (8)	367	1 112	3.9
Du Chêne	S.-E.	1 175	3 (2)	107	1 140	4.6
Nicolet Sud	S.-E.	1 517	3 (3)	307	1 160	4.6
St-François Est	S.-E.	4 240	8 (8)	407	1 190	4.3
Bécancour Nord	N.-E.	2 348	9 (9)	86	1 052	4.9
Région d'étude	-	35 875	123 (109)	221	1 104	5.1

1 : entre parenthèses sont indiqués les puits actuellement actifs tandis que l'autre chiffre réfère à l'ensemble des puits implantés dans le secteur hydroclimatique ;

2 : les données se basent sur les normales climatiques (1981-2010) extraites de la grille Info-climat éditée par le MELCC (Bergeron, 2017).

Chaque secteur hydroclimatique possède au minimum deux puits actifs du RSESQ (secteur Du Chêne) et un maximum de 24 pour le secteur Châteauguay. En première approche, le réseau de suivi semble donc couvrir correctement le sud du Québec et devrait permettre de définir des indicateurs piézométriques de façon adéquate au sein de chaque secteur hydroclimatique. Toutefois, la démarche de classification des puits du réseau (section 10.1) a révélé plusieurs limitations dans la mise en œuvre des diverses applications possibles pour suivre l'état des nappes (section 10.2). Des recommandations ont donc été émises dans le rapport conjoint afin de fournir des outils au MELCC pour mieux optimiser le RSESQ et ainsi permettre aux utilisateurs d'exploiter pleinement les données du réseau et les indicateurs associés.

Pour ce faire, il est primordial de déterminer les conditions autour (section 6.2) et au droit (section 6.3) de chaque puits de suivi. Ces conditions locales pourront alors être associées aux conditions d'ordre régional correspondant aux caractéristiques du secteur hydroclimatique dans lequel est implanté le puits en question. Ainsi, une fiche descriptive de chaque secteur hydroclimatique, dont une ébauche est présentée dans le rapport sur les indicateurs de stress hydrique (Huchet et al. 2021), a été soumise pour révision au MELCC. Cette fiche sera produite pour les 12 secteurs dans le cadre du projet connexe de production d'un bulletin sur l'état des nappes du Québec et d'un portrait du réseau de suivi des eaux souterraines, mené par l'INRS pour le compte du MELCC. Afin d'assurer une certaine continuité entre les divers projets, cette fiche reprend généralement les mêmes données que celles extraites autour de chaque puits du réseau et décrites dans le présent rapport : hydrographie, captages d'eau souterraine, physiographie, occupation du sol, affectation du territoire, pédologie, géologie du Quaternaire, contexte géologique, épaisseur de dépôts meubles, conditions de confinement du roc, recharge de l'aquifère régional rocheux et vulnérabilité de l'aquifère rocheux.

6.2 Conditions autour des puits de suivi

Afin de mieux comprendre le contexte d'implantation des puits de suivi du RSESQ, il est d'abord nécessaire de sélectionner des indicateurs définissant les conditions dans l'environnement proche de ces puits. Ces indicateurs doivent permettre d'atteindre plusieurs objectifs :

- 1) Permettre une meilleure compréhension du comportement des hydrogrammes de puits analysés dans le second volet (section 6.3) ;
- 2) Apporter des informations sur le contexte local des puits afin de statuer sur l'utilisation qui pourrait être faite des niveaux d'eau mesurés dans les puits du RSESQ (section 10.2) ;
- 3) Produire des données pouvant être utiles pour l'estimation de la recharge et l'évaluation du niveau de confinement ;
- 4) Vérifier si tous les indicateurs suggérés en première approche (tableau 6.3) peuvent être déduits des données disponibles provenant des projets PACES.

La compilation des données avait initialement été faite pour les 36 puits du RSESQ situés dans le territoire couvert par le PACES Montérégie Est réalisé par l'INRS entre 2009 et 2013 (Carrier et al. 2013). Dans le présent document, la définition des conditions entourant les puits du RSESQ couvre finalement l'intégralité de la région d'étude (36 000 km²) qui comprend 123 puits du RSESQ, donc 109 actifs. La plupart des données extraites sont issues de rapports historiques, dont une majorité des livrables des divers projets PACES mais aussi de l'étude réalisée dans le bassin de la rivière Châteauguay. Ces études couvrent 98.7% de la région d'étude (tableau 6.2). La procédure d'extraction des données a été guidée par les paramètres proposés au tableau 6.3 dont la plupart ont pu être extraits à partir des études antérieures (voir tableau 6.4).

Tableau 6.2 – Couverture des anciens projets de caractérisation hydrogéologique régionale au sud du fleuve Saint-Laurent dans la région d'étude.

Nom du projet		Année de finalisation	Responsables	Territoire (km ²)	
				Total	Région d'étude
Projet Châteauguay		2006	CGC et INRS	3 006	2 295 (76.3 %)
PACES	Bécancour	2013	UQAM	2 855	2 855 (100 %)
	Montérégie Est	2013	INRS	9 055	8 934 (98.7 %)
	CMQ	2013	Université Laval	3 663	256 (7.0 %)
	Chaudière-Appalaches	2015	INRS	15 601	7 772 (49.8 %)
	Nicolet-St-François	2015	UQAM	4 601	4 601 (100 %)
	Estrie	2022 ³	INRS	10 702	10 698 (100 %)
Région d'étude		-	INRS, UQAM, CGC et Université Laval	35 875 ^{1,2}	

1 : 465 km² des 35 875 km² de la région d'étude, soit 1.3 %, n'ont pas été couverts par les projets antérieurs ;

2 : 1 908 km² des 35 875 km² de la région d'étude, soit 5.3 %, sont des zones couvertes par d'anciens projets ;

3 : ce PACES est en cours de réalisation par l'INRS (les rapports d'étape 1 et 2 ont été soumis au MELCC).

Tableau 6.3 – Paramètres proposés pour définir les conditions entourant les puits du RSESQ (rayon de 1 km autour du puits ; données extraites des cartes PACES et autres sources).

Contexte
Météo : station la plus proche (ou grille météo), normales climatiques
Affectation du territoire, occupation du sol et végétation
Pente moyenne
Contexte hydrogéologique
Type d'aquifère (dépôts meubles ou roc ; unité géologique)
Continuité de l'aquifère (régional ou local)
Stratigraphie (épaisseur, types de sédiments...)
Recharge, confinement et vulnérabilité
Bassin versant (niveaux 1 et 2)
Distances absolues et relatives de cours d'eau et de lignes de partage
Activités ayant un impact potentiel sur le puits
Exploitation de l'eau souterraine : niveau moyen dans la municipalité (RADEAU) et nombre de puits à l'intérieur de 1 km (incluant les grands préleveurs)
Activités anthropiques notables (routes, site d'enfouissement ou pollué, industries...)
Densité des activités anthropiques potentiellement polluantes

Afin de procéder à l'analyse des hydrogrammes de puits, il est d'abord nécessaire d'associer une station climatique à chaque puits du RSESQ. La section 3 détaille les récents développements d'outils qui assurent la sélection des stations, le comblement des données manquantes puis l'affichage des données climatiques (précipitations solides et liquides et températures de l'air) sur les hydrogrammes des puits du réseau. Le travail de sélection de la station météorologique la plus appropriée se fait lors du travail d'estimation de la recharge (voir section 8). En parallèle, les données des normales climatiques (précipitations totales et températures moyennes sur la période 1981-2010) issues de la grille climatique quotidienne produite par le MELCC à partir du Réseau de surveillance du climat du Québec (RSCQ), autrement nommée « grille Info-climat », ont été utilisées afin de définir les secteurs hydroclimatiques (voir section 6.1). Pour la définition des conditions entourant les puits du réseau de suivi, il n'est pas prévu d'extraire des données climatiques au droit de chaque puits dans l'immédiat. Ce point sera néanmoins abordé dans le projet du bulletin de l'état des nappes puisqu'il s'agira d'utiliser les données climatiques les mieux adaptées pour la production et l'actualisation d'indicateurs climatiques et piézométriques. Toutefois, la mise en contexte des puits du RSESQ a été complétée par la définition des secteurs hydroclimatiques qui appartiennent à quatre groupes aux conditions climatiques distinctes (section 6.1). L'association de chaque secteur hydroclimatique et groupe aux 123 puits situés au sud de la province est disponible dans le fichier #0 de l'annexe électronique E7 ainsi que dans le tableur de synthèse de l'annexe A1.1).

L'ensemble des paramètres finalement extraits dans l'environnement proche des puits du RSESQ dans la région d'étude est indiqué dans le tableau 6.4 dans lequel est aussi précisée la zone d'extraction utilisée. Les tableaux de l'annexe A1 indiquent les valeurs de chaque paramètre extrait au droit et autour des puits du réseau. Des renseignements complémentaires (dont la source des données) sont disponibles dans les tableurs Excel fournis dans l'annexe électronique E7. La numérotation des fichiers dans l'annexe électronique E7 (00 à 12, à l'exception des fichiers 0 et 99) fait référence aux matrices de la fiche informative préliminaire (figure 6.4) dont les informations extraites sont également retrouvées dans le tableau 6.4.

Tableau 6.4 – Paramètres extraits pour les conditions entourant les puits du RSESQ¹.

00 ²	Contexte	Zone d'extraction
	Position et contexte du puits dans le bassin de niveau 1 (si applicable)	Ponctuelle (donnée au puits)
	Nom et identifiant du bassin de niveau 1, nom du bassin de niveau 2 (si applicable)	Ponctuelle (donnée au puits)
02	Puits proches	
	Nombre de puits dans l'environnement immédiat (résidentiels, municipaux et GPE)	Cercle de 500 m de rayon
	Nombre de puits dans l'environnement proche (résidentiels, municipaux et GPE)	Cercle de 1 000 m de rayon
	Nombre de puits dans l'environnement intermédiaire (résidentiels, municipaux et GPE)	Cercle de 2 500 m de rayon
03	Pente	
	Pente min., moy. et max. du sol	25 points séparés de 250 m (zone de 1 km ²)
04	Occupation du sol	
	Surface (km ²) et ratio (%) pour chaque type d'occupation du sol (catégories générales)	Carré de 1 km ²
05	Affectation du territoire	
	Surface (km ²) et ratio (%) pour chaque type d'affectation (thème provincial)	Carré de 1 km ²
06	Pédologie	
	Drainage et texture du sol	Ponctuelle (donnée au puits)
07	Géologie du Quaternaire	
	Période, unité et type de dépôt quaternaire	Ponctuelle (donnée au puits)
08	Contexte géologique	
	Période, province, sous-province (si applicable) et subdivision (si applicable) géologiques	Ponctuelle (donnée au puits)
09	Épaisseur des dépôts meubles	
	Épaisseur min., moy. et max. des formations superficielles	25 points séparés de 250 m (zone de 1 km ²)
10	Conditions de confinement de l'aquifère rocheux	
	Surface (km ²) et ratio (%) pour chaque type de conditions de confinement	Carré de 1 km ²
11	Recharge de l'aquifère régional rocheux	
	Recharge nette min., moy. et max. du roc (données des anciens projets)	25 points séparés de 250 m (zone de 1 km ²)
	Recharge potentielle min., moy. et max. du roc (UQAM – 1961-2017 et 1981-2010)	25 points séparés de 250 m (zone de 1 km ²)
	Recharge potentielle min., moy. et max. du roc (UL – 1981-2010, 2041-2070 et 2071-2095)	25 points séparés de 250 m (zone de 1 km ²)
12	Vulnérabilité de l'aquifère rocheux	
	Indice DRASTIC (vulnérabilité intrinsèque) min., moy. et max.	25 points séparés de 250 m (zone de 1 km ²)

1 : les noms des secteurs hydroclimatiques et des groupes ont également été extraits à chaque puits pour y associer les données climatiques de référence ;

2 : l'identifiant 01 n'apparaît pas ici car il correspond à la photographie aérienne de la fiche signalétique des puits.

Le contexte des puits a été défini en indiquant plusieurs informations reliées à la position relative du puits dans son bassin versant de surface : (1) nom et identifiant du bassin versant de niveau 1, (2) la position relative (amont, intermédiaire ou aval) du puits dans le bassin versant de niveau 1, (3) le contexte du puits (ligne de partage, intermédiaire ou vallée) dans le bassin versant de niveau 1 et, le cas échéant, (3) nom du bassin versant de niveau 2. Les limites des bassins hydrographiques multi-échelles du Québec ont été utilisées pour attribuer les bassins versants de niveau 1 et 2 aux puits du réseau. Afin de définir la position relative du puits, les sept bassins versants de plus de 1 000 km² (Bécancour, Châteauguay, Chaudière, Nicolet, Richelieu, Saint-François et Yamaska) ont été conservés puis divisés en mailles de 5 x 5 km auxquelles ont été attribuées une position : (1) amont, (2) intermédiaire et (3) aval. Comme 15 puits sont localisés sur des bassins de petites tailles (inférieurs à 1 000 km²), il n'a pas été possible de définir leur position relative. Le contexte des puits a quant à lui été déterminé à partir des lignes de partages des bassins versants hydrologiques et également des étendues d'eau (lacs et rivières) fournies dans la base de données géographiques administratives (BDGA) du Québec. Tous les puits situés à moins de 5 km des limites des bassins versants principaux (supérieurs à 1 000 km²) ont été classés comme étant dans un contexte de « ligne de partage ». De la même façon, les puits localisés à l'intérieur d'une zone tampon de 1 000 m autour des principales étendues d'eau (classe 1) ont été classés dans la catégorie « vallée ». Le reste des puits a été considérés en contexte « intermédiaire ». En cas de conflit (3 cas recensés ici), c'est-à-dire quand un puits était situé à la fois proche d'une ligne de partage et aussi en contexte de vallée, c'est ce dernier contexte qui a finalement été retenu.

La quantité de puits à proximité d'un puits du RSESQ a été évaluée en considérant trois types de puits : (1) résidentiels, (2) municipaux et (3) Grands préleveurs d'eau (GPE). La localisation des puits privés provient de la banque de données du Système d'information hydrogéologique (SIH) du MELCC. La couche d'information relative aux captages municipaux et fournie par le MELCC reprend les informations du répertoire des installations de production d'eau potable approvisionnées en eau souterraine. Finalement, la base de données recensant les Grandes préleveurs d'eau a été transmise par la Direction générale des politiques de l'eau (DGPE). Trois zones d'extraction, centrées sur chaque puits du RSESQ, ont été considérées : (1) immédiate (cercle de 500 m de rayon), (2) proche (cercle de 1 000 m de rayon) et (3) intermédiaire (cercle de 2 500 m de rayon). À noter que sur la fiche informative des puits (matrice 02 de la figure 6.4), les GPE ne sont pas affichés car leur localisation est confidentielle.

La pente de la surface du sol a été estimée dans l'environnement proche des puits du RSESQ à partir de la conversion des feuillets topographiques du *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) de la NASA. Les pentes ont été extraites sur une grille de 25 points distancés de 250 m dont le point central correspond à la valeur au droit du puits. À partir de ces 25 données, la pente moyenne autour du puits a pu être calculée et les valeurs de pente minimale et maximale générées.

Les données d'occupation du sol proviennent de la carte d'utilisation du territoire éditée en 2017 par le MELCC. Les huit catégories générales d'occupation du sol ont été considérées : (1) agricole, (2) anthropique, (3) aquatique, (4) coupe et régénération, (5) forestier, (6) humide, (7) non-classifié et (8) sol nu et lande. La répartition spatiale (en km²) de chaque catégorie a été déterminée dans une zone carrée de 1 km² autour de chaque puits, puis le ratio associé (en %) à chaque utilisation a également été calculé.

De la même façon que pour l'occupation du sol, la distribution (aire et ratio) de chaque classe d'affectation du territoire a été déterminée dans une zone de 1 km² autour des puits du RSESQ. La couche d'information provient du MAMH et représente le thème provincial d'affectation du territoire qui considère 10 classes : (1) agricole, (2) agroforestière, (3) commerciale, (4) conservation, (5) forestière, (6) industrielle, (7) publique, (8) récréative, (9) résidentielle et (10) urbaine.

Les informations d'intérêt reliées à la pédologie sont issues de l'IRDA et de feuillets cartographiques extraits de sa banque de données des sols. Les deux données considérées ici sont reliées au drainage et à la texture des sols. Plusieurs niveaux de drainage sont définis : (1) très rapidement drainé, (2) rapidement drainé, (3) bien drainé, (4) modérément bien drainé, (5) imparfaitement drainé, (6) mal drainé, (7) très mal drainé mais aussi (8) « ne s'applique pas ». Quant aux textures de sol, huit classes sont identifiées au sud de la province : (1) argileux, (2) loameux, (3) sableux, (4) graveleux, (5) issus de dépôts de tills, (6) organiques, (7) divers et (8) autres. À partir de la combinaison de ces deux informations, une carte a été produite pour toute la région d'étude, sur le modèle des cartes pédologiques des projets PACES, et les données ont été extraites au droit de chaque puits du réseau.

La géologie des dépôts meubles a considéré la dernière carte éditée par la Commission géologique du Canada (CGC) pour le sud de la province. Les trois données suivantes ont été extraites au droit de chacun des puits du réseau : (1) la période, (2) l'unité et (3) le type de sédiment. Hormis les secteurs non cartographiés, quatre périodes de déposition peuvent être associées à chaque dépôts récents : (1) pré-Quaternaire, (2) Quaternaire ancien, (3) dernière glaciation et (4) postglaciaire. Pour les secteurs cartographiés où le substrat rocheux n'est pas affleurant, 10 unités sédimentaires sont cartographiées au sud du Québec : (1) dépôts de versant, (2) organiques, (3) éoliens, (4) alluviaux, (5) lacustres, (6) marins, (7) glaciolacustres, (8) fluvio-glaciaires, (9) glaciaires et (10) quaternaires anciens. Le type de dépôt offre ensuite un niveau de détail supplémentaire.

Le contexte géologique considère quatre seuils d'informations différents offrant alors un niveau de détails suffisant pour la caractérisation de l'environnement proche des puits du réseau. Les données extraites correspondent donc aux quatre données suivantes : (1) la période, (2) la province, (3) la sous-province (le cas échéant) et (4) la subdivision géologique (si applicable également). Seules les intrusions montréalaises datent du Crétacé, le reste des contextes géologiques sont d'âge paléozoïque. Le niveau de détail le plus fin affiché sur la matrice 08 de la figure 6.4 indique la sous-province (basses-terres du Saint-Laurent) ou les trois subdivisions suivantes : (1) zone de Humber, (2) zone de Dunnage et (3) ceinture de Gaspé en plus de montrer les intrusions montréalaises.

Dans un souci d'homogénéisation des données sur la région d'étude, le modèle 3D du Quaternaire de la CGC pour la vallée du Saint-Laurent a été utilisé dans le cas présent au lieu des données issues des projets régionaux antérieurs. Ce modèle fournit les épaisseurs de sable, d'argile et de tills qui ont ensuite été combinées pour déterminer l'épaisseur totale des formations superficielles. L'épaisseur totale (en m) a d'abord été calculée sur 25 points distancés de 250 m au sein d'une zone de 1 km² autour de chaque puits du RSESQ. Les données extraites ont alors permis le calcul de l'épaisseur moyenne de dépôts meubles dans l'environnement proche du puits. Elles ont aussi permis l'extraction des valeurs d'épaisseur minimale et maximale ainsi que l'épaisseur au droit du puits concerné.

Les conditions de confinement de l'aquifère rocheux ont également pu être définies à partir de ce même modèle d'épaisseur des dépôts meubles produit par la CGC. Les classes de confinement ont été générées à partir des gammes d'épaisseur de chaque dépôt en se basant sur des critères similaires à ceux définis lors

du projet PACES Montérégie Est (Carrier et al. 2013). Selon ces critères qui sont présentés dans le tableau 6.5, un aquifère est considéré à nappe captive lorsqu'il est recouvert d'au moins 5 m de sédiments argileux et libre s'il est recouvert par moins de 1 m de sédiments argileux et moins de 3 m de sédiments indifférenciés (till). Les aquifères à nappes semi-captives constituent la classe intermédiaire entre les aquifères à nappe captive et libre. Grâce à cette méthode, il a ainsi été possible de définir les surfaces (en km²) et les proportions (en %) de chaque type de confinement dans l'environnement proche du puits, soit dans une zone de 1 x 1 km, avec en complément le type de confinement au droit du puits.

Tableau 6.5 – Critères basés sur l'épaisseur des sédiments définissant les conditions de confinement.

Conditions de confinement	Épaisseur seuil pour chaque hydrofaciès
Captive	Sédiments argileux > 5 m
Semi-captive	Conditions intermédiaires
Libre	Sédiments argileux < 1 m et Sédiments indifférenciés < 3 m

Les valeurs de recharge de l'aquifère régional rocheux ont été extraites sur une zone de 1 km² dans l'environnement proche des puits du RSESQ grâce aux 25 points d'extraction centrés sur chaque puits. La recharge moyenne a ensuite été calculée dans l'environnement proche du puits à partir de cette extraction et les valeurs de recharge minimale et maximale y ont été définies. Deux types de valeurs de recharge ont été compilées : (1) la recharge nette au roc qui équivaut à la quantité d'eau issue des précipitations qui atteint l'aquifère rocheux et (2) la recharge potentielle qui correspond à l'infiltration totale sous la zone racinaire. Les données de recharge nette au roc (en mm/an) proviennent des livrables des divers projets PACES et du projet Châteauguay qui recoupent la plupart de la zone d'étude ; hormis quelques secteurs et à l'exception du projet PACES Estrie en cours de réalisation. Selon les projets, les périodes de temps couvertes sont variées, les modèles utilisés différents et la résolution des grilles diverses ; toutefois, les grilles de recharge issues de ces divers projets régionaux offrent une bonne estimation de la recharge nette au droit et autour de chaque puits du RSESQ. Quant à la recharge potentielle, elle a été déterminée à partir de deux grilles de recharge couvrant la région d'étude : (1) l'une d'elles produite par l'UQAM avec le modèle HydroBilan et (2) l'autre, réalisée par l'Université Laval, à l'aide du modèle HydroGeoSphere (combiné au modèle d'infiltration Modcou). Pour celle de l'UQAM, la recharge potentielle avait été calculée sur la période 1961-2017 et il a été décidé d'extraire également les valeurs sur la période généralement utilisée pour déterminer les normales climatiques, soit de 1981 à 2010. Quant à la grille de l'Université Laval, la recharge potentielle a été évaluée sur cette même période de référence (1981-2010) mais également pour deux périodes de temps futures intégrant des projections climatiques : 2041-2070 (milieu du siècle) et 2071-2095 (fin du siècle).

Hormis pour les zones non couvertes par les projets antérieurs (voir notes en bas du tableau 6.2) et les zones encore à couvrir par le projet PACES Estrie dont la finalisation est prévue pour 2022, la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère rocheux retranscrite par l'indice DRASTIC a pu être définie autour des puits du RSESQ. Cette définition a reposé sur les valeurs de cet indice extraites sur les 25 points localisés dans une zone de 1 km² autour de chaque puits de suivi. L'indice DRASTIC moyen a alors pu être calculé à proximité du puits et les valeurs minimale et maximale de cet indice de vulnérabilité intrinsèque ont aussi été déterminées de même que la valeur au puits même.

Il est possible de trouver plus de détails sur les valeurs compilées dans les fichiers Excel individuels de chaque indicateur dont la mise en forme est présentée sur la figure 6.3. Ces 12 tableurs de même que le tableur sur les secteurs hydroclimatiques et les groupes associés sont fournis dans l'annexe électronique E7.

L'ensemble des valeurs extraites dans l'environnement proche des puits du RSESQ situés dans la région d'étude ont été rassemblées dans un tableur unique également disponible dans l'annexe électronique E7 (voir fichier #99). Le contenu de ce fichier est aussi repris dans les tableaux des annexes A1.2 à A1.8. Chaque tableur est structuré de façon similaire avec trois types d'onglets. Un premier onglet (en bordeaux), intitulé « Informations » offre des renseignements complémentaires sur la source des données utilisées dont leur date d'actualisation ou encore l'organisme responsable de leur production. Ensuite, un ou plusieurs onglets rouges correspondent aux diverses données extraites autour des puits du réseau. Puis, un dernier onglet (en jaune) regroupe l'ensemble des données extraites sur une même page. Cet onglet est ensuite exporté dans le fichier de synthèse qui servira à la production de la fiche informative finale associée à chaque puits dans le cadre du projet de Bulletin sur l'état des nappes.

Le tableau 6.6 fait le lien entre les indicateurs extraits dans l'environnement proche des puits et les fichiers joints au présent rapport. De même, 12 de ces indicateurs apparaissent sur la fiche informative des 123 puits du RSESQ recensés au sud de la province (figure 6.4).

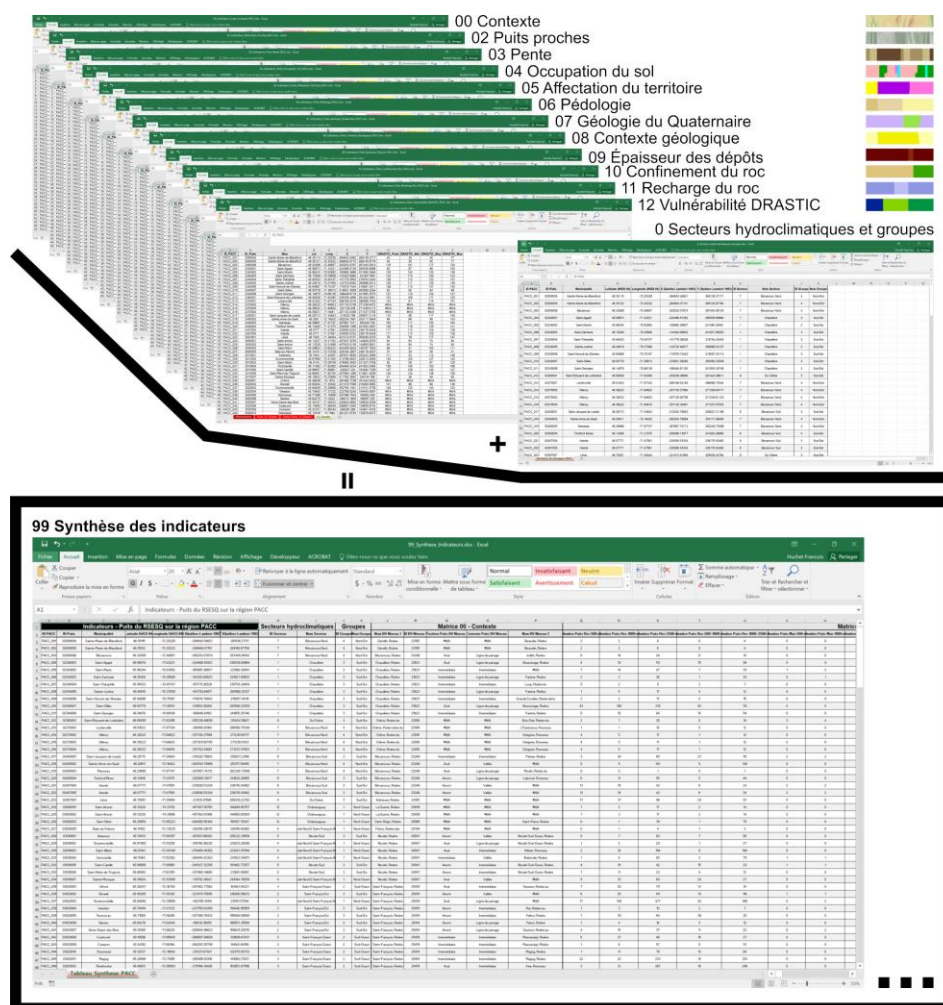


Figure 6.3 – Mise en forme des tableurs compilant les indicateurs extraits autour des puits du RSESQ pour la région d'étude

Tableau 6.6 – Lien entre les indicateurs extraits autour des puits et les fichiers électroniques annexés ainsi qu'avec les matrices de la fiche informative des puits du RSESQ pour la région d'étude.

Indicateur ¹	Fichier annexé ²	Matrice ³		
		✗	✓	ID
<u>Secteurs hydroclimatiques et groupes</u>	<u>0_Secteurs_Hydroclimatiques_Groupes</u>	✗		–
<u>Contexte</u>	<u>00_Puits_Contexte</u>	✗		–
<i>Photographie aérienne</i>	–	✓		01
Puits proches	02_Puits_Proches	✓		02
Pente	03_Pente	✓		03
Occupation du sol	04_Occupation_Sol	✓		04
Affectation du territoire	05_Affectation_Territoire	✓		05
Pédologie	06_Pedologie	✓		06
Géologie du Quaternaire	07_Geologie_Quaternaire	✓		07
Contexte géologique	08_Contexte_Geologique	✓		08
Épaisseur des dépôts meubles	09_Epaisseur_Depots	✓		09
Conditions de confinement du roc	10_Confinement_Roc	✓		10
Recharge de l'aquifère rocheux	11_Recharge_Roc	✓		11
Vulnérabilité de l'aquifère rocheux	12_Vulnerabilite_DRASTIC	✓		12
<u>Synthèse des indicateurs</u>	<u>99_Synthese_Indicateurs</u>	✗		–

1 : les indicateurs soulignés n'apparaissent pas directement sur la fiche informative des puits tandis que la photographie aérienne (en italique) est affichée uniquement sur la fiche informative ;

2 : les fichiers peuvent être consultés en annexe électronique ;

3 : les matrices sont présentées dans la fiche signalétique préliminaire de la figure 6.4.

La fiche signalétique initialement produite au droit de chaque puits du RSESQ pour le sud de la province est présentée à la figure 6.4. Cette fiche comprend deux niveaux de lecture : un premier (niveau A), correspondant à une carte topographique du territoire d'étude à l'échelle 1 / 1 500 000 permettant de replacer le puits concerné (en fuchsia) par rapport aux autres puits du RSESQ (en turquoise) puis, un deuxième (niveau B), offrant un regard sur le contexte entourant le puits du réseau décrit dans la fiche (ici, le puits 03010001 situé à Asbestos) à une échelle plus locale (1 / 25 000). Il n'est pas prévu de conserver la carte à large échelle telle quelle pour la fiche signalétique finale; une adaptation est en discussion dans le projet de bulletin. En plus de ces deux niveaux de lecture, cette fiche préliminaire contient un premier encart (encart 1) identifiant le puits et sa municipalité rattachée ainsi que de l'information sur l'échelle et le système de projection des diverses cartes (encart 2). Les 12 matrices cartographiques devraient être conservées telles quelles dans le projet de Bulletin sur l'état des nappes. Elles regroupent les informations des conditions autour du puits décrites dans les paragraphes précédents. Aucune donnée n'est associée à la matrice 01 puisque celle-ci montre seulement une vue aérienne de l'environnement proche du puits. Toutes les matrices sont à la même échelle (1 / 25 000) et mesurent 1.5 x 1.5 km de côté. Sur chacune d'elle est affiché le moyen employé pour faire l'extraction des données : (1) le cercle d'extraction de 500 m de rayon (matrice 02), (2) les 25 points séparés de 250 m (matrices 03, 09, 11 et 12) et (3) la zone de 1 x 1 km de côté (matrices 04, 05 et 10). Pour les matrices 06, 07 et 08, seule la valeur au droit du puits a été considérée. Pour les trois dernières matrices, un « R » ou un « G » est affiché à côté du puits pour distinguer respectivement les puits au roc des puits granulaires. Toutes les fiches produites sont regroupées par secteur hydroclimatique dans l'annexe électronique E8 (fichiers #01 à #12) qui comprend aussi un document présentant la légende de chaque carte (fichier #00).

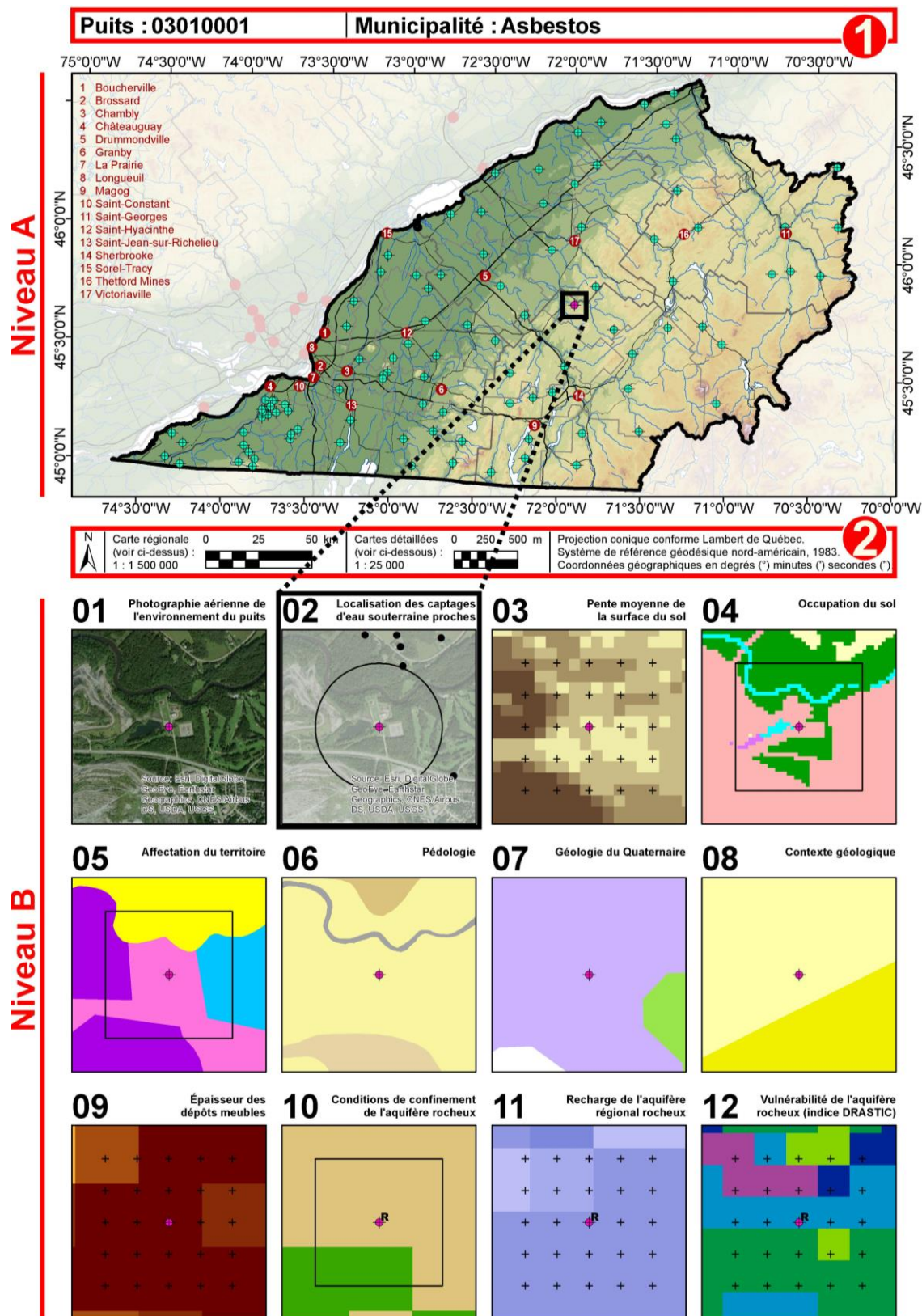


Figure 6.4 – Exemple de mise en forme des fiches signalétiques préliminaires.

Globalement, les travaux de ce volet 1 ont permis de répondre aux quatre objectifs mentionnés au début de la présente section. En effet, il sera possible de mieux interpréter les hydrogrammes de puits (volet 2) grâce aux indicateurs compilés dans ce premier volet. Grâce à ces travaux, le contexte local des puits de suivi du RSESQ pour le sud du Québec peut être mieux cerné. Ces informations sont d'ailleurs intégrées à la démarche de sélection des puits adéquats pour suivre l'état des nappes au sud de la province (voir section 10.2). Les données extraites dans ce volet ont également offert des éléments de compréhension utiles à l'évaluation de la recharge au puits (section 8).

Le dernier élément à souligner concerne la disponibilité des données des anciens projets de caractérisation hydrogéologique (PACES et projet Châteauguay) utiles à la définition des conditions autour des puits de suivi du RSESQ. En effet, quel que soit les projets, les livrables disponibles ont généralement permis de générer les indicateurs sans aucun post-traitement des données initiales. C'est le cas pour les indicateurs suivants : recharge nette de l'aquifère régional rocheux (11) et vulnérabilité intrinsèque (12). Les autres données, bien que généralement présentes dans les livrables de ces projets antérieurs, ont été générées et actualisées sur l'ensemble du territoire d'étude afin de fournir un portrait uniformisé sur cette vaste région de 36 000 km². Cela concerne les données suivantes qui sont disponibles à l'échelle de la province : occupation du sol (04), affectation du territoire (05), pédologie (06), géologie du Quaternaire (07) et contexte géologique (08). La production de la carte pédologique nécessite toutefois un léger traitement. Les données relatives au recensement des puits proches (02) doivent faire l'objet d'une demande spécifique auprès du ministère mais sont aussi disponibles à l'échelle de la province. Un travail de conversion, très simple avec les outils SIG, a dû être réalisé pour produire la couche de la pente de la surface du sol (03) à partir d'un modèle d'élévation, également disponible en ligne. Pour l'épaisseur totale des dépôts meubles (09), le projet actuel a profité du développement récent par la CGC d'un modèle suprarégional simplifié mais homogénéisé d'épaisseur des dépôts qui couvre l'ensemble de la région d'étude. À partir de ce modèle, une démarche de conversion plutôt simple mise en œuvre lors des projets PACES a été utilisée pour produire une carte des conditions de confinement de l'aquifère rocheux (10). Finalement, le contexte des puits (01) nécessite également un travail spécifique, mais peu demandant, qui utilise des données aussi mises à disposition sur internet.

En se projetant sur la production de ces indicateurs sur les 145 puits du RSESQ en dehors du projet actuel, il serait possible de reproduire facilement l'ensemble des indicateurs et les matrices associées à la fiche informative en se fiant aux données déjà disponibles en ligne, soit : le contexte (01), la pente (03), l'occupation du sol (04), l'affectation du territoire (05), la pédologie (06), la géologie du Quaternaire (07) et le contexte géologique (08). Les autres données pourraient alors provenir des autres projets PACES : l'épaisseur des dépôts meubles (09), les conditions de confinement de l'aquifère rocheux (10), la recharge de l'aquifère régional rocheux (11) et la vulnérabilité intrinsèque puisqu'il s'agit de livrables issus de ces projets. Il est toutefois prévu, notamment pour l'indicateur relié à la recharge du roc, de vérifier l'adéquation entre les données fournies par les projets antérieurs et de comparer les méthodologies employées dans chaque projet pour produire les livrables. Ce travail sera fait dans le cadre de la production du bulletin de l'état des nappes. Comme plusieurs projets suprarégionaux menés par l'UQAM et l'université Laval, concernaient également le sud de la province, la recharge potentielle sur la période de référence mais également les projections futures ont été ajoutées à la définition des conditions entourant les puits du RSESQ ; il n'est pas prévu de les fournir pour le reste des puits de la province.

De plus, il est aussi possible de mettre à jour sur une base régulière (quinquennale par exemple), certaines des cartes afin d'extraire des indicateurs actualisés. Cette actualisation pourrait concerner les indicateurs suivants : le nombre de puits proches (02), l'occupation du sol (04) et l'affectation du territoire (05). Pour la compilation des puits proches, les données doivent être demandées directement au MELCC et nécessitent un certain travail de traitement, notamment pour celles relatives aux GPE comme mentionné dans le rapport de Huchet et al., (2021). Si des modèles de recharge offrant des projections climatiques futures sont également disponibles prochainement pour certaines régions, l'indicateur 11 (recharge de l'aquifère régional rocheux) pourrait être également actualisé.

En effet, la mise en forme relativement simple des données (tableurs Excel et couches d'informations SIG) assure une certaine souplesse dans la manipulation des données. Il sera donc possible d'actualiser assez rapidement certains indicateurs si de nouvelles données devaient être produites. L'automatisation du processus de production des fiches et des graphiques associés assurera alors une mise à jour efficiente des indicateurs par les modérateurs. Ce point sera détaillé et mis en pratique par l'INRS d'ici 2022 dans le cadre du projet de développement d'un Bulletin de l'état des nappes.

Globalement, la plupart des indicateurs suggérés initialement dans le tableau 6.3 ont pu être compilés dans l'environnement proche des puits (voir tableau 6.4). Seuls quelques éléments n'apparaissent pas dans les conditions finales entourant les puits mais trouvent toutes une justification. L'attribution des stations météo à chaque puits du réseau est directement possible avec les outils développés dans le cadre de ce projet (section 3.1). La grille Info-climat a été utilisée comme base de travail pour délimiter les secteurs hydroclimatiques (section 6.1) en se fiant aux normales climatiques calculées entre 1981 et 2010 (précipitations totales et températures moyennes). Chaque puits du RSESQ a ensuite été affilié à un secteur hydroclimatique donné et à son groupe associé ce qui permettra une meilleure définition de l'état des nappes au sud de la province. Comme l'aquifère rocheux fracturé représente un aquifère régional sans réelle discontinuité, il n'a pas été nécessaire de déterminer sa continuité. Il sera toutefois nécessaire de vérifier la continuité de certains aquifères granulaires au nord du fleuve Saint-Laurent et, le cas échéant, de les délimiter. Pour les distances absolues et relatives des cours d'eau et des lignes de partage sont difficiles à estimer considérant les divers niveaux de bassins versants mais également les différents ordres des rivières, la position des puits a toutefois été déterminée via deux méthodologies : (1) les bassins versants de niveau 1 ont été divisés en trois zones (amont, intermédiaire et aval) pour définir la position relative des puits et (2) des zones tampons autour des cours d'eau et des bassins versants principaux ont été délimitées pour statuer sur le contexte des puits (ligne de partage, intermédiaire et vallée). Finalement, pour les activités ayant un impact potentiel sur le puits, en plus de l'extraction du nombre de puits localisés dans l'environnement proche des puits (voir matrice 02 de la figure 6.4), un projet connexe vise à définir des indicateurs de stress hydrique à diverses échelles. Dans ce projet mené par l'INRS pour le compte du MELCC, un indicateur intramunicipal d'usage de l'eau souterraine a été développé et offrira des renseignements complémentaires sur le niveau de pression rencontré à une échelle plus locale (Huchet et al. 2021). Quant aux activités potentiellement polluantes, il a été décidé de mettre de côté cet indicateur. Toutefois, dans les applications possibles des puits, il pourrait être intéressant de dresser un inventaire des puits potentiellement intéressants pour effectuer un suivi qualitatif des nappes sur les secteurs où des problématiques qualitatives auraient été identifiées dans le cadre du projet sur les indicateurs.

6.3 Caractéristiques des puits de suivi

La présente section traite du volet 2 du mandat, soit la définition des caractéristiques des puits du RSESQ situés au sud du fleuve Saint-Laurent. Elle reprend dans les grandes lignes les développements du volet 1 et les données extraites au droit des puits afin de dresser un portrait de l'état actuel du RSESQ (section 10.1) visant à classer les puits pour déterminer leurs applications potentielles (section 10.2) et émettre des recommandations pour son amélioration (voir rapport conjoint avec l'UQAM et U. Laval).

Ce second volet a pour but : (1) de compiler un ensemble de critères permettant l'établissement d'un portrait des puits en se basant sur les paramètres initialement proposés au tableau 6.7 ; (2) d'établir le degré de confinement des puits par l'analyse des réponses des hydrogrammes (dont la fréquence de mesure de niveau d'eau a été augmentée aux 15 minutes pour l'ensemble des puits de suivi du présent projet) grâce à la BRF (section 5) ; (3) de vérifier la représentativité des critères stratigraphiques utilisés dans la définition des conditions de confinement dans les différents projets PACES (section 7.3) ; enfin, (4) d'établir un classement des puits en fonction de leur utilisation potentielle (ex. : calcul de la recharge) au sein du RSESQ en se basant sur les paramètres du volet 1 et ceux déterminés au volet 2 (voir section 10.2).

Le travail sur ce deuxième volet a été réalisé de manière similaire au premier volet puisqu'il consiste à recueillir les informations nécessaires à la caractérisation des puits de suivi du RSESQ. L'essentiel des tâches réalisées a concerné l'extraction des données définissant les conditions des puits et le contexte hydrogéologique local (tableau 6.7). Pour les 123 puits de suivi du RSESQ implantés dans la région d'étude, ces données sont généralement facilement accessibles puisqu'elles découlent directement d'informations issues de projets antérieurs ou actualisées régulièrement sur le portail grand public du ministère (plus de détails sont donnés dans la section 6.2).

Pour les conditions du puits lui-même, les photos du puits et de son environnement devront être fournies par le ministère afin d'être intégrées éventuellement à la fiche signalétique qui sera développée durant le projet de bulletin. Il sera toutefois nécessaire de définir un cadre pour les prochaines prises de vue afin d'uniformiser les photos entre les puits et éventuellement les mettre à jour si les conditions entourant les puits changent. Les informations reliées au schéma du puits (stratigraphie et équipement) ont été intégrées à l'outil de gestion des données du RSESQ développé par l'INRS, appelé SARDES pour « Suivi, analyse et représentation de données d'eau souterraine » (Gosselin et al. 2020). Les conditions locales en surface ont été extraites autour de chaque puits lors du travail du volet 1 (voir section 6.2) ; elles incluent les indicateurs suivants : la quantité de puits à proximité (résidentiels, municipaux et GPE) offrant une indication sur l'exploitation de l'eau souterraine à proximité des puits (02), la pente de la surface du sol (03), l'occupation du sol (04) ou encore l'affectation du territoire (05). L'altitude au droit du puits est fournie au droit de chaque puits du réseau dans la base de données SARDES. Comme expliqué dans la section précédente, les activités anthropiques n'ont pas été retenues comme élément descriptif des conditions du puits.

En complément, la définition des conditions entourant l'ensemble des puits du RSESQ situés au sud du fleuve Saint-Laurent a nécessité l'identification des conditions géologiques locales (voir section 6.2) qui comprennent la pédologie (06), la géologie du Quaternaire (07) et le contexte géologique (08). Ces données ont été extraites directement au droit de chaque puits.

Le contexte hydrogéologique local a été défini en combinant plusieurs indications au droit de chaque puits. Le type d'aquifère est indiqué dans la BD du RSESQ pour chaque puits et la stratigraphie est donnée par la description stratigraphique associée à chaque puits. L'épaisseur des dépôts meubles (09) a également été extraite dans l'environnement proche des puits du réseau mais aussi au droit de ces mêmes puits. Ceci a notamment permis de définir les conditions de confinement de l'aquifère rocheux (10) en se basant sur des critères d'épaisseur décrits dans la section 6.2 (voir tableau 6.5). Quant à la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère rocheux, elle a été définie autour et au droit des puits à partir de l'indice DRASTIC (12). Finalement, la position dans le système d'écoulement a pu être déterminée en se basant sur un découpage en trois zones (amont, intermédiaire et aval) des bassins versants principaux (de niveau 1). En complément, les éléments suivants ont été ajoutés pour définir au mieux le contexte hydrogéologique local : identification des bassins versants de niveau 1 et 2 au droit des puits et positionnement du puits par rapport aux lignes de partages et aux cours d'eau majeurs. De plus, les données de recharge nette au roc et potentielle de l'aquifère régional, issues de divers projets régionaux (voir section 6.2), ont été extraites au droit de chaque puits. Ces données feront notamment l'objet d'un comparatif dans le rapport conjoint.

Un projet de maîtrise est en cours de réalisation à l'INRS afin de dresser un portrait de l'ensemble de la région d'étude avec des cartes couvrant toute la région de façon à bien décrire les secteurs hydroclimatiques et les conditions régionales entourant les puits du RSESQ. Ce portrait comprend aussi la géochimie des eaux souterraines sur la région d'étude. Il est prévu de définir les conditions géochimiques naturelles des eaux souterraines en se fiant à plusieurs paramètres tels que les chlorures, les matières dissoutes totales ou les types d'eau. D'autres paramètres seront également pris en compte afin de déterminer les secteurs présentant des dépassements des normes de potabilité : le manganèse, l'arsenic, les fluorures et le baryum devraient faire partie de cette analyse. Ces cartes devraient permettre de dresser un portrait complet des conditions hydrogéologiques pour la rive sud du fleuve Saint-Laurent.

Différents outils ont été développés afin de produire les informations en lien avec l'historique des mesures de niveau d'eau. L'outil GWHAT développé par Gosselin (2016) a été adapté pour les fins du projet et permet l'affichage des hydrogrammes des puits du réseau en relation avec les données météorologiques de la station sélectionnée. Il est possible de télécharger les données des stations climatiques d'Environnement Canada et de combler les données manquantes, le cas échéant, à partir d'un autre outil décrit dans la section 3.1. Les informations relatives au suivi des niveaux de nappe (début du suivi, fréquence d'enregistrement, périodes d'interruption...) dans chaque puits sont intégrées dans l'outil de gestion du réseau SARDES (voir Gosselin et al. 2020). Les hydrogrammes statistiques ont également été réalisés pour chaque puits du réseau à partir d'un autre outil (section 4.4). Ces hydrogrammes (de suivi de nappe associé à la météo et statistique) seront notamment joints à la fiche informative des puits du RSESQ qui seront produites lors du projet de bulletin et actualisées après chaque relève biannuelle.

Quant aux applications possibles des différents puits, elles font l'objet d'une section spécifique dans le présent rapport (section 10.2). Le travail de classification des puits a notamment nécessité l'ensemble des conditions définies au droit et autour des puits du RSESQ inclus dans la région d'étude.

Tableau 6.7 – Paramètres proposés pour les caractéristiques des puits du RSESQ.

Conditions du puits
Photos : puits, site du puits
Installation du puits : information tabulaire et schéma du puits (information existante sur les puits du RSESQ)
Conditions locales en surface : nature de la surface du sol entourant le puits, topographie, végétation, activités anthropiques, exploitation d'eau souterraine
Contexte hydrogéologique local
Type d'aquifère (dépôts meubles ou roc) (propriétés ?)
Stratigraphie (épaisseur, types de sédiments...)
Conditions aquifères (confinement, vulnérabilité...)
Position dans le système d'écoulement (amont vs aval)
Géochimie de l'eau souterraine
Qualité de l'eau (potabilité, paramètres esthétiques)
Type d'eau (ions majeurs) et niveau d'évolution géochimique
Caractéristiques notables (dépassements de qualité ou autre ; indicateurs d'âge)
Historique des mesures de niveau d'eau
Début, durée, interruptions, fréquence
Statistiques sur les niveaux (annuelles et mensuelles) et tendances
Hydrogramme des niveaux d'eau (incluant données météo)
Applications possibles du puits
Fonction de réponse barométrique (BRF)
Classement du puits (catégories à déterminer avec UQAM)
Applications possibles du puits (recharge aquifère superficiel / rocheux régional, tendances des niveaux d'eau suite à l'exploitation ou les CC, impact / lien avec les cours d'eau, etc.)

7 Conditions de confinement des puits de suivi

L'évaluation des conditions de confinement est cruciale pour la compréhension du contexte hydrogéologique des puits et pour identifier leur possibles applications (recharge, tendances des niveaux d'eau suite à l'exploitation ou les changements climatiques, etc.). En plus des conditions de confinement de l'aquifère rocheux qui ont été définies autour et au droit des puits du RSESQ à partir du modèle 3D du Quaternaire de la CGC pour la vallée du Saint-Laurent (voir section 6.2), le niveau de confinement de la nappe aux stations piézométriques du RSESQ a également été évalué avec deux autres méthodes. La première méthode est présentée à la section 7.1 et consiste à définir des hydrofaciès à chacun des puits de la région d'étude à partir des descriptions de forage et à caractériser le niveau de confinement selon des critères établies sur les épaisseurs de ces hydrofaciès. La seconde méthode est présentée à la section 7.2 et consiste à caractériser les conditions de confinement basée sur l'interprétation des fonctions de réponse barométrique (BRF) qui ont été calculées selon la méthodologie présentée à la section 5. Enfin, les résultats obtenus avec les différentes méthodes de caractérisation du confinement sont discutés à la section 7.3.

7.1 Méthode des hydrofaciès

Le MELCC possède une base de données contenant les descriptions stratigraphiques de l'ensemble des puits du RSESQ. Les données de ces descriptions stratigraphiques nous ont été fournies sous la forme d'un chiffrier Excel dont le fichier est disponible à l'annexe électronique E5. En raison du niveau de détails élevé et de la grande diversité des types de lithologies retrouvés dans ces descriptions stratigraphiques, il est difficile d'utiliser ces informations pour évaluer le rôle potentiel des sédiments au niveau de l'hydrogéologie régionale et du confinement de l'aquifère. Dans le cadre de ce projet, un travail a donc été réalisé afin de regrouper chacune des descriptions lithologiques utilisées dans les logs de forage pour décrire la stratigraphie des puits du RSESQ en hydrofaciès (HF), c'est-à-dire en unités ayant des propriétés hydrauliques semblables. Cet exercice a permis de ramener l'information détaillée des descriptions stratigraphiques à un niveau rendant possible la comparaison des puits entre eux, permettant ainsi de dresser un portrait qualitatif du rôle des sédiments au niveau de l'hydrogéologie régionale et d'évaluer le niveau de confinement de la nappe aux puits du RSESQ.

On retrouve un total de 677 descriptions lithologiques uniques dans les descriptions de forage de l'ensemble des stations du RSESQ. À l'aide du script Python qui est disponible à l'annexe électronique E5, ces 677 descriptions uniques ont été classées dans les 5 hydrofaciès qui sont présentés dans le tableau 7.1. La classification détaillée de l'ensemble des 677 descriptions lithologiques dans chacun des hydrofaciès est donnée dans le tableau de l'annexe A7.

Tableau 7.1 – Définition des hydrofaciès et des conductivités hydrauliques.

Hydrofaciès	Description	Conductivité hydraulique
HF0	Sol organique	Variable
HF1	Argile, silt et sol gelé	Très faible
HF2	Sable et gravier	Faible à élevée
HFX	Till et diamicton	Variable, mais généralement faible
ROC	Roc	Faible

La classification des descriptions lithologiques en hydrofaciès a ensuite permis de générer des profils d'hydrofaciès pour l'ensemble des puits du RSESQ de la région d'étude, à l'exception des 10 nouveaux puits installés dans le cadre du PACES Estrie pour lesquels les descriptions n'étaient alors pas disponible lorsque ce travail a été réalisé. Un exemple de résultats est présenté à la figure 7.1 pour les stations de la zone hydroclimatique Yamaska Nord. Les séquences d'hydrofaciès des puits pour chacune des zones hydroclimatiques de la région d'étude sont présentés dans les figures de l'annexe A8. Les figures présentant les séquences d'hydrofaciès pour chacune des zones hydroclimatiques montrent bien que la simplification en hydrofaciès des descriptions stratigraphiques a permis de ramener l'information à un niveau rendant possible la comparaison des puits entre eux et permettant également d'évaluer le rôle potentiel des sédiments au niveau du confinement de l'aquifère aux des puits du RSESQ.

Ainsi, tout comme cela a été fait avec l'épaisseur des sédiments (voir section 6.2), les conditions de confinement de l'aquifère aux puits de la région d'étude ont été définies à partir de critères basés sur l'épaisseur et le type d'hydrofaciès rencontrés à chaque puits (voir tableau 7.2). Ces critères ont été définis d'après ceux utilisés dans les travaux de maîtrise d'Huchet (2018) et les études régionales menées au Québec (Carrier et al. 2013; Lefebvre et al. 2015). À noter que cette méthode a également été utilisée et décrite en détail dans les travaux de doctorat et de maîtrise de Ladevèze (2017) (voir section 9). Selon les critères définis au tableau 7.2, un aquifère est considéré à nappe captive lorsqu'il est recouvert d'au moins 5 m d'argile, silt et sol gelé (HF1) et il est considéré à nappe libre lorsqu'il est recouvert par moins de 1 m d'argile, silt et sol gelé (HF1) et moins de 3 m de till et diamictons (HFX). Enfin, les aquifères à nappes semi-captives constituent la classe intermédiaire entre les aquifères à nappe captive et libre.

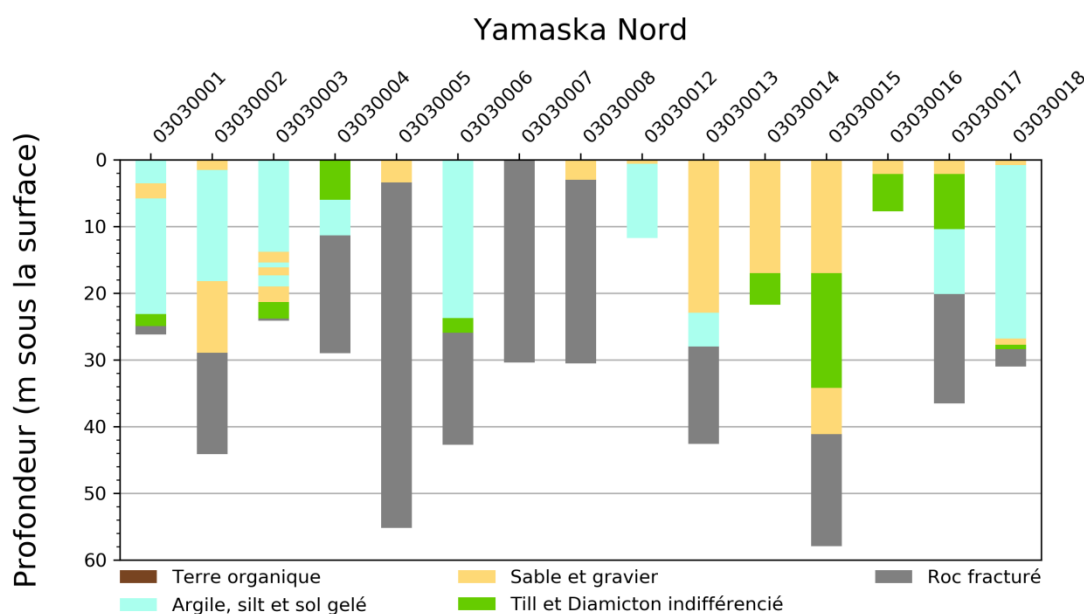


Figure 7.1 – Séquences des hydrofaciès des puits du RSESQ de la Montérégie Est.

Une synthèse des conditions de confinement définies à l'aide de la méthode des hydrofaciès est présentée en fonction des zones hydroclimatiques dans le tableau 7.3. Les résultats détaillés sont donnés dans le tableau de l'annexe A11 qui présente les résultats obtenus pour chacun des puits de la région d'étude avec les différentes méthodes qui ont été utilisées dans cette étude.

Tableau 7.2 – Critères de définition des conditions de confinement selon la méthode des hydrofaciès

Conditions de confinement	Épaisseur seuil pour chaque hydrofaciès
Captive	HF1 > 5 m
Semi-captive	Conditions intermédiaires
Libre	HF1 < 1 m et HFX < 3 m

Tableau 7.3 – Synthèse par secteur hydroclimatique des conditions de confinement des puits de la région d'étude déterminées avec la méthode des hydrofaciès.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Libre	Semi-captif	Captif	N/A	Total
Châteauguay	N.-O.	7	11	14	0	32
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	1	4	2	0	7
Richelieu	N.-O.	0	1	9	0	10
Yamaska Nord	N.-O.	4	3	11	0	18
St-François Ouest	S.-O.	1	1	0	6	8
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	2	4	3	0	9
Bécancour Sud	S.-E.	2	1	1	0	4
Chaudière	S.-E.	4	1	3	0	8
Du Chêne	S.-E.	1	2	0	0	3
Nicolet Sud	S.-E.	2	0	1	0	3
St-François Est	S.-E.	1	3	0	4	8
Bécancour Nord	N.-E.	5	2	2	0	9
Région d'étude	-	30	33	46	10	119

7.2 Méthode de la BRF

La fonction de réponse barométrique (BRF) est une caractéristique du système puits-aquifère qui dépend du degré de confinement de l'aquifère autour du puits et de l'effet de stockage dans le puits (transmissivité et diamètre). Tel qu'illustré à la figure 7.2, le niveau d'eau dans le puits d'un aquifère captif idéal sans effet de stockage répond de façon instantanée à un changement de pression barométrique et cette réponse ne varie pas dans le temps. Pour un tel aquifère, les variations de la pression atmosphérique en surface sont transmises mécaniquement vers l'aquifère à travers les grains de la couche confinante. Pour un aquifère parfaitement libre, les variations de la pression atmosphérique en surface sont transmises vers l'aquifère via la zone non saturée avec un délai relié aux propriétés de la zone non saturée et à la profondeur de la

nappe. L'effet d'emménagement dans le puits se traduit par un retard dans la réponse barométrique suite aux variations de la pression en surface. En pratique, les courbes réponse barométrique correspondent généralement à une combinaison de ces courbes théoriques.

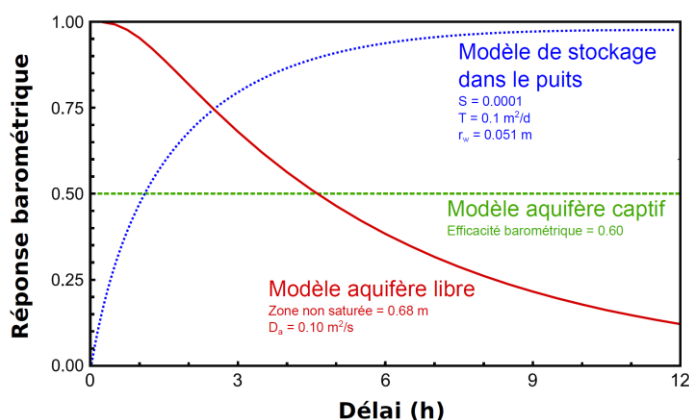


Figure 7.2 – Modèles théoriques de réponses barométriques pour des cas idéalisés (adapté de Spane 2002).

Il est donc possible de déduire les conditions de confinement des puits (libre, captif et semi-captif) simplement en comparant l'allure des BRF calculées pour les puits aux modèles théoriques présentés à la figure 7.2. Cette méthode est plus objective que celles basées sur des critères d'épaisseur des sédiments ou des hydrofaciès puisqu'elle est fondée sur des données mesurées dont le comportement est lié directement aux conditions hydrogéologiques réelles et intégrées autour du puits. Cette méthode ne peut malheureusement pas être appliquée lorsque les niveaux d'eau sont affectés par du pompage, car il n'est alors pas possible de calculer de BRF dans ce cas. Néanmoins, cela offre un moyen d'identifier les puits qui sont potentiellement influencés par des phénomènes anthropiques.

Dans le cadre du projet, les courbes des BRF qui ont été produites avec les outils et la méthodologie décrites à la section 5 ont été comparées une à une aux courbes des modèles théoriques afin de caractériser les conditions de confinement des puits de la région d'étude. Les graphiques de l'ensemble des BRF qui ont pu être produites pour les puits de la région d'étude sont présentés dans les figures de l'annexe A9. Une synthèse des conditions de confinement qui ont été définies à l'aide de cette méthode est présentée en fonction des zones hydroclimatiques dans le tableau 7.4 alors que les résultats détaillés pour chaque puits sont donnés dans le tableau A11.1 en annexe. Les puits qui ont été identifiés comme étant influencés par des phénomènes externes sont également indiqués dans les tableaux 7.4 et A11.1. Le chiffrier Excel ayant servi à la compilation des résultats lors de l'application de cette méthode est également disponible à l'annexe électronique E4.8. Ces résultats sont discutés plus en détails à la section 10.1 qui brosse un portrait de l'état actuel du RSESQ dans la région d'étude.

Tableau 7.4 – Conditions de confinement et évidence d'influence selon la BRF des puits actuels du RSESQ selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Confinement (INRS/BRF)										Influence (INRS/BRF)							
		Libre		Semi-captif		Captif		N/E ¹		N/A ²		Influencé		N/I ³		N/E ¹		N/A ²	
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	11	26.8	0	0.0	8	22.9	0	0.0	16	53.3	13	48.1	12	16.4	0	0.0	10	76.9
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	2	4.9	2	28.6	2	5.7	0	0.0	1	3.3	1	3.7	6	8.2	0	0.0	0	0.0
Richelieu	N.-O.	1	2.4	0	0.0	6	17.1	0	0.0	3	10.0	2	7.4	7	9.6	0	0.0	1	7.7
Yamaska Nord	N.-O.	8	19.5	2	28.6	7	20.0	0	0.0	1	3.3	1	3.7	17	23.3	0	0.0	0	0.0
St-François Ouest	S.-O.	1	2.4	0	0.0	1	2.9	6	60.0	0	0.0	0	0.0	2	2.7	6	60.0	0	0.0
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	7	17.1	0	0.0	1	2.9	0	0.0	1	3.3	1	3.7	8	11.0	0	0.0	0	0.0
Bécancour Sud	S.-E.	1	2.4	0	0.0	1	2.9	0	0.0	3	10.0	2	7.4	2	2.7	0	0.0	1	7.7
Chaudière	S.-E.	3	7.3	0	0.0	4	11.4	0	0.0	1	3.3	4	14.8	4	5.5	0	0.0	0	0.0
Du Chêne	S.-E.	0	0.0	2	28.6	0	0.0	0	0.0	1	3.3	0	0.0	2	2.7	0	0.0	1	7.7
Nicolet Sud	S.-E.	1	2.4	0	0.0	1	2.9	0	0.0	1	3.3	1	3.7	2	2.7	0	0.0	0	0.0
St-François Est	S.-E.	2	4.9	0	0.0	0	0.0	4	40.0	2	6.7	2	7.4	2	2.7	4	40.0	0	0.0
Bécancour Nord	N.-E.	4	9.8	1	14.3	4	11.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	9	12.3	0	0.0	0	0.0
Région d'étude	-	41	100.0	7	100.0	35	100.0	10	100.0	30	100.0	27	100.0	73	100.0	10	100.0	13	100.0

1 : N/E réfère à « Non évalué » ;

2 : N/A réfère à « Non applicable » ;

3 : N/I réfère à « Non influencé ».

7.3 Discussion des résultats

7.3.1 Conditions de confinement

Le tableau A11.1 en annexe présente le détail des conditions de confinement qui ont été définies pour chaque station piézométrique de la région d'étude avec les différentes méthodes qui ont été considérées dans ce projet, incluant :

1. Les conditions de confinement consignées par le ministère dans la BD du RSESQ;
2. Les conditions de confinement de l'aquifère rocheux définies à partir du modèle d'épaisseur des dépôts meubles de la CGC (voir section 6.2);
3. Les conditions de confinement définies avec la méthode des hydrofaciès (voir section 7.1);
4. Les conditions de confinement obtenues via l'interprétation des BRF (voir section 7.2).

On remarque à première vue dans le tableau A11.1 que pour plusieurs stations, les conditions de confinement obtenues avec les différentes méthodes au droit des puits ne semblent pas toutes cohérentes les unes avec les autres. Ceci n'est pas surprenant et est très certainement le résultat d'un ensemble de facteurs dont quelques-uns sont discutés ci-dessous.

Tout d'abord, les trois premières méthodes qui ont été utilisées pour évaluer le confinement au droit des puits reposent toutes sur l'utilisation de critères, plus ou moins arbitraires, sur les épaisseurs et le type de dépôts meubles retrouvés au droit des puits. Toutefois, la méthode basée sur le modèle d'épaisseur des dépôts meubles de la CGC donne les conditions de confinement de l'aquifère rocheux, alors que les conditions de confinement évaluées par le ministère et la méthode des hydrofaciès se rapportent aux conditions de confinement de l'intervalle crépiné ou ouvert des piézomètres ou des puits d'observation. Ainsi, dans le cas des piézomètres installés dans les dépôts meubles, cela pourrait expliquer certaines des différences observées entre les conditions de confinement définies à partir du modèle d'épaisseur des dépôts meubles de la CGC et celles définies par le ministère et avec la méthode des hydrofaciès. De plus, il y a une certaine incertitude associée non seulement avec le modèle d'épaisseur des dépôts meubles de la CGC mais également avec l'information contenue dans les descriptions de forage sur lesquelles reposent les conditions de confinement définies par le ministère et avec la méthode des hydrofaciès. Cela peut également être une des causes pouvant expliquer certaines des différences observées entre les différentes méthodes. Il est important de mentionner que contrairement aux autres méthodes, la méthode basée sur le modèle d'épaisseur des dépôts meubles de la CGC permet de caractériser le confinement de l'aquifère rocheux non seulement au droit du puits, mais également autour des puits. Le tableau A11.1 donne d'ailleurs les proportions de la région entourant chaque puits qui correspondent à des conditions captives, semi-captives et libres.

De l'ensemble des méthodes utilisées dans cette étude pour évaluer le confinement, la méthode des hydrofaciès est certainement celle qui se rapproche le plus de celle qui a été utilisée par le ministère pour définir les conditions de confinement dans la BD du RSESQ. Les conditions de confinement définies avec ces deux méthodes sont les mêmes pour 71 puits sur 109, donc dans 65%. Une partie des différences observées au niveau de ces deux méthodes peut certainement être attribuable aux critères utilisés pour définir le confinement qui ne sont probablement pas les mêmes dans les deux cas. Un des avantages de la méthode des hydrofaciès est qu'elle offre une méthode qui permet de standardiser la définition des conditions de confinement à partir des descriptions de forage pour l'ensemble des puits du réseau. Il serait alors nécessaire de

passer en revue les descriptions de forage des 38 puits pour lesquels les conditions de confinement ne concordent pas entre ces deux méthodes afin de déterminer si la caractérisation du confinement pour certains puits ne devrait pas être changée dans la BD du RSESQ. Cet exercice pourrait permettre aussi de valider les critères utilisés dans cette étude et peut-être de les ajuster au besoin. À noter que la méthode des hydrofaciès telle qu'appliquée dans ce projet comporte une limitation importante liée à l'identification des hydrofaciès de type « till et diamictons ». En effet, il est impossible d'identifier correctement l'ensemble des couches qui correspondent à cet hydrofaciès, car les couches de till ne sont pas toutes identifiées explicitement comme telle dans leur description lithologique. Afin d'améliorer la méthode, il serait alors nécessaire de passer les descriptions de forage un à un et d'identifier explicitement dans leur description chacune des couches correspondant à du till et diamictons en tenant compte du contexte géologique dans lequel chaque puits est installé.

Contrairement aux trois méthodes discutées ci-dessus qui reposent sur un ensemble de critères plus ou moins arbitraires, la méthode basée sur l'interprétation des BRF est beaucoup plus objective et permet d'inférer les conditions de confinement directement à partir des données mesurées dans le puits, dont le comportement est lié directement au contexte hydrogéologique réel du puits. De plus, la BRF intègre les conditions rencontrées dans l'environnement autour des puits et non pas seulement au droit de ceux-ci, permettant ainsi de considérer la continuité spatiale des couches confinantes autour des puits. Pour fin de comparaison, une matrice de confusion a été produite pour vérifier la cohérence entre le confinement défini au droit de chaque puits par le MELCC avec la méthode des BRF utilisée par l'INRS. Les résultats sont donnés en annexe dans le tableau A5.1 pour les 83 puits où la BRF a pu être appliquée. La méthode employée par le MELCC identifie correctement les 59% des puits captifs et 70% des puits libres. Également, ces résultats suggèrent que les conditions captives ont généralement été bien identifiées par le MELCC (à hauteur de 83%) par rapport à ce que donne la BRF. Au contraire, les conditions libres sont largement sous-estimées (39% uniquement) par l'approche utilisée par le ministère.

La BRF offre une information qui est complémentaire aux méthodologies habituellement utilisées pour définir les conditions de confinement. C'est pourquoi il est pertinent de considérer l'ensemble des résultats obtenus avec chaque méthode afin de caractériser le mieux possible le contexte hydrogéologique dans lequel chaque puits est installé. Cela est bien illustré par les résultats obtenus pour les puits 03040017 et 03040018 situés à Sutton. Ces puits sont situés tous les deux dans un bas topographique local où le niveau piézométrique moyen de la nappe est situé au-dessus de la surface du sol. C'est d'ailleurs pour cette raison que ces puits ont été caractérisés comme étant tous les deux captifs par le MELCC et la méthode des hydrofaciès. Toutefois, on peut voir que ces deux puits ont été classifiés comme étant libres selon la méthode de la BRF, ce qui peut sembler erroné à première vue. Toutefois, la carte de confinement produite dans le cadre du projet PACES Montérégie Est montre que ces puits sont situés à proximité d'une zone de recharge, ce qui permet d'expliquer la réponse de type libre de la BRF calculées pour ces puits. On pourrait alors dire que le niveau de confinement au droit de ces deux puits est captif, mais que les niveaux d'eau mesurés dans ces piézomètres sont représentatifs de la zone de recharge à proximité et pourraient potentiellement être utilisés pour évaluer la recharge. Malheureusement, cette zone n'est pas représentée dans le modèle d'épaisseur des dépôts de la CGC en raison du maillage plus grossier de ce dernier par rapport aux travaux réalisés dans le cadre des projets PACES.

Les résultats obtenus avec ces différentes méthodes de caractérisation du niveau de confinement sont donc complémentaires et peuvent être utilisés conjointement pour mieux comprendre le contexte hydrogéologique dans lequel chacun des puits du RSESQ est installé et mieux définir le ou les rôles que chacun de ces puits pourrait jouer en tant qu'outils de suivi des ressources en eaux souterraines du Québec.

7.3.2 Influences externes

Tel que mentionné à la section 7.2, la BRF permet d'identifier la présence d'une influence externe à proximité des puits de suivi. Tout comme les conditions de confinement, les puits potentiellement influencés ont également été identifiés par le MELCC dans la base de données du RSESQ. Un comparatif a donc été fait entre les résultats établis par l'INRS avec la BRF et ceux du ministère pour les 74 puits où cette analyse a pu être appliquée (voir tableau A5.2 en annexe). Dans l'ensemble, la démarche du MELCC a identifié plutôt correctement les puits influencés (à hauteur de 88%). Néanmoins, elle sous-estime le nombre de puits effectivement sous influence puisque la BRF en a identifié 44% de plus (25 contre 14). À noter que dans certains cas, il a été possible de calculer une BRF même si les niveaux d'eau étaient influencés par des phénomènes externes. Dans ces cas, les niveaux d'eau n'étaient pas influencés sur toute la période d'acquisition des données et il a alors été possible de trouver des segments de données non influencés à partir desquels une BRF a pu être calculée.

8 Outil et méthodologie pour l'estimation de la recharge

8.1 Principes de la méthode

Durant le doctorat de Jean-Sébastien Gosselin, plusieurs développements méthodologiques et informatiques ont été réalisés pour estimer la recharge à partir de données climatiques et de mesures journalières de niveaux d'eau souterraine (Gosselin 2016). La méthode est basée sur les travaux de Lefebvre et al. (2011) et consiste à utiliser les niveaux d'eau mesurés pour caler un bilan hydrologique de surface (de type *Soil Moisture Balance*, SMB) couplé à un bilan en eau d'un aquifère à nappe libre (de type *Water Table Fluctuation*, WTF) tel que :

$$\text{Bilan de surface:} \quad Re = P_{avail} - Ru - ETR + \Delta RAS \quad \text{Équation 3}$$

$$\text{Bilan d'aquifère :} \quad Re = S_y \cdot \Delta h + (Q_{out} - Q_{in}) \quad \text{Équation 4}$$

où Re est la recharge, P_{avail} représente les précipitations disponibles, Ru est le ruissellement, ETR est l'évapotranspiration réelle, ΔRAS est le changement de la réserve en eau utile dans le sol, S_y est la porosité de drainage, Δh est le changement de niveau d'eau et la différence $Q_{out} - Q_{in}$ permet de représenter la récession du niveau d'eau souterraine. Les composantes principales de ces deux bilans sont également illustrées dans la figure 8.1 ci-dessous.

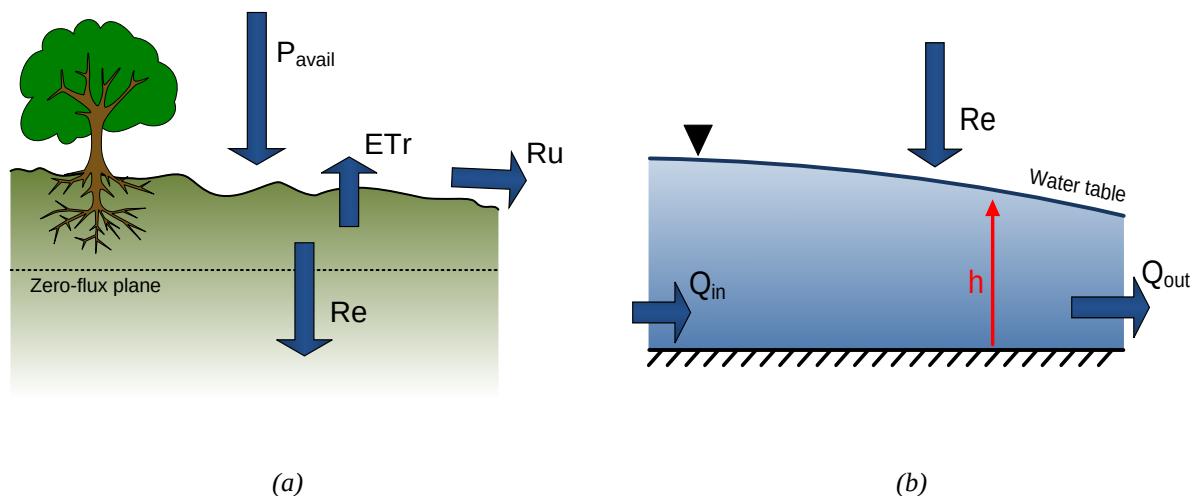


Figure 8.1 – Illustration (a) des composantes du bilan hydrologique de surface et (b) du bilan en eau d'un aquifère libre (tiré de Gosselin et al. 2018).

Le calage du modèle est réalisé à l'aide de la méthode d'optimisation globale GLUE (*Generalized Likelihood Uncertainty Estimation*). Une description détaillée de même que tous les développements mathématiques nécessaires à l'application de cette méthode sont donnés dans la thèse de doctorat de Jean-Sébastien Gosselin (Gosselin 2016). En résumé, l'approche de résolution implique d'abord la définition de plages de valeurs plausibles pour les paramètres hydrologiques du modèle (coefficient de ruissellement, porosité de

drainage du sol, réserve en eau utile maximale). La méthode consiste ensuite à produire une grande quantité de réalisations à partir de plusieurs combinaisons de valeurs des paramètres tirées des plages définies *a priori*. Pour chacune des réalisations ainsi produites, les flux de recharge quotidiens calculés avec le bilan de surface (équation 3) sont utilisés dans le bilan de l'aquifère à nappe libre (équation 4) pour produire un hydrogramme synthétique. Ces hydrogrammes synthétiques sont ensuite comparés aux niveaux mesurés dans les puits afin de calculer, pour chaque réalisation, une mesure de vraisemblance correspondant à l'inverse de la racine de l'erreur quadratique moyenne entre les niveaux simulés et mesurés. Les mesures de vraisemblance ainsi calculées sont ensuite utilisées pour définir une fonction de répartition (CDF : *Cumulative Distribution Function*) des valeurs de recharge calculées pour chaque journée couverte par les simulations. Enfin, les CDFs sont utilisées pour évaluer l'incertitude et les valeurs modales de la recharge sur une base journalière. Les données peuvent ensuite être colligées afin d'obtenir une estimation de la recharge sur une base mensuelle ou annuelle, de même qu'une évaluation de l'incertitude des résultats obtenus. En plus de la recharge, cette technique permet aussi d'évaluer toutes les composantes du bilan hydrologique et de faire de la prévision des niveaux d'eau.

Cette méthode présente plusieurs avantages par rapport à la méthode des fluctuations de la nappe (WTF) qui est mieux connue et généralement utilisée en hydrogéologie pour évaluer la recharge à partir des séries temporelles de niveaux d'eau (Healy et Cook 2002). Premièrement, la méthode permet une meilleure reconnaissance des événements de recharge diffuse que la méthode des fluctuations de la nappe qui tend à sous-estimer cette recharge. La méthode permet aussi d'évaluer les plages d'incertitude sur les estimations de recharge par l'application de la méthode d'optimisation globale GLUE. La méthode fournit aussi un moyen de restreindre les plages de valeurs utilisées pour les paramètres hydrologiques et la porosité de drainage de l'aquifère, ce qui est une faiblesse importante de la méthode des fluctuations de la nappe. Enfin, la méthode peut être utilisée pour estimer la recharge, ainsi que l'évapotranspiration et le ruissellement, sur toute la période pour laquelle des données météorologiques sont disponibles. Cela signifie que la méthode peut être utilisée pour prédire les niveaux de recharge et d'eau souterraine même pendant les périodes pour lesquelles les mesures de niveau d'eau souterraine ne sont pas disponibles.

8.2 Outils et cadre méthodologique

Dans le cadre de ce projet, il a été possible de compléter le logiciel GWHAT afin d'intégrer à ce dernier les outils permettant l'application de la méthode d'estimation de la recharge décrite à la section précédente. À noter qu'avant ce projet, la méthode ne pouvait être appliquée qu'à partir d'un ensemble de codes Python de recherche mal documentés et difficiles à utiliser. Les travaux réalisés dans le cadre du présent projet ont donc permis de produire des outils facilitant grandement l'application de la méthode et de la rendre ainsi beaucoup plus accessible.

Entre autres, la figure 8.2 présente l'outil qui a été développé permettant l'estimation de la courbe maîtresse de récession (MRC) des hydrogrammes. La MRC est une expression mathématique représentant le comportement du niveau de la nappe durant les périodes où les niveaux d'eau diminuent en raison d'une recharge nulle alors que l'aquifère continue à se « vider » aux zones d'émergence de l'eau souterraine. La MRC est une composante essentielle de la méthode qui permet de représenter le flux net sortant d'eau souterraine dans le bilan en eau de l'aquifère à nappe libre (équation 3). La figure 8.3 présente l'outil qui a été développé et intégré à GWHAT pour l'estimation de la recharge à partir des données journalières piézométriques et météorologiques alors que la figure 8.4 présente les divers graphiques générés par GWHAT pour illustrer les résultats produits suite à l'évaluation de la recharge.

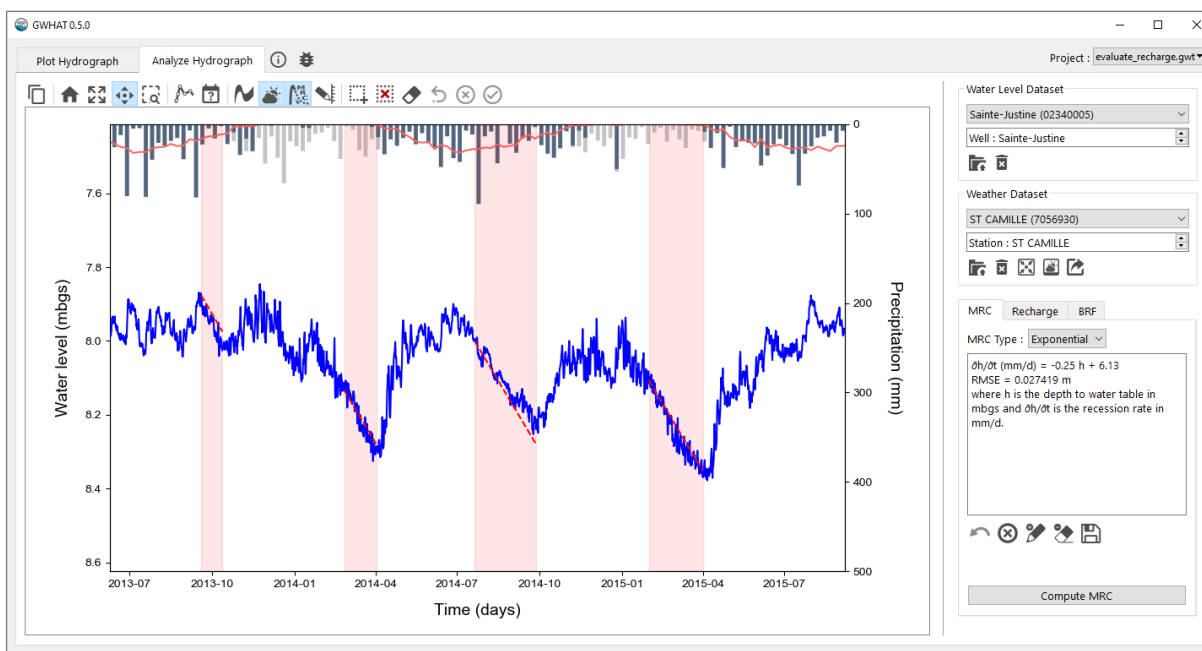


Figure 8.2 – Aperçu de l'outil pour évaluer la courbe maîtresse de récession (MRC) des hydrogrammes de puits dans GWHAT (lignes pointillées rouges).

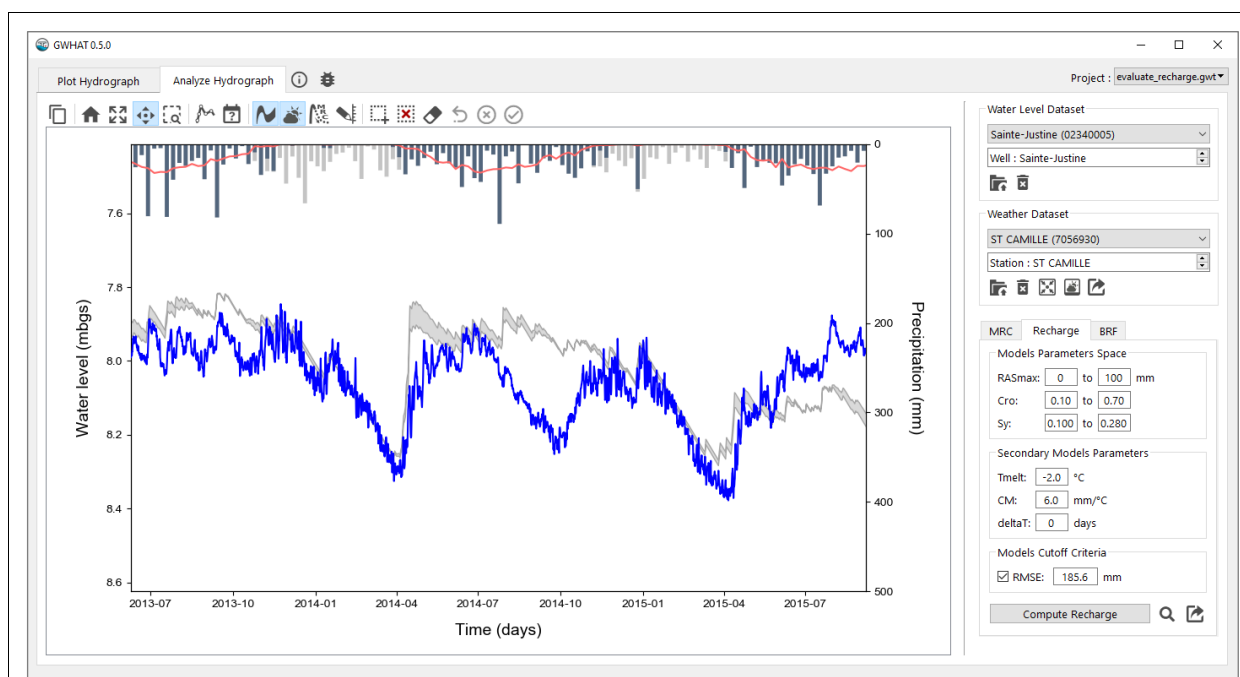
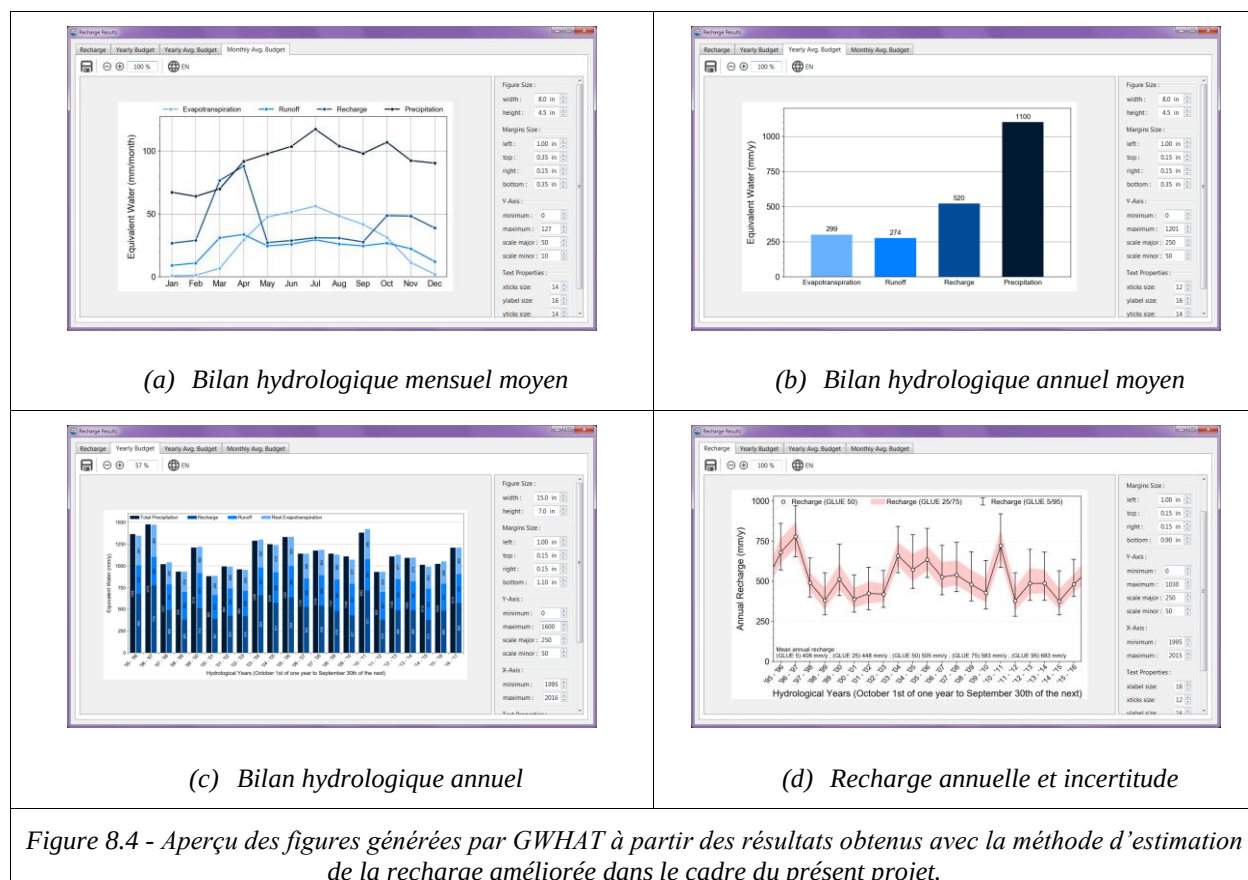


Figure 8.3 – Aperçu de l'outil dans GWHAT pour évaluer la recharge à partir de données climatiques et de mesures journalières de niveaux d'eau souterraine.



Enfin, la figure 8.5 présente un outil qui a été ajouté dans la version 0.5.1 de GWHAT et qui permet de visualiser la distribution des différentes réalisations produite en fonction de leur erreur RMSE et d'afficher les plages de valeur des paramètres couvertes par l'ensemble des réalisations. Ce développement a permis d'améliorer substantiellement le cadre méthodologique d'application de la méthode et permet l'intégration de l'ensemble des connaissances qui sont disponibles à un site donné pour l'évaluation de la recharge. À noter que la version 0.5.1 de GWHAT n'était pas encore disponible au moment de la rédaction du présent rapport, mais sa diffusion était prévue au cours des semaines suivant le dépôt de ce rapport.

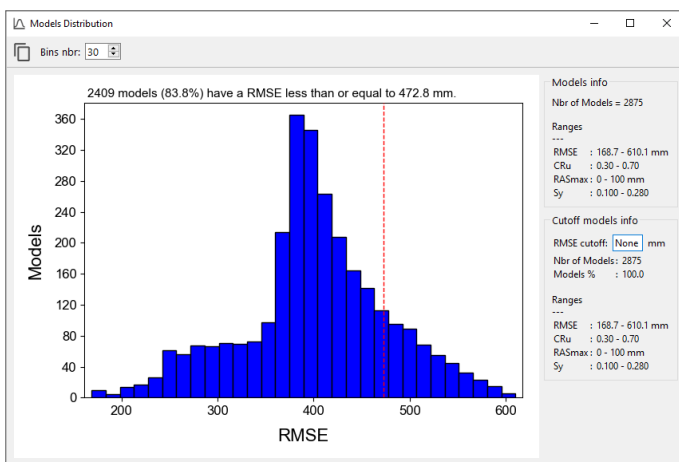


Figure 8.5 - Aperçu de l'outil dans GWHAT permettant de visualiser la distribution des réalisations en fonction de leur RMSE.

En plus des outils qui ont été développés, un cadre méthodologique d'application de la méthode spécifiquement adapté aux données du RSESQ a également pu être défini dans le cadre du présent projet. Deux exemples détaillés d'application de la méthode sont donnés aux annexes A14 et A15. L'annexe A14 présente les travaux qui ont été réalisés pour évaluer la recharge à la station 023440005 à Sainte-Justine. Ces travaux correspondent à la version la plus achevée du cadre méthodologique d'évaluation de la recharge avec GWHAT qui a été développé dans le cadre de ce projet. L'annexe A15 présente les travaux réalisés pour l'évaluation de la recharge dans l'esker de Mercier à partir des niveaux mesurés dans le puits d'observation 03090001 du RSESQ. Ce second exemple présente une version préliminaire du cadre méthodologique et est un peu moins bien étoffé que celui présenté à l'annexe A15. À noter que les travaux réalisés pour l'évaluation de la recharge à Mercier ont pu être utilisés dans le cadre d'un projet pour la modélisation de l'écoulement des eaux souterraines à Mercier (Ballard et al. 2021).

En résumé, la méthodologie d'estimation de la recharge avec GWHAT comprend les étapes suivantes :

- Générer à l'aide de l'outil GWHAT présenté à la section 4.2 un graphique mettant en relation les niveaux d'eau souterraine et les données météorologiques afin d'analyser le comportement saisonnier de la nappe par rapport aux conditions météorologiques observées au site d'étude.
- Utiliser les conditions de confinement qui ont été définies dans le cadre de ce projet (tableau A11.1) conjointement avec la description de forage et l'hydrogramme de puits produit et analysé à l'étape précédente pour évaluer le contexte hydrogéologique de la station du RSESQ considérée. Considérant certaines contradictions entre les méthodes, un jugement professionnel doit être exercé, en privilégiant les résultats de la BRF, ensuite les hydrofaciès et enfin le modèle de dépôts.
- Utiliser les indicateurs des puits du RSESQ qui ont été produits dans le cadre de ce projet et qui sont présentés dans les tableaux de l'annexe A1 afin de dresser un portrait du contexte de la région autour de la station. Ce portrait servira à restreindre les plages de valeurs des paramètres hydrogéologiques utilisés lors de l'évaluation de la recharge et permettra de réduire l'incertitude sur les estimations obtenues.
- Évaluer la courbe maîtresse de récession (MRC) de l'hydrogramme à l'aide de l'outil GWHAT présenté dans la figure 8.2.
- Lancer une première évaluation de la recharge en utilisant des plages de valeurs très larges pour les paramètres hydrogéologiques (coefficient de ruissellement, porosité de drainage du sol, réserve en eau utile maximale). Ceci permet la production d'un grand nombre de réalisations, dont la majorité ne représentera pas adéquatement les niveaux d'eau mesurés.
- On utilise ensuite l'outil présenté à la figure 8.5 pour déterminer une valeur seuil de RSME au-delà de laquelle les réalisations produites en première étape sont rejetées et on relance les calculs de recharge. Cela produit un nombre de réalisations beaucoup moins grand et une incertitude plus restreinte sur les évaluations de recharge.
- Enfin, on utilise les informations recueillies sur la zone d'étude pour restreindre les plages des paramètres hydrogéologiques qui sont utilisées lors de l'évaluation de la recharge et on lance une dernière fois les calculs dans GWHAT afin de calculer la recharge finale.

Les travaux en lien avec ce volet sur la recharge seront poursuivis dans le cadre du projet de bulletin où les outils et la méthode seront améliorés davantage et seront appliqués à au moins un puits de chacun des secteurs hydroclimatiques qui ont été définis dans la région d'étude.

9 Application à d'autres projets

Les outils présentés aux sections précédentes de ce rapport ont été mis à profit dans de nombreux autres projets appliqués pour l'estimation de la recharge des aquifères à nappe libre et l'évaluation du niveau de confinement des puits de suivi. Cela montre bien l'utilité de ces outils et la pertinence de les distribuer librement. Ces applications sont brièvement décrites dans la présente section.

- Mise à niveau du modèle numérique du système aquifère du secteur Valcartier

Dans le cadre de ce projet, les outils présentés à la section 3.1 ont été d'abord utilisés pour télécharger et formater des données météorologiques à Valcartier et pour combler les valeurs manquantes dans la série de données. Un graphique mettant en relation les niveaux d'eau mesurés dans des puits et les données météo a ensuite été produit et la recharge a été évaluée dans la région d'étude pour la période 2000-2015. Les résultats obtenus à l'aide de nos outils sont présentés à l'annexe A13.1. Ce projet a notamment permis de montrer que l'outil pour estimer la recharge et son incertitude est très puissant et permet d'exploiter les données de niveau d'eau, même lorsque la série temporelle de niveaux d'eau n'est pas continue dans le temps.

- Suivi des flux d'infiltration dans des bacs filtrants à Valcartier

Dans le cadre de ce projet, l'outil présenté à la section 8 a été adapté et utilisé pour reproduire les flux d'infiltration d'eau à l'intérieur de bacs filtrants à Valcartier. Ce projet a permis de valider l'approche utilisée pour calculer la fonte de la neige et l'évapotranspiration, bien que basée sur des modèles très simples. Plus particulièrement, l'approche pour simuler l'accumulation et la fonte de la neige à la surface du sol a permis de bien représenter les mesures prises sur le site d'étude. Les résultats produits à l'aide de nos outils dans le cadre de ce projet sont présentés à l'annexe A13.2.

- Suivi de la qualité des eaux souterraines aux Îles-de-la-Madeleine

Dans le cadre de ce projet, les outils présentés à la section 3.1 ont d'abord été utilisés pour produire une série temporelle complète de données météorologiques aux Îles-de-la-Madeleine. Par la suite, GHWAT a été utilisé pour évaluer la recharge annuelle à partir des mesures de niveaux d'eau qui étaient disponibles dans l'un des puits du RSESQ. Ce projet a permis de démontrer encore une fois que notre approche était utile même lorsque les séries temporelles de niveaux d'eau ne sont pas complètes. Les résultats produits à l'aide de nos outils dans le cadre de ce projet sont présentés à l'annexe A13.3.

- Suivi de la nappe à Wainwright, Alberta

Dans le cadre de ce projet, les outils présentés à la section 3.1 ont d'abord été utilisés pour produire une série temporelle complète de données météorologiques à Wainwright en Alberta. Des séries temporelles de niveaux d'eau étaient disponibles pour 7 puits de suivi sur la région d'étude. Le climat à Wainwright est de type semi-aride et le contexte hydrogéologique est caractérisé par une zone non saturée très épaisse. Pour ces raisons, le contraste entre les fluctuations de niveau d'eau mesurées dans les puits à nappe libre et ceux à nappe captive était peu important. L'outil présenté à la section 5.4 a donc été utilisé pour évaluer la fonction de réponse barométrique des puits, ce qui a permis de distinguer avec un plus grand niveau de confiance les puits qui étaient libres de ceux qui étaient captifs.

Deuxièmement, GWHAT a été utilisé pour évaluer la recharge annuelle à partir des mesures de niveaux d'eau qui étaient disponibles pour les puits à nappe libre. Ce projet nous a permis de réaliser que la méthode d'évaluation de la recharge ne fonctionne pas très bien lorsque les précipitations annuelles sont faibles et que la zone non saturée est importante. Ce travail nous a donc donné des pistes de solution importantes pour améliorer la méthode dans le futur, tel que l'intégration d'une solution analytique permettant de considérer le délai et la dissipation de l'eau infiltrée. Les résultats produits à l'aide de nos outils dans le cadre de ce projet sont présentés à l'annexe A13.4.

- Suivi de la nappe à Suffield, Alberta

Ce projet était très similaire au projet de suivi de la nappe à Wainwright et consistait principalement à évaluer la recharge pour un puits dans une nappe libre à partir de séries temporelles météorologiques et de niveau d'eau. Tout comme pour Wainwright, le climat était de type semi-aride et la zone non saturée était importante. Ce projet nous a permis de valider les lacunes de la méthode identifiée lors du projet de Wainwright. Les résultats produits à l'aide de nos outils dans le cadre de ce projet sont présentés à l'annexe A13.5.

- Travaux de doctorat de Pierre Ladevèze

Dans le cadre des travaux de doctorat de Pierre Ladevèze (2017), l'outil présenté à la section 5.4 pour calculer la fonction de réponse barométrique (BRF : *barometric response function*) des puits a été utilisé pour évaluer le niveau de confinement des puits dans la région de Saint-Édouard-de-Lotbinière. Les résultats ont ensuite été comparés avec deux méthodes traditionnelles de classification des puits. Les résultats obtenus grâce à la BRF ont permis de démontrer que les méthodes traditionnelles de classification des puits n'étaient pas bien adaptées au contexte géologique de la région d'étude. Un nouveau modèle conceptuel de la fracturation de l'aquifère rocheux a donc pu être défini à partir des résultats de BRF. Les résultats produits à l'aide de nos outils dans le cadre de ce projet sont présentés à l'annexe A12.

- Travaux de maîtrise de François Huchet

Dans le cadre des travaux de maîtrise de François Huchet (2018), l'outil présenté à la section 5.4 a été utilisé pour calculer la fonction de réponse barométrique pour une dizaine de puits situés au Nouveau-Brunswick. Tout comme pour le projet de doctorat de Pierre Ladevèze, les BRF obtenues ont été utilisées pour évaluer le niveau de confinement des puits et les résultats ont été comparés avec les méthodes traditionnelles de classification des puits. Ce volet des travaux de François Huchet a permis d'établir qu'il est nécessaire de réaliser les analyses de BRF sur des périodes de l'année pendant lesquelles le niveau des eaux souterraines est le moins influencé par la recharge. Autrement, les analyses pour les puits en conditions libres ne sont pas concluantes.

Ensuite, GWHAT a été utilisé pour évaluer la recharge et quantifier son incertitude à partir des mesures de niveau d'eau acquises dans les puits en nappe libre. Les résultats ont ensuite été comparés à des évaluations de la recharge obtenues avec le modèle HELP et les résultats produits avec les deux méthodes se sont montrés cohérents. Les résultats en lien avec l'utilisation de nos outils dans le cadre de ce projet sont présentés à la figure 9.1.

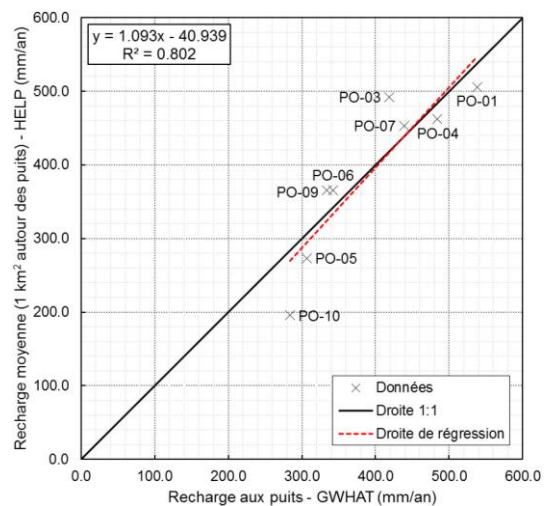


Figure 9.1 – Comparaison des valeurs de recharge annuelles moyennes évaluées avec notre outil et le modèle HELP dans le cadre du projet de maîtrise de François Huchet.

10 Portrait et applications possibles des puits du RSESQ

10.1 Portrait de l'état actuel du RSESQ

Les indicateurs compilés à la section 6 permettent de dresser un portrait de l'état actuel du RSESQ pour le sud du Québec. Les limites des secteurs hydroclimatiques définis pour la région d'étude et détaillée dans la section 6.1 constituent la base de ce portrait. En effet, il est prévu de définir des indicateurs de stress hydrique et de produire un bulletin biannuel de l'état des nappes à partir de puits représentatifs sélectionnés dans les 12 contextes aux propriétés climatiques et hydrogéologiques similaires (section 10.2).

En amont de cette compilation, les stations météorologiques d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) ont été recensées dans la région d'étude mais également dans une zone tampon de 25 km autour de cette dernière afin de pouvoir être considérées pour l'analyse des hydrogrammes de puits du RSESQ. Les 59 stations sélectionnées sont actives et disposent de données remontant au moins à 1981 (début de la période des normales climatiques). La carte de la figure A3.1 en annexe indique la localisation des 42 stations météorologiques situées directement dans la région d'étude et des 17 autres localisées dans la zone tampon. La disponibilité des données météorologiques à partir de ces stations est indiquée par secteur hydroclimatique dans le tableau 10.1 (voir aussi figure A2.1). Tous les secteurs hydroclimatiques disposent d'au moins une de ces stations hormis le secteur Du Chêne qui ne possède aucune station répondant aux critères sur son territoire.

Les principales caractéristiques de définition des puits du réseau sont rassemblées dans le tableau 10.2 : (1) nombre de puits total, (2) état des puits (actif ou inactif) et (3) type d'aquifère (granulaire ou roc). Ces informations sont également reprises sur les figures A2.3 et A2.4 de l'annexe A2 présentant le portrait du réseau de suivi selon les secteurs hydroclimatiques. Les 123 puits initialement identifiés dans le réseau (tableau 10.2 et figure A2.2) ne sont pas distribués uniformément sur la région d'étude (voir carte A3.1 en annexe). En considérant uniquement les 109 puits actifs (voir carte A3.2 et figure A2.3 en annexe), les secteurs hydroclimatiques disposent d'au moins deux puits (secteur Du Chêne) pour un maximum de 24 puits (secteur Châteauguay), ce qui représente une densité moyenne de l'ordre d'un puits de suivi actif pour 330 km² sur l'ensemble du territoire d'étude. La plupart des puits inactifs (11 sur 14) sont localisés dans le secteur Châteauguay.

Diverses raisons expliquent le classement de certains puits (14 au total) comme « inactifs ». Le tableau de l'annexe A4 recense les périodes de suivi de ces puits et les raisons de leurs inaktivités expliquées par le MELCC : (1) cinq puits (03000003, 03090002, 03090007, 03090009 et 03090019) ont été récupérés par le propriétaire du terrain comme stipulé dans l'entente initiale, (2) deux puits (03097182 et 03097191) ont été obturés en raison d'un accès rendu difficile, (3) un autre puits (02507001) initialement localisé sur un terrain municipal vendu par la suite pour un projet de développement n'est plus intégré au réseau, (4) un puits a été comblé à la demande du propriétaire et enfin, (5) un dernier puits (03047011) ne peut plus être suivi suite à un acte de vandalisme. D'autres raisons expliquent également la présence de puits considérés comme « inactifs ». Les données d'un ancien puits (03090020-Ancien) suivi jusqu'en 2007 ont été combinées avec les données d'un puits récent (03090020) dont l'aménagement est similaire. Finalement, trois nids de puits doubles actifs (02407004 / 02407005; 03097072 / 03097083; et 03097094 / 03097095) ont été initialement ajoutés à la base de données du RSESQ, mais la base de données ne répertorie qu'un seul des niveaux. Il est proposé de fournir cette information sur les fiches signalétiques des puits qui seront réalisées prochainement dans le projet de bulletin sur l'état des nappes.

Tableau 10.1 – Nombre de stations météorologiques (ECCC) localisés dans la région d'étude et dans une zone tampon de 25 km autour de cette région¹.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Stations météorologiques		Secteur hydroclimatique	Groupe	Stations météorologiques	
		Nb.	%			Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	5	8.5	Bécancour Sud	S.-E.	2	3.4
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	4	6.8	Chaudière	S.-E.	8	13.6
Richelieu	N.-O.	4	6.8	Du Chêne	S.-E.	0	0.0
Yamaska Nord	N.-O.	5	8.5	Nicolet Sud	S.-E.	1	1.7
St-François Ouest	S.-O.	7	11.9	St-François Est	S.-E.	2	3.4
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	2	3.4	Bécancour Nord	N.-E.	2	3.4

1 : 42 stations météorologiques sont situées dans la région d'étude et 17 autres dans la zone tampon de 25 km soit 59 stations météorologiques d'ECCC au total.

Tableau 10.2 – Principales caractéristiques des puits actuels du RSESQ (MELCC) selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Puits du RSESQ		État				Type d'aquifère			
				Actif		Inactif		Granulaire		Roc	
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	35	28.5	24	22.0	11	78.6	9	24.3	26	30.2
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	7	5.7	7	6.4	0	0.0	1	2.7	6	7.0
Richelieu	N.-O.	10	8.1	9	8.3	1	7.1	2	5.4	8	9.3
Yamaska Nord	N.-O.	18	14.6	18	16.5	0	0.0	8	21.6	10	11.6
St-François Ouest	S.-O.	8	6.5	8	7.3	0	0.0	1	2.7	7	8.1
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	9	7.3	9	8.3	0	0.0	2	5.4	7	8.1
Bécancour Sud	S.-E.	5	4.1	4	3.7	1	7.1	4	10.8	1	1.2
Chaudière	S.-E.	8	6.5	8	7.3	0	0.0	2	5.4	6	7.0
Du Chêne	S.-E.	3	2.4	2	1.8	1	7.1	3	8.1	0	0.0
Nicolet Sud	S.-E.	3	2.4	3	2.8	0	0.0	0	0.0	3	3.5
St-François Est	S.-E.	8	6.5	8	7.3	0	0.0	3	8.1	5	5.8
Bécancour Nord	N.-E.	9	7.3	9	8.3	0	0.0	2	5.4	7	8.1
Région d'étude	-	123	100.0	109	100.0	14	100.0	37	100.0	86	100.0

Le tableau 10.2 fait aussi état de la proportion de puits captant l'aquifère rocheux (86) ou installés dans les dépôts granulaires (37). La distribution des types d'aquifère est également indiquée sur la figure A2.4 et la carte A3.3 en annexe. À noter qu'un bon nombre de puits forés dans le roc présentent des fluctuations du niveau de nappe à l'interface roc/dépôts meubles ou même intégralement dans les dépôts meubles. Ce point sera discuté plus en détail dans le projet de bulletin de l'état des nappes car cet élément devra être précisé dans la fiche informative des puits sélectionnés pour suivre l'état des nappes du RSESQ puisque les propriétés des matériaux dans lesquels varie la nappe devront être connues. Le tableau 10.3 offre un aperçu de la proportion de puits au roc dont le niveau de nappe ne varie généralement pas dans le roc fracturé.

Tableau 10.3 – Analyse préliminaire des fluctuations des niveaux de nappe des puits d'intérêt¹.

Types d'aquifère	Nb. total	Horizons des fluctuations de nappe					
		Dépôts meubles		Interface roc/dépôts meubles		Roc	
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Granulaire	13	13	100.0	0	0.0	0	0.0
Roc	20	15	75.0	3	15.0	2	10.0

1 : cette analyse est une ébauche qui ne concerne que 33 puits et qui sera poursuivie dans le projet de bulletin.

Quant aux conditions de confinement de chaque puits du RSESQ situés au sud du fleuve Saint-Laurent, les conditions déterminées avec la méthode basée sur l'interprétation de la fonction de réponse barométrique des puits (voir section 7.2) ont été privilégiés ici. En effet, cette méthode fournit une indication plus robuste du niveau de confinement de la nappe aux puits que celles basées sur des critères d'épaisseur et de type de dépôts meubles. En se fiant au tableau 7.4 récapitulant cette classification sur la région d'étude, les conditions libres et captives sont plutôt bien représentées avec respectivement 41 et 35 puits soit 49% et 42% des 83 puits ayant pu être analysés par la BRF ; le reste étant attribué aux puits semi-captifs (7 puits soit 8%). La carte A3.4 montre que la majorité des puits en conditions captives se trouvent dans les Basses-terres. La figure A2.5 montre aussi cette répartition par secteur hydroclimatique. Les puits non évalués correspondent au 10 puits de suivi implantés à l'été 2019 dans le cadre du PACES Estrie et dont les données nécessaires à la production de la BRF n'ont pas encore été récupérées. À noter que la BRF n'a pas pu être appliquée sur 30 puits dont les niveaux de nappe étaient perturbés, généralement par un pompage à proximité.

Finalement, la BRF a permis aussi de statuer sur la présence d'une influence externe à proximité des puits de suivi (voir tableau 7.4) en analysant les niveaux de nappe. La plupart des puits (73) ne souffrent pas de perturbations par des pompages à proximité mais 27 sont toutefois influencés sur la région d'étude. L'identification de ces puits influencés est d'importance puisqu'ils ne pourront pas être sélectionnés comme indicateur de suivi de l'état des nappes (section 10.2). La répartition des puits influencés est indiquée sur la carte A3.5 et la figure A2.6 en annexe.

En complément des conditions précédemment définies, des indicateurs ont aussi été extraits sur les 123 puits du RSESQ situés au sud de la province. L'annexe A6 détaille les caractéristiques rencontrées au droit de ces puits et compilées pour chacun des 12 secteurs hydroclimatiques. Dans les tableaux 10.4 et 10.5, ces données sont synthétisées sur l'ensemble de la région d'étude afin de compléter le portrait des puits du RSESQ situés au sud du fleuve Saint-Laurent.

Sur la région d'étude, la répartition des puits selon leur position dans les bassins versants principaux est assez homogène : 27% en amont, 35% en aval et 26% dans une position intermédiaire (voir tableau 10.4 – Matrice 00). Au niveau du contexte, peu de puits ont été implantés dans les vallées principales (13%) alors

que 34% d'entre eux sont localisés à proximité d'une ligne de partage des eaux de surface (voir également tableau 10.4 – Matrice 00). Le reste des puits est considéré en contexte intermédiaire (41%). À noter que cette classification n'a pas pu être établie pour 15 des 123 puits du RSESQ, soit 12% de l'ensemble du réseau analysé ; généralement en raison de leur localisation dans des bassins versants mineurs ou résiduels.

La présence de puits proches, potentiellement influant sur les niveaux de nappe, a été déterminée selon plusieurs rayon par rapport aux puits du réseau (tableau 10.4 – Matrice 02). En moyenne, dans un rayon de 500 m par rapport aux puits de suivi, on retrouve un peu plus de quatre puits résidentiels, moins d'un puits municipal et généralement aucun grand préleveur d'eau souterraine (valeur avoisinant zéro).

La pente de la surface du sol est en moyenne de l'ordre de 2.9 % sur l'ensemble du réseau analysé (voir tableau 10.4 – Matrice 03). Le tableau A6.2 montre bien une différence entre les secteurs hydroclimatiques proches du fleuve appartenant aux groupes Nord-Ouest et Nord-Est dont la pente au droit du puits est généralement faible (inférieure ou égale à 2.5%) et les secteurs hydroclimatiques marqués par des reliefs plus escarpés et inclus dans les groupes Sud-Est et Sud-Ouest où les pentes au droit des puits sont strictement supérieures à 2.5%.

Quant à l'occupation du sol au droit des puits de suivi, seule quatre catégories sont représentées avec des proportions diverses (tableau 10.4 – Matrice 04) : 42% des puits sont en contexte anthropique, 33% en milieu agricole, 21% en contexte boisé et le reste (3.3%) au droit d'un milieu humide. Les quatre puits implantés en milieu humide appartiennent exclusivement au secteur hydroclimatique Bécancour Nord (tableau A6.3).

Hormis l'affectation « commerciale », toutes les catégories d'affectation du territoire sont recensées au droit des puits du réseau (tableau 10.4 – Matrice 05). L'affectation « agricole » est néanmoins la plus représentée avec près de 54% des puits ; viennent ensuite les affectations dites « urbaine » (24% des puits), puis « agroforestière » (8% des puits) et de « conservation » avec 5% des puits. Le reste des affectations (forestière, industrielle, publique, récréative et résidentielle) concerne moins de 3% des puits du RSESQ.

La pédologie est définie à la fois par la capacité de drainage du sol (tableau 10.4 – Matrice 06) et la texture du sol (tableau 10.5 – Matrice 06). Trois classes de drainage sont bien représentées au droit des puits du réseau de suivi : bien drainé (23% des puits), imparfaitement drainé (23% des puits) et mal drainé (22% des puits). Le reste des puits (21%) est localisé sur des sols au drainage varié (très rapidement drainé et très mal drainé) ou sur des zones non couvertes par la carte pédologique (14 puits soit 11%).

Tableau 10.4 – Synthèse des indicateurs définissant les conditions des puits du RSESQ (MELCC) (1/2).

Matrice 00 Contexte	Position				Contexte			
	Amont	Int. ¹	Aval	N/A ²	Ligne de partage	Int. ¹	Vallée	N/A ²
Nb. de puits	33	32	43	15	42	50	16	15
	26.8%	26.0%	35.0%	12.2%	34.1%	40.7%	13.0%	12.2%

Matrice 02 Puits proches	Résidentiels			Municipaux			GPE		
	0-500 m	0-1000 m	0-2500 m	0-500 m	0-1000 m	0-2500 m	0-500 m	0-1000 m	0-2500 m
Nb. de puits proches	4.4	12.9	66.3	0.3	0.3	0.7	0.1	0.1	0.5

Matrice 03 Pente du sol	Pente
	%
Moy. des puits	2.9

Matrice 04 Occupation du sol	Catégories générales			
	Agricole	Anthropique	Forestier	Humide
Nb. de puits	41	52	26	4
	33.3%	42.3%	21.1%	3.3%

Matrice 05 Affectation du territoire	Thème provincial								
	Agricole	A.-F. ³	Conservation	Forestière	Industrielle	Publique	Récréative	Résidentielle	Urbaine
Nb. de puits	66	10	6	2	4	2	1	2	30
	53.7%	8.1%	4.9%	1.6%	3.3%	1.6%	0.8%	1.6%	24.4%

Matrice 06 Pédologie	Drainage							
	Très rapide	Rapide	Bon	Modérément bon	Imparfait	Mauvais	Très mauvais	N/A ²
Nb. de puits	5	7	28	7	28	27	7	14
	4.1%	5.7%	22.8%	5.7%	22.8%	22.0%	5.7%	11.4%

1 : Int. réfère à « Intermédiaire » ;

2 : N/A réfère à « Non applicable » ;

3 : A.-F. réfère à « Agroforestière »

Quant aux textures, les sols issus de dépôts de tills sont les plus représentés avec près de 32 % des puits. Beaucoup de puits sont également implantés sur des sols sableux (24%) ou argileux (17%). Quelques puits (9%) ont aussi été forés dans des sols graveleux. Le reste est situé sur des sols loameux (4%) ou organiques (5%) tandis que 9% des puits sont sur des sols de textures diverses.

En-dessous des sols, les unités quaternaires ont également été extraites au droit de chaque puits du RSESQ situés au sud de la province (voir tableau 10.5 – Matrice 07). Les puits localisés au droit de sédiments d'origine marine (34%) appartiennent essentiellement aux secteurs hydroclimatiques du groupe Nord-Ouest situés proche du fleuve Saint-Laurent. Les puits situés au droit des tills d'origine glaciaire (37%) sont également bien représentés sur le territoire d'étude. Exceptés trois puits (soit plus de 2%) forés directement dans du substrat rocheux affleurant, le reste des puits (27%) est a été implanté au droit de diverses unités sédimentaires : organiques, éoliennes, alluviales, lacustres, glaciolacustres ou encore fluvioglaciaires.

Le contexte géologique a ici été défini selon la province (tableau 10.5 – Matrice 08). Les puits du réseau localisés dans la région sont quasi-uniformément répartis dans les deux contextes. En effet, 62 puits sont situés sur la plateforme du Saint-Laurent et 61 en contexte appalachien. À noter aussi qu'un des puits du secteur Yamaska Nord a été foré au droit d'une intrusion montérégienne.

L'épaisseur des dépôts meubles a aussi été déterminée au droit de chaque puits du RSESQ à partir du modèle suprarégional d'épaisseur fourni par la CGC et évoqué à la section 6.2 (tableau 10.5 – Matrice 09). La valeur moyenne extraite aux puits est de 10.9 m avec des moyennes variant de 3.0 à 17.5 m selon les secteurs hydroclimatiques (voir tableau A6.7).

À partir de ce modèle d'épaisseur, les conditions de confinement de l'aquifère rocheux ont été définies pour les 123 puits du réseau (tableau 10.5 – Matrice 10) avec la méthodologie décrite à la section 6.2. Au droit des puits, ce sont les conditions semi-captives qui sont les plus représentées avec 55% des puits bien que celles-ci ne soient pas forcément celles représentatives de ce qui est observé par analyse de la BRF (section 7.2) mais également en étudiant l'environnement proche du puits (voir section 6.2). Autrement, sur la région d'étude, 21% des puits seraient en conditions captives et cela uniquement dans les secteurs hydroclimatiques du groupe Nord-Ouest tandis que 24% des puits se trouveraient en conditions libres en se basant sur les critères de confinement établis à partir de ce modèle.

La recharge nette du roc a aussi été extraite sur les 108 puits du réseau où cela a été possible (tableau 10.5 – Matrice 11). Sans les données de recharge distribuée du PACES Estrie dont la livraison est prévue pour 2022, la recharge nette moyenne est estimée à 82.6 mm/an avec des puits vraisemblablement situés en contexte d'émergence (recharge nulle) et d'autres en contexte de recharge importante surtout en domaine appalachien. Les valeurs moyennes de recharge potentielle calculées sur la période de référence (1981-2010) par secteur hydroclimatique vont de 123.6 et 189.4 mm/an selon les modèles (HydroBilan et Hydro-GeoSphere). Le modèle HGS offre aussi quelques projections futures où les valeurs moyennes extraites au droit des puits montrent une hausse de la recharge potentielle pour 2041-2070 (223.9 mm/an) et 2071-2095 (238.3 mm/an).

Finalement, l'indice DRASTIC utilisé pour définir la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère rocheux est en moyenne de 109.2 sur la région, correspondant à une vulnérabilité faible (tableau 10.5 – Matrice 12). La vulnérabilité est globalement plus faible pour les secteurs hydroclimatiques du groupe Nord-Ouest où des épaisseurs importantes de dépôts fins sont généralement rencontrées.

Tableau 10.5 – Synthèse des indicateurs définissant les conditions des puits du RSESQ (MELCC) (2/2).

Matrice 06 Pédologie	Texture						
	Argileux	Loameux	Sableux	Graveleux	Issus de tills	Organiques	Divers
Nb. de puits	21	5	30	11	39	6	11
	17.1%	4.1%	24.4%	8.9%	31.7%	4.9%	8.9%

Matrice 07 Géologie du Quaternaire	Unité du Quaternaire								
	Organiques	Éoliens	Alluviaux	Lacustres	Marins	G.-L. ¹	F.-G. ²	Glaciaires	Roc
Nb. de puits	2	3	8	5	42	10	5	45	3
	1.6%	2.4%	6.5%	4.1%	34.1%	8.1%	4.1%	36.6%	2.4%

Matrice 08 Contexte géologique	Province géologique	
	P.-F. St-L. ³	App. ⁴
Nb. de puits	62	61
	50.4%	49.6%

Matrice 10 Confinement du roc	Type		
	Captif	Semi-Captif	Libre
Nb. de puits	26	68	29
	21.1%	55.3%	23.6%

Matrice 09 Épaisseur de dépôts	Épaisseur
	m
Moy. des puits	10.9

Matrice 12 Vulnérabilité du roc	Vulnérabilité
	DRASTIC
Moy. des puits	109.2 ⁵

Matrice 11 Recharge du roc	R _{nette} ⁶ (anciens projets)	R _{pot} ⁷ - HB (1961-2017)	R _{pot} ⁷ - HB (1981-2010)	R _{pot} ⁷ - HGS (1981-2010)	R _{pot} ⁷ - HGS (2041-2070)	R _{pot} ⁷ - HGS (2071-2095)
	mm/an	mm/an	mm/an	mm/an	mm/an	mm/an
Moy. des puits	82.6 ⁸	123.6 ⁹	129.8 ⁹	189.4	223.9	238.3

1 : G.-L. réfère à « Glaciolacustres » ;

2 : F.-G. réfère à « Fluvioglaciaires » ;

3 : P.-F. St-L. réfère à « Plateforme du St-Laurent » ;

4 : App. réfère à « Province des Appalaches » ;

5 : indice moy. calculé sur 103 puits ;

6 : R_{nette} réfère à « Recharge réelle du roc » ;7 : R_{pot} réfère à « Recharge potentielle » ;

8 : recharge nette moy. calculée sur 108 puits ;

9 : recharge potentielle moy. calculée sur 121 puits ;

10.2 Applications possibles des puits du RSESQ

Les données définissant les conditions entourant les puits du RSESQ (section 6.2) et les indicateurs caractérisant ces mêmes puits (section 6.3) servent de base de travail à l'établissement d'un classement dont l'objectif est de déterminer les applications possibles des puits du réseau de suivi du MELCC. Les puits actifs concernés par ce travail étant au nombre de 109, ils forment un échantillon représentatif (44%) des puits actifs inclus dans le RSESQ (248 au total). L'INRS s'est donc concentrée sur des applications en lien avec la définition et le suivi de l'état des nappes au sud du fleuve Saint-Laurent et leur reproductibilité à l'échelle de la province.

Pour ce faire, deux types d'applications ont été considérées : (1) un suivi dit « complet », incluant la définition de la recharge au droit du puits et le suivi des fluctuations de la nappe et (2) un suivi « partiel » considérant uniquement le suivi des variations des niveaux de nappe. C'est grâce à la définition des conditions de confinement par la méthode de la BRF (section 7.2) que les puits ont pu être préalablement classés dans tel ou tel groupe d'application (tableau 10.6). En effet, les 36 puits en conditions de nappe libre et non influencés par des pompages extérieurs ont initialement été classés dans la catégorie « Recharge & Suivi de nappe » tandis que les sept puits semi-captifs, toujours non influencés, ont été classés dans la catégorie « Suivi de nappe uniquement ». Les 40 autres puits, soient ceux en conditions libres mais influencés ou encore les puits en conditions captives, ont été regroupés dans diverses classes « autres ». Également, l'approche par BRF n'a pas encore été appliquée sur les 10 nouveaux puits forés dans le cadre du PACES Estrie qui ont été classés dans la catégorie « Non évalué ». Une dernière catégorie regroupe les 30 puits pour lesquels la BRF n'a pas pu être produite de façon adéquate (17 stations avec niveaux influencés et 13 stations inactives et sans données aux 15 minutes requises pour produire la BRF).

Les 42 puits potentiellement intéressants ont été regroupés par secteur hydroclimatique (voir figure A2.7 en annexe) puisque la définition de ces 12 contextes sur la région d'étude (voir section 6.1) devrait servir de cadre à la production d'indicateurs de suivi des précipitations (SPI pour « *Standardized Precipitation Index* ») et de suivi des niveaux piézométriques (SPLI pour « *Standardised Piezometric Level Index* »). Ces deux indicateurs, évoqués dans Huchet et al. (2021), seront utilisés et appliqués aux puits finalement sélectionnés sur la présente région d'étude dans le cadre du projet de bulletin de suivi de l'état des nappes.

Hormis le secteur du Chêne, tous les secteurs possèdent au moins un puits potentiellement intéressant – en première approche – pour le calcul de la recharge avec l'outil GWHAT (section 8). Ces 36 puits en conditions de nappe libre et non influencés peuvent également être utilisés pour développer un indicateur de suivi de nappe en plus des sept autres puits dédiés initialement au suivi de nappe seul. La carte A3.6 en annexe montre la distribution spatiale des types de puits identifiés après cette analyse préliminaire selon le secteur hydroclimatique.

Le processus de sélection des puits s'est ensuite déroulé en plusieurs étapes qui seront brièvement décrites ici mais dont les résultats seront communiqués plus en détail dans le prochain rapport de production du bulletin de nappes. En effet, les 42 puits identifiés au préalable grâce à la BRF ne sont pas forcément adaptés à l'évaluation de la recharge au puits avec GWHAT ou à la production d'un indicateur de suivi de nappe tel que le SPLI. Il est donc nécessaire de passer en revue chacun de ces puits pour ne retenir que ceux présentant les caractéristiques supposées les plus représentatives des conditions hydroclimatiques du secteur associé.

Tableau 10.6 – Classement initial des puits actuels du RSESQ selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Puits d'intérêt pour le suivi				Autres puits									
		Recharge et suivi de nappe		Suivi de nappe uniquement		Non évalué (PACES Estrie)		Autre						N/A ²	
								Libre & Inf. ¹		Captif & Non Inf. ¹		Captif & Inf. ¹			
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	8	22.2	0	0.0	0	0.0	3	60.0	4	13.3	4	80.0	16	53.3
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	2	5.6	2	28.6	0	0.0	0	0.0	2	6.7	0	0.0	1	3.3
Richelieu	N.-O.	1	2.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0	6	20.0	0	0.0	3	10.0
Yamaska Nord	N.-O.	8	22.2	2	28.6	0	0.0	0	0.0	7	23.3	0	0.0	1	3.3
St-François Ouest	S.-O.	1	2.8	0	0.0	6	60.0	0	0.0	1	3.3	0	0.0	0	0.0
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	7	19.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	3.3	0	0.0	1	3.3
Bécancour Sud	S.-E.	1	2.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	3.3	0	0.0	3	10.0
Chaudière	S.-E.	1	2.8	0	0.0	0	0.0	2	40.0	3	10.0	1	20.0	1	3.3
Du Chêne	S.-E.	0	0.0	2	28.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	3.3
Nicolet Sud	S.-E.	1	2.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	3.3	0	0.0	1	3.3
St-François Est	S.-E.	2	5.6	0	0.0	4	40.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	6.7
Bécancour Nord	N.-E.	4	11.1	1	14.3	0	0.0	0	0.0	4	13.3	0	0.0	0	0.0
Région d'étude	-	36	100.0	7	100.0	10	100.0	5	100.0	30	100.0	5	100.0	30	100.0

1 : Inf. réfère à « Influencé » ;

2 : N/A réfère à « Non applicable ».

La procédure de sélection finale de chaque puits a consisté à analyser plusieurs documents qui ont été compilés dans le cadre du présent projet ou dans d'autres projets connexes : (1) sa fiche signalétique développée à partir des conditions entourant le puits de suivi (section 6.2) ; (2) son hydrogramme mis en forme sous GHWAT (section 4.2) en relation avec les données météorologiques d'une station représentative ; (3) sa description stratigraphique avec ses informations de construction rassemblées dans la base de données du RSESQ et (4) les fonctions de réponse barométriques produites avec GHWAT (section 5.5).

Ainsi, à partir des 36 puits potentiellement d'intérêt pour l'évaluation de la recharge, 15 offriraient un jeu de données adapté à une estimation de la recharge avec l'outil GHWAT (voir tableau 10.7). À noter que l'un de ces 15 puits est en fait un puits captif et non influencé dont la sélection sera précisée dans le projet de bulletin. Les puits retenus ont été classés par ordre de priorité en deux groupes : prioritaire et secondaire. Les six puits retenus restant à confirmer correspondent à un exercice de sélection des puits nouvellement intégrés au réseau dans le cadre du PACES Estrie et dont la BRF n'a pas encore été évaluée. En complétant le RSESQ, ces nouveaux puits devraient assurer une meilleure couverture des secteurs hydroclimatiques (voir carte A3.7 en l'annexe). En effet, en se fiant aux puits finalement retenus pour la démarche d'estimation de la recharge au puits avec GHWAT (figure A2.8 B.8 en annexe), 10 des 12 secteurs hydroclimatiques auraient au moins un puits où serait évaluée la recharge à l'exception donc des secteurs du Chêne et Nicolet Sud.

Ces 21 puits seraient accompagnés de 12 autres puits pour lesquels un suivi de nappe pourra être fait grâce à un indicateur tel que le SPLI (tableau 10.8). Ces puits seront donc analysés dans le cadre du projet de bulletin de l'état des nappes selon leur ordre de priorité. Selon la compilation actuelle (voir figure A2.9 en annexe) et en considérant l'utilisation des six nouveaux puits en Estrie, les 18 puits couvriraient neuf des 12 secteurs hydroclimatiques à l'exception des secteurs Bécancour Sud, Chaudière et Nicolet Sud (voir carte A3.8 en annexe).

Au final, en combinant les puits utilisables à la fois pour l'évaluation de la recharge et le suivi de nappe (au nombre de 21) avec ceux utilisables seulement pour la production d'un indicateur de suivi de nappe (au nombre de 12), un total de 33 puits pourrait permettre de produire un bulletin de l'état des nappes sur le territoire de la région d'étude.

La synthèse par secteur hydroclimatique est indiquée au tableau 10.9 ainsi que sur la figure A2.10 et la répartition spatiale de ces puits est aussi visualisable sur la carte A3.9. Hormis le secteur Nicolet Sud, tous les secteurs hydroclimatiques possèderaient au moins un puits de suivi potentiellement représentatif du contexte et donc utilisable pour la production d'un bulletin de suivi de l'état des nappes pour le sud de la province.

L'inventaire de ces 33 puits et les explications justifiant leur sélection seront fournis dans le cadre du projet de bulletin. À noter que ces puits représentent seulement 30% des 109 puits actifs du RSESQ dans la région d'étude. La carte A3.10 permet d'apprécier leur distribution selon le type d'aquifère et met également en exergue la présence de plusieurs lacunes spatiales dans le RSESQ qui devront être corrigées dans l'optique de suivre adéquatement chaque secteur hydroclimatique. Les six zones identifiées sur la carte A3.10 devraient assurer une couverture du sud du Québec pour le suivi de l'état des nappes au sein de chaque secteur hydroclimatique.

Tableau 10.7 – Sélection des puits du RSESQ pour l'évaluation de la recharge (et le suivi de nappe) selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Retenu (prioritaire)		Retenu (secondaire)		Retenu (à confirmer)		Non retenu		N/A ¹	
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	0	0.0	1	16.7	0	0.0	9	24.3	25	38.5
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	1	11.1	0	0.0	0	0.0	3	8.1	3	4.6
Richelieu	N.-O.	1	11.1	0	0.0	0	0.0	1	2.7	8	12.3
Yamaska Nord	N.-O.	1	11.1	2	33.3	0	0.0	7	18.9	8	12.3
St-François Ouest	S.-O.	1	11.1	0	0.0	3	50.0	3	8.1	1	1.5
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	1	11.1	2	33.3	0	0.0	4	10.8	2	3.1
Bécancour Sud	S.-E.	1	11.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	6.2
Chaudière	S.-E.	1	11.1	0	0.0	0	0.0	2	5.4	5	7.7
Du Chêne	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	5.4	1	1.5
Nicolet Sud	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	2.7	2	3.1
St-François Est	S.-E.	1	11.1	0	0.0	3	50.0	2	5.4	2	3.1
Bécancour Nord	N.-E.	1	11.1	1	16.7	0	0.0	3	8.1	4	6.2
Région d'étude	-	9	100.0	6	100.0	6	100.0	37	100.0	65	100.0

Tableau 10.8 – Sélection des puits du RSESQ pour le suivi de nappe uniquement selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Retenu (prioritaire)		Retenu (secondaire)		Non évalué (à déterminer)		Non retenu		N/A ¹	
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	1	10.0	1	50.0	0	0.0	0	0.0	33	34.7
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	2	20.0	0	0.0	0	0.0	1	10.0	4	4.2
Richelieu	N.-O.	1	10.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	9	9.5
Yamaska Nord	N.-O.	2	20.0	0	0.0	0	0.0	1	10.0	15	15.8
St-François Ouest	S.-O.	0	0.0	0	0.0	3	50.0	3	30.0	2	2.1
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	1	10.0	1	50.0	0	0.0	1	10.0	6	6.3
Bécancour Sud	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	5	5.3
Chaudière	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	8	8.4
Du Chêne	S.-E.	2	20.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	1.1
Nicolet Sud	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	20.0	1	1.1
St-François Est	S.-E.	0	0.0	0	0.0	3	50.0	1	10.0	4	4.2
Bécancour Nord	N.-E.	1	10.0	0	0.0	0	0.0	1	10.0	7	7.4
Région d'étude	-	10	100.0	2	100.0	6	100.0	10	100.0	95	100.0

1 : N/A réfère à « Non applicable ».

Tableau 10.9 – Sélection initiale des puits du RSESQ selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Recharge et suivi de nappe	Suivi de nappe uniquement	Suivi de nappe au total ¹	Non retenu
Châteauguay	N.-O.	1	2	3	32
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	1	2	3	4
Richelieu	N.-O.	1	1	2	8
Yamaska Nord	N.-O.	3	2	5	13
St-François Ouest	S.-O.	4	0	4	4
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	3	2	5	4
Bécancour Sud	S.-E.	1	0	1	4
Chaudière	S.-E.	1	0	1	7
Du Chêne	S.-E.	0	2	2	1
Nicolet Sud	S.-E.	0	0	0	3
St-François Est	S.-E.	4	0	4	4
Bécancour Nord	N.-E.	2	1	3	6
Région d'étude	-	21	12	33	90

1 : le suivi de nappe au total correspond à la somme des puits sélectionnés à la fois pour la recharge et le suivi de nappe et ceux du suivi de nappe uniquement.

Une analyse préliminaire de 11 puits situés dans ces six zones ou à proximité a montré que cinq puits ne répondant pas aux critères initiaux seraient probablement adéquats pour le suivi de nappe dans les trois zones suivantes : Châteauguay, Yamaska Nord et Chaudière (ouest). Il ne serait donc pas nécessaire d'y prévoir un nouveau site de forage contrairement aux trois autres sites suggérés : Chaudière (est), du Chêne et Nicolet Sud. Le réseau complété, totalisant 39 puits de suivi, disposerait d'au moins un puits dédié au suivi de nappe par secteur hydroclimatique (tableau 10.1).

Tableau 10.10 – Sélection finale des puits du RSESQ selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Suivi de nappe actuellement possible	Suivi de nappe avec réseau optimisé	Ajout au réseau
Châteauguay	N.-O.	3	4	+1 ¹
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	3	3	0
Richelieu	N.-O.	2	2	0
Yamaska Nord	N.-O.	5	6	+1 ¹
St-François Ouest	S.-O.	4	4	0
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	5	5	0
Bécancour Sud	S.-E.	1	1	0
Chaudière	S.-E.	1	3	+2 ²
Du Chêne	S.-E.	2	3	+1 ³
Nicolet Sud	S.-E.	0	1	+1 ³
St-François Est	S.-E.	4	4	0
Bécancour Nord	N.-E.	3	3	0
Région d'étude	-	33	39	+6

1 : il s'agirait de l'usage d'un puits actuel ;

2 : il s'agirait d'un nouveau puits pour la zone est et de l'usage d'un puits actuel pour la zone ouest ;

3 : il s'agirait de nouveaux puits intégrés au réseau.

11 Conclusions et recommandations

Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet ont permis de caractériser les puits du RSESQ et les conditions entourant ces puits, ce qui a permis de produire un diagnostic détaillé du réseau dans la vaste région d'étude de 36 000 km² couvrant tout le Québec au sud du fleuve Saint-Laurent entre Québec et Montréal. Dans cette région d'étude, le RSESQ compte 123 puits de suivi, dont 109 sont actifs, ce qui représente environ la moitié de tous les 248 puits compris dans le réseau.

L'analyse des conditions des puits montre que les puits du RSESQ représentent bien les conditions hydrogéologiques de la région d'étude, que ce soit au niveau du confinement, du type d'aquifère (granulaire vs roc), de la province géologique (Plate-forme du Saint-Laurent vs Appalaches), les types de dépôts meubles (marins vs glaciaires) et la position dans le bassin versant (amont vs aval). Toutefois, les niveaux d'eau sont pratiquement toujours au niveau des dépôts meubles ou de l'interface entre le roc et les dépôts meubles alors que très peu de puits ont un niveau d'eau qui varie dans le roc.

Une sélection préliminaire a permis d'identifier 36 puits qui pourraient servir de base à l'établissement d'un suivi de l'état des nappes à l'intérieur de 12 secteurs hydroclimatiques présentant des conditions météorologiques et hydrogéologiques distinctes dans les grands bassins versants de la région d'étude. Il devrait aussi être possible d'estimer la recharge pour la majorité des puits sélectionnés. Dans la région d'étude, il apparaît donc que le RSESQ peut effectivement assumer sa fonction centrale de suivre l'état des nappes en fonction des conditions météorologiques et dans une perspective d'évaluer l'effet potentiel des changements climatiques. Le MELCC devra toutefois faire une réflexion sur les autres fonctions qu'il serait souhaitable que le RSESQ assume et adapter le réseau en conséquence. Ces autres fonctions pourraient comprendre le suivi de secteurs soumis à des prélèvements importants, la prédiction des étiages des cours d'eau, l'évaluation des interactions entre nappes et milieux humides, le suivi de l'évolution de la qualité de l'eau souterraine de secteurs soumis à des effets anthropiques, et l'exploitation des données de niveau d'eau pour le calage et la validation des modèles numériques (détails dans Gosselin et al., 2020).

Le projet a aussi permis le développement de nombreux outils facilitant l'exploitation et l'interprétation des données du RSESQ. Ces outils ont notamment ajouté des applications aux données du RSESQ, soient l'évaluation des conditions de confinement et l'identification de l'influence de pompes à proximité sur les niveaux d'eau avec la fonction de réponse barométrique (BRF) ainsi que l'estimation de la recharge avec un outil intégré dans un logiciel avec interface graphique (GWHAT). De nombreux autres outils permettent de traiter les données météorologiques, de faire un portrait des données du RSESQ, et de produire des hydrogrammes statistiques permettant de comparer les niveaux actuels aux conditions historiques. Tous les outils ont été développés avec Python; certains outils plus spécifiques sont sous formes de scripts autonomes alors que d'autres ont été incorporés dans le logiciel GWHAT (*Ground-Water Hydrograph Analysis Toolbox*) librement disponible sur Internet.

Finalement, il faut aussi souligner que les travaux entrepris dans le cadre de ce projet ont déjà mené à d'autres projets supportés par le MELCC. Certains outils développés dans le cadre du présent projet ont notamment été intégrés dans une interface, nommée SARDES, permettant d'assurer efficacement la gestion et la publication des données du RSESQ (Gosselin et al., 2020). De plus, des travaux ont été entrepris en 2021 afin de développer les outils requis pour produire un Bulletin de l'état des nappes qui couvrira d'abord la région d'étude du sud du Québec. Ce Bulletin sera basé sur la production d'indicateurs piézométriques pour les puits sélectionnés dans le cadre du présent projet (section 10).

Les travaux réalisés dans le cadre du présent projet offrent une base pour la gestion et la rationalisation du RSESQ. Nos recommandations pour la gestion et l'amélioration du RSESQ ont été regroupées avec celles de l'UQAM dans le rapport conjoint portant sur la comparaison des résultats issus des projets de l'Université Laval, de l'UQAM et de l'INRS dans la région d'étude. Certaines recommandations plus spécifiques aux travaux de l'INRS peuvent toutefois être formulées ici :

- D'abord, le travail de caractérisation des puits du RSESQ devrait être étendu en dehors de la région d'étude sur l'autre moitié des puits du réseau. Ceci permettrait de faire un diagnostic détaillé et complet de tout le réseau et des fonctions qu'il peut assumer à travers tout le Québec. Les résultats de cette caractérisation devraient être compilés dans des fiches signalétiques détaillant les conditions des puits du RSESQ et spécifiant les applications possibles des données de chaque puits ou les caractéristiques spécifiques de certains puits.
- Afin d'assurer une couverture spatiale adéquate, des puits pourraient être ajoutés au réseau dans les trois parties de secteurs hydroclimatiques où des lacunes ont été identifiées (section 10).
- Les caractéristiques du RSESQ, telles que le nombre d'années de données disponibles, devraient être disponibles sur le site Internet du réseau. De plus, le site Internet devrait permettre la recherche et le téléchargement d'un groupe de puits ayant des caractéristiques particulières, telle que le secteur géographique, le type d'aquifère ou le nombre d'années de données disponibles.
- En plus de la caractérisation des caractéristiques des puits et des conditions entourant les puits, il serait souhaitable de produire une fonction de réponse barométrique (BRF) pour préciser le confinement et d'estimer la recharge pour tous les puits du RSESQ. À cette fin, il serait nécessaire d'acquérir des données piézométriques à intervalles de 15 minutes pendant une année pour tous les nouveaux puits ajoutés au RSESQ ou pour les puits pour lesquels de telles données ne sont pas encore disponibles. Après cette période, les mesures pourraient être acquises dans ces nouveaux puits aux 6 heures, tel qu'il est fait actuellement pour l'ensemble des puits du réseau.
- Il serait utile de pouvoir exporter facilement les données de la base de données à différentes fréquences d'acquisition.
- Il serait nécessaire de stocker les données barométriques qui sont mesurées dans les puits du RSESQ dans la base de données. De plus, il serait important de garder un lien entre les données piézométriques et les données barométriques utilisées pour compenser ces données afin de pouvoir revenir au besoin à des niveaux d'eau non compensés sans avoir à lire à nouveau ces données à partir des fichiers de données brutes.
- Il faudrait faciliter aux usagers du RSESQ l'accès aux données météorologiques qui pourraient être mises en relation avec les puits du RSESQ. Idéalement des données sur grille faciliteraient l'intégration aux données piézométriques. Cela permettrait aussi de produire des hydrogrammes combinant les niveaux piézométriques et les données météorologiques pour tous les puits du RSESQ, ce qui faciliterait l'interprétation des données du réseau.

12 Références

- Ballard, Jean-Marc, François Huchet, Mélanie Raynauld, et René Lefebvre. 2021. « Réalisation de travaux de caractérisation complémentaire pour la modélisation de l'écoulement des eaux souterraines à Mercier : conditions des ressources en eau souterraine dans la région et en amont des anciennes lagunes de Mercier ». Rapport de recherche R2021, rapport d'étape de la phase 2 (préliminaire) soumis au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) en mars 2021.
- Bergeron, Onil. 2017. « Grilles climatiques quotidiennes du Réseau de surveillance du climat du Québec, Version 2 - Guide d'utilisation ». ISBN 978-2-550-77885-1. Québec: Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'information sur le milieu atmosphérique.
- Bohling, Geoffrey C., Wei Jin, et James J. Butler Jr. 2011. « Kansas Geological Survey Barometric Response Function Software User's Guide. » Open-file Report No. 2011-10. Kansas Geological Survey, Geohydrology Section. http://www.kgs.ku.edu/HighPlains/OHP/index_program/brf.html.
- Butler Jr., J J, W Jin, G A Mohammed, et E C Reboulet. 2011. « New Insights from Well Responses to Fluctuations in Barometric Pressure. » *Ground Water* 49 (4): 525-33. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2010.00768.x>.
- Carrier, M A, René Lefebvre, Christine Rivard, M Parent, Jean-Marc Ballard, N Benoît, Harold Vigneault, et al. 2013. « Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) en Montérégie Est - Portrait des ressources en eau souterraine en Montérégie Est, Québec, Canada. Projet réalisé conjointement par l'INRS, la CGC, l'OBV Yamaska et l'IRDA dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines. » Research Report R-1433. Quebec City, Quebec, Canada: Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement. <http://espace.inrs.ca/1639/1/R001433.pdf>.
- Croteau, A, M Nastev, et R Lefebvre. 2010. « Groundwater recharge assessment in the Chateauguay river watershed. » *Canadian Water Resources Journal* 35: 451-68. <https://doi.org/10.4296/cwrj3504451>.
- Gosselin, J. S., René Lefebvre, Harold Vigneault, François Huchet, et Mélanie Raynauld. 2020. « Développement de méthodologies d'analyse des données du Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSEQ) ». Rapport de recherche R1942, rapport final soumis au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) en décembre 2020.
- Gosselin, Jean-Sébastien. 2016. « Estimation de la recharge à partir de séries temporelles de la température du sol, des niveaux d'eau dans les puits et de données météorologiques: développement méthodologique et évaluation de l'incertitude. » Phd, Québec: Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique. <http://espace.inrs.ca/5122/>.
- Gosselin, Jean-Sebastien, François Huchet, Christine Rivard, et René Lefebvre. 2018. « Développements méthodologiques et informatiques pour l'estimation de la recharge à partir de données climatiques journalières et de mesures de niveaux d'eau souterraine ». Dans . UQAC, Saguenay, 7-11 mai 2018.
- Healy, Richard W., et Peter G. Cook. 2002. « Using groundwater levels to estimate recharge ». *Hydrogeology Journal* 10 (1): 91-109. <https://doi.org/10.1007/s10040-001-0178-0>.

- Huchet, François. 2018. « Caractérisation hydrogéologique et modélisation du système d'écoulement au-dessus de champs gaziers, sous-bassin de Moncton, sud du Nouveau-Brunswick. » Masters, Québec: Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique. <http://espace.inrs.ca/7689/>.
- Huchet, François, Mélanie Raynauld, J Domaine, et René Lefebvre. 2021. « Outil de support à l'analyse des demandes d'autorisation de prélèvement d'eau – développement d'une méthodologie pour déterminer les pressions sur les ressources en eau souterraine et les zones de gestion particulière ». Rapport de recherche R2008, rapport d'étape de la phase 2 (préliminaire) soumis au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) en février 2021.
- Johnson, A. I. 1967. « Specific yield: compilation of specific yields for various materials ». 1662-D. *Water Supply Paper*. U.S. Government Printing Office. <https://doi.org/10.3133/wsp1662D>.
- Ladevèze, Pierre. 2017. « Aquifères superficiels et gaz de shale: le rôle des failles et des réseaux de fractures naturelles sur la circulation des fluides. » Phd, Québec: Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique. <http://espace.inrs.ca/6954/>.
- Lefebvre, R, I Maltais, D Paradis, et Y Michaud. 2011. « Recharge assessment from daily soil moisture balance and well hydrographs for the Portneuf unconfined aquifers ». Dans . Quebec City, Qc, Canada; August 28-31, 2011: Geohydro 2011, proceedings of the joint meeting of the Canadian Quaternary Association and the Canadian Chapter of the International Association of Hydrogeologists.
- Lefebvre, René, Jean-Marc Ballard, Marc-André Carrier, Harold Vigneault, Châtelaine Beaudry, Laureline Berthot, Guillaume Légaré-Couture, et al. 2015. « Portrait des ressources en eau souterraine en Chaudière-Appalaches, Québec, Canada :Rapport final (version révisée). » Québec: INRS, Centre Eau Terre Environnement. <http://espace.inrs.ca/2658/>.
- Lepage, M P, et G Bourgeois. 2011. « Le réseau québécois de stations météorologiques. » Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Commission agrométéorologie.
- Nastev, Miroslav, Michel Parent, Martin Ross, Danielle Howlett, et Nicolas Benoit. 2016. « Geospatial Modelling of Shear-Wave Velocity and Fundamental Site Period of Quaternary Marine and Glacial Sediments in the Ottawa and St. Lawrence Valleys, Canada ». *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 85 (juin): 103-16. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2016.03.006>.
- Rahi, Khayyun A., et Todd Halihan. 2013. « Identifying Aquifer Type in Fractured Rock Aquifers Using Harmonic Analysis ». *Ground Water* 51 (1): 76-82. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2012.00925.x>.
- Rasmussen, Todd C, et Leslie A Crawford. 1997. « Identifying and removing barometric pressure effects in confined and unconfined aquifers ». *Ground Water* 35(3): 502-11. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1997.tb00111.x>.
- Simolo, C, M Brunetti, M Maugeri, et T Nanni. 2010. « Improving estimation of missing values in daily precipitation series by a probability density function-preserving approach. » *International Journal of Climatology* 30: 1564-76. <https://doi.org/10.1002/joc.1992>.
- Spane, F A. 2002. « Considering barometric pressure in groundwater flow investigations. » *Water Resources Research* 38: 1078. <https://doi.org/10.1029/2001WR001078>.

Tsutsumi, Atsushi, Kenji Jinno, et Ronny Berndtsson. 2004. « Surface and subsurface water balance estimation by the groundwater recharge model and a 3-D two-phase flow model/Estimation de bilan hydrologique de surface et de subsurface à l'aide de modèles de recharge de nappe et d'écoulement diphasique 3-D ». *Hydrological Sciences Journal* 49 (2): null-226. <https://doi.org/10.1623/hysj.49.2.205.34837>.

ANNEXES

A1 Indicateurs des puits du RSESQ situés dans la région du projet PACC

A1.1 Secteurs hydroclimatiques et groupes

Puits du RSESQ sur la région d'étude							Secteurs hydroclimatiques		Groupes	
ID PACC	ID Puits	Municipalité	Latitude (WGS 84)	Longitude (WGS 84)	X (Québec Lambert 1983)	Y (Québec Lambert 1983)	ID Secteur	Nom Secteur	ID Groupe	Nom Groupe
PACC_001	02000004	Sainte-Marie-de-Blandford	46.35115	-72.20226	-284643.54621	269138.27171	7	Bécancour Nord	4	Nord-Est
PACC_002	02000005	Sainte-Marie-de-Blandford	46.35122	-72.20222	-284640.07151	269145.87784	7	Bécancour Nord	4	Nord-Est
PACC_003	02000006	Bécancour	46.32599	-72.46857	-305253.07874	267445.08143	7	Bécancour Nord	4	Nord-Est
PACC_004	02340001	Saint-Agapit	46.56874	-71.43221	-224486.81263	290538.69864	1	Chaudière	3	Sud-Est
PACC_005	02340002	Saint-Martin	45.96244	-70.63992	-165865.36657	221060.36461	1	Chaudière	3	Sud-Est
PACC_006	02340003	Saint-Zacharie	46.15309	-70.35608	-143320.69823	241627.69503	1	Chaudière	3	Sud-Est
PACC_007	02340004	Saint-Théophile	45.94533	-70.45747	-151779.36528	218754.24454	1	Chaudière	3	Sud-Est
PACC_008	02340005	Sainte-Justine	46.40819	-70.37099	-143730.84817	269988.20137	1	Chaudière	3	Sud-Est
PACC_009	02340006	Saint-Honoré-de-Shenley	45.94688	-70.75167	-174578.74543	219597.34114	1	Chaudière	3	Sud-Est
PACC_010	02340007	Saint-Gilles	46.50779	-71.36913	-219931.38284	283580.22939	1	Chaudière	3	Sud-Est
PACC_011	02340008	Saint-Georges	46.14876	-70.68138	-168446.81163	241855.35746	1	Chaudière	3	Sud-Est
PACC_012	02360001	Saint-Édouard-de-Lotbinière	46.56459	-71.83385	-255236.48690	291424.58611	9	Du Chêne	3	Sud-Est
PACC_013	02370001	Leclercville	46.51623	-71.97334	-266168.04164	286568.75344	7	Bécancour Nord	4	Nord-Est
PACC_014	02370002	Villeroy	46.38223	-71.84623	-257130.27584	271238.64717	7	Bécancour Nord	4	Nord-Est
PACC_015	02370003	Villeroy	46.38223	-71.84622	-257129.50799	271238.61123	7	Bécancour Nord	4	Nord-Est
PACC_016	02370004	Villeroy	46.38222	-71.84610	-257120.34561	271237.07053	7	Bécancour Nord	4	Nord-Est
PACC_017	02400001	Saint-Jacques-de-Leeds	46.28713	-71.34843	-219320.79803	259027.21188	8	Bécancour Sud	3	Sud-Est
PACC_018	02400002	Sainte-Anne-du-Sault	46.20811	-72.16422	-282534.79908	253117.58495	7	Bécancour Nord	4	Nord-Est
PACC_019	02400003	Manseau	46.29688	-71.97747	-267667.74712	262249.73598	7	Bécancour Nord	4	Nord-Est
PACC_020	02400004	Thetford Mines	46.13406	-71.21075	-209369.13877	241620.26865	8	Bécancour Sud	3	Sud-Est
PACC_021	02407004	Irlande	46.07771	-71.47581	-230090.53334	236176.93482	8	Bécancour Sud	3	Sud-Est
PACC_022	02407005	Irlande	46.07771	-71.47581	-230090.53334	236176.93482	8	Bécancour Sud	3	Sud-Est
PACC_023	02507001	Lévis	46.70051	-71.39454	-221012.81565	305039.22762	9	Du Chêne	3	Sud-Est
PACC_024	03000001	Saint-Anicet	45.13228	-74.31702	-457947.50781	144849.05757	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_025	03000002	Saint-Anicet	45.13230	-74.31696	-457942.61388	144850.89309	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_026	03000003	Saint-Rémi	45.28854	-73.65223	-404456.56344	158187.78347	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_027	03000005	Baie-du-Febvre	46.14152	-72.72539	-326194.28570	248116.40369	4	Nicolet Nord & Saint-François Nord	1	Nord-Ouest
PACC_028	03010001	Asbestos	45.78431	-71.94397	-267831.86282	205222.29694	5	Nicolet Sud	3	Sud-Est
PACC_029	03010002	Drummondville	45.97969	-72.51255	-310788.98225	229213.28288	4	Nicolet Nord & Saint-François Nord	1	Nord-Ouest
PACC_030	03010003	Saint-Albert	46.01341	-72.09748	-278480.36352	231247.07094	4	Nicolet Nord & Saint-François Nord	1	Nord-Ouest
PACC_031	03010004	Victoriaville	46.11463	-71.92362	-264494.42343	241823.34931	4	Nicolet Nord & Saint-François Nord	1	Nord-Ouest
PACC_032	03010005	Saint-Camille	45.68658	-71.69961	-249327.32205	193482.73257	5	Nicolet Sud	3	Sud-Est
PACC_033	03010006	Saint-Rémi-de-Tingwick	45.86562	-71.82105	-257860.14680	213801.40081	5	Nicolet Sud	3	Sud-Est
PACC_034	03010007	Sainte-Monique	46.15824	-72.53999	-311792.38421	249144.78599	4	Nicolet Nord & Saint-François Nord	1	Nord-Ouest
PACC_035	03020001	Orford	45.38247	-72.16740	-287482.77562	161443.54221	3	Saint-François Ouest	2	Sud-Ouest
PACC_036	03020002	Disraeli	45.90205	-71.35302	-221379.75585	216280.56633	2	Saint-François Est	3	Sud-Est
PACC_037	03020003	Drummondville	45.84840	-72.39858	-302765.14914	214151.57594	4	Nicolet Nord & Saint-François Nord	1	Nord-Ouest
PACC_038	03020004	Weedon	45.70494	-71.37232	-223756.02450	194440.95969	2	Saint-François Est	3	Sud-Est

PACC_039	03020005	Stornoway	45.71569	-71.16266	-207386.70432	195004.00899	2	Saint-François Est	3	Sud-Est
PACC_040	03020006	Nantes	45.64276	-71.04240	-198312.16050	186557.25500	2	Saint-François Est	3	Sud-Est
PACC_041	03020007	Notre-Dame-des-Bois	45.39108	-71.06203	-200844.96623	158629.20076	2	Saint-François Est	3	Sud-Est
PACC_042	03020008	Coaticook	45.10596	-71.88549	-266857.04628	129608.87431	3	Saint-François Ouest	2	Sud-Ouest
PACC_043	03020009	Compton	45.24192	-71.86184	-264283.38799	144641.04156	3	Saint-François Ouest	2	Sud-Ouest
PACC_044	03020010	Stanstead	45.12537	-72.19640	-291231.67031	132979.83733	3	Saint-François Ouest	2	Sud-Ouest
PACC_045	03020011	Magog	45.20606	-72.17885	-289388.52816	141880.27837	3	Saint-François Ouest	2	Sud-Ouest
PACC_046	03020012	Sherbrooke	45.40831	-72.05063	-278194.34426	163853.87996	3	Saint-François Ouest	2	Sud-Ouest
PACC_047	03020013	Val-Joli	45.52153	-71.98626	-272541.45180	176188.52584	3	Saint-François Ouest	2	Sud-Ouest
PACC_048	03027021	Ulverton	45.73018	-72.24262	-291351.71877	200377.34093	4	Nicolet Nord & Saint-François Nord	1	Nord-Ouest
PACC_049	03027032	Dudswell	45.58734	-71.58076	-240546.92192	182048.24759	2	Saint-François Est	3	Sud-Est
PACC_050	03027061	Saint-Isidore-de-Clifton	45.25986	-71.52191	-237493.04209	145444.25436	2	Saint-François Est	3	Sud-Est
PACC_051	03027062	Saint-Isidore-de-Clifton	45.25986	-71.52188	-237490.68579	145444.15480	2	Saint-François Est	3	Sud-Est
PACC_052	03027091	Cookshire-Eaton	45.43986	-71.59638	-242475.52430	165708.28571	3	Saint-François Ouest	2	Sud-Ouest
PACC_053	03030001	Sainte-Victoire-de-Sorel	45.95103	-73.09305	-355897.65243	228737.33205	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_054	03030002	Saint-Marcel-sur-Richelieu	45.87228	-72.91282	-342489.91675	219120.56298	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_055	03030003	Saint-Hugues	45.82095	-72.83534	-336829.46634	213056.41808	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_056	03030004	Saint-Simon	45.68108	-72.84158	-338256.77577	197560.35880	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_057	03030005	Saint-Théodore-d'Acton	45.67547	-72.58493	-318318.92701	195760.09226	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_058	03030006	Saint-Damase	45.51612	-73.02111	-353384.43401	180113.49313	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_059	03030007	Saint-Valérien-de-Milton	45.53745	-72.76330	-333116.45601	181245.41182	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_060	03030008	Rougemont	45.45351	-73.04992	-356075.90976	173304.18987	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_061	03030010	Valcourt	45.48124	-72.31400	-298378.39333	173019.14241	11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2	Sud-Ouest
PACC_062	03030011	Brome	45.18228	-72.57784	-320892.64889	140938.12885	11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2	Sud-Ouest
PACC_063	03030012	Saint-Guillaume	45.88060	-72.76417	-330911.63182	219344.43615	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_064	03030013	Saint-Guillaume	45.88062	-72.76418	-330912.27451	219346.70197	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_065	03030014	Cowansville	45.21767	-72.75508	-334589.75630	145683.04666	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_066	03030015	Cowansville	45.21766	-72.75508	-334589.82246	145681.93540	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_067	03030016	Bromont	45.30082	-72.70099	-329798.36659	154671.45667	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_068	03030017	Bromont	45.30082	-72.70099	-329798.36659	154671.45667	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_069	03030018	Saint-Hyacinthe	45.58108	-72.93597	-346290.53759	186909.77249	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_070	03037031	Saint-Alphonse-de-Granby	45.32911	-72.82667	-339462.75357	158402.25591	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_071	03037041	Saint-Paul-d'Abbotsford	45.44518	-72.82877	-338846.44105	171305.29529	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_072	03037071	Sainte-Christine	45.61501	-72.41327	-305323.48089	188297.82187	10	Yamaska Nord	1	Nord-Ouest
PACC_073	03040001	Saint-Ours	45.87824	-73.12901	-359203.26396	220841.80250	6	Richelieu	1	Nord-Ouest
PACC_074	03040002	Calixa-Lavallée	45.74581	-73.28024	-371904.17394	206921.15259	6	Richelieu	1	Nord-Ouest
PACC_075	03040005	Saint-Amable	45.63835	-73.31499	-375407.21853	195178.13362	6	Richelieu	1	Nord-Ouest
PACC_076	03040006	Saint-Mathias-sur-Richelieu	45.50247	-73.22477	-369380.70918	179626.50606	6	Richelieu	1	Nord-Ouest
PACC_077	03040007	Rougemont	45.44201	-73.07421	-358055.99628	172148.38398	6	Richelieu	1	Nord-Ouest
PACC_078	03040008	Rougemont	45.44201	-73.07421	-358055.99628	172148.38398	6	Richelieu	1	Nord-Ouest
PACC_079	03040009	Saint-Jean-sur-Richelieu	45.36855	-73.33300	-378835.02371	165323.87161	6	Richelieu	1	Nord-Ouest
PACC_080	03040010	Saint-Jean-sur-Richelieu	45.24321	-73.25431	-373602.22622	150990.84798	6	Richelieu	1	Nord-Ouest
PACC_081	03040011	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	45.14445	-73.30597	-378393.54067	140292.07190	6	Richelieu	1	Nord-Ouest

PACC_082	03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	45.17704	-72.92920	-348543.97712	141999.25454	11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2	Sud-Ouest
PACC_083	03040013	Frelighsburg	45.06563	-72.87210	-344813.70600	129341.17170	11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2	Sud-Ouest
PACC_084	03040014	Potton	45.05788	-72.39335	-307142.69650	126298.71283	11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2	Sud-Ouest
PACC_085	03040015	Eastman	45.35453	-72.30305	-298271.54078	158893.57341	11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2	Sud-Ouest
PACC_086	03040016	Saint-Ignace-de-Stanbridge	45.17705	-72.92919	-348543.12233	142000.31702	11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2	Sud-Ouest
PACC_087	03040017	Sutton	45.08861	-72.62609	-325286.35916	130743.76150	11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2	Sud-Ouest
PACC_088	03040018	Sutton	45.08821	-72.62678	-325343.26321	130702.43138	11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2	Sud-Ouest
PACC_089	03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	45.42571	-73.07640	-358343.10342	170349.29887	6	Richelieu	1	Nord-Ouest
PACC_090	03070001	Saint-Patrice-de-Sherrington	45.18720	-73.56590	-398488.90766	146451.25245	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_091	03070002	Saint-Patrice-de-Sherrington	45.18720	-73.56590	-398488.90766	146451.25245	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_092	03090001	Mercier	45.30259	-73.71853	-409538.08497	160124.58827	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_093	03090002	Mercier	45.30226	-73.77288	-413798.36813	160400.61996	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_094	03090003	Très-Saint-Sacrement	45.15880	-73.88759	-423984.79982	145146.50088	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_095	03090004	Ormstown	45.10529	-73.88276	-424053.14622	139176.82706	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_096	03090005	Franklin	45.07750	-73.84876	-421610.71697	135890.16270	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_097	03090006	Franklin	45.07752	-73.84873	-421608.19034	135892.20683	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_098	03090007	Havelock	45.04923	-73.81206	-418956.68539	132535.25157	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_099	03090008	Havelock	45.01823	-73.82079	-419900.40129	129143.62352	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_100	03090009	Godmanchester	45.09350	-74.24770	-452848.52189	140103.98305	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_101	03090010	Godmanchester	45.03250	-74.34800	-461287.99304	133974.04694	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_102	03090011	Godmanchester	45.03250	-74.34800	-461287.99304	133974.04694	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_103	03090012	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	45.14472	-73.60743	-402087.44283	141966.02527	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_104	03090013	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	45.14472	-73.60743	-402087.44283	141966.02527	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_105	03090014	Saint-Michel	45.16500	-73.60430	-401680.53085	144200.61257	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_106	03090015	Saint-Michel	45.16500	-73.60430	-401680.53085	144200.61257	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_107	03090018	Elgin	45.00560	-74.25550	-454248.18605	130396.35051	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_108	03090019	Elgin	45.00560	-74.25550	-454248.18605	130396.35051	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_109	03090020	Franklin	45.03184	-73.90509	-426426.16486	131153.57686	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_110	03090021	Mercier	45.30094	-73.72968	-410424.96370	160005.30800	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_111	03097062	Sainte-Martine	45.25818	-73.77324	-414187.79689	155509.56289	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_112	03097082	Sainte-Martine	45.25137	-73.78149	-414890.51574	154801.36793	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_113	03097094	Sainte-Martine	45.26128	-73.78880	-415382.25782	155943.88361	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_114	03097102	Saint-Rémi	45.26250	-73.63196	-403075.76535	155182.40616	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_115	03097131	Saint-Isidore	45.25247	-73.70262	-408696.94585	154469.62618	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_116	03097182	Saint-Urbain-Premier	45.23978	-73.75175	-412653.07906	153342.74784	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_117	03097191	Sainte-Martine	45.22800	-73.78481	-415342.79481	152226.23012	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_118	03097201	Mercier	45.27588	-73.73942	-411392.03755	157279.36553	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_119	02407004-5	Irlande	46.07771	-71.47581	-230090.53334	236176.93482	8	Bécancour Sud	3	Sud-Est
PACC_120	02G47001	Saint-Antoine-de-Tilly	46.64952	-71.57195	-234793.82313	299948.32058	9	Du Chêne	3	Sud-Est
PACC_121	03090020-Ancien	Franklin	45.03184	-73.90509	-426426.16486	131153.57686	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_122	03097082-83	Sainte-Martine	45.25137	-73.78149	-414890.51574	154801.36793	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest
PACC_123	03097094-95	Sainte-Martine	45.26128	-73.78880	-415382.25782	155943.88361	12	Châteauguay	1	Nord-Ouest

A1.2 Contexte

Puits du RSESQ			Matrice 00 - Contexte				
ID PACC	ID Puits	Municipalité	Nom BV Niveau 1	ID BV Niveau 1	Position Puits BV Niveau 1	Contexte Puits BV Niveau 1	Nom BV Niveau 2
PACC_001	02000004	Sainte-Marie-de-Blandford	Gentilly, Rivière	23155	#N/A	#N/A	Beaudet, Rivière
PACC_002	02000005	Sainte-Marie-de-Blandford	Gentilly, Rivière	23155	#N/A	#N/A	Beaudet, Rivière
PACC_003	02000006	Bécancour	Bécancour, Rivière	23246	Aval	Ligne de partage	Judith, Rivière
PACC_004	02340001	Saint-Agapit	Chaudière, Rivière	21623	Aval	Ligne de partage	Beaurivage, Rivière
PACC_005	02340002	Saint-Martin	Chaudière, Rivière	21623	Intermédiaire	Intermédiaire	#N/A
PACC_006	02340003	Saint-Zacharie	Chaudière, Rivière	21623	Intermédiaire	Ligne de partage	Famine, Rivière
PACC_007	02340004	Saint-Théophile	Chaudière, Rivière	21623	Intermédiaire	Intermédiaire	Loup, Rivière du
PACC_008	02340005	Sainte-Justine	Chaudière, Rivière	21623	Intermédiaire	Ligne de partage	Famine, Rivière
PACC_009	02340006	Saint-Honoré-de-Shenley	Chaudière, Rivière	21623	Intermédiaire	Intermédiaire	Grande Coudée, Rivière de la
PACC_010	02340007	Saint-Gilles	Chaudière, Rivière	21623	Aval	Ligne de partage	Beaurivage, Rivière
PACC_011	02340008	Saint-Georges	Chaudière, Rivière	21623	Intermédiaire	Intermédiaire	Famine, Rivière
PACC_012	02360001	Saint-Édouard-de-Lotbinière	Chêne, Rivière du	22816	#N/A	#N/A	Bois Clair, Rivière du
PACC_013	02370001	Leclercville	Chêne, Petite rivière du	22990	#N/A	#N/A	L'Espérance, Ruisseau
PACC_014	02370002	Villeroy	Chêne, Rivière du	22816	#N/A	#N/A	Grégoire, Ruisseau
PACC_015	02370003	Villeroy	Chêne, Rivière du	22816	#N/A	#N/A	Grégoire, Ruisseau
PACC_016	02370004	Villeroy	Chêne, Rivière du	22816	#N/A	#N/A	Grégoire, Ruisseau
PACC_017	02400001	Saint-Jacques-de-Leeds	Bécancour, Rivière	23246	Intermédiaire	Intermédiaire	Palmer, Rivière
PACC_018	02400002	Sainte-Anne-du-Sault	Bécancour, Rivière	23246	Aval	Vallée	#N/A
PACC_019	02400003	Manseau	Bécancour, Rivière	23246	Aval	Ligne de partage	Moulin, Rivière du
PACC_020	02400004	Thetford Mines	Bécancour, Rivière	23246	Amont	Ligne de partage	Labonté, Ruisseau
PACC_021	02407004	Irlande	Bécancour, Rivière	23246	Amont	Vallée	#N/A
PACC_022	02407005	Irlande	Bécancour, Rivière	23246	Amont	Vallée	#N/A
PACC_023	02507001	Lévis	Aulneuse, Rivière	23991	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_024	03000001	Saint-Anicet	La Guerre, Rivière	29499	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_025	03000002	Saint-Anicet	La Guerre, Rivière	29499	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_026	03000003	Saint-Rémi	Saint-Régis, Rivière	28988	#N/A	#N/A	Saint-Pierre, Rivière
PACC_027	03000005	Baie-du-Febvre	Frères, Rivière des	29784	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_028	03010001	Asbestos	Nicolet, Rivière	24547	Amont	Vallée	Nicolet Sud-Ouest, Rivière
PACC_029	03010002	Drummondville	Nicolet, Rivière	24547	Aval	Ligne de partage	Nicolet Sud-Ouest, Rivière
PACC_030	03010003	Saint-Albert	Nicolet, Rivière	24547	Aval	Intermédiaire	Hébert, Ruisseau
PACC_031	03010004	Victoriaville	Nicolet, Rivière	24547	Intermédiaire	Vallée	Bulstrode, Rivière
PACC_032	03010005	Saint-Camille	Nicolet, Rivière	24547	Amont	Intermédiaire	Nicolet Sud-Ouest, Rivière
PACC_033	03010006	Saint-Rémi-de-Tingwick	Nicolet, Rivière	24547	Amont	Intermédiaire	Nicolet Sud-Ouest, Rivière
PACC_034	03010007	Sainte-Monique	Nicolet, Rivière	24547	Aval	Vallée	#N/A
PACC_035	03020001	Orford	Saint-François, Rivière	25419	Aval	Intermédiaire	Saumon, Rivière au
PACC_036	03020002	Disraeli	Saint-François, Rivière	25419	Amont	Vallée	#N/A
PACC_037	03020003	Drummondville	Saint-François, Rivière	25419	Aval	Ligne de partage	#N/A
PACC_038	03020004	Weedon	Saint-François, Rivière	25419	Amont	Intermédiaire	Rat, Rivière au
PACC_039	03020005	Stornoway	Saint-François, Rivière	25419	Amont	Intermédiaire	Felton, Rivière
PACC_040	03020006	Nantes	Saint-François, Rivière	25419	Amont	Ligne de partage	Felton, Rivière

PACC_041	03020007	Notre-Dame-des-Bois	Saint-François, Rivière	25419	Amont	Ligne de partage	Saumon, Rivière au
PACC_042	03020008	Coaticook	Saint-François, Rivière	25419	Intermédiaire	Intermédiaire	Massawippi, Rivière
PACC_043	03020009	Compton	Saint-François, Rivière	25419	Intermédiaire	Intermédiaire	Massawippi, Rivière
PACC_044	03020010	Stanstead	Saint-François, Rivière	25419	Intermédiaire	Intermédiaire	Magog, Rivière
PACC_045	03020011	Magog	Saint-François, Rivière	25419	Intermédiaire	Intermédiaire	Magog, Rivière
PACC_046	03020012	Sherbrooke	Saint-François, Rivière	25419	Aval	Intermédiaire	Kee, Ruisseau
PACC_047	03020013	Val-Joli	Saint-François, Rivière	25419	Aval	Vallée	#N/A
PACC_048	03027021	Ulverton	Saint-François, Rivière	25419	Aval	Ligne de partage	Ulverton, Rivière
PACC_049	03027032	Dudswell	Saint-François, Rivière	25419	Intermédiaire	Intermédiaire	Lac d'Argent, Décharge du
PACC_050	03027061	Saint-Isidore-de-Clifton	Saint-François, Rivière	25419	Intermédiaire	Intermédiaire	Eaton, Rivière
PACC_051	03027062	Saint-Isidore-de-Clifton	Saint-François, Rivière	25419	Intermédiaire	Intermédiaire	Eaton, Rivière
PACC_052	03027091	Cookshire-Eaton	Saint-François, Rivière	25419	Intermédiaire	Intermédiaire	Eaton, Rivière
PACC_053	03030001	Sainte-Victoire-de-Sorel	Yamaska, Rivière	26809	Aval	Ligne de partage	Pot au Beurre, Rivière
PACC_054	03030002	Saint-Marcel-sur-Richelieu	Yamaska, Rivière	26809	Aval	Intermédiaire	Descente Jérôme-Bonin, Ruisseau de la
PACC_055	03030003	Saint-Hugues	Yamaska, Rivière	26809	Aval	Intermédiaire	#N/A
PACC_056	03030004	Saint-Simon	Yamaska, Rivière	26809	Aval	Intermédiaire	Vandale, Ruisseau
PACC_057	03030005	Saint-Théodore-d'Acton	Yamaska, Rivière	26809	Intermédiaire	Intermédiaire	Noire, Rivière
PACC_058	03030006	Saint-Damase	Yamaska, Rivière	26809	Intermédiaire	Ligne de partage	Jolicœur, Ruisseau
PACC_059	03030007	Saint-Valérien-de-Milton	Yamaska, Rivière	26809	Intermédiaire	Vallée	Noire, Rivière
PACC_060	03030008	Rougemont	Yamaska, Rivière	26809	Intermédiaire	Ligne de partage	Lac, Déversant du
PACC_061	03030010	Valcourt	Yamaska, Rivière	26809	Intermédiaire	Vallée	Noire, Rivière
PACC_062	03030011	Brome	Yamaska, Rivière	26809	Amont	Intermédiaire	Yamaska Sud-Est, Rivière
PACC_063	03030012	Saint-Guillaume	Yamaska, Rivière	26809	Aval	Intermédiaire	David, Rivière
PACC_064	03030013	Saint-Guillaume	Yamaska, Rivière	26809	Aval	Intermédiaire	David, Rivière
PACC_065	03030014	Cowansville	Yamaska, Rivière	26809	Amont	Ligne de partage	Yamaska Sud-Est, Rivière
PACC_066	03030015	Cowansville	Yamaska, Rivière	26809	Amont	Ligne de partage	Yamaska Sud-Est, Rivière
PACC_067	03030016	Bromont	Yamaska, Rivière	26809	Amont	Vallée	#N/A
PACC_068	03030017	Bromont	Yamaska, Rivière	26809	Amont	Vallée	#N/A
PACC_069	03030018	Saint-Hyacinthe	Yamaska, Rivière	26809	Intermédiaire	Intermédiaire	Douze, Décharge des
PACC_070	03037031	Saint-Alphonse-de-Granby	Yamaska, Rivière	26809	Amont	Intermédiaire	Yamaska Nord, Rivière
PACC_071	03037041	Saint-Paul-d'Abbotsford	Yamaska, Rivière	26809	Intermédiaire	Intermédiaire	Noire, Rivière
PACC_072	03037071	Sainte-Christine	Yamaska, Rivière	26809	Intermédiaire	Intermédiaire	Noire, Rivière
PACC_073	03040001	Saint-Ours	Richelieu, Rivière	26809	Aval	Ligne de partage	Trait Carré, Décharge du
PACC_074	03040002	Calixa-Lavallée	Richelieu, Rivière	26809	Aval	Ligne de partage	Coderre, Ruisseau
PACC_075	03040005	Saint-Amable	Richelieu, Rivière	26809	Aval	Ligne de partage	Beloeil, Ruisseau
PACC_076	03040006	Saint-Mathias-sur-Richelieu	Richelieu, Rivière	26809	Aval	Intermédiaire	Hurons, Rivière des
PACC_077	03040007	Rougemont	Richelieu, Rivière	26809	Aval	Ligne de partage	Hurons, Rivière des
PACC_078	03040008	Rougemont	Richelieu, Rivière	26809	Aval	Ligne de partage	Hurons, Rivière des
PACC_079	03040009	Saint-Jean-sur-Richelieu	Richelieu, Rivière	26809	Intermédiaire	Ligne de partage	L'Acadie, Rivière
PACC_080	03040010	Saint-Jean-sur-Richelieu	Richelieu, Rivière	26809	Intermédiaire	Vallée	#N/A
PACC_081	03040011	Saint-Paul-de-l'Ile-aux-Noix	Richelieu, Rivière	26809	Intermédiaire	Intermédiaire	Jackson, Ruisseau
PACC_082	03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Richelieu, Rivière	26809	Intermédiaire	Ligne de partage	Brochets, Rivière aux
PACC_083	03040013	Frelighsburg	Richelieu, Rivière	26809	Amont	Intermédiaire	Brochets, Rivière aux
PACC_084	03040014	Potton	Richelieu, Rivière	26809	Amont	Intermédiaire	Missisquoi, Rivière

PACC_085	03040015	Eastman	Richelieu, Rivière	26809	Amont	Ligne de partage	Missisquoi, Rivière
PACC_086	03040016	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Richelieu, Rivière	26809	Intermédiaire	Ligne de partage	Brochets, Rivière aux
PACC_087	03040017	Sutton	Richelieu, Rivière	26809	Amont	Ligne de partage	Missisquoi, Rivière
PACC_088	03040018	Sutton	Richelieu, Rivière	26809	Amont	Ligne de partage	Missisquoi, Rivière
PACC_089	03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	Richelieu, Rivière	26809	Aval	Ligne de partage	Hurons, Rivière des
PACC_090	03070001	Saint-Patrice-de-Sherrington	Tortue, Rivière de la	28920	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_091	03070002	Saint-Patrice-de-Sherrington	Tortue, Rivière de la	28920	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_092	03090001	Mercier	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Grand Tronc, Ruisseau
PACC_093	03090002	Mercier	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Grand Tronc, Ruisseau
PACC_094	03090003	Très-Saint-Sacrement	Châteauguay, Rivière	29032	Intermédiaire	Intermédiaire	Anglais, Rivière des
PACC_095	03090004	Ormstown	Châteauguay, Rivière	29032	Intermédiaire	Intermédiaire	Anglais, Rivière des
PACC_096	03090005	Franklin	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Intermédiaire	Anglais, Rivière des
PACC_097	03090006	Franklin	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Intermédiaire	Anglais, Rivière des
PACC_098	03090007	Havelock	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Intermédiaire	Anglais, Rivière des
PACC_099	03090008	Havelock	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Intermédiaire	Anglais, Rivière des
PACC_100	03090009	Godmanchester	Châteauguay, Rivière	29032	Intermédiaire	Ligne de partage	Cowan, Ruisseau
PACC_101	03090010	Godmanchester	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Ligne de partage	Trout, Rivière
PACC_102	03090011	Godmanchester	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Ligne de partage	Trout, Rivière
PACC_103	03090012	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Anglais, Rivière des
PACC_104	03090013	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Anglais, Rivière des
PACC_105	03090014	Saint-Michel	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Anglais, Rivière des
PACC_106	03090015	Saint-Michel	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Anglais, Rivière des
PACC_107	03090018	Elgin	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Intermédiaire	Oak, Ruisseau
PACC_108	03090019	Elgin	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Intermédiaire	Oak, Ruisseau
PACC_109	03090020	Franklin	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Intermédiaire	Anglais, Rivière des
PACC_110	03090021	Mercier	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Grand Tronc, Ruisseau
PACC_111	03097062	Sainte-Martine	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Intermédiaire	Esturgeon, Rivière de l'
PACC_112	03097082	Sainte-Martine	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Intermédiaire	#N/A
PACC_113	03097094	Sainte-Martine	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Vallée	Esturgeon, Rivière de l'
PACC_114	03097102	Saint-Rémi	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Esturgeon, Rivière de l'
PACC_115	03097131	Saint-Isidore	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Esturgeon, Rivière de l'
PACC_116	03097182	Saint-Urbain-Premier	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Intermédiaire	Esturgeon, Rivière de l'
PACC_117	03097191	Sainte-Martine	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Intermédiaire	Fèves, Rivière des
PACC_118	03097201	Mercier	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Ligne de partage	Esturgeon, Rivière de l'
PACC_119	02407004-5	Irlande	Bécancour, Rivière	23246	Amont	Vallée	#N/A
PACC_120	02G47001	Saint-Antoine-de-Tilly	Méthot, Ruisseau	14678	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_121	03090020-Ancien	Franklin	Châteauguay, Rivière	29032	Amont	Intermédiaire	Anglais, Rivière des
PACC_122	03097082-83	Sainte-Martine	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Intermédiaire	#N/A
PACC_123	03097094-95	Sainte-Martine	Châteauguay, Rivière	29032	Aval	Vallée	Esturgeon, Rivière de l'

A1.3 Puits proches & Pente

Puits du RSESQ			Matrice 02 - Puits proches															Matrice 03 - Pente			
ID PACC	ID Puits	Municipalité	Nombre Puits															Pente			
			Résidentiels					Municipaux					GPE								
			0-500 m	0-1000 m	0-2500 m	500-1000 m	1000-2500 m	0-500 m	0-1000 m	0-2500 m	500-1000 m	1000-2500 m	0-500 m	0-1000 m	0-2500 m	500-1000 m	1000-2500 m	Puits	Min	Moy	Max
PACC_001	02000004	Sainte-Marie-de-Blandford	2	2	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1.0	0.2	0.8	1.5
PACC_002	02000005	Sainte-Marie-de-Blandford	2	2	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1.0	0.3	0.9	1.5
PACC_003	02000006	Bécancour	6	14	24	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	2.1	9.1
PACC_004	02340001	Saint-Agapit	4	19	113	15	94	9	9	9	0	0	1	1	1	0	0	0.6	0.2	1.5	3.2
PACC_005	02340002	Saint-Martin	7	14	47	7	33	1	2	5	1	3	0	1	2	1	1	3.5	2.2	4.0	6.1
PACC_006	02340003	Saint-Zacharie	2	3	36	1	33	0	1	3	1	2	0	0	1	0	1	6.0	1.0	3.7	7.1
PACC_007	02340004	Saint-Théophile	0	2	9	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.1	1.0	5.3	13.9
PACC_008	02340005	Sainte-Justine	1	5	17	4	12	0	0	2	0	2	0	0	1	0	1	9.0	1.2	6.8	15.4
PACC_009	02340006	Saint-Honoré-de-Shenley	2	2	17	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	2.2	4.0
PACC_010	02340007	Saint-Gilles	43	106	219	63	113	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1.5	0.2	1.6	4.5
PACC_011	02340008	Saint-Georges	0	10	64	10	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0	4.6	9.6
PACC_012	02360001	Saint-Édouard-de-Lotbinière	2	7	25	5	18	3	4	6	1	2	0	1	2	1	1	1.8	0.2	1.0	2.4
PACC_013	02370001	Leclercville	1	1	10	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	0.4	1.7	3.5
PACC_014	02370002	Villeroys	4	5	17	1	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2.6	0.0	2.0	5.6
PACC_015	02370003	Villeroys	4	5	17	1	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2.6	0.0	2.0	5.6
PACC_016	02370004	Villeroys	4	5	17	1	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2.6	0.0	1.9	5.6
PACC_017	02400001	Saint-Jacques-de-Leeds	3	30	65	27	35	2	2	2	0	0	1	1	1	0	0	10.0	1.3	10.4	21.0
PACC_018	02400002	Sainte-Anne-du-Sault	0	5	143	5	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1	0.2	5.5	18.4
PACC_019	02400003	Manseau	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	0.3	1.5	3.4
PACC_020	02400004	Thetford Mines	6	11	55	5	44	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	3.0	1.3	3.1	6.8
PACC_021	02407004	Irlande	13	19	43	6	24	2	2	2	0	0	1	1	1	0	0	1.8	0.0	3.7	18.9
PACC_022	02407005	Irlande	13	19	43	6	24	2	2	2	0	0	1	1	1	0	0	1.8	0.0	3.7	18.9
PACC_023	02507001	Lévis	17	37	98	20	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.2	0.0	9.2	30.0
PACC_024	03000001	Saint-Anicet	1	3	17	2	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	0.0	0.8	2.8
PACC_025	03000002	Saint-Anicet	1	3	17	2	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	0.0	0.8	2.8
PACC_026	03000003	Saint-Rémi	0	1	76	1	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0.0	0.9	3.5
PACC_027	03000005	Baie-du-Febvre	0	1	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.9	2.5
PACC_028	03010001	Asbestos	0	7	63	7	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	0.9	8.8	32.8
PACC_029	03010002	Drummondville	1	2	29	1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	0.0	1.7	4.2
PACC_030	03010003	Saint-Albert	2	10	194	8	184	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	1.9	0.2	1.2	3.2
PACC_031	03010004	Victoriaville	1	4	83	3	79	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1.4	0.2	1.6	3.7
PACC_032	03010005	Saint-Camille	4	19	42	15	23	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0.2	3.6	10.7
PACC_033	03010006	Saint-Rémi-de-Tingwick	7	11	23	4	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.3	2.9	7.3	14.2
PACC_034	03010007	Sainte-Monique	9	33	60	24	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.0	0.2	4.6	19.4
PACC_035	03020001	Orford	7	20	111	13	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.1	0.0	5.9	15.8
PACC_036	03020002	Disraeli	6	25	141	19	116	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	4.1	0.0	2.9	6.4
PACC_037	03020003	Drummondville	17	109	477	92	368	0	2	2	2	0	0	1	1	1	0	1.3	0.4	1.5	5.2
PACC_038	03020004	Weedon	1	3	10	2	7	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	6.2	1.6	7.5	17.5

PACC_039	03020005	Stornoway	1	39	64	38	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.3	2.8	7.7	15.3
PACC_040	03020006	Nantes	1	4	16	3	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	1.4	3.0	5.1
PACC_041	03020007	Notre-Dame-des-Bois	4	15	37	11	22	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	11.0	1.6	12.1	21.9
PACC_042	03020008	Coaticook	5	21	48	16	27	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	5.7	0.2	4.1	8.6
PACC_043	03020009	Compton	1	6	57	5	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.2	1.9	4.4	7.7
PACC_044	03020010	Stanstead	1	11	75	10	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.1	0.8	5.7	14.3
PACC_045	03020011	Magog	22	32	233	10	201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.3	0.6	4.5	13.3
PACC_046	03020012	Sherbrooke	3	21	267	18	246	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	0.3	4.0	9.5
PACC_047	03020013	Val-Joli	4	11	71	7	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.6	1.0	5.6	13.5
PACC_048	03027021	Ulverton	8	15	58	7	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8	1.1	4.1	10.0
PACC_049	03027032	Dudswell	5	17	80	12	63	2	2	2	0	0	1	1	1	0	0	3.1	0.6	3.0	9.1
PACC_050	03027061	Saint-Isidore-de-Clifton	5	11	26	6	15	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	3.3	1.1	5.5	10.5
PACC_051	03027062	Saint-Isidore-de-Clifton	5	11	26	6	15	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	3.3	1.1	5.5	10.5
PACC_052	03027091	Cookshire-Eaton	13	20	42	7	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.4	1.3	4.3	9.9
PACC_053	03030001	Sainte-Victoire-de-Sorel	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	0.3	1.8	4.1
PACC_054	03030002	Saint-Marcel-sur-Richelieu	1	1	17	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.0	2.0	6.3
PACC_055	03030003	Saint-Hugues	8	13	32	5	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0.2	0.9	3.0
PACC_056	03030004	Saint-Simon	14	27	82	13	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	0.2	2.0	4.4
PACC_057	03030005	Saint-Théodore-d'Acton	6	32	161	26	129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.8	1.0	2.8	5.0
PACC_058	03030006	Saint-Damase	3	10	32	7	22	0	0	1	0	1	0	1	3	1	2	0.6	0.2	0.9	2.2
PACC_059	03030007	Saint-Valérien-de-Milton	4	15	59	11	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	0.4	2.6	7.1
PACC_060	03030008	Rougemont	3	12	63	9	51	0	0	3	0	3	0	0	2	0	2	4.8	4.1	10.0	22.9
PACC_061	03030010	Valcourt	2	6	36	4	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.6	0.4	3.3	7.9
PACC_062	03030011	Brome	7	17	59	10	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	0.3	4.0	16.7
PACC_063	03030012	Saint-Guillaume	0	2	44	2	42	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	1.3	0.0	0.9	1.8
PACC_064	03030013	Saint-Guillaume	0	2	44	2	42	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2	1.3	0.0	0.9	1.8
PACC_065	03030014	Cowansville	7	15	48	8	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0.4	2.3	4.7
PACC_066	03030015	Cowansville	7	15	48	8	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0.4	2.3	4.7
PACC_067	03030016	Bromont	5	12	126	7	114	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3.7	1.0	2.8	5.0
PACC_068	03030017	Bromont	5	12	126	7	114	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3.7	1.0	2.8	5.0
PACC_069	03030018	Saint-Hyacinthe	1	2	8	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	0.2	0.9	2.4
PACC_070	03037031	Saint-Alphonse-de-Granby	17	40	179	23	139	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1.8	0.2	1.4	3.4
PACC_071	03037041	Saint-Paul-d'Abbotsford	7	24	200	17	176	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.7	0.3	1.4	7.1
PACC_072	03037071	Sainte-Christine	4	18	55	14	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.3	0.6	2.0	3.9
PACC_073	03040001	Saint-Ours	0	0	7	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.2	0.0	1.4	5.2
PACC_074	03040002	Calixa-Lavallée	8	10	26	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.3	1.0	2.1
PACC_075	03040005	Saint-Amable	1	4	69	3	65	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1.5	0.4	1.1	2.6
PACC_076	03040006	Saint-Mathias-sur-Richelieu	4	7	33	3	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.4	0.2	1.0	3.4
PACC_077	03040007	Rougemont	1	6	83	5	77	0	0	5	0	5	0	0	2	0	2	1.2	0.2	1.5	3.9
PACC_078	03040008	Rougemont	1	6	83	5	77	0	0	5	0	5	0	0	2	0	2	1.2	0.2	1.5	3.9
PACC_079	03040009	Saint-Jean-sur-Richelieu	4	20	137	16	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.2	0.6	1.3
PACC_080	03040010	Saint-Jean-sur-Richelieu	9	21	103	12	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.4	0.3	1.9	5.2
PACC_081	03040011	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	5	10	37	5	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.3	0.2	1.3	2.8
PACC_082	03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	2	5	104	3	99	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0.6	0.6	2.2	5.9

PACC_083	03040013	Frelighsburg	3	12	43	9	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.0	0.7	7.5	18.7
PACC_084	03040014	Potton	1	5	62	4	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.0	1.3	3.8	7.2
PACC_085	03040015	Eastman	0	0	25	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1	0.4	5.5	21.2
PACC_086	03040016	Saint-Ignace-de-Stanbridge	2	5	104	3	99	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0.6	0.6	2.2	5.9
PACC_087	03040017	Sutton	0	12	72	12	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	4.4	14.3
PACC_088	03040018	Sutton	0	16	68	16	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0.4	4.5	10.7
PACC_089	03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	12	22	75	10	53	3	3	3	0	0	1	1	1	0	0	1.4	0.3	1.2	5.0
PACC_090	03070001	Saint-Patrice-de-Sherrington	1	1	57	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	0.0	1.4	3.0
PACC_091	03070002	Saint-Patrice-de-Sherrington	1	1	57	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	0.0	1.4	3.0
PACC_092	03090001	Mercier	2	18	105	16	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.1	0.4	1.8	3.5
PACC_093	03090002	Mercier	4	12	121	8	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0.4	1.2	3.7
PACC_094	03090003	Très-Saint-Sacrement	1	3	21	2	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0.2	0.9	1.8
PACC_095	03090004	Ormstown	2	6	21	4	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.4	0.4	1.5	4.4
PACC_096	03090005	Franklin	6	12	43	6	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	0.4	1.1	2.3
PACC_097	03090006	Franklin	6	12	43	6	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	0.4	1.1	2.3
PACC_098	03090007	Havelock	2	9	43	7	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.9	1.1	3.4	6.0
PACC_099	03090008	Havelock	12	27	36	15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	1.2	4.2	10.3
PACC_100	03090009	Godmanchester	3	4	18	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.1	0.2	2.5	5.3
PACC_101	03090010	Godmanchester	0	1	13	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.7	0.0	3.7	8.7
PACC_102	03090011	Godmanchester	0	1	13	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.7	0.0	3.7	8.7
PACC_103	03090012	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	0	0	35	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	0.2	1.3	3.4
PACC_104	03090013	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	0	0	35	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	0.2	1.3	3.4
PACC_105	03090014	Saint-Michel	1	14	72	13	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0.2	1.7	3.5
PACC_106	03090015	Saint-Michel	1	14	72	13	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0.2	1.7	3.5
PACC_107	03090018	Elgin	2	2	19	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.2	1.6	4.1
PACC_108	03090019	Elgin	2	2	19	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.2	1.6	4.1
PACC_109	03090020	Franklin	1	10	118	9	108	0	0	1	0	1	0	0	3	0	3	7.9	1.8	6.6	12.2
PACC_110	03090021	Mercier	7	22	102	15	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0.2	1.2	3.8
PACC_111	03097062	Sainte-Martine	11	19	65	8	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.2	1.3	3.4
PACC_112	03097082	Sainte-Martine	3	10	66	7	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.2	0.9	2.0
PACC_113	03097094	Sainte-Martine	0	8	76	8	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.1	0.3	1.4	5.2
PACC_114	03097102	Saint-Rémi	0	9	128	9	119	1	2	5	1	3	0	1	3	1	2	1.5	0.2	1.0	2.1
PACC_115	03097131	Saint-Isidore	6	11	60	5	49	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.6	0.2	0.9	2.3
PACC_116	03097182	Saint-Urbain-Premier	1	15	95	14	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0.0	0.7	2.2
PACC_117	03097191	Sainte-Martine	1	3	61	2	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.2	0.7	1.9
PACC_118	03097201	Mercier	2	12	81	10	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	0.2	1.5	4.6
PACC_119	02407004-5	Irlande	13	19	43	6	24	2	2	2	0	0	1	1	1	0	0	1.8	0.0	3.7	18.9
PACC_120	02G47001	Saint-Antoine-de-Tilly	15	30	71	15	41	2	2	2	0	0	1	1	1	0	0	1.4	0.4	1.7	3.5
PACC_121	03090020-Ancien	Franklin	1	10	118	9	108	0	0	1	0	1	0	0	3	0	3	7.9	1.8	6.6	12.2
PACC_122	03097082-83	Sainte-Martine	3	10	66	7	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.2	0.9	2.0
PACC_123	03097094-95	Sainte-Martine	0	8	76	8	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.1	0.3	1.4	5.2

A1.4 Occupation du sol

Puits du RSESQ			Matrice 04 - Occupation du sol																
ID PACC	ID Puits	Municipalité	Occupation Sol	Aquatique		Sol nu et lande		Forestier		Agricole		Coupe et régénération		Anthropique		Humide		Non-classifié	
			Puits	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%
PACC_001	02000004	Sainte-Marie-de-Blandford	Humide	#N/A	0.0	#N/A	0.0	61363.6	6.1	6300.0	0.6	21207.4	2.1	#N/A	0.0	911129.0	91.1	#N/A	0.0
PACC_002	02000005	Sainte-Marie-de-Blandford	Humide	#N/A	0.0	#N/A	0.0	61735.4	6.2	6300.0	0.6	20294.7	2.0	#N/A	0.0	911669.9	91.2	#N/A	0.0
PACC_003	02000006	Bécancour	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	200814.1	20.1	691474.6	69.1	#N/A	0.0	83082.0	8.3	24629.3	2.5	#N/A	0.0
PACC_004	02340001	Saint-Agapit	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	198114.9	19.8	290508.8	29.1	1043.8	0.1	495905.8	49.6	14426.7	1.4	#N/A	0.0
PACC_005	02340002	Saint-Martin	Anthropique	2700.0	0.3	#N/A	0.0	827304.2	82.7	51290.8	5.1	#N/A	0.0	118705.0	11.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_006	02340003	Saint-Zacharie	Forestier	12066.1	1.2	#N/A	0.0	743267.8	74.3	143705.3	14.4	#N/A	0.0	13154.3	1.3	87806.6	8.8	#N/A	0.0
PACC_007	02340004	Saint-Théophile	Forestier	34500.0	3.4	#N/A	0.0	692794.1	69.3	#N/A	0.0	79990.3	8.0	84619.0	8.5	108096.6	10.8	#N/A	0.0
PACC_008	02340005	Sainte-Justine	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	820653.5	82.1	3937.5	0.4	9363.1	0.9	119085.4	11.9	46960.5	4.7	#N/A	0.0
PACC_009	02340006	Saint-Honoré-de-Shenley	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	248716.8	24.9	730582.1	73.1	#N/A	0.0	#N/A	0.0	20701.1	2.1	#N/A	0.0
PACC_010	02340007	Saint-Gilles	Anthropique	25744.6	2.6	#N/A	0.0	210101.1	21.0	135793.3	13.6	24020.8	2.4	554612.0	55.5	49728.3	5.0	#N/A	0.0
PACC_011	02340008	Saint-Georges	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	712121.5	71.2	8100.0	0.8	#N/A	0.0	279778.5	28.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_012	02360001	Saint-Édouard-de-Lotbinière	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	808912.9	80.9	#N/A	0.0	191087.1	19.1	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_013	02370001	Leclercville	Humide	#N/A	0.0	#N/A	0.0	546053.0	54.6	112288.9	11.2	#N/A	0.0	54557.3	5.5	287100.8	28.7	#N/A	0.0
PACC_014	02370002	Villeroiy	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	247230.6	24.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	117591.9	11.8	635177.5	63.5	#N/A	0.0
PACC_015	02370003	Villeroiy	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	247015.3	24.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	117537.2	11.8	635447.6	63.5	#N/A	0.0
PACC_016	02370004	Villeroiy	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	243741.8	24.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	116617.7	11.7	639640.5	64.0	#N/A	0.0
PACC_017	02400001	Saint-Jacques-de-Leeds	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	220825.5	22.1	732471.3	73.2	#N/A	0.0	43679.2	4.4	3023.9	0.3	#N/A	0.0
PACC_018	02400002	Sainte-Anne-du-Sault	Forestier	48367.8	4.8	#N/A	0.0	262816.4	26.3	576615.8	57.7	3527.6	0.4	54252.6	5.4	43619.9	4.4	10800.0	1.1
PACC_019	02400003	Manseau	Humide	#N/A	0.0	#N/A	0.0	114613.2	11.5	268462.6	26.8	11068.3	1.1	72617.9	7.3	533238.0	53.3	#N/A	0.0
PACC_020	02400004	Thetford Mines	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	595311.7	59.5	111798.4	11.2	#N/A	0.0	259083.2	25.9	33806.7	3.4	#N/A	0.0
PACC_021	02407004	Irlande	Forestier	315333.4	31.5	#N/A	0.0	223821.0	22.4	290305.9	29.0	#N/A	0.0	48968.1	4.9	121571.6	12.2	#N/A	0.0
PACC_022	02407005	Irlande	Forestier	315333.4	31.5	#N/A	0.0	223821.0	22.4	290305.9	29.0	#N/A	0.0	48968.1	4.9	121571.6	12.2	#N/A	0.0
PACC_023	02507001	Lévis	Anthropique	16614.3	1.7	#N/A	0.0	497434.6	49.7	8484.5	0.8	#N/A	0.0	458051.2	45.8	19415.5	1.9	#N/A	0.0
PACC_024	03000001	Saint-Anicet	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1574.8	0.2	939059.8	93.9	#N/A	0.0	50671.7	5.1	8693.7	0.9	#N/A	0.0
PACC_025	03000002	Saint-Anicet	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1721.6	0.2	938282.4	93.8	#N/A	0.0	50700.0	5.1	9296.0	0.9	#N/A	0.0
PACC_026	03000003	Saint-Rémi	Agricole	4500.0	0.5	#N/A	0.0	25356.4	2.5	969610.1	97.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	533.5	0.1	#N/A	0.0
PACC_027	03000005	Baie-du-Febvre	Anthropique	59808.2	6.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	824490.7	82.4	#N/A	0.0	115701.1	11.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_028	03010001	Asbestos	Anthropique	59768.9	6.0	#N/A	0.0	393890.9	39.4	900.0	0.1	#N/A	0.0	535540.2	53.6	9900.0	1.0	#N/A	0.0
PACC_029	03010002	Drummondville	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	288238.6	28.8	202302.3	20.2	#N/A	0.0	335340.5	33.5	174118.6	17.4	#N/A	0.0
PACC_030	03010003	Saint-Albert	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	252635.3	25.3	557621.0	55.8	37800.0	3.8	125020.0	12.5	26923.7	2.7	#N/A	0.0
PACC_031	03010004	Victoriaville	Anthropique	19066.4	1.9	#N/A	0.0	195458.5	19.5	613944.9	61.4	#N/A	0.0	142598.1	14.3	28932.2	2.9	#N/A	0.0
PACC_032	03010005	Saint-Camille	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	207653.6	20.8	649715.7	65.0	#N/A	0.0	142630.7	14.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_033	03010006	Saint-Rémi-de-Tingwick	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	345984.0	34.6	540894.0	54.1	20722.0	2.1	92400.0	9.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_034	03010007	Sainte-Monique	Agricole	93996.7	9.4	#N/A	0.0	112588.6	11.3	616746.7	61.7	#N/A	0.0	173296.5	17.3	#N/A	0.0	3371.5	0.3
PACC_035	03020001	Orford	Forestier	303364.9	30.3	#N/A	0.0	681764.1	68.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	9046.0	0.9	5825.1	0.6	#N/A	0.0
PACC_036	03020002	Disraeli	Agricole	141945.2	14.2	#N/A	0.0	88297.3	8.8	45420.1	4.5	#N/A	0.0	677537.5	67.8	46800.0	4.7	#N/A	0.0
PACC_037	03020003	Drummondville	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	561663.1	56.2	219936.8	22.0	#N/A	0.0	182691.2	18.3	35708.9	3.6	#N/A	0.0
PACC_038	03020004	Weedon	Anthropique	3871.2	0.4	#N/A	0.0	815948.1	81.6	48600.0	4.9	#N/A	0.0	131580.7	13.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_039	03020005	Stornoway	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	824596.6	82.5	2700.0	0.3	#N/A	0.0	172703.4	17.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0

PACC_040	03020006	Nantes	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	481749.9	48.2	12293.5	1.2	#N/A	0.0	67200.0	6.7	438756.7	43.9	#N/A	0.0
PACC_041	03020007	Notre-Dame-des-Bois	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	811287.8	81.1	28955.1	2.9	57159.1	5.7	102598.0	10.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_042	03020008	Coaticook	Anthropique	900.0	0.1	#N/A	0.0	50358.7	5.0	613192.7	61.3	#N/A	0.0	310787.7	31.1	24761.0	2.5	#N/A	0.0
PACC_043	03020009	Compton	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	39262.8	3.9	897115.8	89.7	#N/A	0.0	63621.4	6.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_044	03020010	Stanstead	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	509970.2	51.0	378358.8	37.8	24285.4	2.4	48405.1	4.8	38980.5	3.9	#N/A	0.0
PACC_045	03020011	Magog	Anthropique	28059.9	2.8	#N/A	0.0	755301.1	75.5	80983.3	8.1	#N/A	0.0	96372.4	9.6	39283.3	3.9	#N/A	0.0
PACC_046	03020012	Sherbrooke	Forestier	416.4	0.0	#N/A	0.0	915853.8	91.6	82162.6	8.2	#N/A	0.0	1567.2	0.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_047	03020013	Val-Joli	Anthropique	160588.5	16.1	#N/A	0.0	49405.2	4.9	368843.5	36.9	#N/A	0.0	372095.5	37.2	46367.3	4.6	2700.0	0.3
PACC_048	03027021	Ulverton	Agricole	34120.2	3.4	#N/A	0.0	187185.8	18.7	577980.6	57.8	23400.0	2.3	120374.9	12.0	56038.5	5.6	900.0	0.1
PACC_049	03027032	Dudswell	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	250216.0	25.0	573696.9	57.4	#N/A	0.0	176087.1	17.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_050	03027061	Saint-Isidore-de-Clifton	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	172666.7	17.3	827333.3	82.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_051	03027062	Saint-Isidore-de-Clifton	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	171221.4	17.1	828778.6	82.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_052	03027091	Cookshire-Eaton	Forestier	2794.3	0.3	#N/A	0.0	397341.9	39.7	436682.7	43.7	43211.6	4.3	35762.9	3.6	84206.7	8.4	#N/A	0.0
PACC_053	03030001	Sainte-Victoire-de-Sorel	Agricole	1779.9	0.2	#N/A	0.0	94896.6	9.5	583749.8	58.4	#N/A	0.0	319573.8	32.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_054	03030002	Saint-Marcel-sur-Richelieu	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	367212.7	36.7	543426.1	54.3	#N/A	0.0	89361.2	8.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_055	03030003	Saint-Hugues	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	840682.8	84.1	#N/A	0.0	159317.2	15.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_056	03030004	Saint-Simon	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	360073.0	36.0	553215.3	55.3	#N/A	0.0	71411.7	7.1	15300.0	1.5	#N/A	0.0
PACC_057	03030005	Saint-Théodore-d'Acton	Agricole	900.0	0.1	#N/A	0.0	124817.5	12.5	831077.0	83.1	#N/A	0.0	43205.5	4.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_058	03030006	Saint-Damase	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	871990.4	87.2	#N/A	0.0	128009.6	12.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_059	03030007	Saint-Valérien-de-Milton	Anthropique	15307.4	1.5	#N/A	0.0	84300.0	8.4	859543.1	86.0	#N/A	0.0	40849.4	4.1	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_060	03030008	Rougemont	Forestier	5400.0	0.5	#N/A	0.0	364309.1	36.4	556937.6	55.7	#N/A	0.0	73353.4	7.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_061	03030010	Valcourt	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	258793.1	25.9	453743.7	45.4	#N/A	0.0	259840.7	26.0	27622.5	2.8	#N/A	0.0
PACC_062	03030011	Brome	Forestier	900.0	0.1	#N/A	0.0	321236.5	32.1	95523.6	9.6	#N/A	0.0	32456.1	3.2	549883.8	55.0	#N/A	0.0
PACC_063	03030012	Saint-Guillaume	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	728232.1	72.8	#N/A	0.0	271767.9	27.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_064	03030013	Saint-Guillaume	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	726932.5	72.7	#N/A	0.0	273067.5	27.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_065	03030014	Cowansville	Anthropique	50757.3	5.1	#N/A	0.0	327189.4	32.7	72822.6	7.3	#N/A	0.0	296202.8	29.6	253027.9	25.3	#N/A	0.0
PACC_066	03030015	Cowansville	Anthropique	50988.4	5.1	#N/A	0.0	326752.9	32.7	72522.6	7.3	#N/A	0.0	296388.9	29.6	253347.3	25.3	#N/A	0.0
PACC_067	03030016	Bromont	Anthropique	54654.3	5.5	#N/A	0.0	297306.6	29.7	210957.0	21.1	#N/A	0.0	277625.9	27.8	159456.2	15.9	#N/A	0.0
PACC_068	03030017	Bromont	Anthropique	54654.3	5.5	#N/A	0.0	297306.6	29.7	210957.0	21.1	#N/A	0.0	277625.9	27.8	159456.2	15.9	#N/A	0.0
PACC_069	03030018	Saint-Hyacinthe	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	768899.2	76.9	#N/A	0.0	231100.8	23.1	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_070	03037031	Saint-Alphonse-de-Granby	Anthropique	900.0	0.1	#N/A	0.0	51130.7	5.1	848022.8	84.8	#N/A	0.0	99946.5	10.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_071	03037041	Saint-Paul-d'Abbotsford	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	17591.8	1.8	908183.2	90.8	#N/A	0.0	74225.1	7.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_072	03037071	Sainte-Christine	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	21939.8	2.2	978060.2	97.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_073	03040001	Saint-Ours	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	150732.6	15.1	811679.7	81.2	#N/A	0.0	37587.7	3.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_074	03040002	Calixa-Lavallée	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	751313.6	75.1	#N/A	0.0	248686.4	24.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_075	03040005	Saint-Amable	Anthropique	3600.0	0.4	#N/A	0.0	4256.0	0.4	495767.0	49.6	#N/A	0.0	496377.0	49.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_076	03040006	Saint-Mathias-sur-Richelieu	Agricole	3600.0	0.4	#N/A	0.0	82932.9	8.3	821031.5	82.1	#N/A	0.0	92435.6	9.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_077	03040007	Rougemont	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	88006.1	8.8	485850.1	48.6	#N/A	0.0	426143.8	42.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_078	03040008	Rougemont	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	88006.1	8.8	485850.1	48.6	#N/A	0.0	426143.8	42.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_079	03040009	Saint-Jean-sur-Richelieu	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	826900.0	82.7	#N/A	0.0	173100.0	17.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_080	03040010	Saint-Jean-sur-Richelieu	Anthropique	37603.3	3.8	#N/A	0.0	18412.4	1.8	498405.8	49.8	#N/A	0.0	277747.2	27.8	167831.3	16.8	#N/A	0.0
PACC_081	03040011	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	973900.0	97.4	#N/A	0.0	26100.0	2.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_082	03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	282786.0	28.3	683958.7	68.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	33255.3	3.3	#N/A	0.0
PACC_083	03040013	Frelighsburg	Anthropique	24370.3	2.4	#N/A	0.0	702834.3	70.3	64344.7	6.4	#N/A	0.0	52047.9	5.2	156402.7	15.6	#N/A	0.0

PACC_084	03040014	Potton	Anthropique	40800.0	4.1	#N/A	0.0	336071.3	33.6	389613.8	39.0	#N/A	0.0	233514.8	23.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_085	03040015	Eastman	Anthropique	36507.6	3.7	#N/A	0.0	644305.2	64.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	59036.0	5.9	260151.2	26.0	#N/A	0.0
PACC_086	03040016	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	283732.7	28.4	682938.7	68.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0	33328.5	3.3	#N/A	0.0
PACC_087	03040017	Sutton	Anthropique	5544.1	0.6	#N/A	0.0	167510.6	16.8	426218.4	42.6	#N/A	0.0	329178.2	32.9	71548.6	7.2	#N/A	0.0
PACC_088	03040018	Sutton	Anthropique	2172.9	0.2	#N/A	0.0	154225.0	15.4	444124.9	44.4	#N/A	0.0	327104.2	32.7	72372.9	7.2	#N/A	0.0
PACC_089	03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	189551.0	19.0	699026.5	69.9	#N/A	0.0	111422.4	11.1	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_090	03070001	Saint-Patrice-de-Sherrington	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	925149.1	92.5	#N/A	0.0	59212.7	5.9	15638.2	1.6	#N/A	0.0
PACC_091	03070002	Saint-Patrice-de-Sherrington	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	925149.1	92.5	#N/A	0.0	59212.7	5.9	15638.2	1.6	#N/A	0.0
PACC_092	03090001	Mercier	Anthropique	52475.3	5.2	#N/A	0.0	35100.0	3.5	357980.4	35.8	#N/A	0.0	554444.3	55.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_093	03090002	Mercier	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	34200.0	3.4	890744.4	89.1	#N/A	0.0	75055.6	7.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_094	03090003	Très-Saint-Sacrement	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	908734.0	90.9	#N/A	0.0	91266.0	9.1	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_095	03090004	Orms town	Forestier	19594.4	2.0	119572.2	12.0	327244.1	32.7	181703.0	18.2	#N/A	0.0	80715.2	8.1	271171.0	27.1	#N/A	0.0
PACC_096	03090005	Franklin	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	892926.4	89.3	#N/A	0.0	107073.6	10.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_097	03090006	Franklin	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	54.3	0.0	893020.5	89.3	#N/A	0.0	106925.2	10.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_098	03090007	Havelock	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	575127.9	57.5	295694.6	29.6	#N/A	0.0	101980.4	10.2	27197.2	2.7	#N/A	0.0
PACC_099	03090008	Havelock	Anthropique	7200.0	0.7	#N/A	0.0	648061.3	64.8	157126.1	15.7	#N/A	0.0	179238.3	17.9	8374.3	0.8	#N/A	0.0
PACC_100	03090009	Godmanchester	Agricole	3600.0	0.4	#N/A	0.0	700596.8	70.1	85500.0	8.5	25680.5	2.6	90014.1	9.0	94608.6	9.5	#N/A	0.0
PACC_101	03090010	Godmanchester	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	303660.2	30.4	521132.8	52.1	#N/A	0.0	175207.0	17.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_102	03090011	Godmanchester	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	303660.2	30.4	521132.8	52.1	#N/A	0.0	175207.0	17.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_103	03090012	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	632383.7	63.2	11260.3	1.1	#N/A	0.0	356356.0	35.6	#N/A	0.0
PACC_104	03090013	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	632383.7	63.2	11260.3	1.1	#N/A	0.0	356356.0	35.6	#N/A	0.0
PACC_105	03090014	Saint-Michel	Forestier	2368.2	0.2	#N/A	0.0	219223.0	21.9	690495.3	69.0	#N/A	0.0	33584.1	3.4	54329.4	5.4	#N/A	0.0
PACC_106	03090015	Saint-Michel	Forestier	2368.2	0.2	#N/A	0.0	219223.0	21.9	690495.3	69.0	#N/A	0.0	33584.1	3.4	54329.4	5.4	#N/A	0.0
PACC_107	03090018	Elgin	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	279661.4	28.0	628062.5	62.8	#N/A	0.0	30638.1	3.1	61637.9	6.2	#N/A	0.0
PACC_108	03090019	Elgin	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	279661.4	28.0	628062.5	62.8	#N/A	0.0	30638.1	3.1	61637.9	6.2	#N/A	0.0
PACC_109	03090020	Franklin	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	395216.6	39.5	505875.2	50.6	#N/A	0.0	98908.2	9.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_110	03090021	Mercier	Anthropique	1502.2	0.2	#N/A	0.0	16582.7	1.7	848934.6	84.9	#N/A	0.0	132980.5	13.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_111	03097062	Sainte-Martine	Agricole	900.0	0.1	#N/A	0.0	6035.6	0.6	957949.3	95.8	#N/A	0.0	35115.1	3.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_112	03097082	Sainte-Martine	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	927979.8	92.8	#N/A	0.0	72020.2	7.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_113	03097094	Sainte-Martine	Anthropique	12900.0	1.3	#N/A	0.0	18125.9	1.8	269906.0	27.0	#N/A	0.0	699068.1	69.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_114	03097102	Saint-Rémi	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	646398.2	64.6	#N/A	0.0	353601.8	35.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_115	03097131	Saint-Isidore	Agricole	12900.0	1.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0	889008.5	88.9	#N/A	0.0	98091.5	9.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_116	03097182	Saint-Urbain-Premier	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	960380.1	96.0	#N/A	0.0	39619.9	4.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_117	03097191	Sainte-Martine	Agricole	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_118	03097201	Mercier	Agricole	68400.0	6.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0	856985.5	85.7	#N/A	0.0	74614.5	7.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_119	02407004-5	Irlande	Forestier	315333.4	31.5	#N/A	0.0	223821.0	22.4	290305.9	29.0	#N/A	0.0	48968.1	4.9	121571.6	12.2	#N/A	0.0
PACC_120	02G47001	Saint-Antoine-de-Tilly	Forestier	900.0	0.1	#N/A	0.0	627592.4	62.8	249080.7	24.9	#N/A	0.0	19826.5	2.0	102600.4	10.3	#N/A	0.0
PACC_121	03090020-Ancien	Franklin	Forestier	#N/A	0.0	#N/A	0.0	395216.6	39.5	505875.2	50.6	#N/A	0.0	98908.2	9.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_122	03097082-83	Sainte-Martine	Anthropique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	927979.8	92.8	#N/A	0.0	72020.2	7.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_123	03097094-95	Sainte-Martine	Anthropique	12900.0	1.3	#N/A	0.0	18125.9	1.8	269906.0	27.0	#N/A	0.0	699068.1	69.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0

A1.5Affectation du territoire

Puits du RSESQ			Matrice 05 - Affectation du territoire																				
ID PACC	ID Puits	Municipalité	Affectation Territoire	Agricole		Agroforestière		Commerciale		Conservation		Forestière		Industrielle		Publique		Récréative		Résidentielle		Urbaine	
			Puits	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%
PACC_001	02000004	Sainte-Marie-de-Blandford	Conservation	#N/A	0.0	157551.6	15.8	#N/A	0.0	842448.4	84.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_002	02000005	Sainte-Marie-de-Blandford	Conservation	#N/A	0.0	152937.1	15.3	#N/A	0.0	847062.9	84.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_003	02000006	Bécancour	Agricole	773832.4	77.4	146519.3	14.7	#N/A	0.0	2207.8	0.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	77440.5	7.7	#N/A	0.0
PACC_004	02340001	Saint-Agapit	Urbaine	517584.6	51.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	17905.0	1.8	#N/A	0.0	464510.3	46.5
PACC_005	02340002	Saint-Martin	Urbaine	#N/A	0.0	603846.7	60.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	396153.3	39.6
PACC_006	02340003	Saint-Zacharie	Agroforestière	#N/A	0.0	950671.9	95.1	#N/A	0.0	#N/A	0.0	7411.4	0.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	41916.8	4.2	#N/A	0.0
PACC_007	02340004	Saint-Théophile	Forestière	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	72537.4	7.3	927462.6	92.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_008	02340005	Sainte-Justine	Forestière	276112.7	27.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	592452.1	59.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	131435.2	13.1
PACC_009	02340006	Saint-Honoré-de-Shenley	Agricole	873897.1	87.4	126102.9	12.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_010	02340007	Saint-Gilles	Urbaine	175517.9	17.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	824482.1	82.4
PACC_011	02340008	Saint-Georges	Urbaine	#N/A	0.0	75466.9	7.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	924533.1	92.5
PACC_012	02360001	Saint-Édouard-de-Lotbinière	Urbaine	692055.5	69.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	307944.5	30.8
PACC_013	02370001	Leclercville	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_014	02370002	Villeroiy	Conservation	367339.6	36.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	578688.1	57.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0	53972.3	5.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_015	02370003	Villeroiy	Conservation	366563.9	36.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	579410.3	57.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0	54025.8	5.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_016	02370004	Villeroiy	Conservation	357066.0	35.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	588645.1	58.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0	54288.9	5.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_017	02400001	Saint-Jacques-de-Leeds	Agricole	947359.3	94.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	12262.6	1.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	40378.1	4.0
PACC_018	02400002	Sainte-Anne-du-Sault	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_019	02400003	Manseau	Agroforestière	583147.2	58.3	421853.9	42.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_020	02400004	Thetford Mines	Industrielle	325337.2	32.5	113676.6	11.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	370035.5	37.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	190950.7	19.1
PACC_021	02407004	Irlande	Industrielle	415277.8	41.5	480051.3	48.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	104670.9	10.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_022	02407005	Irlande	Industrielle	415277.8	41.5	480051.3	48.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	104670.9	10.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_023	02507001	Lévis	Résidentielle	159651.8	16.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	122516.1	12.3	625802.4	62.6	78227.0	7.8
PACC_024	03000001	Saint-Anicet	Agricole	993588.5	99.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	6411.5	0.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_025	03000002	Saint-Anicet	Agricole	992753.7	99.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0	7246.3	0.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_026	03000003	Saint-Rémi	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_027	03000005	Baie-du-Febvre	Agricole	925317.3	92.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	15991.2	1.6	#N/A	0.0	58691.5	5.9
PACC_028	03010001	Asbestos	Urbaine	219427.5	21.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	190208.3	19.0	#N/A	0.0	160994.7	16.1	#N/A	0.0	429369.5	42.9
PACC_029	03010002	Drummondville	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_030	03010003	Saint-Albert	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_031	03010004	Victoriaville	Publique	531526.6	53.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	501580.4	50.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_032	03010005	Saint-Camille	Urbaine	834458.4	83.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	165541.6	16.6
PACC_033	03010006	Saint-Rémi-de-Tingwick	Urbaine	650748.9	65.1	185532.6	18.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	163718.5	16.4
PACC_034	03010007	Sainte-Monique	Urbaine	742329.5	74.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	257670.5	25.8
PACC_035	03020001	Orford	Récréative	153562.9	15.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	846437.1	84.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_036	03020002	Disraeli	Urbaine	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_037	03020003	Drummondville	Publique	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	958333.7	95.8	#N/A	0.0	7308.5	0.7	34357.7	3.4
PACC_038	03020004	Weedon	Agricole	767893.5	76.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	232106.5	23.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_039	03020005	Stornoway	Urbaine	55200.8	5.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	512938.1	51.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1673.9	0.2	430187.2	43.0

PACC_040	03020006	Nantes	Agroforestière	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_041	03020007	Notre-Dame-des-Bois	Urbaine	#N/A	0.0	152934.3	15.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0	208654.3	20.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	298649.3	29.9	339762.0	34.0
PACC_042	03020008	Coaticook	Urbaine	729599.4	73.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	270400.6	27.0
PACC_043	03020009	Compton	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_044	03020010	Stanstead	Agricole	611571.0	61.2	388429.0	38.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_045	03020011	Magog	Agricole	999839.6	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	160.4	0.0	#N/A	0.0
PACC_046	03020012	Sherbrooke	Agricole	933324.5	93.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	66675.5	6.7	#N/A	0.0
PACC_047	03020013	Val-Joli	Urbaine	464713.0	46.5	422263.5	42.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	19020.8	1.9	79033.7	7.9
PACC_048	03027021	Ulverton	Agricole	356294.1	35.6	643705.9	64.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_049	03027032	Dudswell	Urbaine	784609.1	78.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	90729.9	9.1	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	124660.0	12.5
PACC_050	03027061	Saint-Isidore-de-Clifton	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_051	03027062	Saint-Isidore-de-Clifton	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_052	03027091	Cookshire-Eaton	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_053	03030001	Sainte-Victoire-de-Sorel	Agricole	736116.2	73.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	263883.8	26.4
PACC_054	03030002	Saint-Marcel-sur-Richelieu	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_055	03030003	Saint-Hugues	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_056	03030004	Saint-Simon	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_057	03030005	Saint-Théodore-d'Acton	Agroforestière	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_058	03030006	Saint-Damase	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_059	03030007	Saint-Valérien-de-Milton	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_060	03030008	Rougemont	Conservation	595848.8	59.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	404151.2	40.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_061	03030010	Valcourt	Urbaine	320556.4	32.1	74525.5	7.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	604918.1	60.5
PACC_062	03030011	Brome	Urbaine	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	176154.0	17.6	#N/A	0.0	823846.0	82.4
PACC_063	03030012	Saint-Guillaume	Urbaine	583976.3	58.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	416023.7	41.6
PACC_064	03030013	Saint-Guillaume	Urbaine	582428.7	58.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	417571.3	41.8
PACC_065	03030014	Cowansville	Urbaine	#N/A	0.0	148421.2	14.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	851578.8	85.2
PACC_066	03030015	Cowansville	Urbaine	#N/A	0.0	147402.2	14.7	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	852597.8	85.3
PACC_067	03030016	Bromont	Urbaine	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	13282.0	1.3	#N/A	0.0	27257.0	2.7	#N/A	0.0	959461.0	95.9
PACC_068	03030017	Bromont	Urbaine	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	13282.0	1.3	#N/A	0.0	27257.0	2.7	#N/A	0.0	959461.0	95.9
PACC_069	03030018	Saint-Hyacinthe	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_070	03037031	Saint-Alphonse-de-Granby	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_071	03037041	Saint-Paul-d'Abbotsford	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_072	03037071	Sainte-Christine	Agroforestière	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_073	03040001	Saint-Ours	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_074	03040002	Calixa-Lavallée	Urbaine	798640.3	79.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	201359.7	20.1
PACC_075	03040005	Saint-Amable	Résidentielle	532728.6	53.3	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	3555.5	0.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	96666.9	9.7	367048.9	36.7
PACC_076	03040006	Saint-Mathias-sur-Richelieu	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_077	03040007	Rougemont	Urbaine	632161.1	63.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	9762.8	1.0	#N/A	0.0	358076.0	35.8
PACC_078	03040008	Rougemont	Urbaine	632161.1	63.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	9762.8	1.0	#N/A	0.0	358076.0	35.8
PACC_079	03040009	Saint-Jean-sur-Richelieu	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_080	03040010	Saint-Jean-sur-Richelieu	Agricole	865781.3	86.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	134218.7	13.4	#N/A	0.0
PACC_081	03040011	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_082	03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_083	03040013	Frelighsburg	Agroforestière	57819.2	5.8	942180.8	94.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0

PACC_084	03040014	Potton	Agricole	428170.9	42.8	21611.1	2.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	69251.5	6.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0	144742.9	14.5	336223.7	33.6
PACC_085	03040015	Eastman	Agricole	973830.4	97.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	26169.6	2.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_086	03040016	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_087	03040017	Sutton	Urbaine	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	30706.2	3.1	#N/A	0.0	729117.6	72.9	#N/A	0.0	240176.1	24.0
PACC_088	03040018	Sutton	Urbaine	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	29702.4	3.0	#N/A	0.0	737108.1	73.7	#N/A	0.0	233189.5	23.3
PACC_089	03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_090	03070001	Saint-Patrice-de-Sherrington	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_091	03070002	Saint-Patrice-de-Sherrington	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_092	03090001	Mercier	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_093	03090002	Mercier	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_094	03090003	Très-Saint-Sacrement	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_095	03090004	Ormstown	Agricole	956214.5	95.6	11505.2	1.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_096	03090005	Franklin	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_097	03090006	Franklin	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_098	03090007	Havelock	Agroforestière	14823.4	1.5	985176.6	98.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_099	03090008	Havelock	Agroforestière	#N/A	0.0	562561.4	56.3	#N/A	0.0	309405.3	30.9	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	128033.3	12.8	#N/A	0.0
PACC_100	03090009	Godmanchester	Agricole	793521.4	79.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	206478.6	20.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_101	03090010	Godmanchester	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_102	03090011	Godmanchester	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_103	03090012	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_104	03090013	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_105	03090014	Saint-Michel	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_106	03090015	Saint-Michel	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_107	03090018	Elgin	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_108	03090019	Elgin	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_109	03090020	Franklin	Agroforestière	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_110	03090021	Mercier	Agricole	974546.6	97.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	25453.4	2.5
PACC_111	03097062	Sainte-Martine	Agricole	972387.9	97.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	14308.4	1.4	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	13303.7	1.3
PACC_112	03097082	Sainte-Martine	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_113	03097094	Sainte-Martine	Urbaine	216096.0	21.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	21826.8	2.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	762077.2	76.2
PACC_114	03097102	Saint-Rémi	Agricole	747574.9	74.8	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	252425.1	25.2
PACC_115	03097131	Saint-Isidore	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_116	03097182	Saint-Urbain-Premier	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_117	03097191	Sainte-Martine	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_118	03097201	Mercier	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_119	02407004-5	Irlande	Industrielle	415277.8	41.5	480051.3	48.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	104670.9	10.5	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_120	02G47001	Saint-Antoine-de-Tilly	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_121	03090020-Ancien	Franklin	Agroforestière	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_122	03097082-83	Sainte-Martine	Agricole	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_123	03097094-95	Sainte-Martine	Urbaine	216096.0	21.6	#N/A	0.0	#N/A	0.0	21826.8	2.2	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0	762077.2	76.2

A1.6 Pédologie & Géologie du Quaternaire

Puits du RSESQ			Matrice 06 - Pédologie			Matrice 07 - Géologie du Quaternaire		
ID PACC	ID Puits	Municipalité	Drainage	Texture	Combinaison	Période	Unité	Type
PACC_001	02000004	Sainte-Marie-de-Blandford	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments organiques	Sédiments de tourbière
PACC_002	02000005	Sainte-Marie-de-Blandford	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments organiques	Sédiments de tourbière
PACC_003	02000006	Bécancour	Mal drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_004	02340001	Saint-Agapit	Mal drainé	Sableux	Sableux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_005	02340002	Saint-Martin	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_006	02340003	Saint-Zacharie	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_007	02340004	Saint-Théophile	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments alluviaux	Alluvions des terrasses fluviales anciennes
PACC_008	02340005	Sainte-Justine	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_009	02340006	Saint-Honoré-de-Shenley	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_010	02340007	Saint-Gilles	Rapidement drainé	Graveleux	Graveleux-Rapidement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments deltaïques et prodeltaïques
PACC_011	02340008	Saint-Georges	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_012	02360001	Saint-Édouard-de-Lotbinière	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_013	02370001	Leclercville	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_014	02370002	Villeroi	Très rapidement drainé	Sableux	Sableux-Très rapidement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments éoliens	Sédiments éoliens
PACC_015	02370003	Villeroi	Très rapidement drainé	Sableux	Sableux-Très rapidement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments éoliens	Sédiments éoliens
PACC_016	02370004	Villeroi	Très rapidement drainé	Sableux	Sableux-Très rapidement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments éoliens	Sédiments éoliens
PACC_017	02400001	Saint-Jacques-de-Leeds	Mal drainé	Graveleux	Graveleux-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_018	02400002	Sainte-Anne-du-Sault	Imparfaitement drainé	Sableux	Sableux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till remanié en couverture continue
PACC_019	02400003	Manseau	Ne s'applique pas	Sableux	Sableux-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_020	02400004	Thetford Mines	Modérément bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Modérément bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_021	02407004	Irlande	Mal drainé	Loameux	Loameux-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_022	02407005	Irlande	Mal drainé	Loameux	Loameux-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_023	02507001	Lévis	Mal drainé	Loameux	Loameux-Mal drainé	Pré-Quaternaire	Substrat rocheux	Roche non différenciée
PACC_024	03000001	Saint-Anicet	Très mal drainé	Organiques	Organiques-Très mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments lacustres	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_025	03000002	Saint-Anicet	Très mal drainé	Organiques	Organiques-Très mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments lacustres	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_026	03000003	Saint-Rémi	Mal drainé	Argileux	Argileux-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_027	03000005	Baie-du-Febvre	Très mal drainé	Organiques	Organiques-Très mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_028	03010001	Asbestos	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_029	03010002	Drummondville	Imparfaitement drainé	Sableux	Sableux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till remanié en couverture continue
PACC_030	03010003	Saint-Albert	Rapidement drainé	Graveleux	Graveleux-Rapidement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till non différencié
PACC_031	03010004	Victoriaville	Mal drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_032	03010005	Saint-Camille	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_033	03010006	Saint-Rémi-de-Tingwick	Modérément bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Modérément bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_034	03010007	Sainte-Monique	Ne s'applique pas	Sableux	Sableux-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments lacustres	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_035	03020001	Orford	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_036	03020002	Disraeli	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments deltaïques et prodeltaïques
PACC_037	03020003	Drummondville	Ne s'applique pas	Sableux	Sableux-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_038	03020004	Weedon	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_039	03020005	Stornoway	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_040	03020006	Nantes	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue

PACC_041	03020007	Notre-Dame-des-Bois	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_042	03020008	Coaticook	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_043	03020009	Compton	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_044	03020010	Stanstead	Rapidement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Rapidement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_045	03020011	Magog	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_046	03020012	Sherbrooke	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_047	03020013	Val-Joli	Imparfaitement drainé	Loameux	Loameux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_048	03027021	Ulverton	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments alluviaux	Alluvions des terrasses fluviales
PACC_049	03027032	Dudswell	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_050	03027061	Saint-Isidore-de-Clifton	Mal drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_051	03027062	Saint-Isidore-de-Clifton	Mal drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_052	03027091	Cookshire-Eaton	Très rapidement drainé	Graveleux	Graveleux-Très rapidement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments fluvioglaciaires	Sédiments juxtaglaciaires
PACC_053	03030001	Sainte-Victoire-de-Sorel	Mal drainé	Argileux	Argileux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments alluviaux	Alluvions actuelles
PACC_054	03030002	Saint-Marcel-sur-Richelieu	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments alluviaux	Alluvions des terrasses fluviales anciennes
PACC_055	03030003	Saint-Hugues	Mal drainé	Argileux	Argileux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_056	03030004	Saint-Simon	Bien drainé	Graveleux	Graveleux-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_057	03030005	Saint-Théodore-d'Acton	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till remanié en couverture continue
PACC_058	03030006	Saint-Damase	Mal drainé	Sableux	Sableux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments lacustres	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_059	03030007	Saint-Valérien-de-Milton	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_060	03030008	Rougemont	Bien drainé	Graveleux	Graveleux-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_061	03030010	Valcourt	Mal drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till remanié en couverture continue
PACC_062	03030011	Brome	Très mal drainé	Organiques	Organiques-Très mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_063	03030012	Saint-Guillaume	Imparfaitement drainé	Sableux	Sableux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_064	03030013	Saint-Guillaume	Imparfaitement drainé	Sableux	Sableux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_065	03030014	Cowansville	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_066	03030015	Cowansville	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_067	03030016	Bromont	Imparfaitement drainé	Sableux	Sableux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments alluviaux	Alluvions des terrasses fluviales
PACC_068	03030017	Bromont	Imparfaitement drainé	Sableux	Sableux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments alluviaux	Alluvions des terrasses fluviales
PACC_069	03030018	Saint-Hyacinthe	Mal drainé	Argileux	Argileux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_070	03037031	Saint-Alphonse-de-Granby	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_071	03037041	Saint-Paul-d'Abbotsford	Mal drainé	Sableux	Sableux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_072	03037071	Sainte-Christine	Mal drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_073	03040001	Saint-Ours	Mal drainé	Argileux	Argileux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments alluviaux	Alluvions des terrasses fluviales
PACC_074	03040002	Calixa-Lavallée	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_075	03040005	Saint-Amable	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments lacustres	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_076	03040006	Saint-Mathias-sur-Richelieu	Mal drainé	Sableux	Sableux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_077	03040007	Rougemont	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_078	03040008	Rougemont	Imparfaitement drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_079	03040009	Saint-Jean-sur-Richelieu	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_080	03040010	Saint-Jean-sur-Richelieu	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments alluviaux	Alluvions des terrasses fluviales
PACC_081	03040011	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_082	03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Mal drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till remanié en couverture continue
PACC_083	03040013	Frelighsburg	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré-littoraux
PACC_084	03040014	Potton	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments fins d'eau profonde

PACC_085	03040015	Eastman	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments littoraux et pré littoraux
PACC_086	03040016	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Mal drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till remanié en couverture continue
PACC_087	03040017	Sutton	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments littoraux et pré littoraux
PACC_088	03040018	Sutton	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_089	03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	Mal drainé	Sableux	Sableux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_090	03070001	Saint-Patrice-de-Sherrington	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_091	03070002	Saint-Patrice-de-Sherrington	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_092	03090001	Mercier	Rapidement drainé	Graveleux	Graveleux-Rapidement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments fluvioglaciaires	Sédiments proglaciaires non différenciés
PACC_093	03090002	Mercier	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_094	03090003	Très-Saint-Sacrement	Mal drainé	Argileux	Argileux-Mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_095	03090004	Ormstown	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Pré-Quaternaire	Substrat rocheux	Roches sédimentaires ou volcaniques (non déformées)
PACC_096	03090005	Franklin	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_097	03090006	Franklin	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_098	03090007	Havelock	Très rapidement drainé	Graveleux	Graveleux-Très rapidement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré littoraux
PACC_099	03090008	Havelock	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Pré-Quaternaire	Substrat rocheux	Roches sédimentaires ou volcaniques (non déformées)
PACC_100	03090009	Godmanchester	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture mince et discontinue
PACC_101	03090010	Godmanchester	Rapidement drainé	Graveleux	Graveleux-Rapidement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments fluvioglaciaires	Sédiments juxtaglaciaires
PACC_102	03090011	Godmanchester	Rapidement drainé	Graveleux	Graveleux-Rapidement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments fluvioglaciaires	Sédiments juxtaglaciaires
PACC_103	03090012	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Très mal drainé	Organiques	Organiques-Très mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till non différencié
PACC_104	03090013	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Très mal drainé	Organiques	Organiques-Très mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till non différencié
PACC_105	03090014	Saint-Michel	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_106	03090015	Saint-Michel	Bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Bien drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_107	03090018	Elgin	Mal drainé	Sableux	Sableux-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till non différencié
PACC_108	03090019	Elgin	Mal drainé	Sableux	Sableux-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till non différencié
PACC_109	03090020	Franklin	Modérément bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Modérément bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré littoraux
PACC_110	03090021	Mercier	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_111	03097062	Sainte-Martine	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_112	03097082	Sainte-Martine	Modérément bien drainé	Argileux	Argileux-Modérément bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_113	03097094	Sainte-Martine	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_114	03097102	Saint-Rémi	Mal drainé	Argileux	Argileux-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciaires	Till en couverture généralement continue
PACC_115	03097131	Saint-Isidore	Très mal drainé	Argileux	Argileux-Très mal drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_116	03097182	Saint-Urbain-Premier	Imparfaitement drainé	Argileux	Argileux-Imparfaitement drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_117	03097191	Sainte-Martine	Modérément bien drainé	Argileux	Argileux-Modérément bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_118	03097201	Mercier	Rapidement drainé	Graveleux	Graveleux-Rapidement drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments fluvioglaciaires	Sédiments juxtaglaciaires
PACC_119	02407004-5	Irlande	Mal drainé	Loameux	Loameux-Mal drainé	Quaternaire - Dernière glaciation	Sédiments glaciolacustres	Sédiments littoraux et pré littoraux
PACC_120	02G47001	Saint-Antoine-de-Tilly	Bien drainé	Sableux	Sableux-Bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré littoraux
PACC_121	03090020-Ancien	Franklin	Modérément bien drainé	Issus de dépôts de tills	Issus de dépôts de tills-Modérément bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments littoraux et pré littoraux
PACC_122	03097082-83	Sainte-Martine	Modérément bien drainé	Argileux	Argileux-Modérément bien drainé	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde
PACC_123	03097094-95	Sainte-Martine	Ne s'applique pas	Divers	Divers-Ne s'applique pas	Quaternaire - Post-glaciaire	Sédiments marins	Sédiments fins d'eau profonde

A1.7 Contexte géologique ; Épaisseur de dépôts meubles & Conditions de confinement du roc

Puits du RSESQ			Matrice 08 - Contexte géologique				Matrice 09 - Épaisseur de dépôts meubles				Matrice 10 - Conditions de confinement du roc						
ID PACC	ID Puits	Municipalité	Période	Province	Sous-province	Subdivision	Épaisseur Dépôts				Confinement Roc	Semi-captif		Libre		Captif	
							Puits	Min	Moy	Max		Puits	m²	%	m²	%	m²
PACC_001	02000004	Sainte-Marie-de-Blandford	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	1.40	1.15	1.44	1.84	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_002	02000005	Sainte-Marie-de-Blandford	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	1.40	1.15	1.44	1.84	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_003	02000006	Bécancour	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	1.99	1.79	2.51	5.14	Libre	169332.3	16.9	830667.7	83.1	#N/A	0.0
PACC_004	02340001	Saint-Agapit	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	5.25	4.65	5.74	8.49	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_005	02340002	Saint-Martin	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	6.33	4.85	6.45	8.02	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_006	02340003	Saint-Zacharie	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	2.66	0.77	2.33	2.99	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_007	02340004	Saint-Théophile	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	7.70	2.19	10.97	17.86	Semi-Captif	894633.4	89.5	105366.6	10.5	#N/A	0.0
PACC_008	02340005	Sainte-Justine	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	3.00	1.13	2.10	3.73	Libre	6297.9	0.6	993702.1	99.4	#N/A	0.0
PACC_009	02340006	Saint-Honoré-de-Shenley	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	0.05	0.00	0.29	1.16	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_010	02340007	Saint-Gilles	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	10.40	8.72	9.78	10.40	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_011	02340008	Saint-Georges	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	0.85	0.75	2.05	4.17	Libre	39997.6	4.0	960002.4	96.0	#N/A	0.0
PACC_012	02360001	Saint-Édouard-de-Lotbinière	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	17.59	9.64	14.71	19.22	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_013	02370001	Leclercville	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	2.04	1.51	2.67	6.43	Libre	37580.0	3.8	962420.0	96.2	#N/A	0.0
PACC_014	02370002	Villeroiy	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	8.05	4.58	7.09	8.78	Semi-Captif	969178.1	96.9	30821.9	3.1	#N/A	0.0
PACC_015	02370003	Villeroiy	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	8.05	4.58	7.09	8.78	Semi-Captif	969562.0	97.0	30438.0	3.0	#N/A	0.0
PACC_016	02370004	Villeroiy	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	8.05	4.58	7.09	8.78	Semi-Captif	974143.2	97.4	25856.8	2.6	#N/A	0.0
PACC_017	02400001	Saint-Jacques-de-Leeds	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	1.10	0.00	1.81	7.09	Libre	247787.8	24.8	752212.2	75.2	#N/A	0.0
PACC_018	02400002	Sainte-Anne-du-Sault	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	3.79	2.39	4.39	10.45	Libre	62196.4	6.2	937803.6	93.8	#N/A	0.0
PACC_019	02400003	Manseau	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	2.79	1.12	2.18	2.84	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_020	02400004	Thetford Mines	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	11.29	5.23	8.55	11.29	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_021	02407004	Irlande	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	20.90	8.78	17.24	23.62	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_022	02407005	Irlande	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	20.90	8.78	17.24	23.62	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_023	02507001	Lévis	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	6.17	0.62	4.66	17.13	Libre	12202.3	1.2	987797.7	98.8	#N/A	0.0
PACC_024	03000001	Saint-Anicet	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	10.47	9.82	10.98	13.22	Captif	121124.3	12.1	#N/A	0.0	878875.7	87.9
PACC_025	03000002	Saint-Anicet	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	10.47	9.82	10.98	13.22	Captif	126018.2	12.6	#N/A	0.0	873981.8	87.4
PACC_026	03000003	Saint-Rémi	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	18.04	13.74	18.55	20.86	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_027	03000005	Baie-du-Febvre	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	6.78	5.60	9.45	14.97	Semi-Captif	488769.3	48.9	#N/A	0.0	511230.7	51.1
PACC_028	03010001	Asbestos	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	40.23	23.58	38.51	44.51	Semi-Captif	767421.9	76.7	#N/A	0.0	232578.1	23.3
PACC_029	03010002	Drummondville	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	10.63	5.42	10.34	13.74	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_030	03010003	Saint-Albert	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	7.25	6.35	10.22	16.17	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_031	03010004	Victoriaville	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	3.06	1.49	3.05	5.75	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_032	03010005	Saint-Camille	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	9.52	2.32	7.65	17.61	Semi-Captif	882113.1	88.2	117886.9	11.8	#N/A	0.0
PACC_033	03010006	Saint-Rémi-de-Tingwick	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	2.81	0.00	1.57	3.37	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_034	03010007	Sainte-Monique	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	15.62	3.19	13.04	34.34	Semi-Captif	802894.4	80.3	#N/A	0.0	197105.6	19.7
PACC_035	03020001	Orford	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	0.00	0.00	0.72	4.56	Libre	35760.7	3.6	964239.3	96.4	#N/A	0.0
PACC_036	03020002	Disraeli	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	14.53	4.29	10.44	15.49	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_037	03020003	Drummondville	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	15.81	14.46	17.72	21.37	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_038	03020004	Weedon	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	0.15	0.09	0.37	2.06	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_039	03020005	Stornoway	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	1.96	0.55	1.74	5.07	Libre	7320.8	0.7	992679.2	99.3	#N/A	0.0

PACC_040	03020006	Nantes	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	3.81	1.34	2.97	4.98	Semi-Captif	509034.5	50.9	490965.5	49.1	#N/A	0.0
PACC_041	03020007	Notre-Dame-des-Bois	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	3.16	0.00	2.62	7.00	Semi-Captif	467489.4	46.7	532510.6	53.3	#N/A	0.0
PACC_042	03020008	Coaticook	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	1.54	1.21	1.48	1.71	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_043	03020009	Compton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	2.07	1.63	3.63	8.60	Libre	331493.8	33.1	668506.2	66.9	#N/A	0.0
PACC_044	03020010	Stanstead	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	0.35	0.16	0.34	0.68	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_045	03020011	Magog	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	0.12	0.01	0.53	1.34	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_046	03020012	Sherbrooke	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	3.22	0.05	3.79	12.44	Semi-Captif	663427.4	66.3	336572.6	33.7	#N/A	0.0
PACC_047	03020013	Val-Joli	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	8.03	6.85	9.01	11.56	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_048	03027021	Ulverton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	2.19	1.15	3.60	6.62	Libre	575988.1	57.6	424011.9	42.4	#N/A	0.0
PACC_049	03027032	Dudswell	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	5.82	0.99	3.97	14.14	Semi-Captif	271927.0	27.2	728073.0	72.8	#N/A	0.0
PACC_050	03027061	Saint-Isidore-de-Clifton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	10.32	3.15	6.88	10.32	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_051	03027062	Saint-Isidore-de-Clifton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	10.32	3.15	6.88	10.32	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_052	03027091	Cookshire-Eaton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Ceinture de Gaspé	8.81	5.96	9.81	12.53	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_053	03030001	Sainte-Victoire-de-Sorel	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	41.86	40.21	41.98	43.64	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_054	03030002	Saint-Marcel-sur-Richelieu	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	25.49	24.44	26.42	29.13	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_055	03030003	Saint-Hugues	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	23.34	20.66	23.00	24.52	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_056	03030004	Saint-Simon	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	0.31	0.17	0.77	3.08	Libre	188143.7	18.8	811856.3	81.2	#N/A	0.0
PACC_057	03030005	Saint-Théodore-d'Acton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	0.11	0.00	0.07	0.12	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_058	03030006	Saint-Damase	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	23.58	20.21	22.59	25.96	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_059	03030007	Saint-Valérien-de-Milton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	1.95	1.95	4.95	10.37	Libre	500000.0	50.0	500000.0	50.0	#N/A	0.0
PACC_060	03030008	Rougemont	Cétacé	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	Intrusions montérégiennes	19.76	2.08	13.59	19.92	Semi-Captif	997982.9	99.8	2017.1	0.2	#N/A	0.0
PACC_061	03030010	Valcourt	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	11.61	7.95	11.99	15.12	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_062	03030011	Brome	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	9.35	0.48	9.04	14.12	Semi-Captif	971196.1	97.1	28803.9	2.9	#N/A	0.0
PACC_063	03030012	Saint-Guillaume	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	24.66	20.36	25.46	28.02	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_064	03030013	Saint-Guillaume	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	24.66	20.36	25.46	28.02	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_065	03030014	Cowansville	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	9.97	4.48	9.59	11.94	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_066	03030015	Cowansville	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	9.97	4.48	9.59	11.94	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_067	03030016	Bromont	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	6.65	0.08	4.70	6.65	Semi-Captif	683638.2	68.4	316361.8	31.6	#N/A	0.0
PACC_068	03030017	Bromont	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	6.65	0.08	4.70	6.65	Semi-Captif	683638.2	68.4	316361.8	31.6	#N/A	0.0
PACC_069	03030018	Saint-Hyacinthe	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	21.20	21.19	21.53	22.10	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_070	03037031	Saint-Alphonse-de-Granby	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	11.93	8.86	11.99	13.31	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_071	03037041	Saint-Paul-d'Abbotsford	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	11.85	9.78	14.45	18.86	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_072	03037071	Sainte-Christine	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	12.24	7.17	10.91	13.10	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_073	03040001	Saint-Ours	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	24.53	23.81	25.64	27.92	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_074	03040002	Calixa-Lavallée	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	14.91	13.55	15.63	17.54	Semi-Captif	594110.2	59.4	#N/A	0.0	405889.8	40.6
PACC_075	03040005	Saint-Amable	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	27.13	26.64	27.03	27.36	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_076	03040006	Saint-Mathias-sur-Richelieu	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	11.42	9.38	11.06	11.42	Semi-Captif	487663.3	48.8	#N/A	0.0	512336.7	51.2
PACC_077	03040007	Rougemont	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	15.47	13.60	15.77	17.01	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_078	03040008	Rougemont	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	15.47	13.60	15.77	17.01	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_079	03040009	Saint-Jean-sur-Richelieu	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	18.54	17.59	18.93	20.59	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_080	03040010	Saint-Jean-sur-Richelieu	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	16.05	14.55	16.63	17.97	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_081	03040011	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	12.78	10.69	12.09	14.09	Captif	76338.4	7.6	#N/A	0.0	923661.6	92.4
PACC_082	03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	5.87	3.96	4.99	6.22	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_083	03040013	Frelighsburg	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	9.89	4.21	9.08	12.69	Semi-Captif	872537.0	87.3	127463.0	12.7	#N/A	0.0

PACC_084	03040014	Potton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Dunnage	8.38	4.53	6.93	11.99	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_085	03040015	Eastman	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	7.29	1.66	6.37	9.09	Semi-Captif	925624.2	92.6	74375.8	7.4	#N/A	0.0
PACC_086	03040016	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	5.87	3.96	4.99	6.22	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_087	03040017	Sutton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	12.72	8.90	11.41	12.93	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_088	03040018	Sutton	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	12.72	8.90	11.01	12.93	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_089	03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	17.53	15.79	17.12	19.18	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_090	03070001	Saint-Patrice-de-Sherrington	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	10.81	10.25	11.75	14.03	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_091	03070002	Saint-Patrice-de-Sherrington	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	10.81	10.25	11.75	14.03	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_092	03090001	Mercier	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	8.62	8.59	11.07	13.51	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_093	03090002	Mercier	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	8.91	7.66	8.96	10.46	Captif	100969.2	10.1	#N/A	0.0	899030.8	89.9
PACC_094	03090003	Très-Saint-Sacrement	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	27.64	23.17	26.46	28.47	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_095	03090004	Ormstown	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	0.58	0.50	0.55	0.58	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_096	03090005	Franklin	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	16.60	10.31	13.29	16.91	Captif	259522.8	26.0	#N/A	0.0	740477.2	74.0
PACC_097	03090006	Franklin	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	16.60	10.31	13.29	16.91	Captif	259112.8	25.9	#N/A	0.0	740887.2	74.1
PACC_098	03090007	Havelock	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	3.81	1.45	3.47	6.01	Libre	4113.2	0.4	995886.8	99.6	#N/A	0.0
PACC_099	03090008	Havelock	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	0.86	0.79	1.40	2.87	Libre	#N/A	0.0	1000000.0	100.0	#N/A	0.0
PACC_100	03090009	Godmanchester	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	1.91	0.50	2.09	4.61	Libre	199963.5	20.0	800036.5	80.0	#N/A	0.0
PACC_101	03090010	Godmanchester	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	18.95	8.87	13.47	19.54	Semi-Captif	844812.7	84.5	#N/A	0.0	155187.3	15.5
PACC_102	03090011	Godmanchester	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	18.95	8.87	13.47	19.54	Semi-Captif	844812.7	84.5	#N/A	0.0	155187.3	15.5
PACC_103	03090012	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	12.70	8.38	12.69	16.27	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_104	03090013	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	12.70	8.38	12.69	16.27	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_105	03090014	Saint-Michel	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	7.27	6.01	8.23	11.68	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_106	03090015	Saint-Michel	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	7.27	6.01	8.23	11.68	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_107	03090018	Elgin	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	6.80	3.22	7.42	11.23	Semi-Captif	843909.3	84.4	156090.7	15.6	#N/A	0.0
PACC_108	03090019	Elgin	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	6.80	3.22	7.42	11.23	Semi-Captif	843909.3	84.4	156090.7	15.6	#N/A	0.0
PACC_109	03090020	Franklin	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	11.26	3.17	11.48	18.67	Semi-Captif	954753.6	95.5	45246.4	4.5	#N/A	0.0
PACC_110	03090021	Mercier	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	15.43	9.25	15.07	23.45	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_111	03097062	Sainte-Martine	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	8.07	6.76	9.03	14.32	Semi-Captif	741268.8	74.1	#N/A	0.0	258731.2	25.9
PACC_112	03097082	Sainte-Martine	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	14.19	8.07	13.98	21.10	Captif	186036.2	18.6	#N/A	0.0	813963.8	81.4
PACC_113	03097094	Sainte-Martine	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	11.16	8.84	12.80	17.04	Captif	15495.5	1.5	#N/A	0.0	984504.5	98.5
PACC_114	03097102	Saint-Rémi	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	10.83	9.73	11.64	14.85	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_115	03097131	Saint-Isidore	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	20.79	16.94	20.65	22.72	Captif	243242.2	24.3	#N/A	0.0	756757.8	75.7
PACC_116	03097182	Saint-Urbain-Premier	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	18.00	17.21	19.34	21.53	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_117	03097191	Sainte-Martine	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	18.95	18.24	19.32	21.51	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_118	03097201	Mercier	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	33.18	25.74	29.92	33.18	Captif	#N/A	0.0	#N/A	0.0	1000000.0	100.0
PACC_119	02407004-5	Irlande	Paléozoïque	Province des Appalaches	#N/A	Zone de Humber	20.90	8.78	17.24	23.62	Semi-Captif	1000000.0	100.0	#N/A	0.0	#N/A	0.0
PACC_120	02G47001	Saint-Antoine-de-Tilly	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	16.12	6.64	11.26	16.12	Semi-Captif	942924.1	94.3	#N/A	0.0	57075.9	5.7
PACC_121	03090020-Ancien	Franklin	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	11.26	3.17	11.48	18.67	Semi-Captif	954753.6	95.5	45246.4	4.5	#N/A	0.0
PACC_122	03097082-83	Sainte-Martine	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	14.19	8.07	13.98	21.10	Captif	186036.2	18.6	#N/A	0.0	813963.8	81.4
PACC_123	03097094-95	Sainte-Martine	Paléozoïque	Plate-forme du Saint-Laurent	Basses-terres du Saint-Laurent	#N/A	11.16	8.84	12.80	17.04	Captif	15495.5	1.5	#N/A	0.0	984504.5	98.5

A1.8 Recharge de l’aquifère rocheux & Vulnérabilité intrinsèque

Puits du RSESQ			Matrice 11 - Recharge de l'aquifère rocheux																								Matrice 12 - Vulnérabilité intrinsèque			
ID PACC	ID Puits	Municipalité	Recharge nette				Recharge potentielle																				Puits	Min	Moy	Max
			Anciens projets (dont PACES)				HydroBilan (UQAM)								HydroGeoSphere (UL)															
							1961-2017				1981-2010				1981-2010				2041-2070				2071-2095							
			Puits	Min	Moy	Max	Puits	Min	Moy	Max	Puits	Min	Moy	Max	Puits	Min	Moy	Max	Puits	Min	Moy	Max	Puits	Min	Moy	Max				
PACC_001	02000004	Sainte-Marie-de-Blandford	0	0	0	0	148	0	112	197	150	0	113	200	144	142	144	144	169	166	168	169	181	179	181	181	54	35	45	77
PACC_002	02000005	Sainte-Marie-de-Blandford	0	0	0	0	148	0	112	197	150	0	113	200	144	142	144	144	169	166	168	169	181	179	181	181	54	35	45	77
PACC_003	02000006	Bécancour	86	6	63	155	99	99	111	129	101	101	114	133	173	173	173	173	194	194	194	194	205	205	205	205	116	101	117	130
PACC_004	02340001	Saint-Agapit	13	11	12	13	127	105	151	229	134	112	161	242	42	30	40	42	47	34	44	47	51	37	48	51	92	87	96	105
PACC_005	02340002	Saint-Martin	121	98	134	149	137	104	134	154	143	110	140	160	150	150	150	150	173	173	173	173	187	187	187	187	125	124	130	136
PACC_006	02340003	Saint-Zacharie	176	0	139	191	131	131	163	177	138	138	171	185	47	47	47	47	57	57	57	57	63	63	63	63	124	114	130	143
PACC_007	02340004	Saint-Théophile	145	12	113	169	101	101	130	150	108	108	138	159	142	142	173	221	171	171	208	263	185	185	224	282	126	112	123	137
PACC_008	02340005	Sainte-Justine	135	10	130	179	151	0	126	165	163	0	136	177	158	129	152	158	185	153	179	185	198	164	191	198	129	111	130	138
PACC_009	02340006	Saint-Honoré-de-Shenley	189	158	187	241	145	120	140	162	152	128	148	170	221	221	223	230	259	259	260	267	279	279	281	288	138	115	137	145
PACC_010	02340007	Saint-Gilles	13	1	12	13	130	109	136	173	142	121	149	189	39	39	44	52	44	44	49	58	48	48	54	62	93	92	93	96
PACC_011	02340008	Saint-Georges	156	105	147	175	185	89	145	202	199	96	156	214	190	190	190	190	227	227	227	227	245	245	245	245	127	110	124	127
PACC_012	02360001	Saint-Édouard-de-Lotbinière	7	1	14	38	185	101	149	185	194	107	158	194	194	194	194	194	223	223	223	223	239	239	239	239	123	106	117	125
PACC_013	02370001	Leclercville	228	0	79	301	161	138	156	161	163	139	157	163	292	292	292	292	333	333	333	333	354	354	354	354	143	61	114	151
PACC_014	02370002	Villeroiy	162	0	51	273	0	0	55	170	0	0	57	178	392	392	392	392	444	444	444	444	469	469	469	469	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_015	02370003	Villeroiy	162	0	51	273	0	0	55	170	0	0	57	178	392	392	392	392	444	444	444	444	469	469	469	469	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_016	02370004	Villeroiy	162	0	51	273	0	0	55	170	0	0	57	178	392	392	392	392	444	444	444	444	469	469	469	469	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_017	02400001	Saint-Jacques-de-Leeds	5	2	121	300	132	108	149	218	147	121	165	241	490	490	541	616	532	532	582	656	558	558	607	682	110	96	117	150
PACC_018	02400002	Sainte-Anne-du-Sault	90	0	82	129	111	0	106	146	113	0	108	148	214	214	215	220	249	249	251	256	266	266	267	273	98	66	99	143
PACC_019	02400003	Manseau	293	14	268	385	0	0	88	357	0	0	88	357	516	516	516	516	572	572	572	572	596	596	596	596	163	111	152	163
PACC_020	02400004	Thetford Mines	177	169	192	224	165	117	153	187	177	127	164	200	669	597	640	669	725	641	691	725	756	667	721	756	138	118	135	141
PACC_021	02407004	Irlande	0	0	73	217	0	0	82	196	0	0	91	216	499	499	499	499	560	560	560	560	588	588	588	588	117	113	125	139
PACC_022	02407005	Irlande	0	0	73	217	0	0	82	196	0	0	91	216	499	499	499	499	560	560	560	560	588	588	588	588	117	113	125	139
PACC_023	02507001	Lévis	322	36	206	467	107	107	151	169	112	112	156	173	161	161	161	161	182	182	182	182	195	195	195	195	76	76	117	147
PACC_024	03000001	Saint-Anicet	29	0	29	100	103	97	100	103	112	106	109	112	238	238	238	238	283	283	283	283	300	300	300	300	64	64	74	84
PACC_025	03000002	Saint-Anicet	29	0	29	100	103	97	100	103	112	106	109	112	238	238	238	238	283	283	283	283	300	300	300	300	64	64	74	84
PACC_026	03000003	Saint-Rémi	108	101	115	153	99	99	99	99	102	102	102	103	127	102	130	171	156	127	159	206	169	138	173	221	99	91	103	111
PACC_027	03000005	Baie-du-Febvre	0	0	0	0	92	78	93	115	94	79	94	117	62	62	77	137	72	72	90	159	79	79	97	170	37	30	39	51
PACC_028	03010001	Asbestos	199	85	179	199	192	121	161	192	196	127	165	196	97	97	97	97	116	116	116	116	126	126	126	126	111	54	114	146
PACC_029	03010002	Drummondville	72	72	89	119	304	0	127	304	313	0	133	313	117	117	117	117	137	137	137	137	148	148	148	148	125	105	127	142
PACC_030	03010003	Saint-Albert	0	0	20	180	154	0	123	203	161	0	129	211	52	52	52	52	62	62	62	62	68	68	68	68	92	58	87	125
PACC_031	03010004	Victoriaville	193	193	230	349	126	126	135	164	133	133	142	172	244	244	245	247	286	286	286	289	304	304	305	308	150	140	152	168
PACC_032	03010005	Saint-Camille	258	190	224	258	144	112	148	211	158	123	162	229	121	96	126	156	144	113	148	184	156	123	161	199	147	126	140	147
PACC_033	03010006	Saint-Rémi-de-Tingwick	218	218	244	312	117	117	150	236	122	122	153	239	88	88	88	88	106	105	106	106	115	114	115	115	149	134	148	159
PACC_034	03010007	Sainte-Monique	0	0	0	0	98	95	146	284	103	100	151	290	115	115	115	115	133	133	133	133	143	143	143	143	51	26	49	60
PACC_035	03020001	Orford	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	147	0	118	147	157	0	126	157	75	75	75	75	90	90	90	90	98	98	98	98	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_036	03020002	Disraeli	0	0	14	225	103	0	114	177	112	0	123	189	172	172	172	172	198	198	198	198	214	214	214	214	101	88	99	138

PACC_037	03020003	Drummondville	132	34	117	140	342	0	282	342	366	0	299	366	100	100	100	100	117	117	117	117	126	126	126	126	148	125	143	153
PACC_038	03020004	Weedon	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	112	0	144	224	120	0	152	234	139	124	136	139	162	144	159	162	176	156	172	176	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_039	03020005	Stornoway	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	207	128	192	207	213	134	198	213	181	181	181	181	211	211	211	211	227	227	227	227	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_040	03020006	Nantes	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	181	0	99	203	190	0	104	213	222	222	222	222	263	263	263	263	281	281	281	281	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_041	03020007	Notre-Dame-des-Bois	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	191	168	195	288	213	187	217	317	229	182	210	229	274	218	251	274	292	234	269	292	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_042	03020008	Coaticook	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	147	0	136	147	157	0	146	157	182	182	182	182	218	218	218	218	232	232	232	232	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_043	03020009	Compton	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	119	108	126	141	132	120	139	156	89	89	98	112	106	106	117	133	114	114	126	143	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_044	03020010	Stanstead	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	123	0	101	143	132	0	108	152	103	103	103	103	124	124	124	124	134	134	134	134	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_045	03020011	Magog	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	113	113	155	173	121	121	165	183	91	85	88	91	109	101	106	109	118	109	115	118	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_046	03020012	Sherbrooke	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	150	141	151	158	157	149	159	167	53	53	54	58	65	65	66	71	71	71	72	77	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_047	03020013	Val-Joli	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	112	0	105	164	120	0	112	174	122	122	122	122	145	145	145	145	156	156	156	156	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_048	03027021	Ulverton	303	242	286	346	218	110	147	218	230	118	157	230	99	99	99	99	118	118	118	118	128	128	128	128	146	132	152	166
PACC_049	03027032	Dudswell	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	111	102	139	173	122	112	153	190	73	73	73	73	85	85	85	85	92	92	92	92	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_050	03027061	Saint-Isidore-de-Clifton	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	119	119	127	235	131	131	139	256	131	131	131	131	153	153	153	153	164	164	164	164	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_051	03027062	Saint-Isidore-de-Clifton	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	119	119	127	235	131	131	139	256	131	131	131	131	153	153	153	153	164	164	164	164	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_052	03027091	Cookshire-Eaton	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	155	0	158	225	157	0	159	223	125	125	125	125	145	145	145	145	156	156	156	156	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_053	03030001	Sainte-Victoire-de-Sorel	0	0	5	12	97	83	104	128	103	89	110	134	269	269	269	269	313	313	313	313	328	328	329	330	76	73	85	94
PACC_054	03030002	Saint-Marcel-sur-Richelieu	10	5	10	11	106	106	112	138	113	113	119	145	114	114	114	114	135	135	135	135	146	146	146	146	93	83	93	103
PACC_055	03030003	Saint-Hugues	6	4	6	10	126	126	126	126	130	130	130	130	65	65	70	92	77	77	84	110	85	85	92	119	87	85	89	101
PACC_056	03030004	Saint-Simon	171	23	126	221	293	149	184	293	296	152	187	296	233	233	233	233	274	274	274	274	291	291	291	291	162	100	141	167
PACC_057	03030005	Saint-Théodore-d'Acton	99	25	104	259	109	98	113	142	113	102	117	146	23	23	23	23	29	29	29	29	32	32	32	32	154	121	142	154
PACC_058	03030006	Saint-Damase	11	7	9	13	111	111	111	111	116	116	116	116	248	248	248	248	296	296	296	296	313	313	313	313	92	86	91	95
PACC_059	03030007	Saint-Valérien-de-Milton	185	0	56	236	116	100	115	126	119	103	119	129	217	217	217	217	259	259	259	259	277	277	277	277	143	113	129	153
PACC_060	03030008	Rougemont	0	0	67	250	162	162	206	324	169	169	213	332	38	38	71	119	49	49	87	145	55	55	96	158	112	65	109	145
PACC_061	03030010	Valcourt	176	0	110	233	110	102	115	146	122	112	127	162	131	125	130	131	156	150	155	156	168	162	167	168	123	113	126	149
PACC_062	03030011	Brome	31	0	31	160	0	0	101	193	0	0	105	202	446	446	446	446	552	552	552	552	580	580	580	580	134	120	127	134
PACC_063	03030012	Saint-Guillaume	10	3	6	11	92	92	104	107	96	96	108	111	92	92	92	92	108	108	108	108	117	117	117	117	108	85	105	125
PACC_064	03030013	Saint-Guillaume	10	3	6	11	92	92	104	107	96	96	108	111	92	92	92	92	108	108	108	108	117	117	117	117	108	85	105	125
PACC_065	03030014	Cowansville	1	0	3	26	226	134	167	226	233	139	173	233	400	400	409	445	491	491	502	546	517	517	528	574	115	115	125	136
PACC_066	03030015	Cowansville	1	0	3	26	226	134	167	226	233	139	173	233	400	400	409	445	491	491	502	546	517	517	528	574	115	115	125	136
PACC_067	03030016	Bromont	0	0	90	216	107	0	125	275	110	0	129	283	446	446	446	446	549	549	549	549	580	580	580	580	133	133	143	162
PACC_068	03030017	Bromont	0	0	90	216	107	0	125	275	110	0	129	283	446	446	446	446	549	549	549	549	580	580	580	580	133	133	143	162
PACC_069	03030018	Saint-Hyacinthe	7	5	8	12	123	123	123	123	127	127	127	127	330	330	330	330	387	387	387	387	406	406	406	406	89	84	86	89
PACC_070	03037031	Saint-Alphonse-de-Granby	29	23	80	363	190	151	182	374	194	155	186	385	471	450	463	476	595	556	581	602	631	586	615	638	133	124	140	167
PACC_071	03037041	Saint-Paul-d'Abbotsford	7	0	24	34	122	116	132	198	124	119	134	203	344	344	348	366	414	414	420	445	436	436	443	470	104	103	124	133
PACC_072	03037071	Sainte-Christine	104	9	103	345	124	124	127	163	134	134	138	177	81	51	69	81	97	62	83	97	105	68	90	105	164	111	151	173
PACC_073	03040001	Saint-Ours	9	5	8	10	135	103	111	135	143	110	118	143	280	236	263	280	327	277	307	327	344	294	324	344	83	79	84	87
PACC_074	03040002	Calixa-Lavallée	29	2	13	33	85	82	96	113	89	87	101	118	301	301	301	301	353	353	353	353	369	369	369	369	125	101	117	127
PACC_075	03040005	Saint-Amable	9	6	9	13	90	84	96	105	94	88	100	108	123	123	123	123	147	147	147	147	160	160	160	160	89	79	90	101
PACC_076	03040006	Saint-Mathias-sur-Richelieu	27	7	24	43	111	111	111	111	117	117	117	117	98	98	120	154	120	120	147	188	131	131	160	203	120	104	112	120
PACC_077	03040007	Rougemont	197	7	81	242	111	96	113	144	118	102	120	153	38	38	38	38	49	49	49	49	55	55	55	55	170	141	155	178
PACC_078	03040008	Rougemont	197	7	81	242	111	96	113	144	118	102	120	153	38	38	38	38	49	49	49	49	55	55	55	55	170	141	155	178
PACC_079	03040009	Saint-Jean-sur-Richelieu	8	7	9	11	102	89	101	102	110	95	108	110	34	34	35	40	44	44	46	52	50	50	52	59	87	82	87	98
PACC_080	03040010	Saint-Jean-sur-Richelieu	11	0	6	12	151	0	105	290	156	0	108	299	58	58	58	58	72	72	72	72	80	80	80	80	102	83	100	115

PACC_081	03040011	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	171	6	154	243	126	105	124	126	129	108	127	129	63	63	63	63	79	79	79	79	87	87	87	87	146	84	127	151
PACC_082	03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	201	82	223	293	126	126	136	162	129	129	139	166	262	262	262	262	319	319	319	319	339	339	339	339	132	132	158	174
PACC_083	03040013	Frelighsburg	100	0	56	208	147	0	126	171	149	0	128	172	303	303	303	303	370	370	370	370	390	390	390	390	97	95	114	153
PACC_084	03040014	Potton	0	0	21	41	113	113	127	144	122	122	137	154	241	241	241	241	289	289	289	289	307	307	307	307	112	98	109	118
PACC_085	03040015	Eastman	287	0	185	329	169	0	151	227	179	0	159	239	192	192	201	236	229	229	240	282	246	246	257	301	128	123	136	154
PACC_086	03040016	Saint-Ignace-de-Stanbridge	201	82	223	293	126	126	136	162	129	129	139	166	262	262	262	262	319	319	319	319	339	339	339	339	132	132	158	174
PACC_087	03040017	Sutton	32	0	45	334	174	0	137	238	181	0	142	245	376	376	376	376	457	457	457	457	479	479	479	479	124	92	111	132
PACC_088	03040018	Sutton	12	0	48	334	174	0	137	238	181	0	142	245	376	376	376	376	457	457	457	457	479	479	479	479	124	92	111	132
PACC_089	03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	202	7	86	238	111	111	116	144	118	118	124	153	38	38	38	38	49	49	49	49	55	55	55	55	167	129	145	167
PACC_090	03070001	Saint-Patrice-de-Sherrington	106	30	93	116	94	94	98	116	97	97	101	119	121	121	121	121	147	147	147	147	160	160	160	160	107	104	111	118
PACC_091	03070002	Saint-Patrice-de-Sherrington	106	30	93	116	94	94	98	116	97	97	101	119	121	121	121	121	147	147	147	147	160	160	160	160	107	104	111	118
PACC_092	03090001	Mercier	0	0	112	283	131	85	135	277	135	89	140	283	58	58	67	102	73	73	83	127	81	81	92	138	153	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_093	03090002	Mercier	17	16	18	29	99	99	99	99	104	104	104	104	58	58	59	62	73	73	73	77	81	81	81	85	73	73	79	93
PACC_094	03090003	Très-Saint-Sacrement	17	16	17	18	116	116	116	116	121	121	121	121	183	183	209	247	222	222	253	299	238	238	270	317	50	50	54	55
PACC_095	03090004	Ormstown	144	103	187	322	96	0	61	110	101	0	64	116	236	236	268	317	284	284	323	380	302	302	341	399	139	93	135	161
PACC_096	03090005	Franklin	0	0	9	32	102	101	101	102	107	107	107	108	221	221	221	221	263	263	263	263	280	280	280	280	57	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_097	03090006	Franklin	0	0	9	32	102	101	101	102	107	107	107	108	221	221	221	221	263	263	263	263	280	280	280	280	57	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_098	03090007	Havelock	298	137	244	331	197	98	172	197	206	104	180	206	194	194	225	271	234	234	269	321	249	249	285	339	172	133	166	178
PACC_099	03090008	Havelock	213	134	206	297	164	#N/A	#N/A	#N/A	171	#N/A	#N/A	#N/A	271	271	271	271	321	321	321	321	339	339	339	339	125	113	125	149
PACC_100	03090009	Godmanchester	103	95	147	290	170	120	162	170	182	129	173	182	129	129	129	129	156	156	156	156	167	167	167	167	81	73	98	132
PACC_101	03090010	Godmanchester	12	10	69	219	150	104	168	284	162	114	180	301	174	174	199	300	208	208	237	355	222	222	252	373	54	53	107	154
PACC_102	03090011	Godmanchester	12	10	69	219	150	104	168	284	162	114	180	301	174	174	199	300	208	208	237	355	222	222	252	373	54	53	107	154
PACC_103	03090012	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	28	27	29	29	0	0	56	94	0	0	59	99	182	182	182	182	223	223	223	223	239	239	239	239	74	64	78	99
PACC_104	03090013	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	28	27	29	29	0	0	56	94	0	0	59	99	182	182	182	182	223	223	223	223	239	239	239	239	74	64	78	99
PACC_105	03090014	Saint-Michel	102	29	61	143	166	94	111	166	169	97	114	169	117	117	117	117	143	143	143	143	156	156	156	156	97	79	92	104
PACC_106	03090015	Saint-Michel	102	29	61	143	166	94	111	166	169	97	114	169	117	117	117	117	143	143	143	143	156	156	156	156	97	79	92	104
PACC_107	03090018	Elgin	43	16	105	271	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	254	191	229	254	302	229	273	302	319	243	289	319	95	95	122	181
PACC_108	03090019	Elgin	43	16	105	271	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	254	191	229	254	302	229	273	302	319	243	289	319	95	95	122	181
PACC_109	03090020	Franklin	161	92	156	338	114	88	118	143	120	94	125	150	318	318	318	318	375	375	375	375	394	394	394	394	93	68	93	148
PACC_110	03090021	Mercier	16	0	58	241	99	99	124	277	102	102	128	283	58	58	58	58	73	73	73	73	81	81	81	81	95	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_111	03097062	Sainte-Martine	0	0	6	17	99	99	100	116	104	104	105	121	42	42	50	62	52	52	62	78	59	59	70	86	87	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_112	03097082	Sainte-Martine	16	0	16	17	99	86	99	99	104	91	104	104	42	42	42	42	52	52	52	52	59	59	59	59	70	55	66	88
PACC_113	03097094	Sainte-Martine	0	0	4	17	86	86	92	99	91	91	97	104	42	42	42	42	52	52	52	52	59	59	59	59	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_114	03097102	Saint-Rémi	103	98	109	127	99	85	97	99	103	89	100	103	160	160	160	160	193	193	193	193	208	208	208	208	110	103	111	114
PACC_115	03097131	Saint-Isidore	28	13	21	30	93	93	106	116	97	97	110	120	127	62	114	127	156	78	140	156	169	86	153	169	63	58	61	64
PACC_116	03097182	Saint-Urbain-Premier	16	16	16	16	101	101	106	117	106	106	112	123	106	62	88	106	130	78	109	130	141	86	119	141	63	58	63	63
PACC_117	03097191	Sainte-Martine	16	16	16	16	101	101	105	117	106	106	110	123	70	70	70	70	86	86	86	86	94	94	94	94	60	55	60	70
PACC_118	03097201	Mercier	0	0	54	258	99	85	98	99	102	89	102	104	62	62	62	62	78	78	78	78	86	86	86	86	184	#N/A	#N/A	#N/A
PACC_119	02407004-5	Irlande	0	0	73	217	0	0	82	196	0	0	91	216	499	499	499	499	560	560	560	560	588	588	588	588	117	113	125	139
PACC_120	02G47001	Saint-Antoine-de-Tilly	284	6	238	308	197	119	223	407	207	125	235	417	155	155	155	155	178	178	178	178	192	192	192	192	152	104	147	164
PACC_121	03090020-Ancien	Franklin	161	92	156	338	114	88	118	143	120	94	125	150	318	318	318	318	375	375	375	375	394	394	394	394	93	68	93	148
PACC_122	03097082-83	Sainte-Martine	16	0	16	17	99	86	99	99	104	91	104	104	42	42	42	42	52	52	52	52	59	59	59	59	70	55	66	88
PACC_123	03097094-95	Sainte-Martine	0	0	4	17	86	86	92	99	91	91	97	104	42	42	42	42	52	52	52	52	59	59	59	59	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

A2 Portrait du Réseau

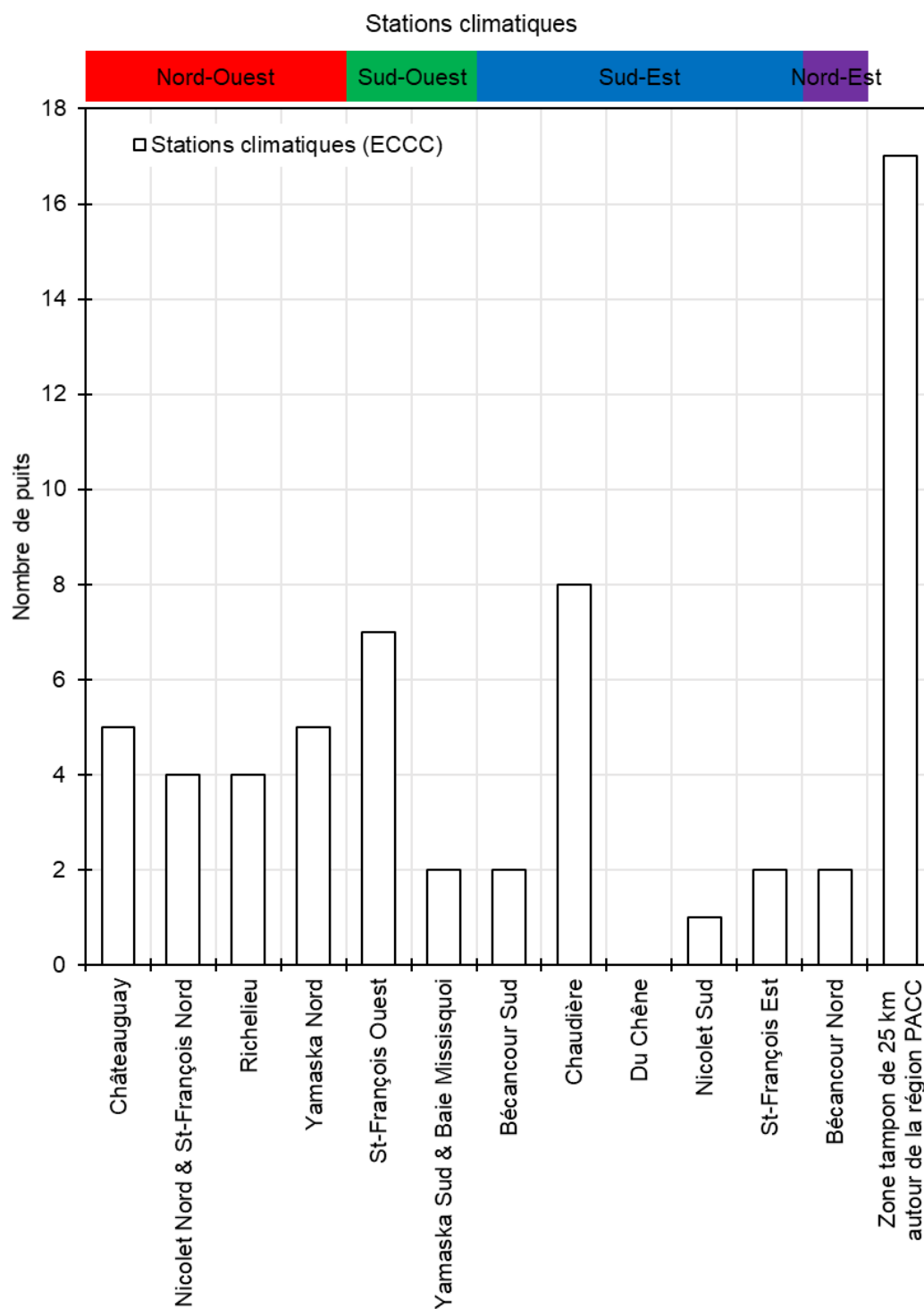


Figure A2.1 – Nombre de stations climatiques (ECCC) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province (ainsi que dans une zone tampon de 25 km autour de la région d'étude).

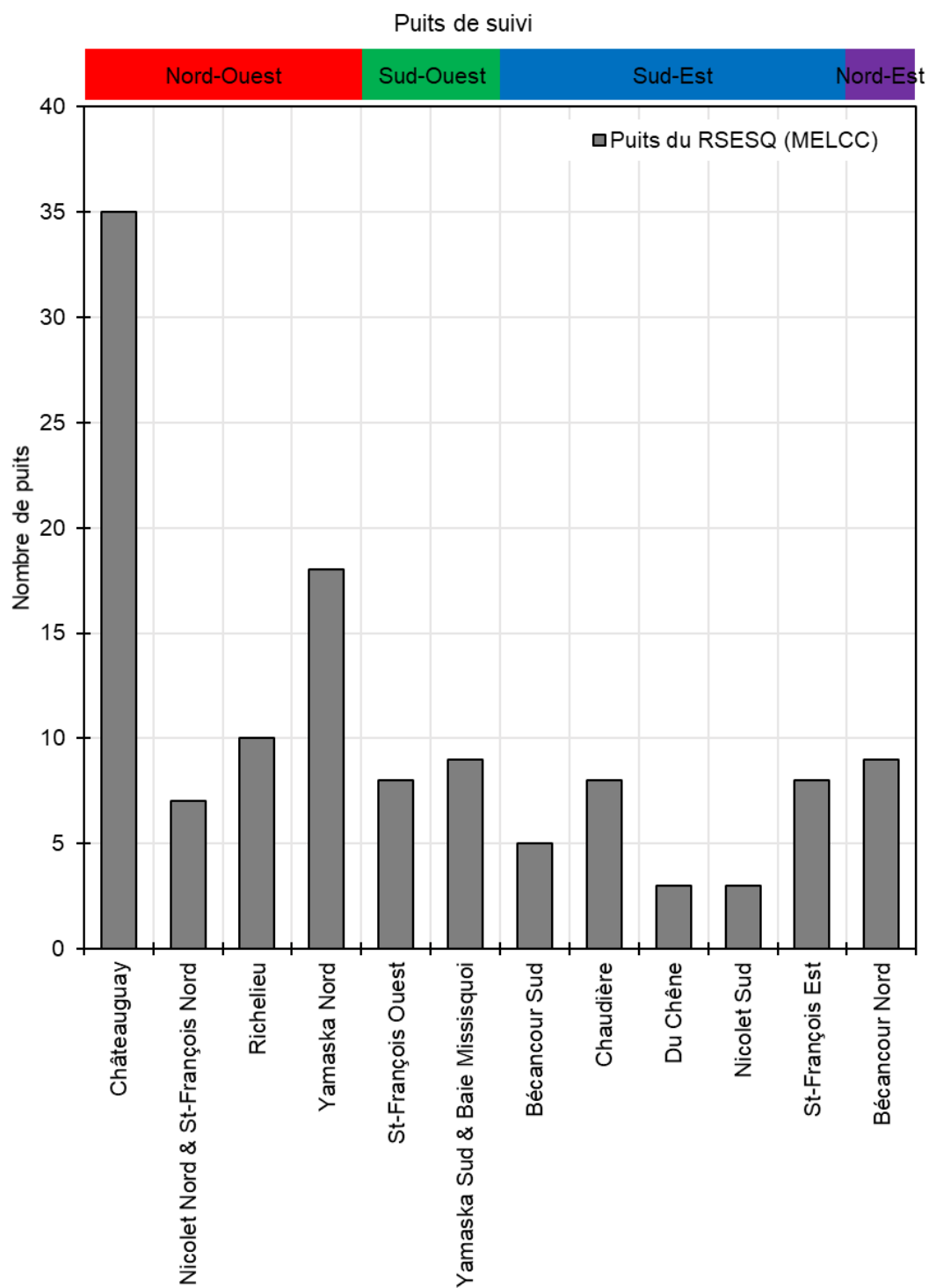


Figure A2.2 – Nombre de puits de suivi (RSESQ) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

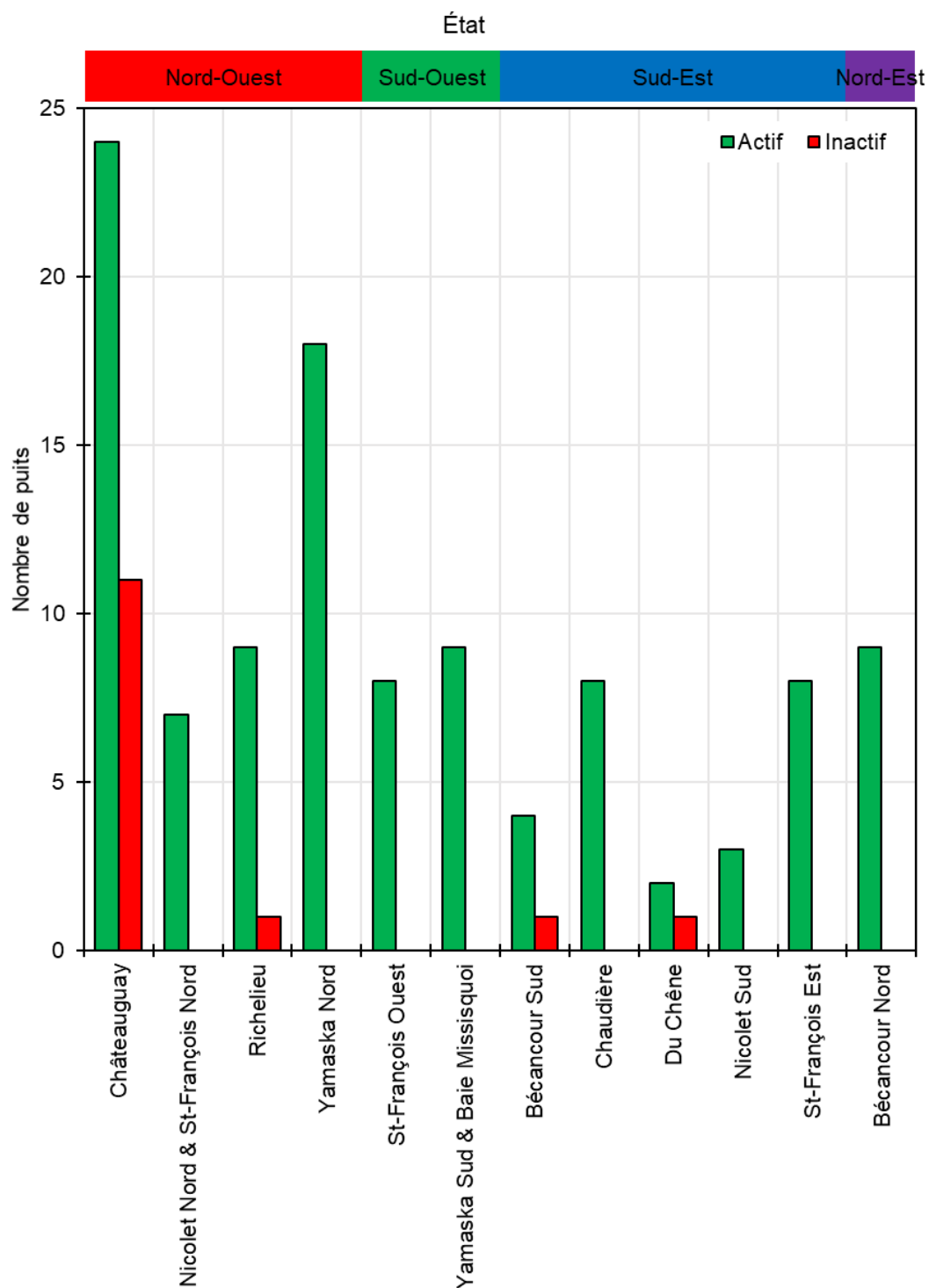


Figure A2.3 – État des puits du RSESQ selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

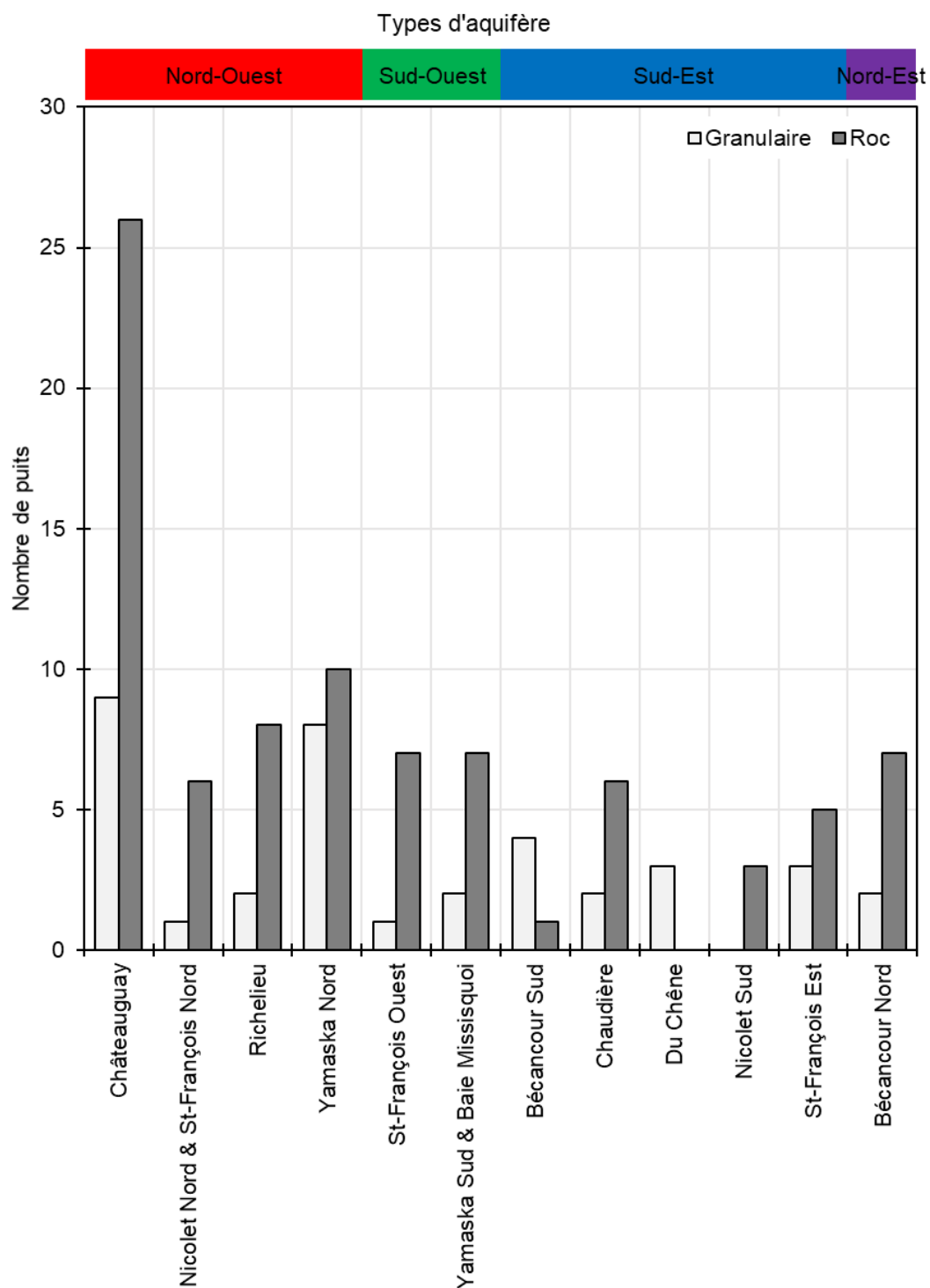


Figure A2.4 – Types d'aquifère des puits du RSESO selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

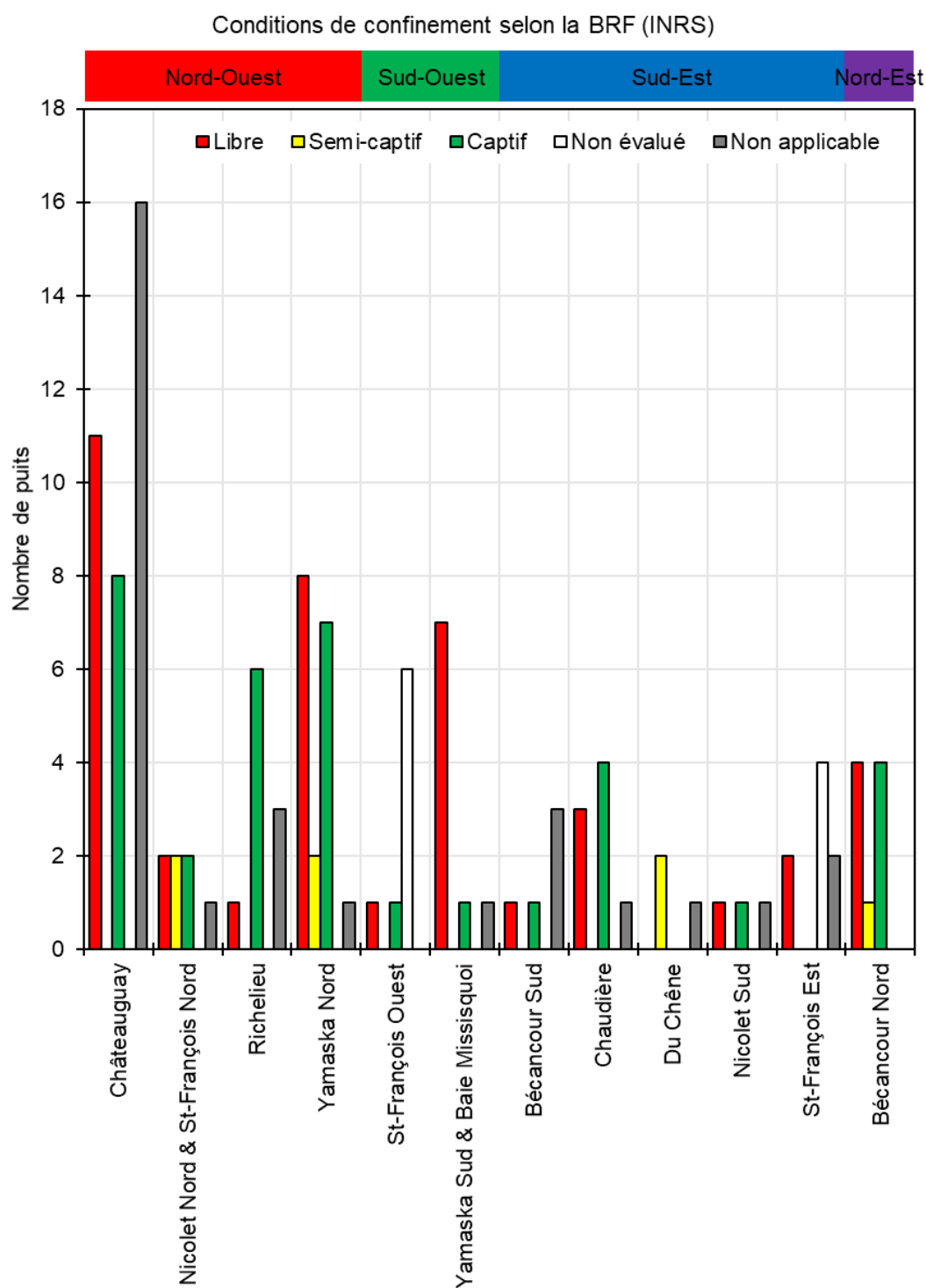


Figure A2.5 – Conditions de confinement selon la BRF (INRS) des puits du RSESQ selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

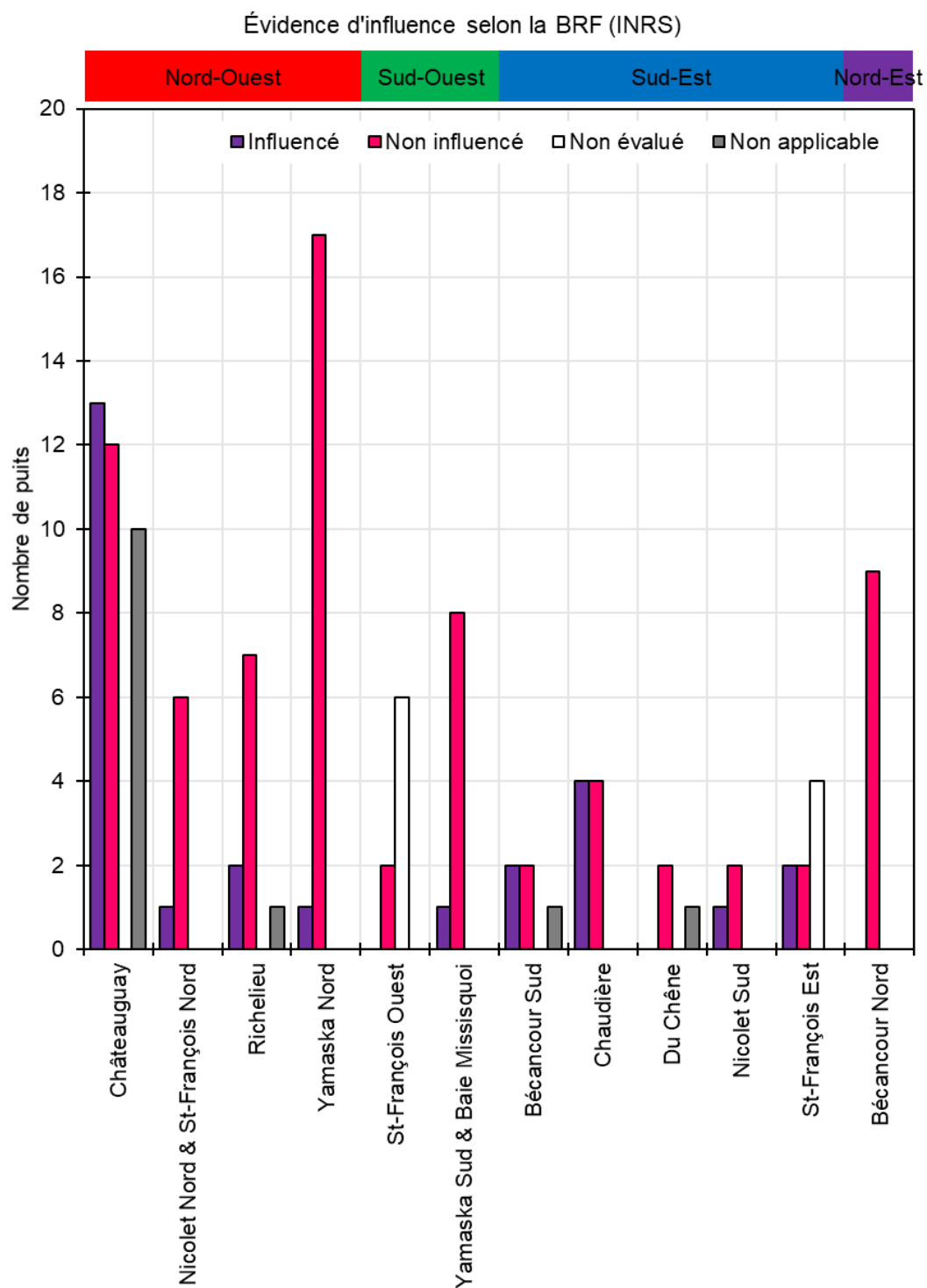


Figure A2.6 – Évidence d'influence selon la BRF (INRS) des puits du RSESQ selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

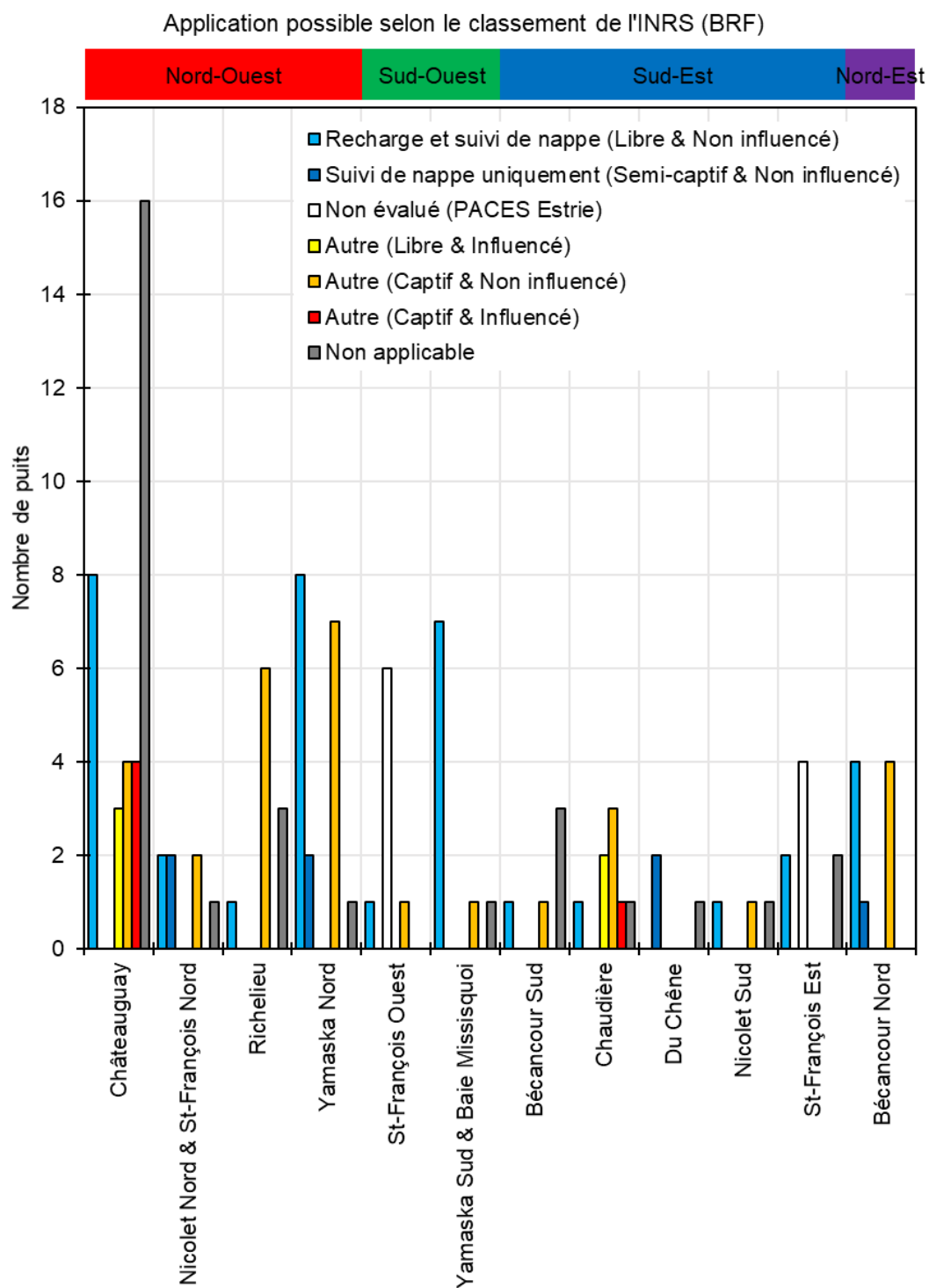


Figure A2.7 – Application possible selon le classement de l'INRS (BRF) des puits du RSESQ selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

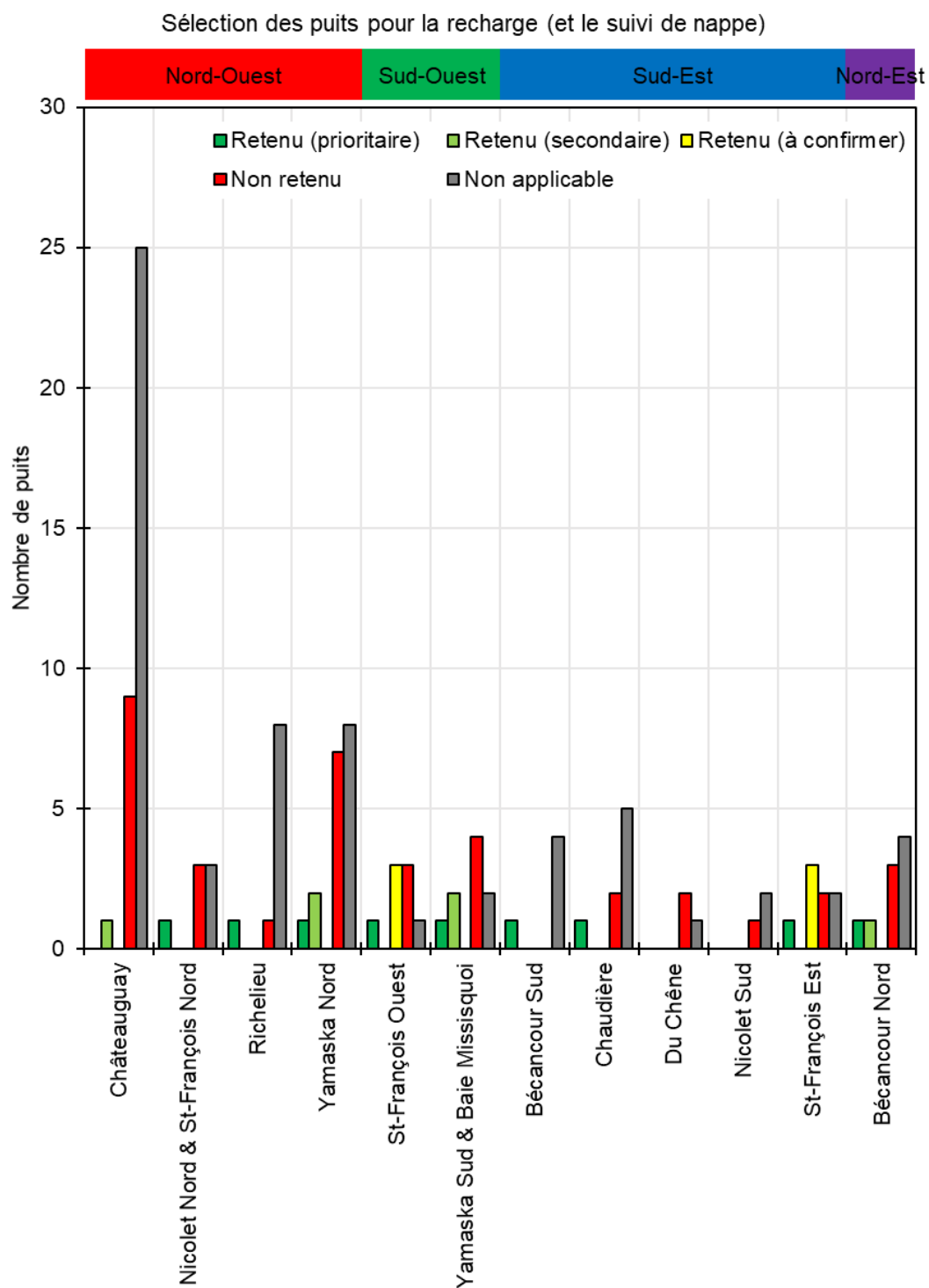


Figure A2.8 – Sélection des puits du RSESQ pour la recharge (et le suivi de nappe) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

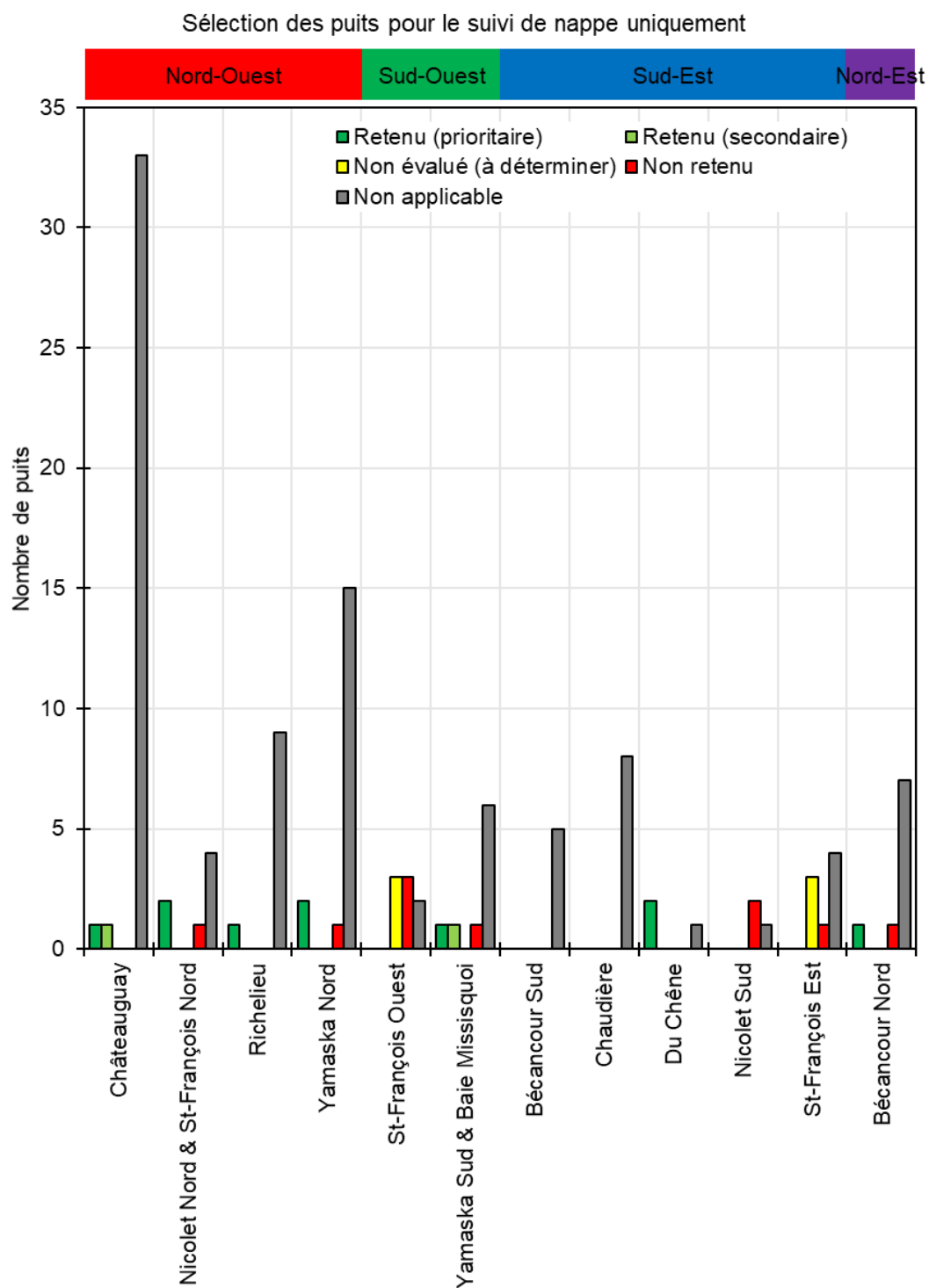


Figure A2.9 – Sélection des puits du RSESQ pour le suivi de nappe uniquement selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

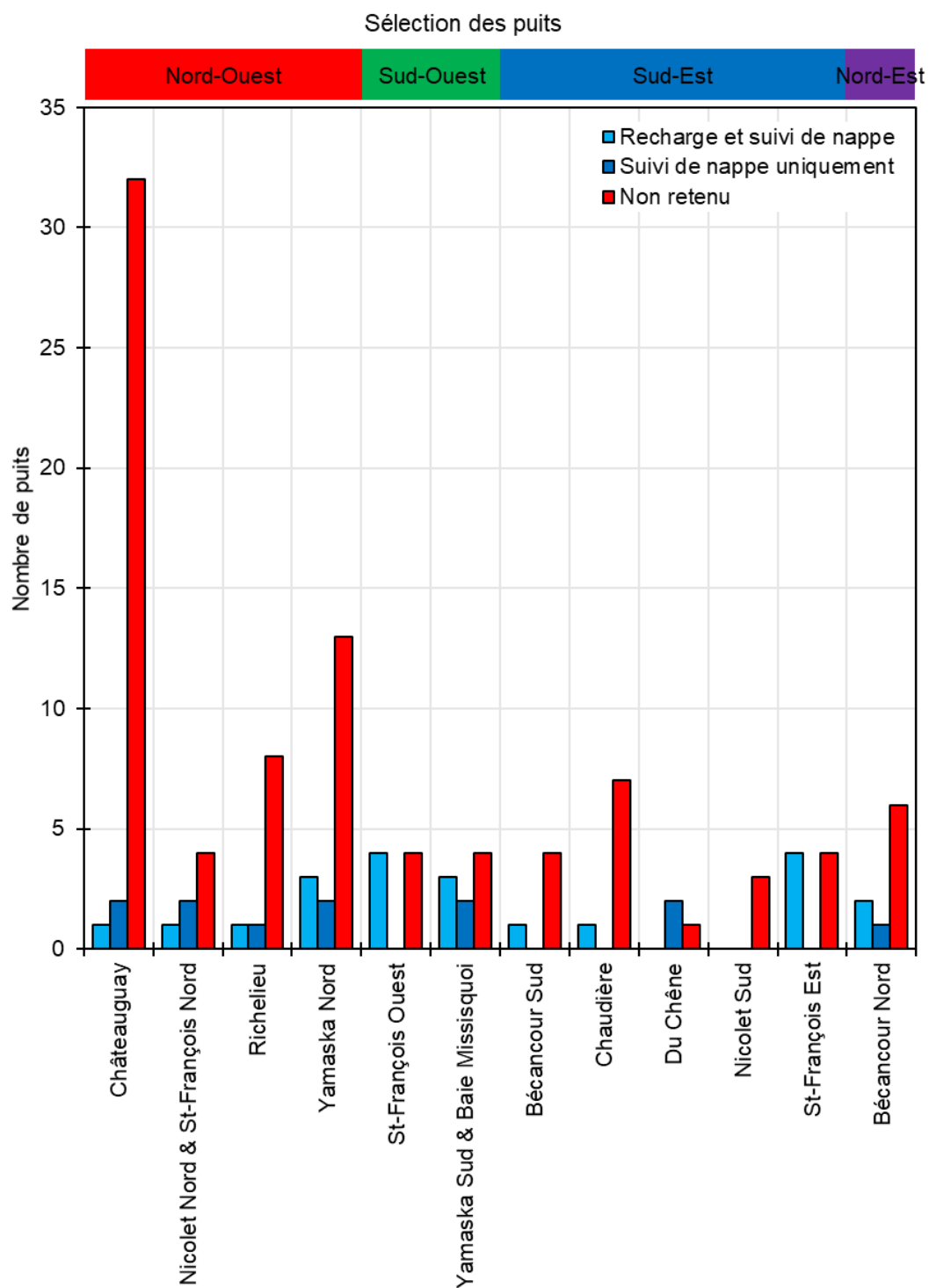


Figure A2.10 – Sélection des puits du RSESQ selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

A3 Cartes

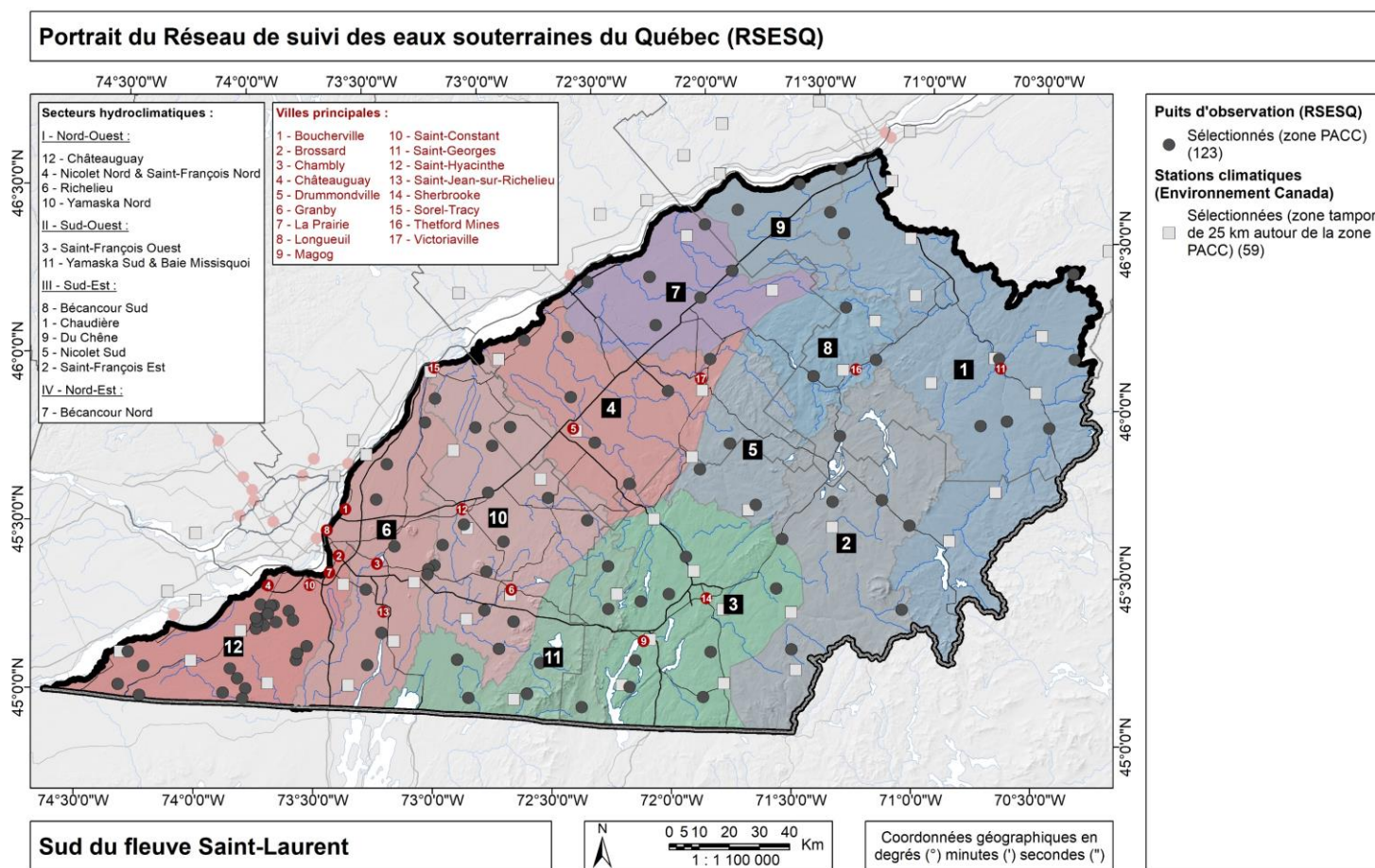


Figure A3.1 – Distribution des stations climatiques (ECCC) et piézométriques du RSESQ (MELCC) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

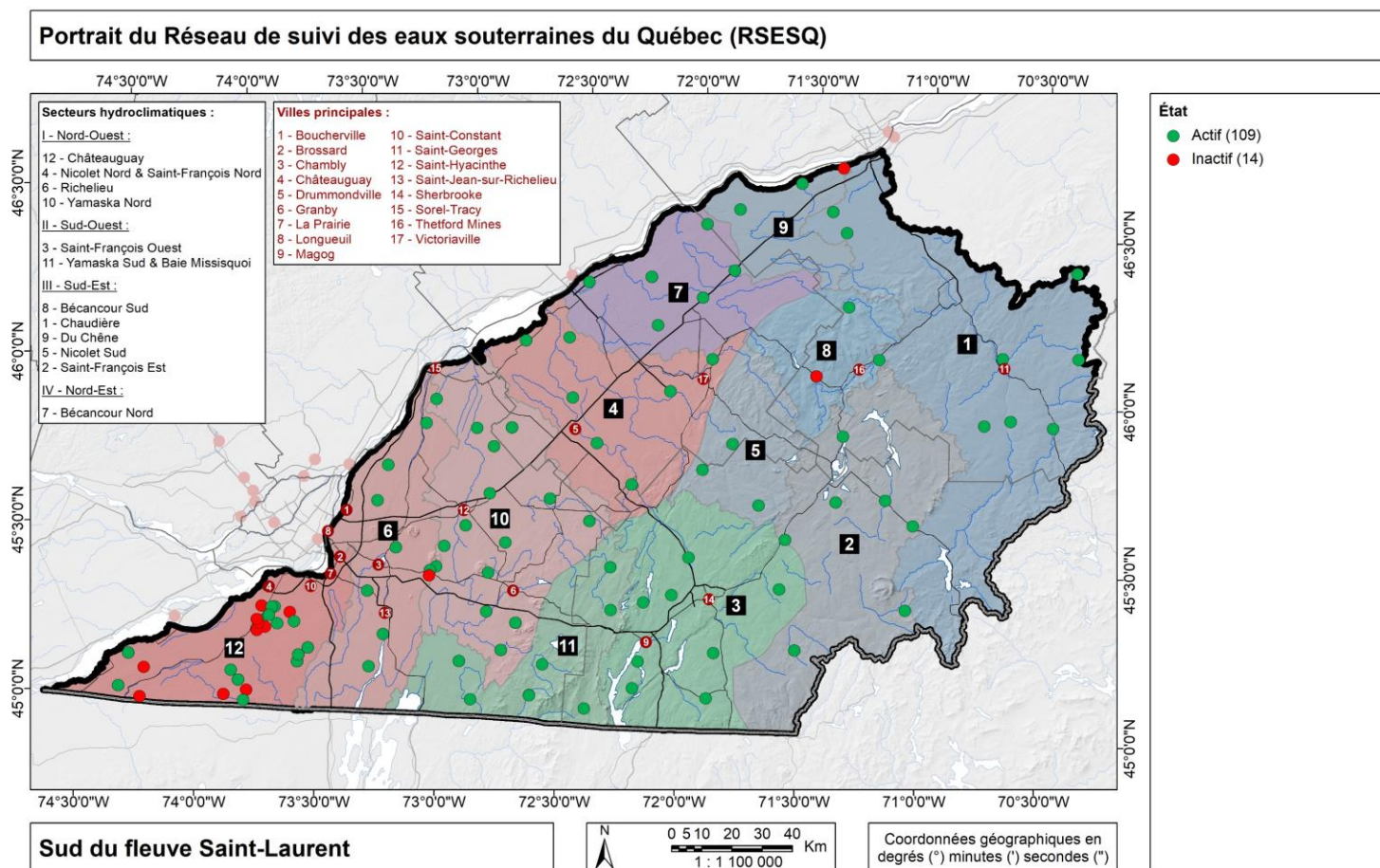


Figure A3.2 – État des puits du RSESQ (MELCC) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

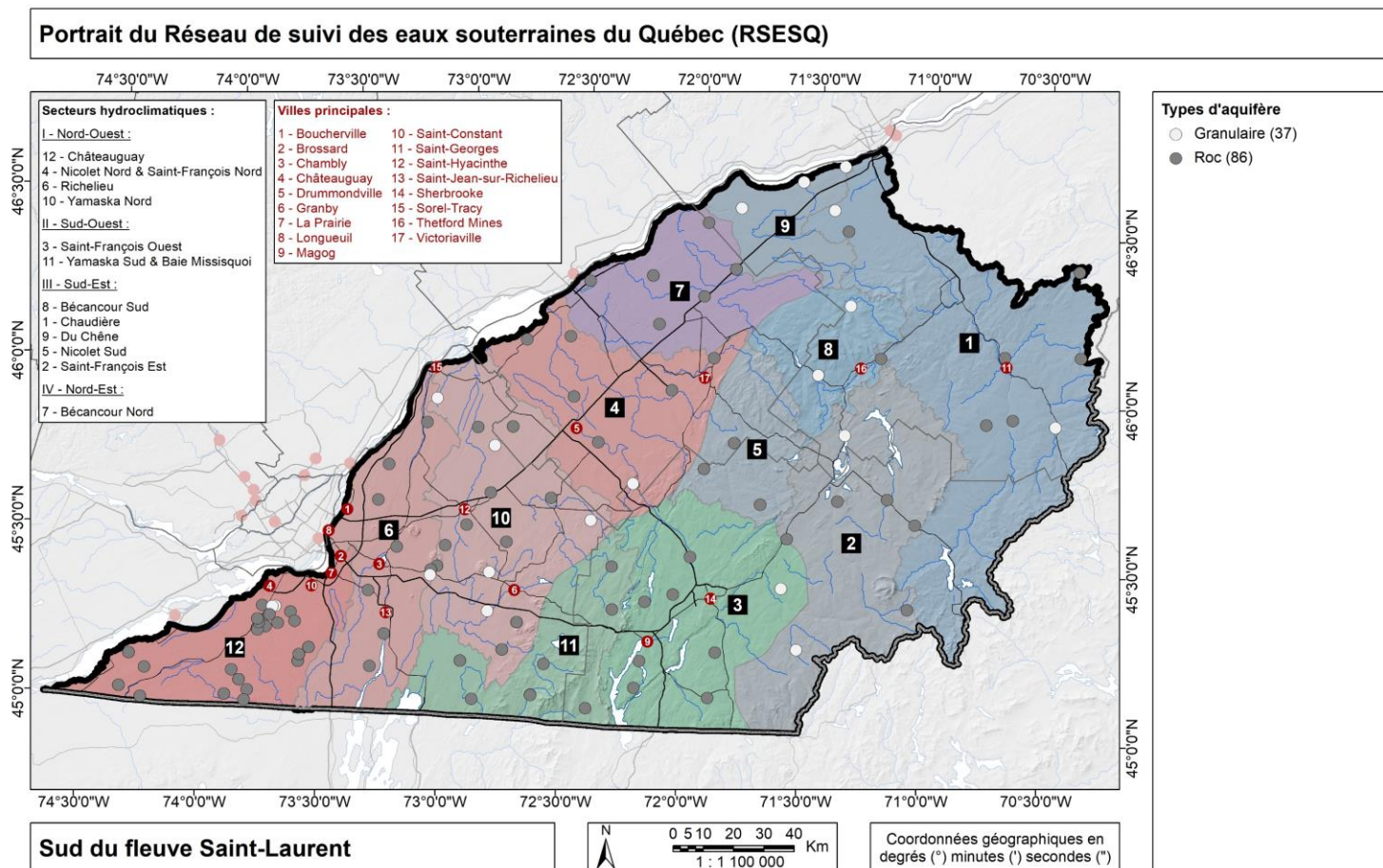


Figure A3.3 – Types d'aquifère des puits du RSESQ (MELCC) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

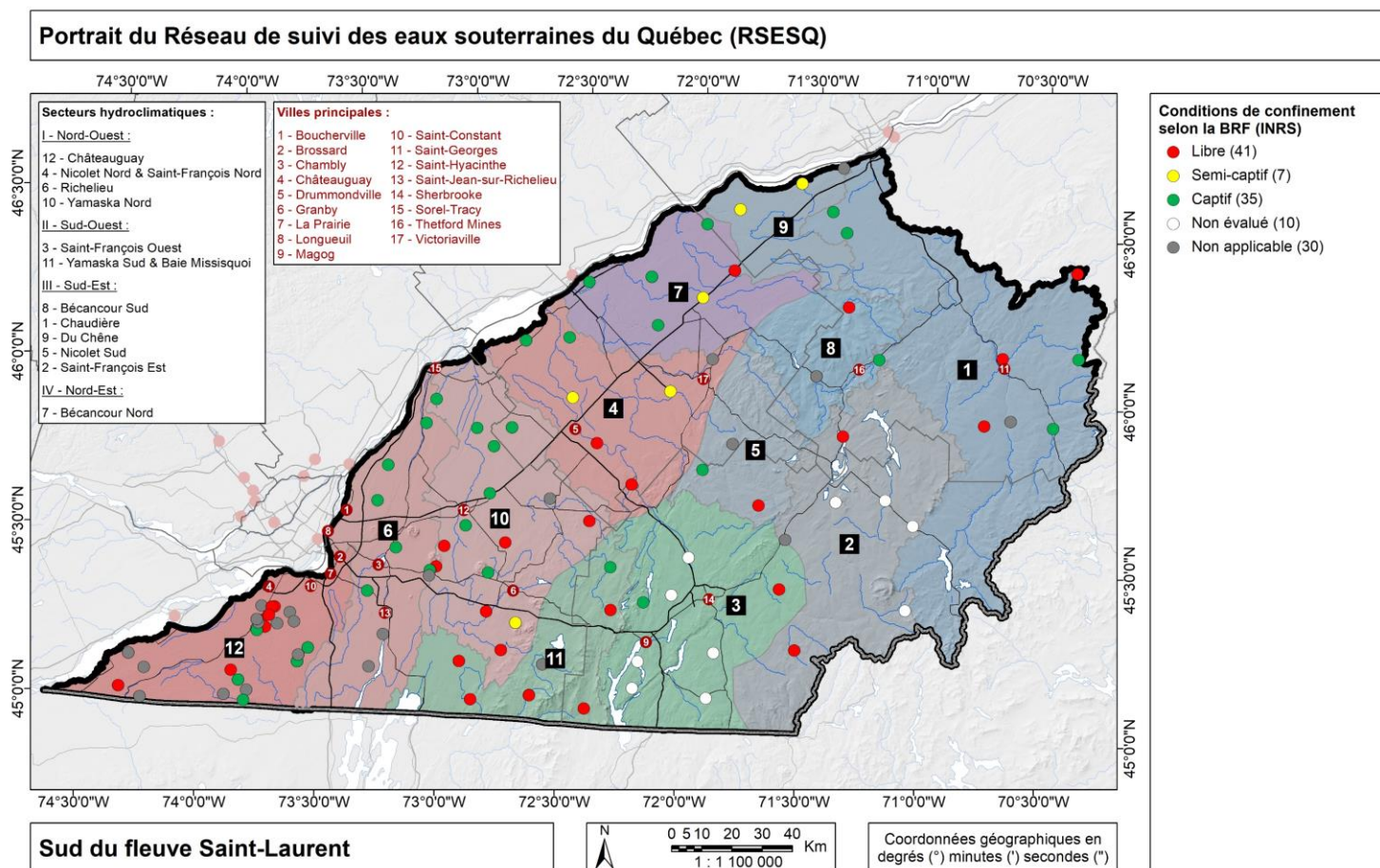


Figure A3.4 – Conditions de confinement selon la BRP (INRS) des puits du RSESQ (MELCC) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

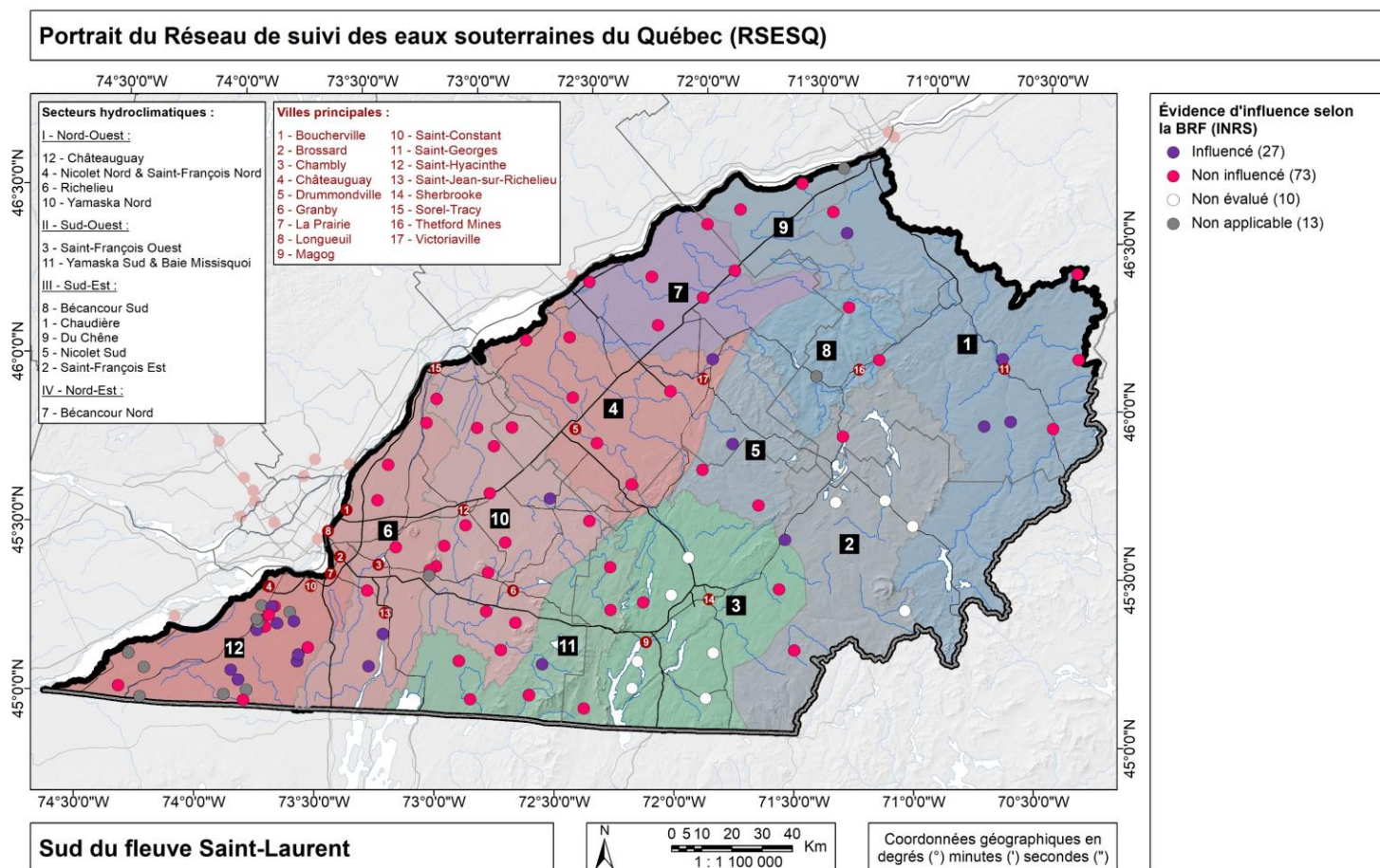


Figure A3.5 – Évidence d'influence selon la BRP (INRS) des puits du RSESQ (MELCC) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province

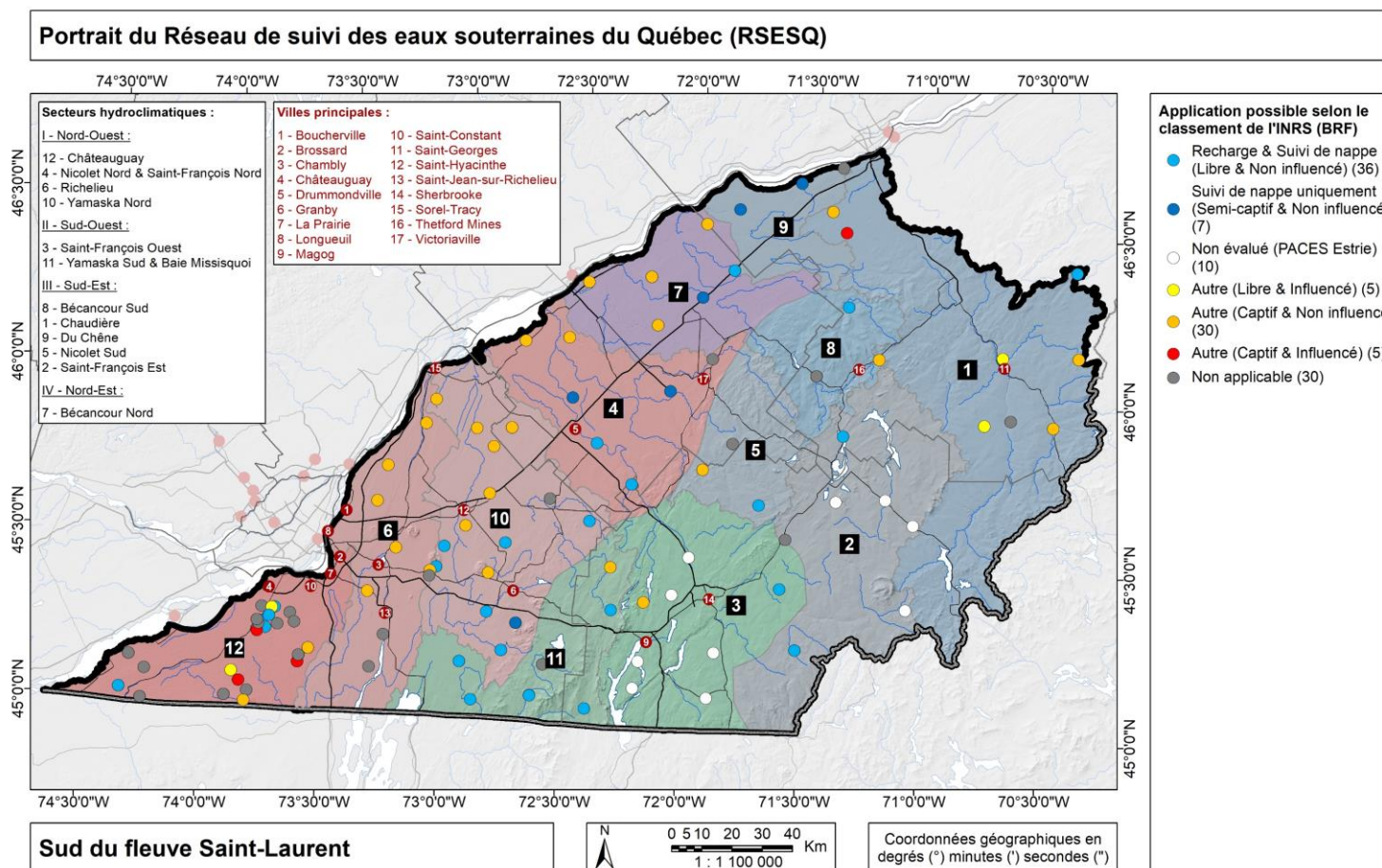


Figure A3.6 – Application possible selon le classement de l'INRS (BRF) des puits du RSESQ (MELCC) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

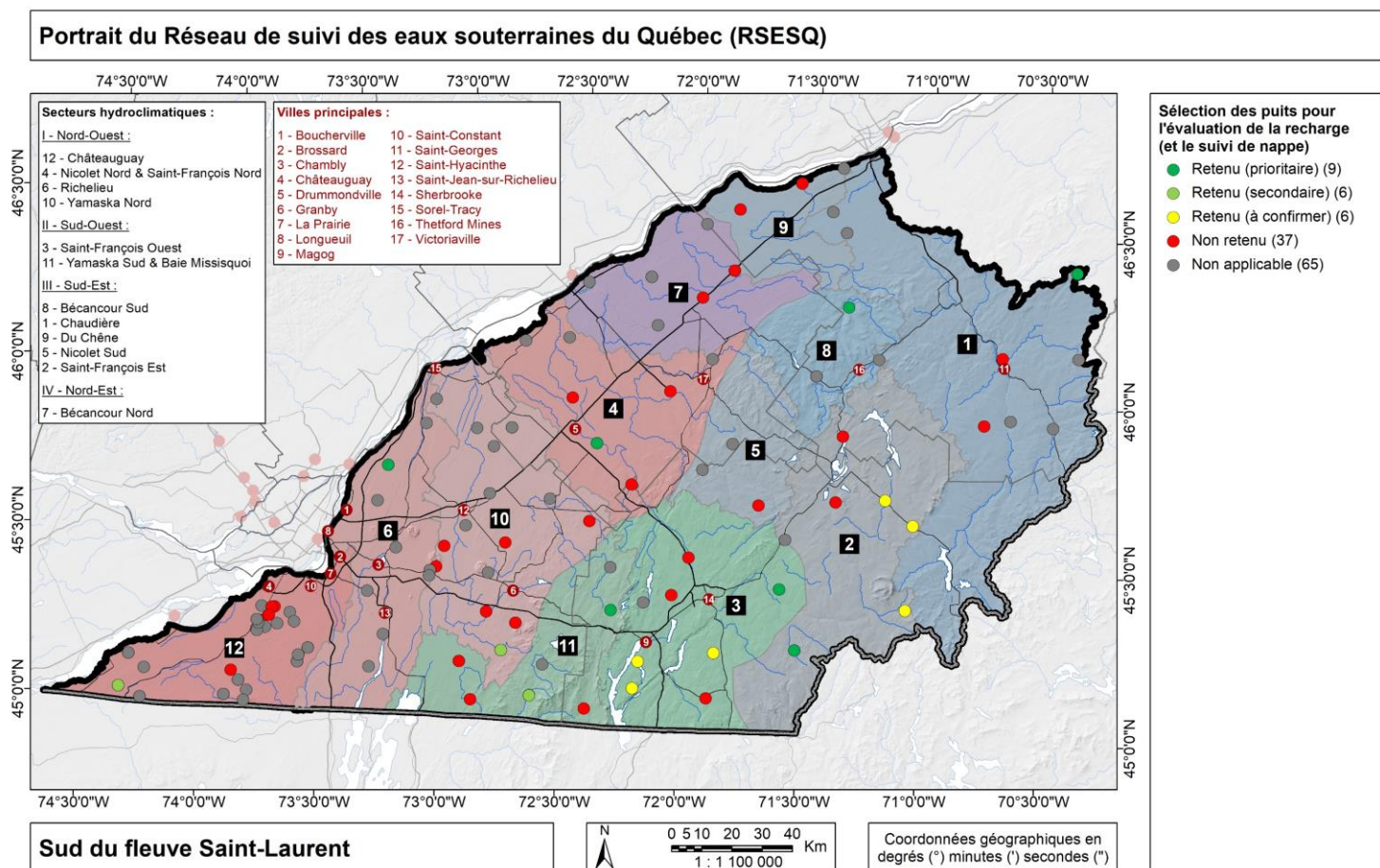


Figure A3.7 – Sélection des puits du RSESQ (MELCC) pour l'évaluation de la recharge (et le suivi de nappe) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

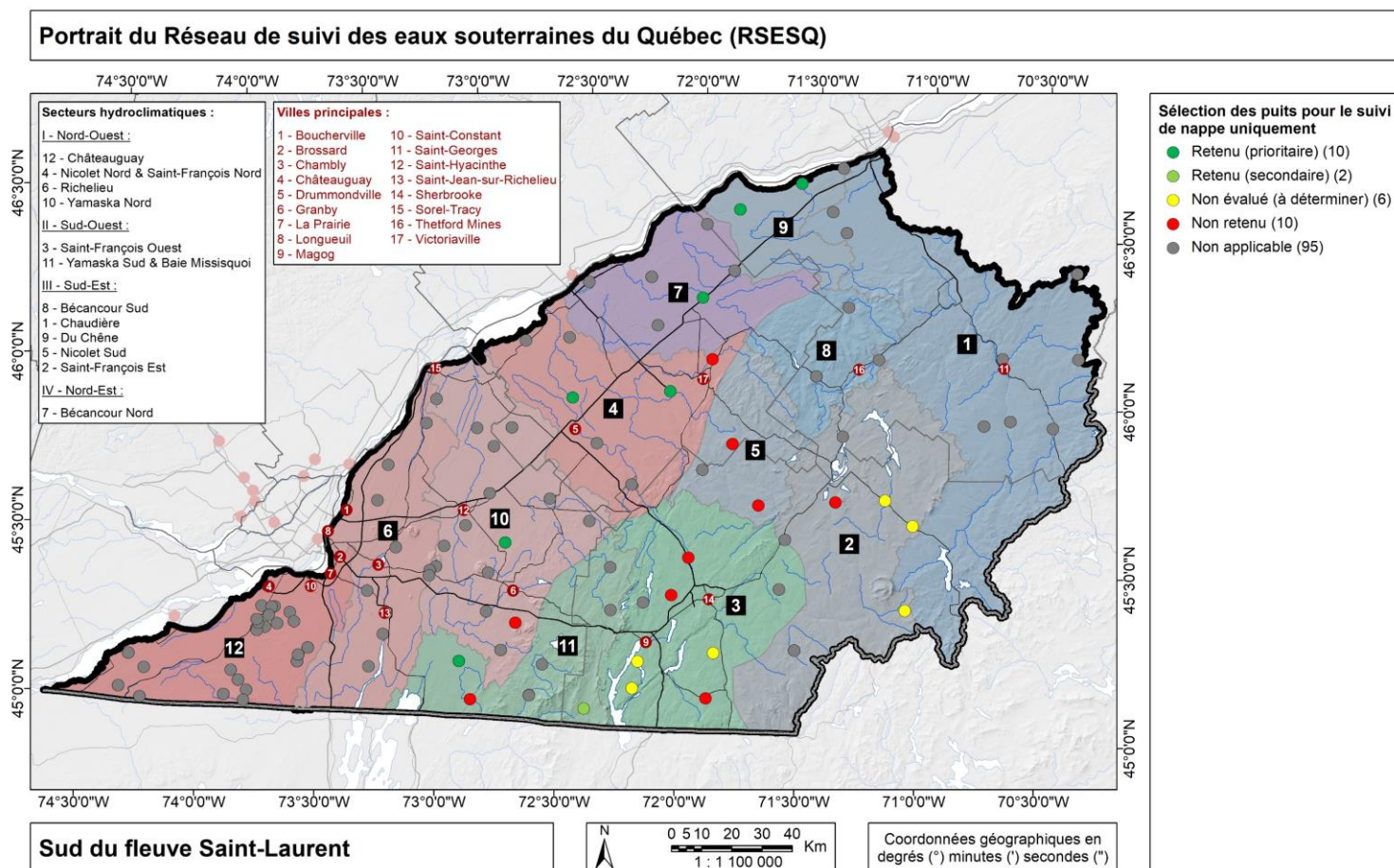


Figure A3.8 – Sélection des puits du RSESQ (MELCC) pour le suivi de nappe uniquement selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

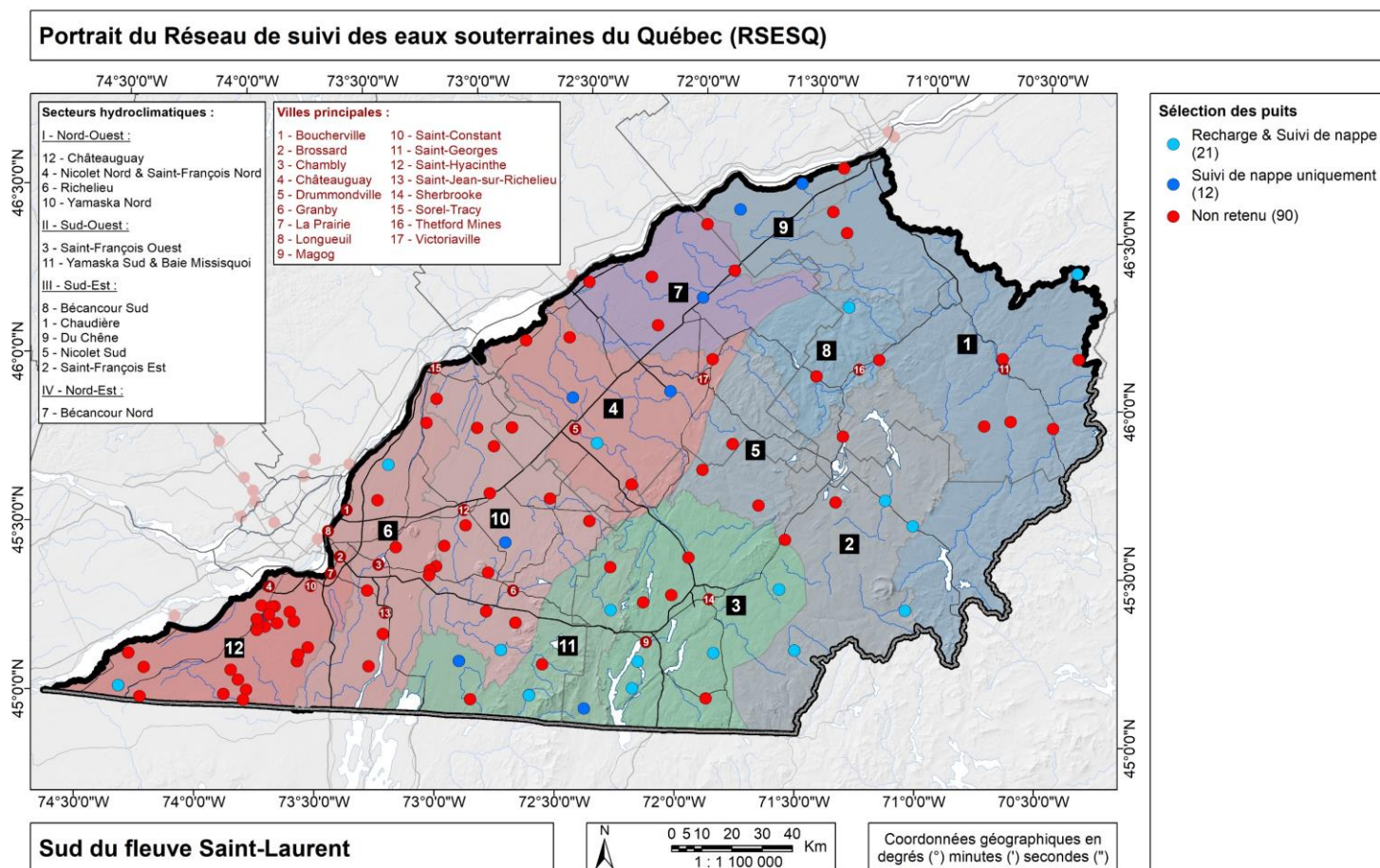


Figure A3.9 – Sélection des puits du RSESQ (MELCC) selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

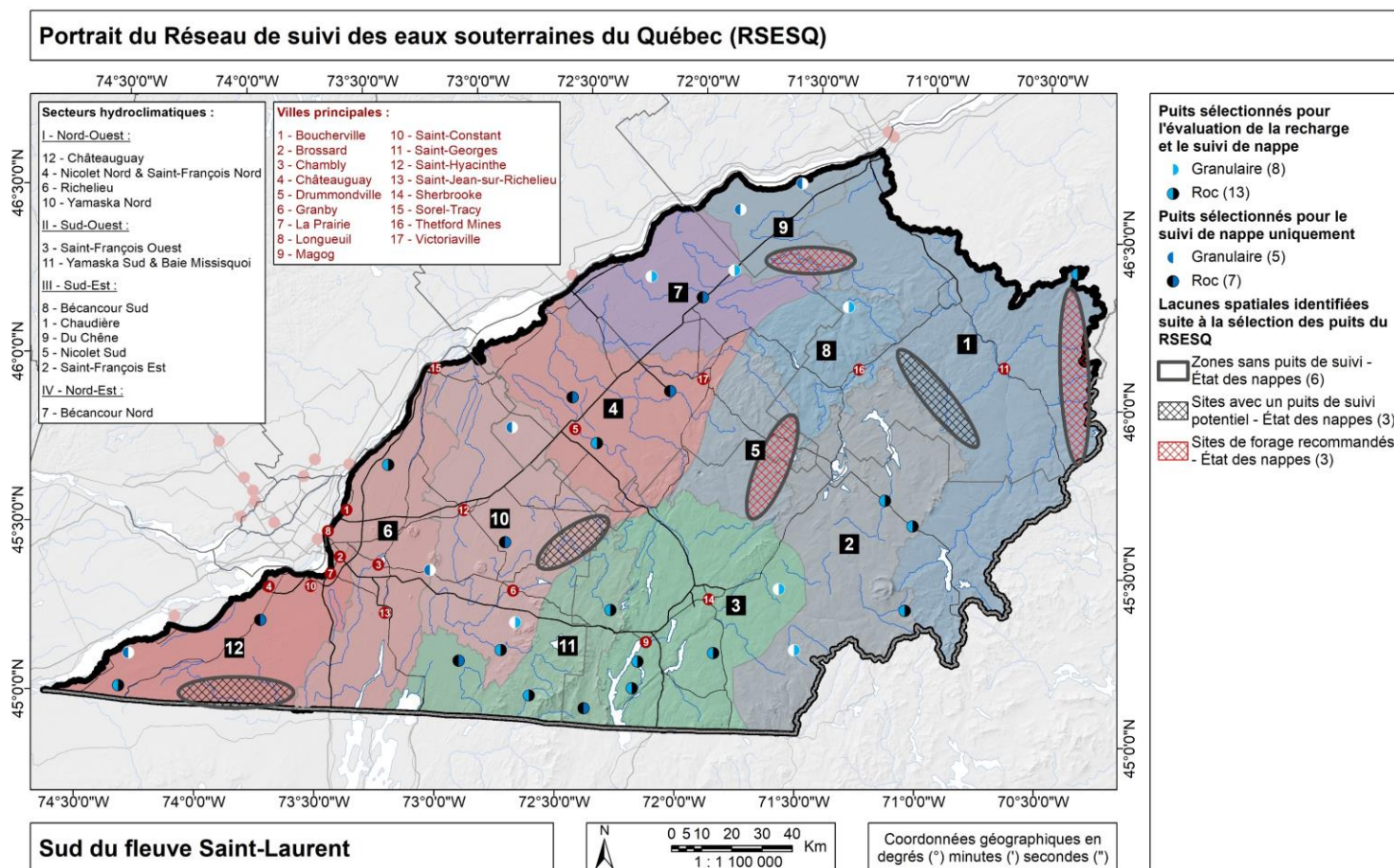


Figure A3.10 – Sélection des puits du RSESQ (MELCC) en fonction du type d'aquifère et lacunes spatiales identifiées selon les secteurs hydroclimatiques et les groupes au sud de la province.

A4 Stations inactives du RSESQ : période de suivi et raison de l’inactivité

ID PACC	ID Puits	Municipalité	Secteur hydroclimatique	Groupe	Période de suivi	Raison de l'inactivité
PACC_023	02507001	Lévis	Du Chêne	Sud-Est	1980 à 2016	Puits initialement situé sur un terrain municipal vendu pour un projet de développe- ment
PACC_026	03000003	Saint-Rémi	Châteauguay	Nord-Ouest	2000 à 2007	Puits récupéré par le propriétaire du terrain conformément à l'entente initiale
PACC_089	03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	Richelieu	Nord-Ouest	1969 à 2008	Puits vandalisé et irrécupérable
PACC_093	03090002	Mercier	Châteauguay	Nord-Ouest	2004 à 2016	Puits récupéré par le propriétaire du terrain conformément à l'entente initiale
PACC_094	03090003	Très-Saint-Sacrement	Châteauguay	Nord-Ouest	2004 à 2009	Puits obturé suite à la demande du propriétaire
PACC_098	03090007	Havelock	Châteauguay	Nord-Ouest	2004 à 2012	Puits récupéré par le propriétaire du terrain conformément à l'entente initiale
PACC_100	03090009	Godmanchester	Châteauguay	Nord-Ouest	2004 à 2007	Puits récupéré par le propriétaire du terrain conformément à l'entente initiale
PACC_108	03090019	Elgin	Châteauguay	Nord-Ouest	2004 à 2012	Puits récupéré par le propriétaire du terrain conformément à l'entente initiale
PACC_116	03097182	Saint-Urbain-Premier	Châteauguay	Nord-Ouest	1982 à 2017 (surtout depuis 2000)	Puits obturé car accès très problématique
PACC_117	03097191	Sainte-Martine	Châteauguay	Nord-Ouest	1982 à 2017 (surtout depuis 2000)	Puits obturé car accès très problématique
PACC_119	02407004-5	Irlande	Bécancour Sud	Sud-Est	Absent de la BD SARDES récente (aucune donnée historique)	Deux puits (02407004 et 02407005) suivis séparément ID combiné pour présenter le schéma d'aménagement réel du nid de puits
PACC_121	03090020-Ancien	Franklin	Châteauguay	Nord-Ouest	Absent de la BD SARDES récente (aucune donnée historique)	Ancien puits suivi jusqu'en 2007 Poursuite du suivi dans puits proche avec aménagement semblable (03090020) assi- milé à l'ancien
PACC_122	03097082-83	Sainte-Martine	Châteauguay	Nord-Ouest	Absent de la BD SARDES récente (aucune donnée historique)	Deux puits (03097082 et 03097083) suivis séparément ID combiné pour présenter le schéma d'aménagement réel du nid de puits
PACC_123	03097094-95	Sainte-Martine	Châteauguay	Nord-Ouest	Absent de la BD SARDES récente (aucune donnée historique)	Deux puits (03097094 et 03097095) suivis séparément ID combiné pour présenter le schéma d'aménagement réel du nid de puits

A5 Matrice de confusion

Tableau A5.1 – Analyse comparative par matrice de confusion des conditions de confinement compilées par le MELCC et l'INRS pour les puits du RSESQ situés dans la région d'étude.

Conditions de confinement						
Matrice de confusion						
		n = 83	Réelles (BRF-INRS)			
			Captif	Semi-captif	Libre	
Prédites (MELCC)	Captif	29	2	18	49	
	Semi-captif	3	1	7	11	
	Libre	3	4	16	23	
		35	7	41		
Captif						
Vrai positif	29			Précision	0.59	
Vrai négatif	28			Rappel	0.83	
Faux positif	20			F-mesure	0.69	
Faux négatif	6					
Semi-captif						
Vrai positif	1			Précision	0.09	
Vrai négatif	66			Rappel	0.14	
Faux positif	10			F-mesure	0.11	
Faux négatif	6					
Libre						
Vrai positif	16			Précision	0.70	
Vrai négatif	35			Rappel	0.39	
Faux positif	7			F-mesure	0.50	
Faux négatif	25					
Résultats						
		Précision	Rappel	F-mesure		
Conditions de confinement	Captif	0.59	0.83	0.69		
	Semi-captif	0.09	0.14	0.11		
	Libre	0.70	0.39	0.50		

Tableau A5.2 – Analyse comparative par matrice de confusion de l'évidence d'influence compilées par le MELCC et l'INRS pour les puits du RSESQ situés dans la région d'étude.

Évidence d'influence						
Matrice de confusion						
Prédites (MELCC)		n = 74	Réelles (BRF-INRS)		16	
			Influencé	Non influencé		
		Influencé	14	2		58
		Non influencé	11	47		58
			25	49		
Influencé						
Vrai positif	14			Précision	0.88	
Vrai négatif	47			Rappel	0.56	
Faux positif	2			F-mesure	0.68	
Faux négatif	11					
Non influencé						
Vrai positif	47			Précision	0.81	
Vrai négatif	14			Rappel	0.96	
Faux positif	11			F-mesure	0.88	
Faux négatif	2					
Résultats						
		Précision	Rappel	F-mesure		
Évidence d'influence	Influencé	0.88	0.56	0.68		
	Non influencé	0.81	0.96	0.88		

A6 Conditions des puits

Tableau A6.1 – Position et contexte des puits du RSESQ (MELCC) selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Position								Contexte							
		Amont		Intermédiaire		Aval		N/A ¹		Ligne de partage		Intermédiaire		Vallée		N/A ¹	
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	10	30.3	3	9.4	17	39.5	5	33.3	13	31.0	15	30.0	2	12.5	5	33.3
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	0	0.0	1	3.1	5	11.6	1	6.7	3	7.1	1	2.0	2	12.5	1	6.7
Richelieu	N.-O.	0	0.0	3	9.4	7	16.3	0	0.0	7	16.7	2	4.0	1	6.3	0	0.0
Yamaska Nord	N.-O.	5	15.2	7	21.9	6	14.0	0	0.0	5	11.9	10	20.0	3	18.8	0	0.0
St-François Ouest	S.-O.	0	0.0	5	15.6	3	7.0	0	0.0	0	0.0	7	14.0	1	6.3	0	0.0
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	6	18.2	3	9.4	0	0.0	0	0.0	5	11.9	3	6.0	1	6.3	0	0.0
Bécancour Sud	S.-E.	4	12.1	1	3.1	0	0.0	0	0.0	1	2.4	1	2.0	3	18.8	0	0.0
Chaudière	S.-E.	0	0.0	6	18.8	2	4.7	0	0.0	4	9.5	4	8.0	0	0.0	0	0.0
Du Chêne	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	20.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	20.0
Nicolet Sud	S.-E.	3	9.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	4.0	1	6.3	0	0.0
St-François Est	S.-E.	5	15.2	3	9.4	0	0.0	0	0.0	2	4.8	5	10.0	1	6.3	0	0.0
Bécancour Nord	N.-E.	0	0.0	0	0.0	3	7.0	6	40.0	2	4.8	0	0.0	1	6.3	6	40.0
Région d'étude	-	33	100.0	32	100.0	43	100.0	15	100.0	42	100.0	50	100.0	16	100.0	15	100.0

1 : N/A réfère à « Non applicable ».

Tableau A6.2 – Nombre de puits proches et pente au droit des puits du RSESQ (MELCC) selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Puits proches									Pente
		Résidentiels			Municipaux			GPE			%
		0-500 m	0-1000 m	0-2500 m	0-500 m	0-1000 m	0-2500 m	0-500 m	0-1000 m	0-2500 m	
Châteauguay	N.-O.	2.4	8.4	59.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.3	2.5
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	5.4	24.9	129.3	0.1	0.4	0.7	0.1	0.3	0.3	2.0
Richelieu	N.-O.	4.5	10.6	65.3	0.3	0.3	1.3	0.1	0.1	0.6	2.0
Yamaska Nord	N.-O.	5.2	14.1	73.7	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.7	2.0
St-François Ouest	S.-O.	7.0	17.8	113.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	5.8
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	1.9	8.7	63.7	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	2.6
Bécancour Sud	S.-E.	9.6	19.6	49.8	1.6	1.6	1.8	0.8	0.8	1.0	3.7
Chaudière	S.-E.	7.4	20.1	65.3	1.3	1.5	2.5	0.1	0.3	0.8	3.8
Du Chêne	S.-E.	11.3	24.7	64.7	1.7	2.0	2.7	0.3	0.7	1.0	3.8
Nicolet Sud	S.-E.	3.7	12.3	42.7	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	4.1
St-François Est	S.-E.	3.5	15.6	50.0	0.6	0.9	1.0	0.5	0.5	0.6	4.7
Bécancour Nord	N.-E.	2.6	4.3	26.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.8
Région d'étude	-	4.4	12.9	66.3	0.3	0.3	0.7	0.1	0.1	0.5	2.9

Tableau A6.3 – Occupation du sol au droit des puits du RSESQ (MELCC) selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Occupation du sol															
		Agricole		Anthropique		Aquatique		Coupe et régénération		Forestier		Humide		Non-classifié		Sol nu et lande	
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	13	31.7	16	30.8	0	0.0	0	0.0	6	23.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	3	7.3	3	5.8	0	0.0	0	0.0	1	3.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Richelieu	N.-O.	3	7.3	7	13.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Yamaska Nord	N.-O.	7	17.1	9	17.3	0	0.0	0	0.0	2	7.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
St-François Ouest	S.-O.	2	4.9	3	5.8	0	0.0	0	0.0	3	11.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	2	4.9	6	11.5	0	0.0	0	0.0	1	3.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Bécancour Sud	S.-E.	1	2.4	1	1.9	0	0.0	0	0.0	3	11.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Chaudière	S.-E.	2	4.9	3	5.8	0	0.0	0	0.0	3	11.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Du Chêne	S.-E.	1	2.4	1	1.9	0	0.0	0	0.0	1	3.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Nicolet Sud	S.-E.	1	2.4	1	1.9	0	0.0	0	0.0	1	3.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
St-François Est	S.-E.	5	12.2	2	3.8	0	0.0	0	0.0	1	3.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Bécancour Nord	N.-E.	1	2.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	15.4	4	100.0	0	0.0	0	0.0
Région d'étude	-	41	100.0	52	100.0	0	0.0	0	0.0	26	100.0	4	100.0	0	0.0	0	0.0

Tableau A6.4 – Affectation du territoire au droit des puits du RSESQ (MELCC) selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Affectation du territoire																			
		Agricole		Agroforestière		Commerciale		Conservation		Forestière		Industrielle		Publique		Récréative		Résidentielle		Urbaine	
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	29	43.9	4	40.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	6.7
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	4	6.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	100.0	0	0.0	0	0.0	1	3.3
Richelieu	N.-O.	6	9.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	50.0	3	10.0
Yamaska Nord	N.-O.	9	13.6	2	20.0	0	0.0	1	16.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	6	20.0
St-François Ouest	S.-O.	5	7.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100.0	0	0.0	2	6.7
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	4	6.1	1	10.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	13.3
Bécancour Sud	S.-E.	1	1.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Chaudière	S.-E.	1	1.5	1	10.0	0	0.0	0	0.0	2	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	13.3
Du Chêne	S.-E.	1	1.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	50.0	1	3.3
Nicolet Sud	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	10.0
St-François Est	S.-E.	3	4.5	1	10.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	13.3
Bécancour Nord	N.-E.	3	4.5	1	10.0	0	0.0	5	83.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Région d'étude	-	66	100.0	10	100.0	0	0.0	6	100.0	2	100.0	4	100.0	2	100.0	1	100.0	2	100.0	30	100.0

Tableau A6.5 – Pédologie au droit des puits du RSESQ (MELCC) selon le secteur hydroclimatique¹.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Drainage																Texture															
		Très rapidement drainé		Rapidement drainé		Bien drainé		Modérément bien drainé		Imparfaitement drainé		Mal drainé		Très mal drainé		Ne s'applique pas		Argileux		Loameux		Sableux		Graveleux		Issus des dépôts de tills		Organiques		Divers		Autres	
Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%		
Châteauguay	N.-O.	1	20.0	4	57.1	5	17.9	5	71.4	3	10.7	5	18.5	5	71.4	7	50.0	10	47.6	0	0.0	2	6.7	5	45.5	7	17.9	4	66.7	7	63.6	0	0.0
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	0	0.0	1	14.3	1	3.6	0	0.0	1	3.6	1	3.7	1	14.3	2	14.3	0	0.0	0	0.0	4	13.3	1	9.1	1	2.6	1	16.7	0	0.0	0	0.0
Richelieu	N.-O.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	6	21.4	3	11.1	0	0.0	1	7.1	5	23.8	0	0.0	2	6.7	0	0.0	2	5.1	0	0.0	1	9.1	0	0.0
Yamaska Nord	N.-O.	0	0.0	0	0.0	6	21.4	0	0.0	4	14.3	6	22.2	0	0.0	2	14.3	3	14.3	0	0.0	9	30.0	2	18.2	2	5.1	0	0.0	2	18.2	0	0.0
St-François Ouest	S.-O.	1	20.0	1	14.3	2	7.1	0	0.0	4	14.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	20.0	0	0.0	1	9.1	6	15.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	0	0.0	0	0.0	4	14.3	0	0.0	1	3.6	3	11.1	1	14.3	0	0.0	1	4.8	0	0.0	2	6.7	0	0.0	5	12.8	1	16.7	0	0.0	0	0.0
Bécancour Sud	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	14.3	0	0.0	4	14.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	60.0	0	0.0	1	9.1	1	2.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Chaudière	S.-E.	0	0.0	1	14.3	3	10.7	0	0.0	3	10.7	1	3.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	3.3	1	9.1	6	15.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Du Chêne	S.-E.	0	0.0	0	0.0	2	7.1	0	0.0	0	0.0	1	3.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	20.0	2	6.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Nicolet Sud	S.-E.	0	0.0	0	0.0	2	7.1	1	14.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	3.3	0	0.0	2	5.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
St-François Est	S.-E.	0	0.0	0	0.0	2	7.1	0	0.0	3	10.7	2	7.4	0	0.0	1	7.1	0	0.0	0	0.0	1	3.3	0	0.0	6	15.4	0	0.0	1	9.1	0	0.0
Bécancour Nord	N.-E.	3	60.0	0	0.0	1	3.6	0	0.0	3	10.7	1	3.7	0	0.0	1	7.1	2	9.5	0	0.0	6	20.0	0	0.0	1	2.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Région d'étude	-	5	100.0	7	100.0	28	100.0	7	100.0	28	100.0	27	100.0	7	100.0	14	100.0	21	100.0	5	100.0	30	100.0	11	100.0	39	100.0	6	100.0	11	100.0	0	0.0

1 : les données de combinaison de sols n'ont pas l'objet de cette synthèse mais sont bel et bien disponibles au droit de chaque puits.

Tableau A6.6 – Géologie du Quaternaire¹ et contexte géologique² au droit des puits du RSESQ (MELCC) selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Unité du Quaternaire																				Province géologique			
		Dépôts de versant		Sédiments organiques		Sédiments éoliens		Sédiments alluviaux		Sédiments lacustres		Sédiments marins		Sédiments glaciolacustres		Sédiments fluvioglaciaires		Sédiments glaciaires		Substrat rocheux		Plate-forme du Saint-Laurent		Province des Appalaches	
		Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%
Châteauguay	N.-O.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	40.0	16	38.1	0	0.0	4	80.0	11	24.4	2	66.7	35	56.5	0	0.0
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	12.5	1	20.0	3	7.1	0	0.0	0	0.0	2	4.4	0	0.0	2	3.2	5	8.2
Richelieu	N.-O.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	25.0	1	20.0	4	9.5	0	0.0	0	0.0	3	6.7	0	0.0	10	16.1	0	0.0
Yamaska Nord	N.-O.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	50.0	1	20.0	12	28.6	0	0.0	0	0.0	1	2.2	0	0.0	9 ³	14.5	9	14.8
St-François Ouest	S.-O.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	20.0	7	15.6	0	0.0	0	0.0	8	13.1
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	2.4	5	50.0	0	0.0	3	6.7	0	0.0	0	0.0	9	14.8
Bécancour Sud	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	30.0	0	0.0	2	4.4	0	0.0	0	0.0	5	8.2
Chaudière	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	12.5	0	0.0	2	4.8	0	0.0	0	0.0	5	11.1	0	0.0	0	0.0	8	13.1
Du Chêne	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	4.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	33.3	2	3.2	1	1.6
Nicolet Sud	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	10.0	0	0.0	2	4.4	0	0.0	0	0.0	3	4.9
St-François Est	S.-E.	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	10.0	0	0.0	7	15.6	0	0.0	0	0.0	8	13.1
Bécancour Nord	N.-E.	0	0.0	2	100.0	3	100.0	0	0.0	0	0.0	2	4.8	0	0.0	0	0.0	2	4.4	0	0.0	4	6.5	5	8.2
Région d'étude	-	0	0.0	2	100.0	3	100.0	8	100.0	5	100.0	42	100.0	10	100.0	5	100.0	45	100.0	3	100.0	62	100.0	61	100.0

1 : la période de déposition et le type de sédiment n'ont pas l'objet de cette synthèse mais sont bel et bien disponibles au droit de chaque puits ;
2 : la période, la sous-province et la subdivision n'ont pas l'objet de cette synthèse mais sont bel et bien disponibles au droit de chaque puits ;
3 : un puits du secteur Yamaska Nord est localisé au droit d'une intrusion montréaléenne.

Tableau A6.7 – Épaisseur de dépôts meubles, conditions de confinement du roc, recharge nette et potentielle du roc puis vulnérabilité intrinsèque du roc au droit des puits du RSESQ (MELCC) selon le secteur hydroclimatique.

Secteur hydroclimatique	Groupe	Épaisseur de dépôts meubles	Conditions de confinement du roc						Recharge nette du roc	Recharge potentielle du roc					Vulnérabilité intrinsèque du roc
		m	Captif		Semi-Captif		Libre		Anciens projets	HydroBilan (UQAM)		HydroGéoSphère (UL)			Indice DRASTIC
			Nb.	%	Nb.	%	Nb.	%	Périodes variables	1961-2017	1981-2010	1981-2010	2041-2070	2071-2095	
									mm/an	mm/an	mm/an	mm/an	mm/an	mm/an	
Châteauguay	N.-O.	12.5	14	53.8	17	25.0	4	13.8	59.2	108.8 ⁴	114.2 ⁴	151.3	182.5	195.4	90.2 ⁶
Nicolet Nord & St-François Nord	N.-O.	8.8	0	0.0	5	7.4	2	6.9	100.0	190.7	200.0	112.8	132.2	142.4	107.0
Richelieu	N.-O.	17.4	5	19.2	5	7.4	0	0.0	86.0	113.5	119.2	107.3	128.8	138.6	125.9
Yamaska Nord	N.-O.	15.3	7	26.9	8	11.8	3	10.3	36.2	140.6	145.4	239.2	290.1	307.4	117.8
St-François Ouest	S.-O.	3.0	0	0.0	3	4.4	5	17.2	- ¹	133.2	141.6	105.0	125.1	134.7	- ⁷
Yamaska Sud & Baie Missisquoi	S.-O.	9.3	0	0.0	9	13.2	0	0.0	115.6	126.6	132.5	287.6	349.8	369.8	122.9
Bécancour Sud	S.-E.	15.0	0	0.0	4	5.9	1	3.4	36.4	59.5	64.9	531.4	587.2	615.3	119.8
Chaudière	S.-E.	4.5	0	0.0	4	5.9	4	13.8	118.5	138.2	147.5	123.5	145.3	157.0	119.3
Du Chêne	S.-E.	13.3	0	0.0	2	2.9	1	3.4	204.3	162.9	170.9	170.0	194.4	208.8	117.0
Nicolet Sud	S.-E.	17.5	0	0.0	2	2.9	1	3.4	225.0	151.3	158.5	102.1	121.9	132.5	135.7
St-François Est	S.-E.	6.3	0	0.0	6	8.8	2	6.9	0.0 ²	142.9	154.0	159.7	187.4	201.3	101.0 ⁸
Bécancour Nord	N.-E.	4.2	0	0.0	3	4.4	6	20.7	131.4	74.2	75.3	295.5	335.3	354.4	104.7 ⁹
Région d'étude	-	10.9	26	100.0	68	100.0	29	100.0	82.6 ³	123.6 ⁵	129.8 ⁵	189.4	223.9	238.3	109.2 ¹⁰

1 : aucun puits de disponible lors de l'extraction des valeurs de recharge nette au roc pour le secteur hydroclimatique Saint-François Ouest (la recharge nette au roc sera calculée sur les 8 puits concernés avec l'outil PyHELP dans le cadre du PACES Estrie) ;

2 : un seul puits de disponible lors de l'extraction des valeurs de recharge nette au roc pour le secteur hydroclimatique Saint-François Est (la recharge nette au roc sera calculée sur les 7 autres puits concernés avec l'outil PyHELP dans le cadre du PACES Estrie) ;

3 : moyenne de recharge nette du roc calculée sur 108 puits ;

4 : l'extraction des valeurs de recharge potentielle du roc avec le modèle HydroBilan n'a pas été faite pour deux des 35 puits du secteur hydroclimatique Châteauguay ;

5 : moyenne de recharge potentielle du roc avec le modèle HydroBilan calculée sur 121 puits ;

6 : l'extraction des valeurs de l'indice DRASTIC n'a pas été faite pour deux des 35 puits du secteur hydroclimatique Châteauguay ;

7 : aucun puits de disponible lors de l'extraction des valeurs de l'indice DRASTIC pour le secteur hydroclimatique Saint-François Ouest (la vulnérabilité intrinsèque sera estimée sur les 8 puits concernés dans le cadre du PACES Estrie) ;

8 : un seul puits de disponible lors de l'extraction des valeurs de l'indice DRASTIC pour le secteur hydroclimatique Saint-François Est (la vulnérabilité intrinsèque sera estimée sur les 7 autres puits concernés dans le cadre du PACES Estrie) ;

9 : l'extraction des valeurs de l'indice DRASTIC n'a pas été faite pour trois des neuf puits du secteur hydroclimatique Bécancour Nord ;

10 : moyenne de l'indice DRASTIC calculée sur 103 puits.

A7 Classification des descriptions lithologiques en hydrofaciès

HF	Nbr	Lithologies
HF0	12	Remblai et terre végétale; Sol organique sablonneux; Terre argileuse; Terre noire; Terre noire avec sable; Terre organique; Terre végétale; Terre végétale avec sable et gravier silteux; Terre végétale brune; Terre végétale et gravier; Terre végétale et sable et gravier; Terre végétale et sable fin silteux.
HF1	101	Alternance de lits de sable fin silteux, de silt et d'argile; Alternance de lits de silt et de sable fin à moyen; Argile; Argile avec cailloux; Argile avec quelques cailloux; Argile avec sable graveleux; Argile brune; Argile brune très compacte; Argile compacte grise. Brune à partir de 26 m; Argile contenant des coquilles; Argile et cailloux; Argile et sable; Argile et silt; Argile et silt gris avec lits noirs; Argile et silt, un peu de sable fin; Argile graveleuse; Argile grise; Argile grise avec présence de lits de silt et de sable fin; Argile grise bleue; Argile grise et sable fin; Argile grise passant à silt argileux; Argile grise silteuse; Argile grise très compacte; Argile hétérogène sablonneuse; Argile hétérogène silteuse; Argile marine; Argile plastique; Argile rocaillieuse; Argile sableuse avec bois en décomposition; Argile sableuse, traces de gravier; Argile sablonneuse; Argile silteuse; Argile silteuse brune; Argile silteuse brune, traces de sable; Argile silteuse grise; Argile silteuse verdâtre; Argile silteuse, présence de gravier; Argile silteuse, présence de gravier et de sable; Argile silteuse, présence de matière organique en surface; Argile silteuse, traces de sable; Argile silteuse, traces à un peu de sable; Argile silteuse, un peu de gravier; Argile silteuse, un peu de gravier, traces de sable; Dépôts meubles argileux; Dépôts meubles argileux (épaisseur approximative); Refus sur sol gelé; Remblai silto-argileux; Silt; Silt argileux; Silt argileux avec interlits de sable; Silt argileux avec sable fin; Silt argileux avec traces de sable fin et de gravier; Silt argileux brun avec un peu de sable; Silt argileux compact; Silt argileux compact gris; Silt argileux dense; Silt argileux et graveleux; Silt argileux et sableux brun; Silt argileux gris; Silt argileux gris avec passages bruns et rougeâtres entre 21.3 et 22 m; Silt argileux gris, présence de cailloux; Silt argileux gris, traces de cailloux; Silt argileux gris, traces de sable grossier et présence de cailloux; Silt argileux gris. Gris foncé à partir de 21 m; Silt argileux, brun; Silt argileux, gris; Silt argileux, présence de cailloux à 4.57 m. Gris; Silt argileux, traces de sable; Silt argileux, traces de sable et de gravier; Silt argileux, traces à un peu de sable et gravier; Silt argileux, un peu de gravier; Silt argileux, un peu de sable; Silt argileux, un peu de sable et gravier; Silt avec quelques interlits de sable et gravier; Silt avec sable et gravier; Silt avec un peu de sable fin à très fin, brun-gris; Silt avec un peu de sable fin, brun-gris; Silt brun avec traces de sable; Silt et argile; Silt et argile brun, présence de matière organique; Silt et gravier fin; Silt et sable; Silt et sable fin; Silt graveleux, brun-gris; Silt graveleux, traces d'argile, gris-brun; Silt sableux; Silt sableux avec un peu de gravier; Silt sableux fin, brun-gris; Silt sableux gris; Silt sableux, traces de gravier et d'argile; Silt sableux, traces de gravier, présence de cailloux; Silt sablonneux; Silt sablonneux, traces à une peu de gravier; Silt à silt argileux, traces de sable fin; Silt, traces de sable; Silt, traces de sable et gravier, gris; Silt, un peu d'argile, traces de sable et de gravier; Silt, un peu de sable et de gravier; Silt, un peu de sable et gravier; Silt, un peu de sable à sableux, présence de cailloux; Sol gelé.
HF2	297	Cailloux; Cailloux sablonneux et argileux; Cailloux schisteux; Gravier; Gravier (remblai); Gravier argileux; Gravier argileux et cailloux; Gravier avec petit boulder; Gravier avec sable; Gravier avec sable silteux; Gravier avec un peu de sable; Gravier dans une matrice silteuse; Gravier et argile; Gravier et cailloux; Gravier et sable; Gravier et sable fin argileux; Gravier et

	sable fin à moyen; Gravier et sable grossier; Gravier et sable grossier, brun; Gravier et sable silteux; Gravier et sable, traces de silt, brun; Gravier et silt; Gravier et silt sableux, brun; Gravier et silt, brun; Gravier fin et sable grossier; Gravier fin silteux, un peu de sable; Gravier fin à moyen; Gravier fin à moyen silteux, un peu de sable; Gravier fin à moyen, traces de cailloux et de sable; Gravier grossier; Gravier grossier et cailloux; Gravier grossier et sable grossier; Gravier grossier silteux; Gravier grossier, un peu de sable; Gravier grossier, un peu de sable grossier; Gravier hétérogène silteux et sable grossier; Gravier moyen; Gravier moyen silteux et sable grossier; Gravier moyen à grossier; Gravier moyen à grossier avec sable grossier; Gravier moyen à grossier et sable grossier; Gravier moyen à grossier, un peu de sable; Gravier petit à moyen et sable grossier; Gravier sableux; Gravier sableux gris foncé; Gravier sableux, présence de cailloux; Gravier sableux, traces à un peu de silt; Gravier sableux, traces à un peu de silt argileux; Gravier sableux, un peu de silt; Gravier silteux; Gravier silteux, un peu de sable; Gravier, beige; Gravier, sable et argile; Gravier, traces à un peu de sable; Gravier, un peu de sable et de cailloux; Gravier, un peu de sable et de silt; Gravier, un peu de sable silteux; Gravier, un peu de sable à sableux, traces de silt; Remblai; Remblai de sable et gravier; Remblai: Sable et cailloux; Remblai: gravier; Remblai: sable fin à grossier, un peu de gravier et de silt; Sable; Sable argileux; Sable argileux, brun-jaune; Sable avec traces de gravier; Sable avec un peu de gravier et de cailloux; Sable brun devenant brun-gris à partir de 12 mètres; Sable brun, fin à moyen; Sable brun, fin à moyen avec silt; Sable brun-rouge, traces de gravier; Sable et argile avec morceaux de bois; Sable et gravier; Sable et gravier argileux; Sable et gravier avec cailloux; Sable et gravier avec coquillages; Sable et gravier brun; Sable et gravier brun, traces de cailloux et de silt; Sable et gravier brun, traces de silt; Sable et gravier compact; Sable et gravier fin à grossier; Sable et gravier gris, traces de cailloux et de silt; Sable et gravier gris, traces de silt; Sable et gravier gris-brun, traces de cailloux et de silt; Sable et gravier grossier; Sable et gravier grossier, traces de cailloux; Sable et gravier grossier, un peu de silt; Sable et gravier hétérogène silteux; Sable et gravier moyen; Sable et gravier silteux; Sable et gravier silteux avec cailloux; Sable et gravier, brun; Sable et gravier, gris-brun; Sable et gravier, présence de cailloux; Sable et gravier, traces de cailloux et de silt; Sable et gravier, traces de cailloux, un peu de silt; Sable et gravier, traces à un peu de cailloux; Sable et gravier, traces à un peu de silt; Sable et gravier, un peu de cailloux; Sable et gravier, un peu de silt; Sable et gravier, un peu de silt à silteux; Sable fin; Sable fin argileux; Sable fin avec horizons plus silteux; Sable fin avec interlits de silt; Sable fin avec silt, gris; Sable fin avec traces de gravier; Sable fin avec traces de silt et de gravier; Sable fin avec un peu de sable moyen et traces à un peu de sable grossier; Sable fin brun; Sable fin brun et gravier; Sable fin brun-rouge; Sable fin brun-rouge, présence de gravier; Sable fin brun-rouge, traces de gravier; Sable fin compact; Sable fin et argile; Sable fin et moyen, gris; Sable fin et silt, brun; Sable fin passant à sable et gravier; Sable fin rouge; Sable fin silteux; Sable fin silteux avec interlits de silt argileux et de sable fin; Sable fin silteux et argileux, brun; Sable fin silteux, présence de cailloux; Sable fin silteux, traces de gravier; Sable fin silteux. Couleur ocre; Sable fin à grossier; Sable fin à grossier brun, un peu de gravier, traces de cailloux et de silt; Sable fin à grossier et silt argileux; Sable fin à grossier graveleux, un peu de cailloux; Sable fin à grossier passant à gravier; Sable fin à grossier, gris; Sable fin à grossier, présence de cailloux; Sable fin à grossier, présence à traces de gravier; Sable fin à grossier, traces de gravier et de silt; Sable fin à grossier, traces de silt; Sable fin à grossier, traces de silt et de gravier; Sable fin à grossier, un peu de gravier, traces de cailloux et de silt; Sable fin à grossier, un peu de gravier, traces de silt; Sable fin à grossier, un peu de silt; Sable fin à moyen; Sable fin à moyen avec gravier; Sable fin à moyen avec silt; Sable fin à moyen avec traces de gravier à sable et gravier brun. Traces à un peu de silt; Sable fin à moyen avec traces de gravier à
--	--

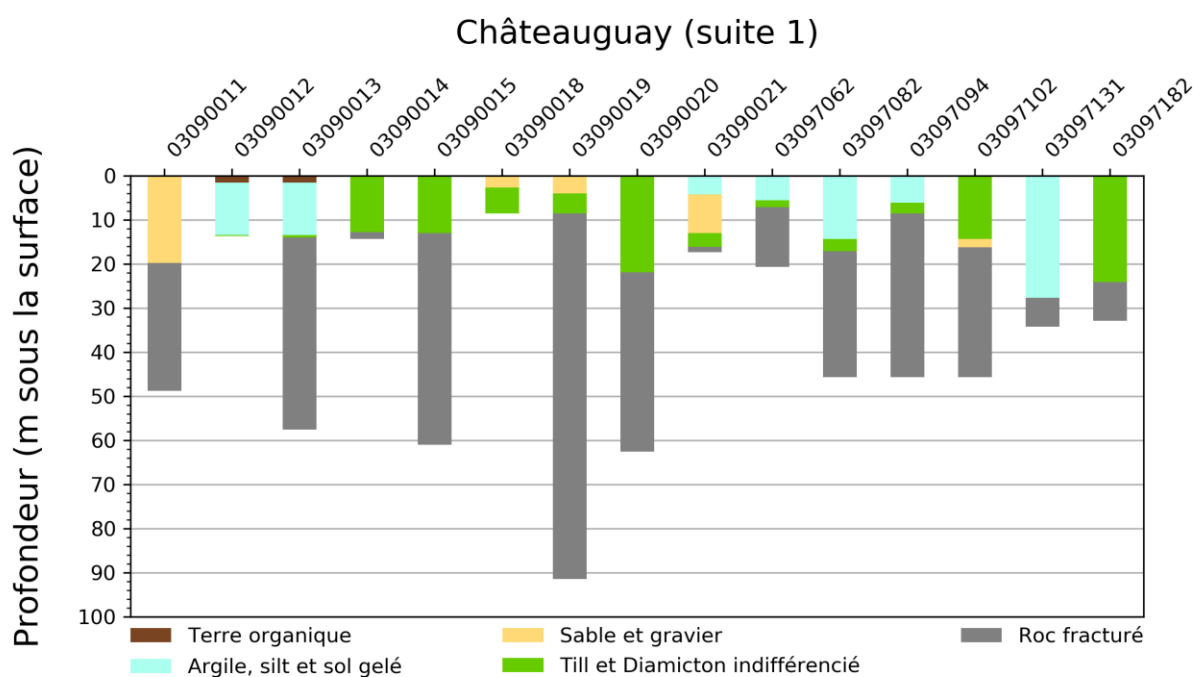
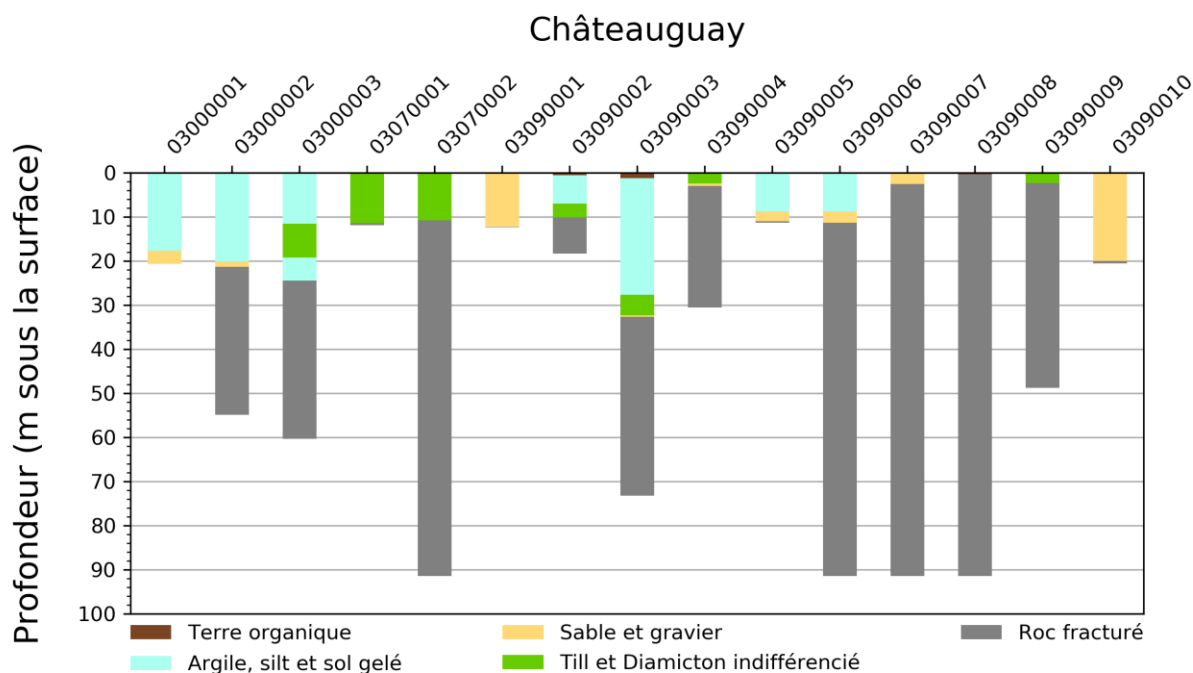
	sable et gravier gris. Traces de silt; Sable fin à moyen avec traces de sable grossier; Sable fin à moyen brun, traces de gravier et de silt; Sable fin à moyen compact avec un peu de gravier. Traces d'argile, de silt et de cailloux; Sable fin à moyen et gravier; Sable fin à moyen et petit gravier; Sable fin à moyen et silt; Sable fin à moyen gris, traces de cailloux, de gravier et de silt; Sable fin à moyen gris, un peu de silt; Sable fin à moyen gris, un peu de silt à silteux, traces de gravier; Sable fin à moyen, brun; Sable fin à moyen, brun-jaune; Sable fin à moyen, plus rouge; Sable fin à moyen, traces de gravier; Sable fin à moyen, traces de gravier et de silt; Sable fin à moyen, traces de silt; Sable fin à moyen, traces de silt à silteux; Sable fin à moyen, traces à un peu de silt; Sable fin à moyen, traces à un peu de silt, traces de gravier; Sable fin à moyen, un peu de gravier; Sable fin à moyen, un peu de gravier fin; Sable fin à moyen, un peu de gravier, traces de silt; Sable fin à moyen, un peu de sable grossier; Sable fin à moyen, un peu de silt; Sable fin à moyen, un peu de silt et de gravier, traces de cailloux, brun-gris; Sable fin à très fin brun-rouge; Sable fin à très fin brun-rouge, présence de gravier; Sable fin à très fin brun-rouge, présence de gravier fin; Sable fin à très fin, brun-rouge; Sable fin à très fin, gris; Sable fin, brun; Sable fin, gris; Sable fin, présence de gravier; Sable fin, silteux; Sable fin, traces d'argile; Sable fin, traces de cailloux; Sable fin, traces de gravier; Sable fin, traces de gravier à sable et gravier; Sable fin, traces de gravier. Présence de petits cailloux. Présence d'argile de 19.2 à 22.9 m; Sable fin, traces de silt; Sable fin, traces de silt et de gravier; Sable fin, traces de silt et de matière organique; Sable fin, traces de silt, de gravier et de cailloux; Sable fin, traces à un peu de gravier; Sable fin, un peu de silt; Sable fin, un peu de silt, brun; Sable fin, un peu de silt, gris; Sable fin, un peu de silt, gris-brun; Sable fin, un peu de silt, traces de gravier; Sable fin, un peu de silt, traces de gravier, gris brun; Sable fin, un peu de silt, traces à un peu de gravier; Sable graveleux; Sable graveleux avec présence de cailloux; Sable graveleux et silteux; Sable graveleux silteux; Sable graveleux silteux, traces d'argile, présence de cailloux; Sable graveleux, présence de cailloux et de silt (Épaisseur approximative); Sable graveleux, traces de silt; Sable graveleux, traces à un peu de silt; Sable graveleux, traces à un peu de silt, traces de cailloux; Sable graveleux, un peu de silt et traces de coquillages; Sable graveleux, un peu de silt à silteux; Sable gris; Sable gris fin, silteux; Sable gris moyen à grossier. Présence de sable fin bien trié de 1.5 à 5.4 m; Sable grossier; Sable grossier avec gravier; Sable grossier et gravier; Sable grossier et gravier fin; Sable grossier et gravier grossier; Sable grossier et gravier moyen; Sable grossier et gravier, gris. Présence de lits d'argile entre 16.7 et 18.2 m; Sable grossier et gravier, un peu de sable fin, traces de silt; Sable grossier et moyen, graveleux, traces de silt, brun; Sable grossier graveleux, gris; Sable grossier silteux et graveleux; Sable grossier à gravier caillouteux à l'interface du roc; Sable grossier à gravier fin; Sable grossier, brun; Sable grossier, un peu de gravier à graveleux; Sable hétérogène argileux et silteux; Sable hétérogène silteux; Sable jaune; Sable moyen; Sable moyen avec beaucoup de mica; Sable moyen avec cailloux arrondis; Sable moyen avec quelques cailloux; Sable moyen brun; Sable moyen brun, un peu de gravier, traces de silt; Sable moyen et fin; Sable moyen et gravier, un peu de silt dans le premier mètre; Sable moyen à fin; Sable moyen à fin et gravier fin; Sable moyen à fin, brun-gris; Sable moyen à fin, plusieurs cailloux; Sable moyen à fin, présence à un peu de gravier; Sable moyen à fin, quelques cailloux; Sable moyen à fin, silteux; Sable moyen à grossier; Sable moyen à grossier avec traces de gravier; Sable moyen à grossier et gravier fin; Sable moyen à grossier et gravier, brun; Sable moyen à grossier et gravier, un peu de silt; Sable moyen à grossier, brun; Sable moyen à grossier, traces de gravier; Sable moyen à grossier, traces de gravier à graveleux; Sable moyen à grossier, traces de gravier à graveleux. Présence de coquilles vers 10.7 m; Sable moyen à grossier, traces de silt; Sable moyen à grossier, un peu de gravier fin; Sable moyen à grossier, un peu de gravier, traces de silt; Sable
--	--

		moyen, brun; Sable moyen, brun, passant à fin à 13.8 m; Sable moyen, gris; Sable moyen, présence de gravier et de cailloux; Sable moyen, traces de gravier; Sable moyen, traces de gravier et argile; Sable moyen, traces de gravier, brun; Sable moyen, traces de silt; Sable moyen, traces de silt et de gravier; Sable moyen, un peu de gravier; Sable moyen, un peu de gravier, traces de silt; Sable rouge compact (couche indurée?); Sable rouge, traces de gravier; Sable silteux; Sable silteux avec gravier; Sable silteux avec gravier, gris; Sable silteux, brun; Sable silteux, traces de gravier; Sable silteux, traces de gravier et de cailloux; Sable silteux, un peu de cailloux; Sable silteux, un peu de gravier; Sable silteux, un peu de gravier à graveleux, présence de cailloux; Sable silteux, un peu de gravier, traces d'argile; Sable silteux. Présence de cailloux; Sable très fin; Sable très fin et silt, traces de gravier; Sable très fin à fin; Sable très fin à fin, présence occasionnelle de gravier; Sable très fin à fin, silteux; Sable très fin, gris; Sable très fin, traces de silt; Sable, gravier et cailloux; Sable, traces de gravier; Sable, traces de gravier à sable et gravier; Sable, traces à un peu de gravier; Sable, un peu de gravier; Sable, un peu de gravier et de cailloux; Sable, un peu de gravier à sable et gravier avec cailloux; Sable, un peu de gravier, traces de silt; Sable, un peu de gravier. Présence de cailloux de 13.72 à 15.24 m; Sable, un peu de silt et de gravier; Sable, un peu de silt, traces de gravier.
HFX	118	Argile avec quelques blocs; Argile et blocs; Argile et cailloux (till); Argile et gravier (till); Argile sablonneuse avec quelques blocs; Bloc et silt gris; Bloc ou roc fracturé; Blocs; Blocs; Blocs avec sable et gravier; Blocs avec sable et gravier compact; Blocs de schiste ardoisier; Blocs et cailloux avec gravier, présence de sable grossier; Blocs et cailloux avec sable et gravier; Cailloux avec sable et gravier. Présence de blocs à partir de 30.48 m; Cailloux, traces de gravier et présence de blocs, brun; Cailloux, un peu de sable et gravier. Présence de blocs à partir de 19.81 m; Diamicton; Diamicton (sable silteux avec un peu de gravier); Diamicton graveleux; Diamicton graveleux à matrice rougeâtre avec présence de cailloux; Diamicton passant de caillouteux à sablo-silteux; Diamicton sableux; Diamicton sableux. Sablo-graveleux jusqu'à 16.77 m; Diamicton sablo-graveleux; Diamicton sablo-graveleux, silteux, brun foncé; Diamicton silto-argileux, présence de cailloux; Diamicton silto-sableux; Diamicton silto-sableux avec cailloux; Diamicton silto-sableux à silto-argileux; Diamicton silto-sableux, gris; Diamicton silto-sableux, un peu de cailloux, gris; Diamicton à matrice gravelo-sableuse, un peu de gravier, brun; Diamicton à matrice sableuse; Diamicton à matrice sableuse, traces de silt; Diamicton à matrice sablo-silteuse, un peu de gravier et de cailloux, brun; Diamicton à matrice sablo-silteuse, un peu de gravier, brun; Diamicton à matrice silto-argileuse, un peu de gravier, gris; Diamicton à matrice silto-sableuse avec cailloux, présence de gravier; Diamicton à matrice silto-sableuse avec cailloux. Horizons graveleux de 21.3 à 22.3 m, de 23.1 à 25.0 m et de 29.9 à 31.1 m; Diamicton. Présence de cailloux; Diamicton. Sable graveleux et silteux, présence de cailloux; Gravier avec blocs dans une matrice silteuse (compact); Gravier avec blocs, traces à un peu de silt; Gravier et blocs; Gravier fin à moyen silteux, un peu de sable, traces de cailloux et de blocs; Gravier sableux avec un peu de silt, présence de cailloux. Till probable; Gravier sablonneux avec blocs et cailloux; Gravier, silt et sable (till); Interstratification de lits de sable fin à grossier, traces de gravier et de silt argileux compact; Sable avec un peu de gravier à sable et gravier. Présence à un peu de cailloux. Blocs à 16.76 m, 39.39 m et de 33.53 à 35.05 m; Sable et gravier avec blocs; Sable et gravier avec blocs et argile; Sable et gravier avec cailloux et blocs; Sable et gravier avec cailloux, présence de blocs à partir de 1.52 m; Sable et gravier grossier avec blocs; Sable et gravier silteux avec cailloux et blocs; Sable et gravier, quelques blocs; Sable et gravier, traces de blocs, brun; Sable et gravier, traces de blocs,

		de cailloux et de silt; Sable et gravier, un peu de cailloux, traces de blocs et de silt; Sable et gravier, un peu de cailloux. Présence de blocs à partir de 19.81 m; Sable fin avec un peu de gravier et de cailloux. Compact (till); Sable fin avec un peu de silt, de gravier et de cailloux. Compact (till); Sable fin à grossier, un peu de gravier, traces de blocs, de cailloux et de silt; Sable fin à moyen silteux, présence de cailloux. Till probable; Sable fin à moyen, présence de lentilles de sable fin silteux; Sable graveleux silteux, un peu d'argile, présence de cailloux et blocs; Sable gris grossier avec blocs; Sable grossier brun, traces de gravier, de silt et de bloc; Sable grossier, présence de gravier à graveleux. Présence de cailloux et de blocs de 61.26 à 63.40 m. Un peu de cailloux de 64.0 à 68.58 m; Sable moyen graveleux, présence de cailloux et de blocs. Till probable; Sable moyen à grossier, traces de gravier à graveleux, un peu de cailloux et de blocs; Sable silteux. Till probable; Sable très fin avec blocs occasionnels et gravier fin; Sable, un peu de gravier. Présence de blocs de 6.10 à 7.62 m; Silt argileux, un peu de gravier à graveleux, présence de blocs; Silt avec blocs; Silt avec un peu de sable et traces de gravier. Présence de bloc; Silt graveleux, présence de blocs; Silt sablo-graveleux, traces de cailloux et de blocs, brun; Till; Till (sable et gravier, traces de blocs de cailloux et de silt); Till (épaisseur approximative); Till argileux; Till avec blocs; Till avec blocs, gris; Till brun; Till caillouteux; Till compact; Till compact avec gravier; Till compact brun rougeâtre avec beaucoup de clastes; Till compact rougeâtre avec beaucoup de clastes; Till délavé, fragments de quartzite et de schiste, présence de sable; Till glaciaire; Till graveleux et cailloux; Till gris; Till gris avec lits de sable silteux brun; Till gris compact; Till gris compact, beaucoup de gravier dans le dernier mètre; Till gris silteux; Till oxydé; Till oxydé sablonneux; Till plus compact; Till sableux; Till sableux avec blocs; Till sableux avec cailloux; Till sablonneux; Till sablonneux et silteux; Till sablonneux, silteux; Till silteux; Till silteux compact; Till silteux gris; Till silto-sableux avec gravier et cailloux; Till à matrice silteuse; Till à matrice silto-sableuse; Till, cailloux et sable; Till, sable et gravier.
ROC	134	Alternance de grès et de calcaire; Alternance de grès et de siltstone gris-vert; Alternance de grès gris pâle et de shale gris foncé. Fracturé et beaucoup de venues d'eau; Alternance de grès gris pâle et shale gris foncé; Alternance de schiste gris, rouge et vert; Calcaire; Calcaire (fracture à 32,6 m); Calcaire avec lits de grès; Calcaire et grès; Calcaire gris foncé; Dolomie gréseuse; Grès; Grès dolomitique; Grès et calcaire; Grès feldspathique; Grès fin gris, dur; Grès gris (fracture à 18,9 m); Grès gris blanc; Grès rouge; Roc; Roc (calcaire cristallin, shale); Roc (dolomie); Roc (dolomie, calcaire, shale, grès); Roc (grès quartzitique); Roc (mangérite); Roc (quartzite); Roc (quartzite?); Roc (shale); Roc altéré, fractures remplies de silt; Roc basaltique; Roc calcaire; Roc fracturé; Roc fracturé: Dolomie; Roc fracturé: Grès de Potsdam; Roc granitique; Roc granitique rose; Roc granitique rose fracturé; Roc granitique vert; Roc granitique, altéré sur 30 cm; Roc granitique. Zone de fracturation entre 91.44 et 97.54 m; Roc indifférencié; Roc massif: Grès de Potsdam; Roc trituré; Roc trituré - Groupe de Beekmantown; Roc très fracturé; Roc. Altération sur 30 cm; Roc. Altéré sur les 61 premiers cm; Roc. Grès à grain fin à grossier avec présence de siltstone. Alternance de couleurs (vert, rouge et gris). Fractures à 15.85 m, 17.53 m, 20.73 m, 27.74 m et 37.49 m; Roc. Zone de fracturation de 40.54 à 41.15 m; Roc: Alternance de schiste gris, rouge et de quartzite; Roc: Calcaire très fracturé; Roc: Calcaire; Roc: Calcaire avec un peu de grès; Roc: Calcaire et shale; Roc: Calcaire. Fracture à 90.8 m; Roc: Dolomie; Roc: Dolomie noire, shaleux; Roc: Granite/gneiss; Roc: Grès; Roc: Grès (alternance de gris et rose); Roc: Grès rouge; Roc: Marbre; Roc: Schiste ardoisier gris foncé; Roc: Schiste ardoisier gréseux gris; Roc: Schiste ardoisier gréseux gris et rouge; Roc: Schiste ardoisier noir; Roc: Schiste ardoisier noir avec lits fins de quartzite; Roc: Schiste ardoisier rouge; Roc: Schiste beige; Roc: Schiste gris-noir; Roc: Schiste gréseux gris; Roc: Schiste gréseux, grès; Roc: Schiste

		rouge; Roc: Schiste rouge et gris; Roc: Shale; Roc: Shale rouge et gris en alternance; Roc: alternance de schiste ardoisier et de quartzite gris-vert; Roc: alternance de schiste noir et rouge; Roc: alternance de shale rouge et de shale gréseux gris-vert; Roc: calcaire; Roc: dolomie et grès dolomitique; Roc: gneiss charnockitique; Roc: gneiss granitique; Roc: gneiss gris passant à verdâtre entre 34 et 39 m; Roc: granite; Roc: grès rouge; Roc: marbre possible; Roc: orthogneiss. Premier mètre très fracturé; Roc: schiste; Roc: schiste ardoisier; Roc: schiste noir; Roc: schiste noir et vert Zone de fracturation à la base du forage; Roc: schiste rouge; Roc: schiste à pyrite. Zone de fracturation à 30 m; Roc: shale; Roc: shale calcaireux; Roc: shale calcaireux gris-brun à gris; Roc: shale calcaireux noir avec pyrite; Roc: shale noir calcaireux avec calcite. Zone fracturée entre 21 et 24 m; Roc: shale noir calcaireux avec lits de calcite; Roc: shale noir calcaireux avec lits de calcite; Roc: shale noire calcaireux et parfois gréseux. Zone fracturée à 67 m; Roc: zones fracturées à 51.8 m, à 52.7 m, à 58.2 m, de 64.9 à 65.5 m, de 74.1 à 75.3 m et de 84.4 à 85.6 m; Roc: Orthoquartzite; Roc: schiste; Schiste; Schiste ardoisier; Schiste calcaireux avec veines de quartz; Schiste gris; Schiste noir; Schiste noir pyriteux; Schiste pyriteux gris foncé avec veines de quartz à partir de 18.3 m; Schiste. Très friable de 29.0 à 34.1 m; Shale calcaireux. Fractures à 21.3 m, 22.6 m, 25.9 m et 35.1 m; Shale calcaireux noir avec calcite; Shale et grès fin, noir. Présence de quartz et de plagioclase. Fracture de 0.05 m à 16.8 m. Fracture de 0.10 m à 33.5 m. Fracture de 0.10 m à 35.1 m; Shale et grès fin, noir. Présence de quartz et de plagioclase. Fracture de 0.05 m à 27.4 m. Fracture de 0.10 m à 36.6 m. Fracture de 0.10 m à 44.2 m. Fracture de 0.10 m à 47.2 m. Fracture de 0.05 m à 48.0 m; Shale gris; Shale gris avec veinules de quartz; Shale gris et grès fin; Shale gris et rouge; Shale gris foncé; Shale gris foncé avec interlits de grès à partir de 36.6 m; Shale gris foncé avec traces de pyrite et de quartz; Shale noir; Shale noir avec veines de quartz; Shale noir pyriteux; Shale noir très fracturé; Shale noir. Fractures à 21.34 m; Shale rouge; Shale rouge (marne) mou, peu fracturé; Shale rouge dur; Shale rouge dur. Fracture de 0.05 m à 46 m de profondeur; Shale rouge mou et fracturé. Fracture de 0.10 m à 25.9 m de profondeur.
AUTRE	6	Fracture; Fractures; Fractures présentes aux profondeurs suivantes: 13,7 - 16,5 - 18,0 - 20,1 - 28,0 - 32,0 - 32,9 - 33,2 - 35,7 - 36,3 - 36,6 - 40,2 - 45,7 - 49,4 - 56,1 et 67,4 m; Fractures présentes aux profondeurs suivantes: 2,4 - 4,0 - 5,8 - 7,3 - 7,9 - 8,2 - 8,5 - 10,4 - 11,0 - 12,2 - 14,3 - 15,5 - 16,8 - 18,3 - 23,2 - 32,6 - 33,2 - 36,3 - 39,3 - 40,2 - 41,1 - 43,0 - 44,2 - 45,9 - 46,3 - 48,2 - 49,4 - 50,9 - 53,9 - 54,3 - 54,9 - 56,4 - 56,7 - 57,9 - 59,7 - 62,5 - 63,1 - 64,0 - 65,2 et 67,7 m; Fractures présentes aux profondeurs suivantes: 7,3 - 8,8 - 10,1 - 10,7 - 11,6 - 12,2 - 12,8 - 14,9 - 16,2 - 16,8 - 19,2 - 20,4 - 21,6 - 22,3 - 22,6 - 30,2 - 51,5 - 52,1 - 52,4 - 64,6 et 75,9 m; nan.

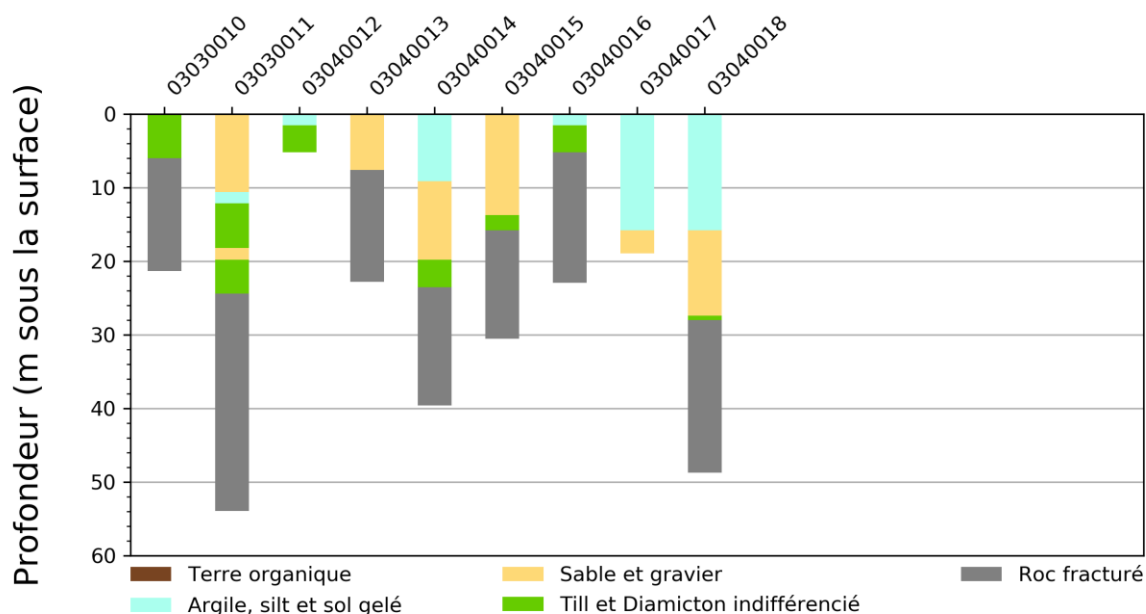
A8 Logs d'hydrofaciès par zone hydroclimatiques

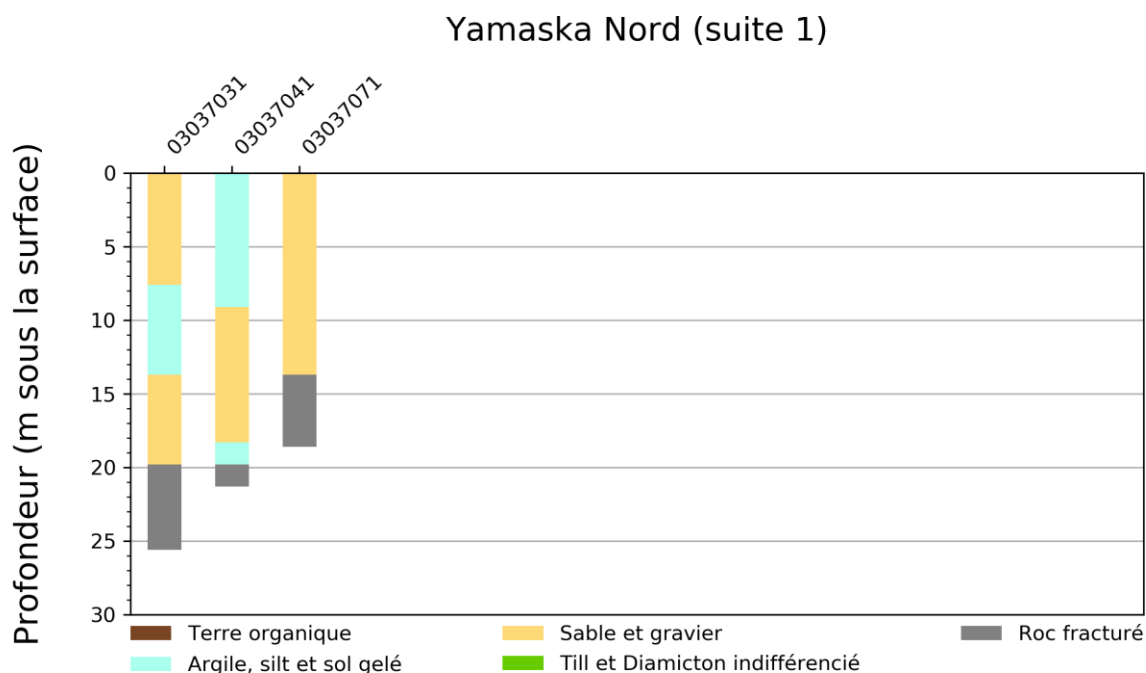
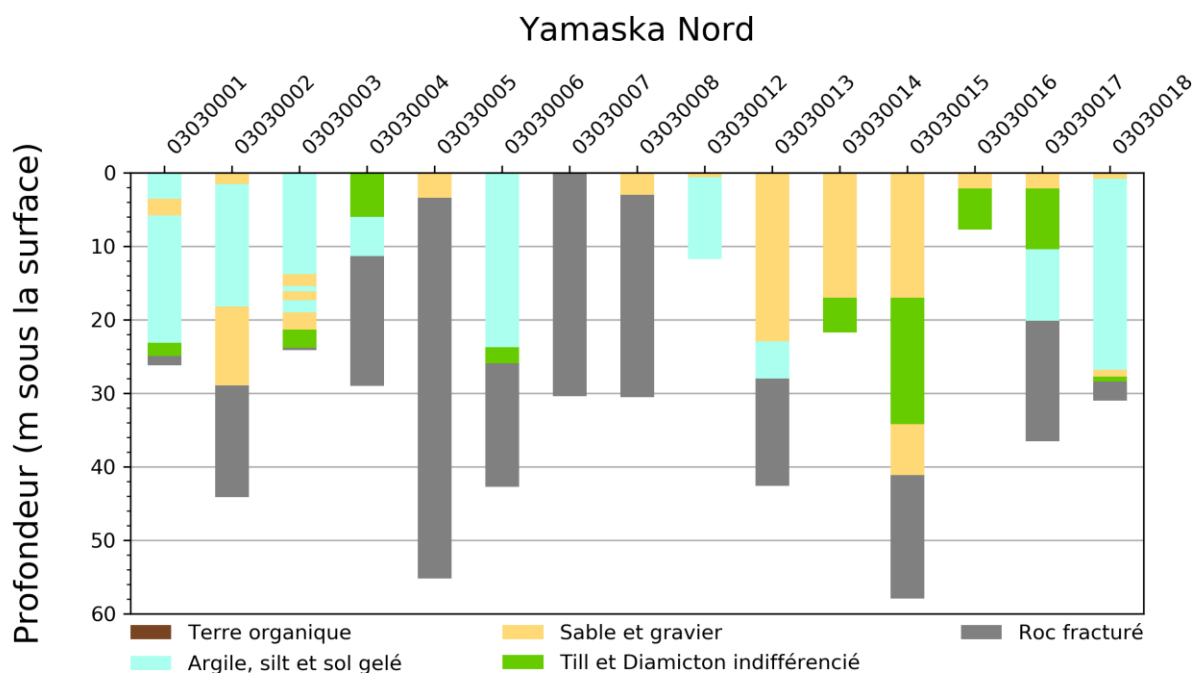


Châteauguay (suite 2)

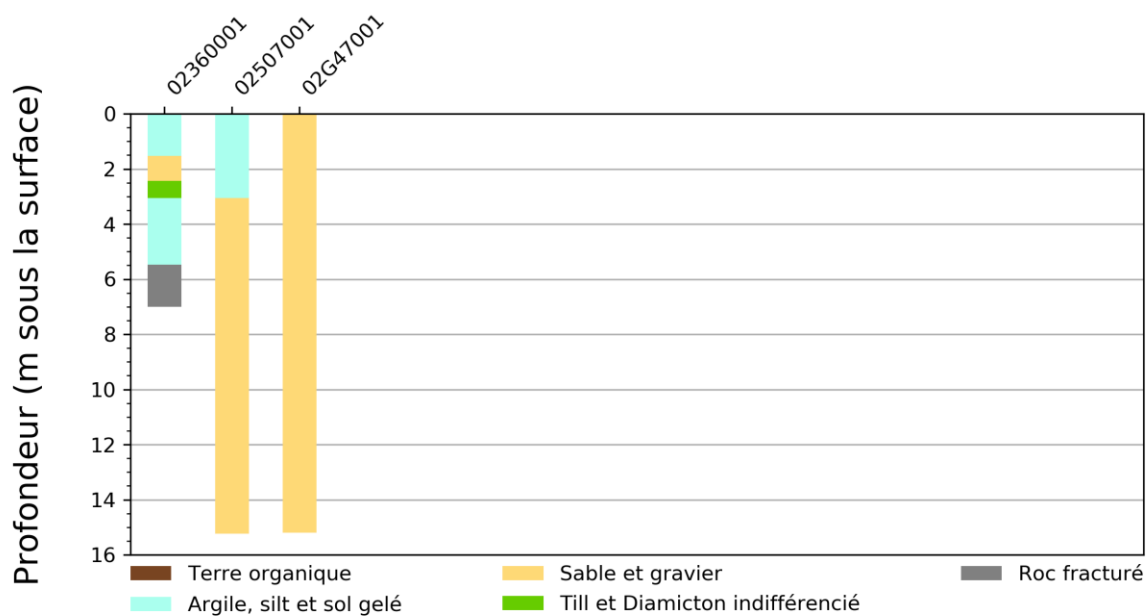


Yamaska Sud & Baie Missisquoi

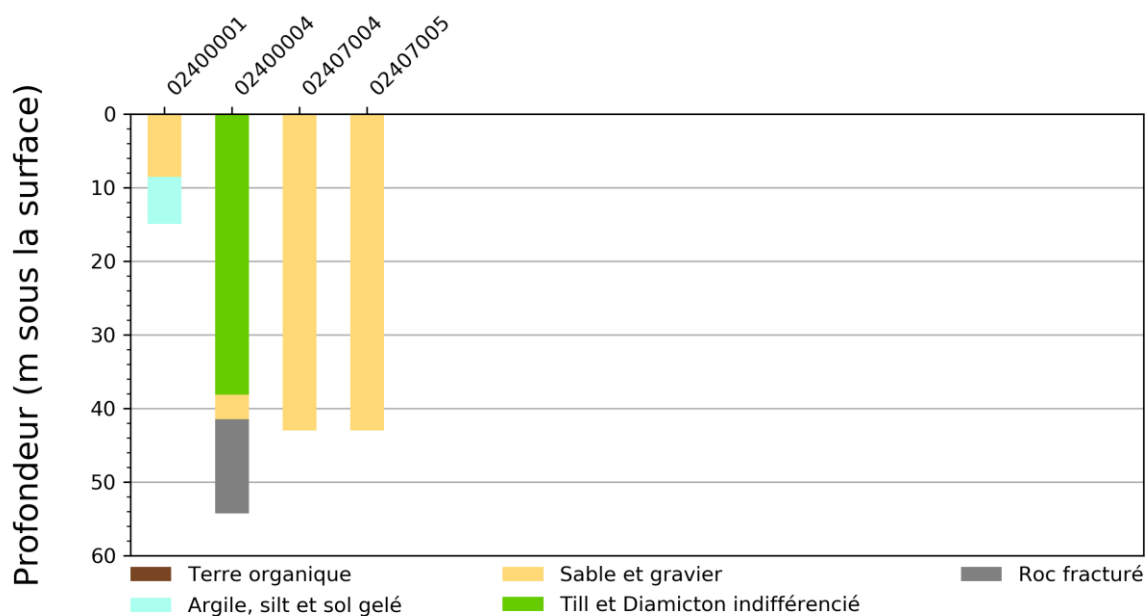


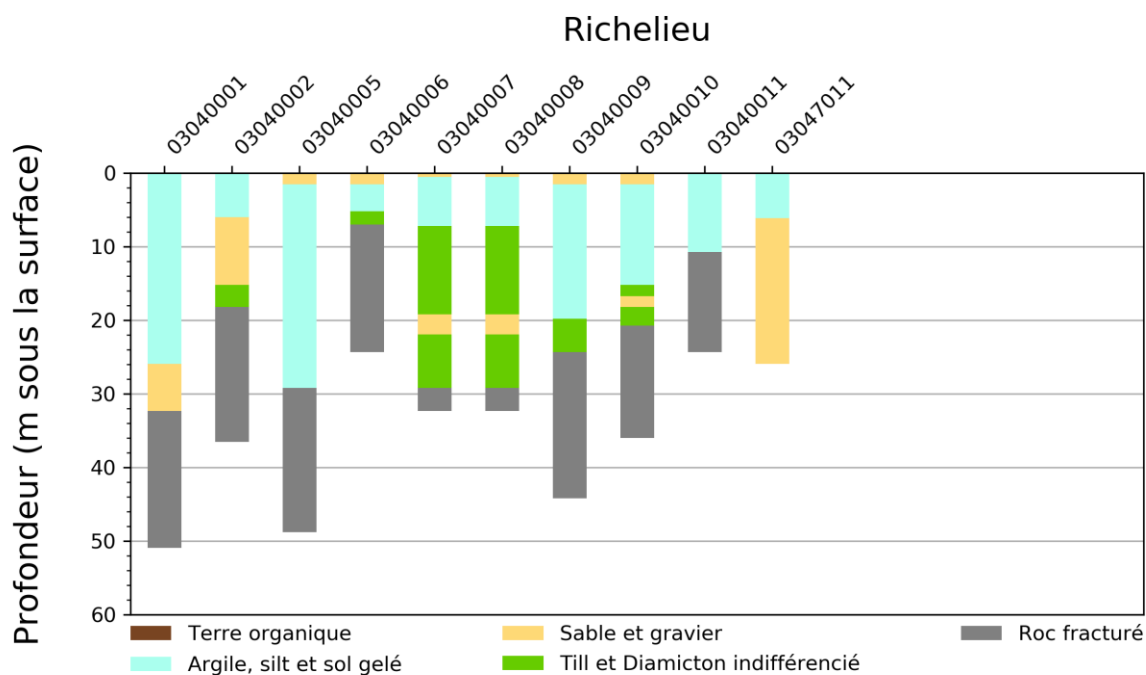
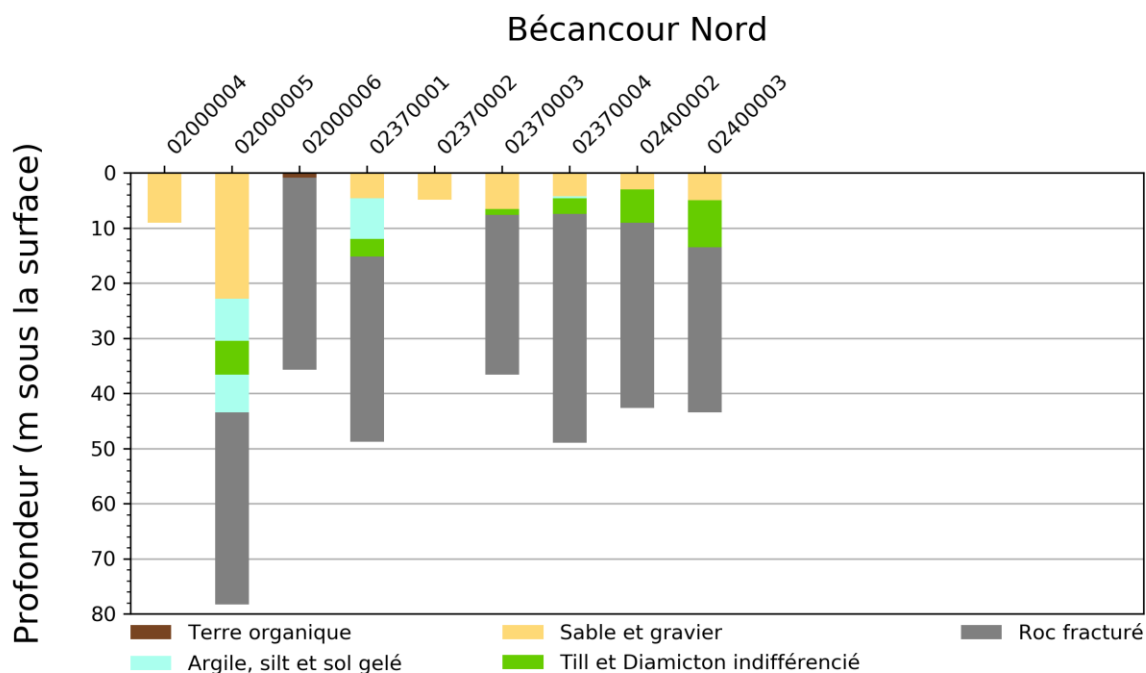


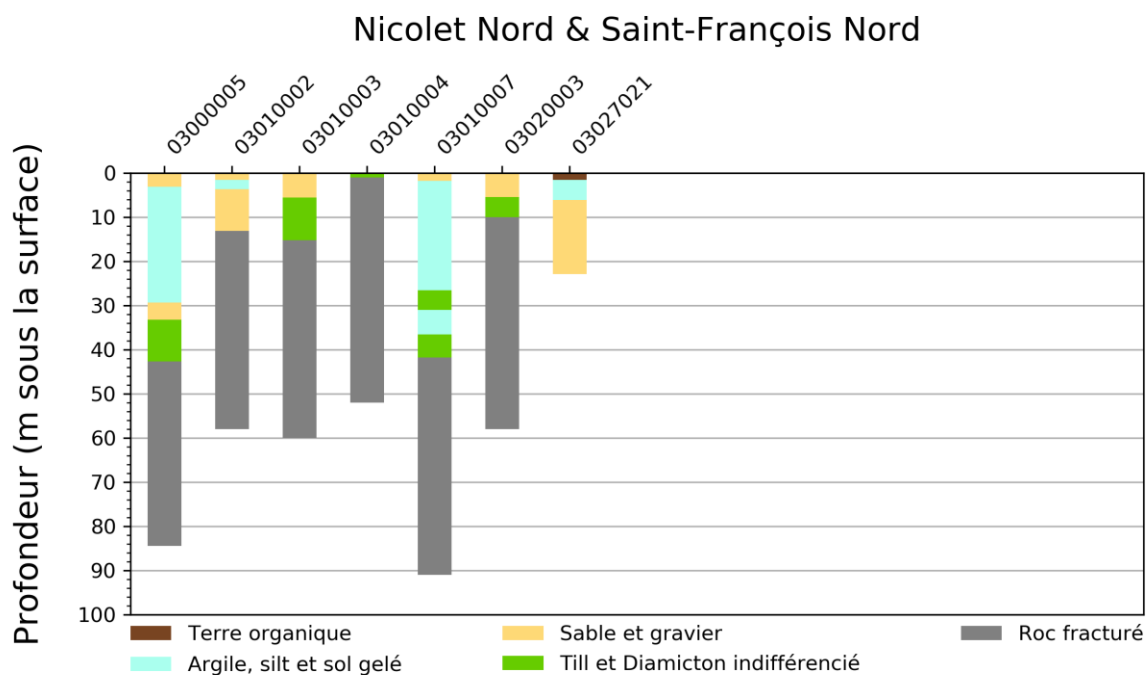
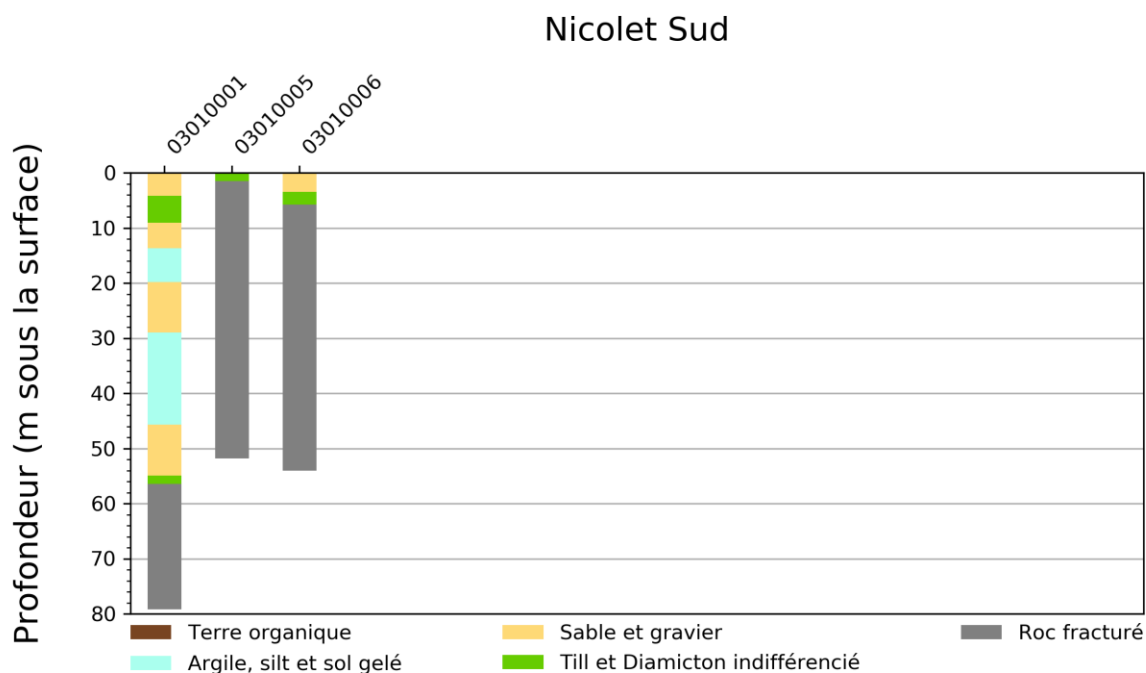
Du Chêne



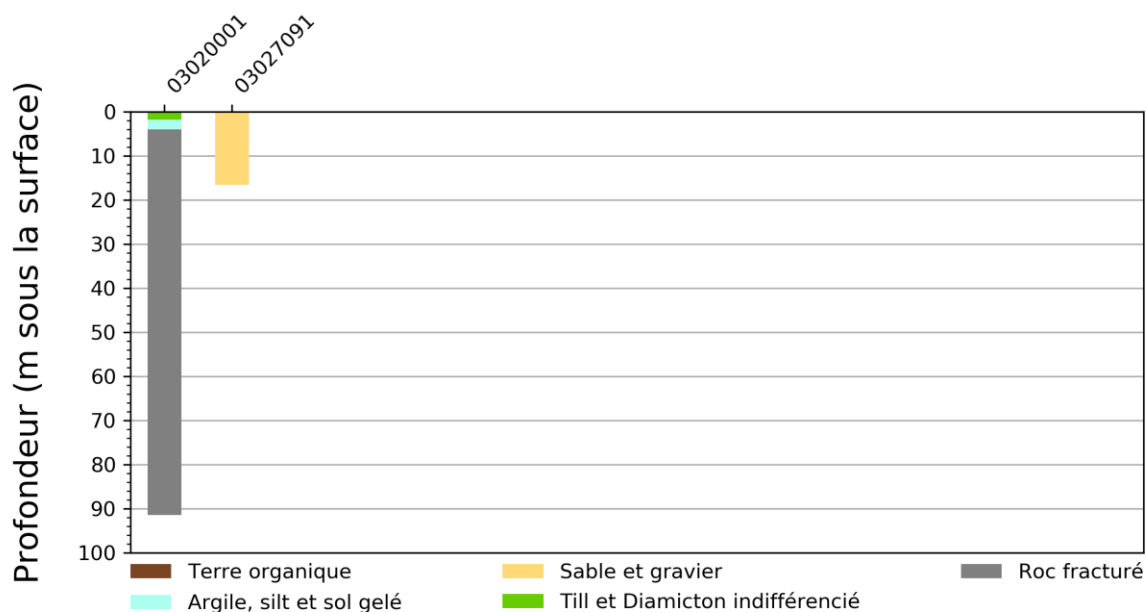
Bécancour Sud



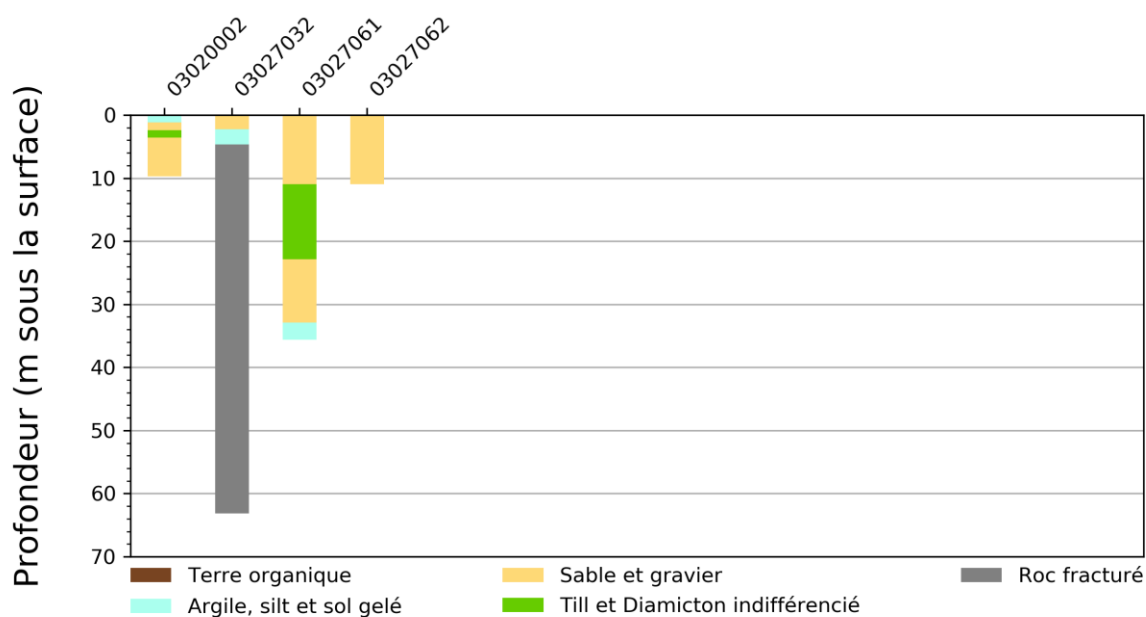


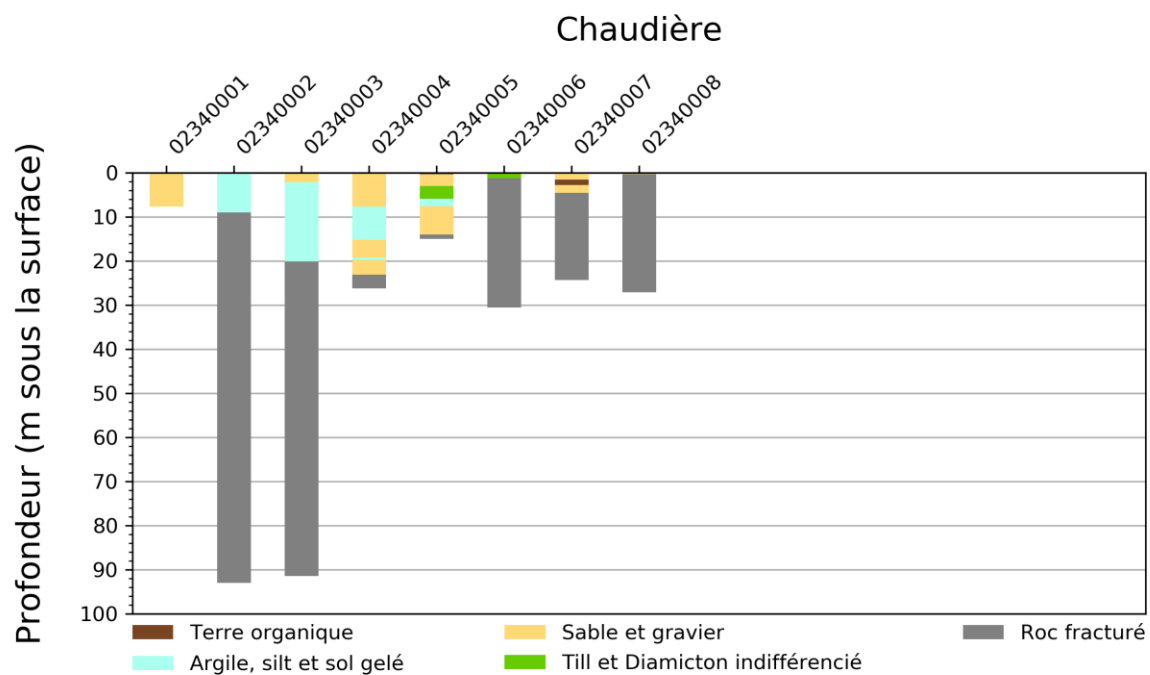


Saint-François Ouest



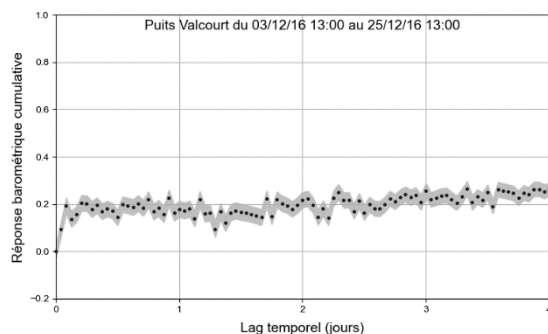
Saint-François Est



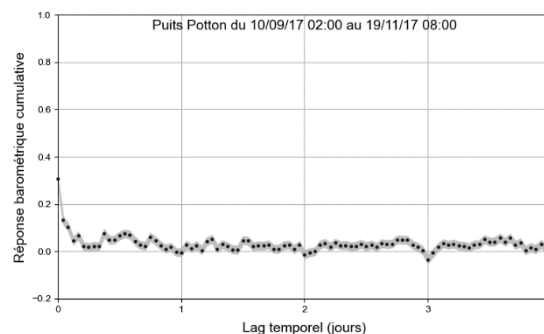


A9 Fonction de réponse barométrique des puits de la région d'étude

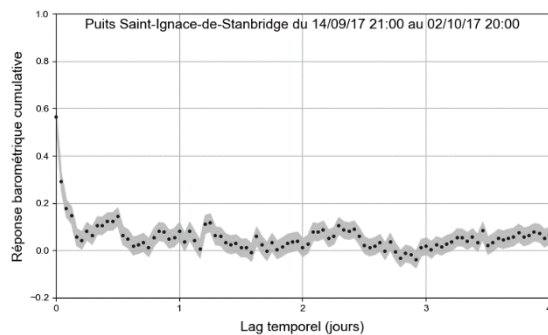
A9.1 Yamaska Sud & Baie Mississquoi



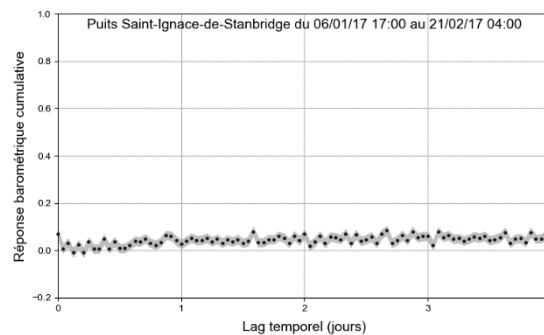
■ Valcourt – 03030010



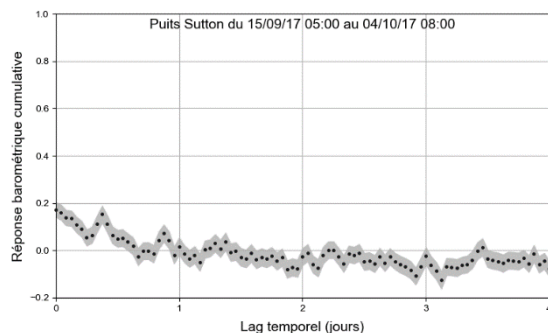
■ Potton – 03040014



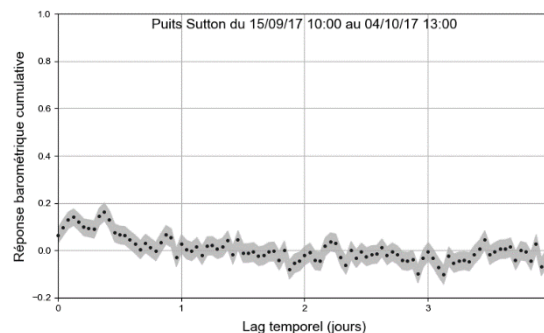
■ Saint-Ignace-de-Stanbridge – 03040012



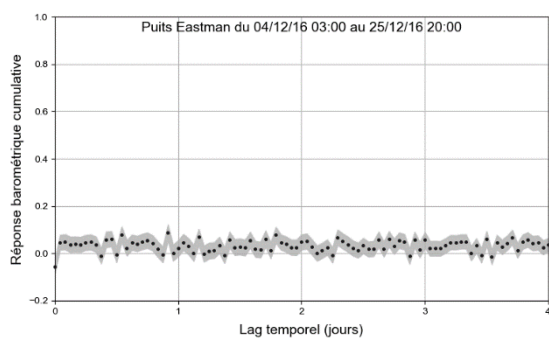
■ Saint-Ignace-de-Stanbridge - 03040016



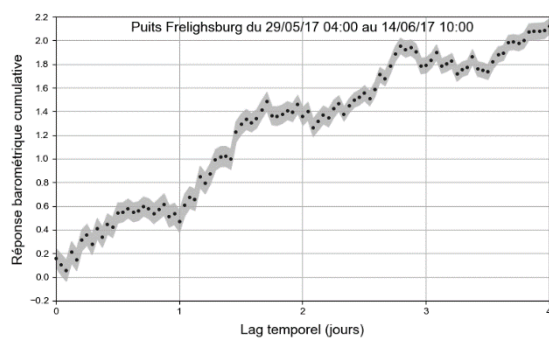
■ Sutton – 03040017



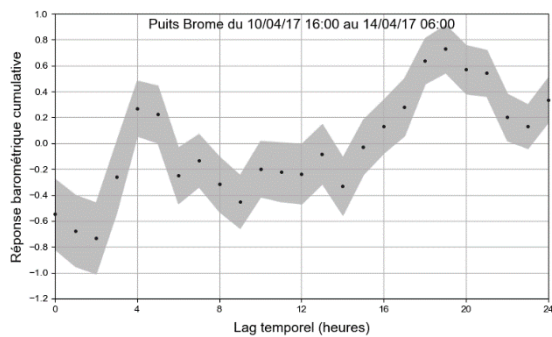
■ Sutton – 03040018



■ Eastman – 03040015

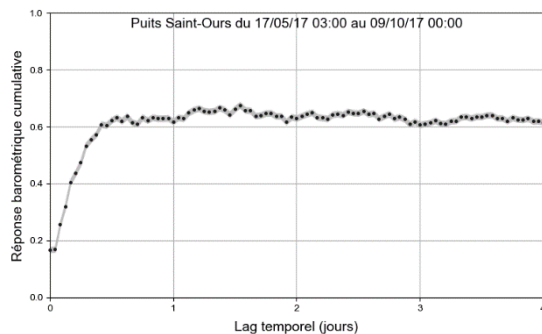


■ Frelighsburg - 03040013

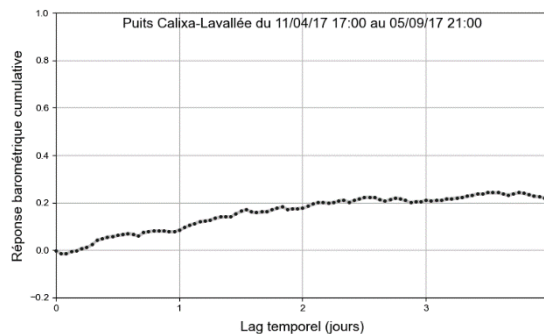


■ Brome - 03030011

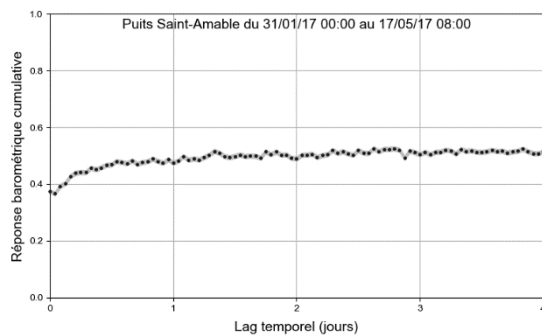
A9.2 Richelieu



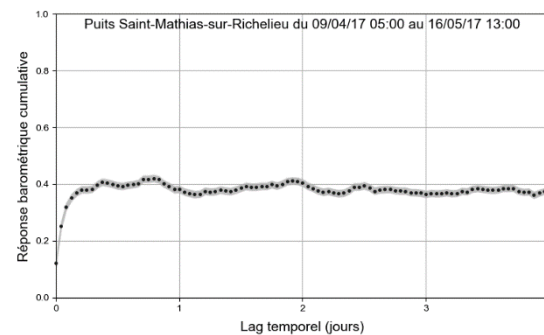
■ Saint-Ours – 03040001



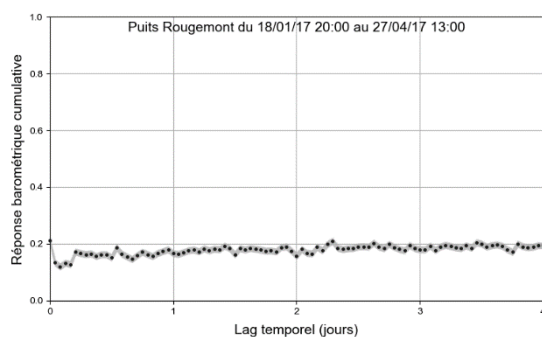
■ Calixa-Lavallée - 03040002



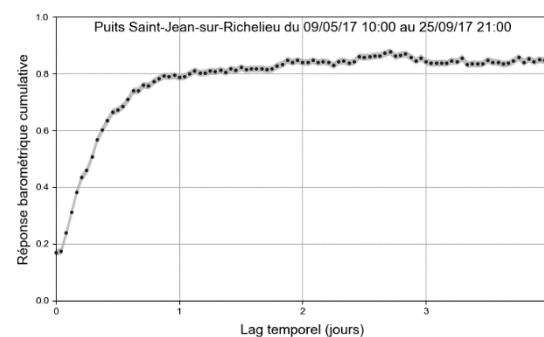
■ Saint-Amable – 03040005



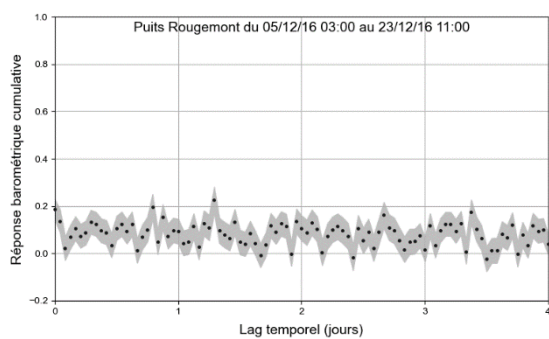
■ Saint-Mathias-sur-Richelieu - 03040006



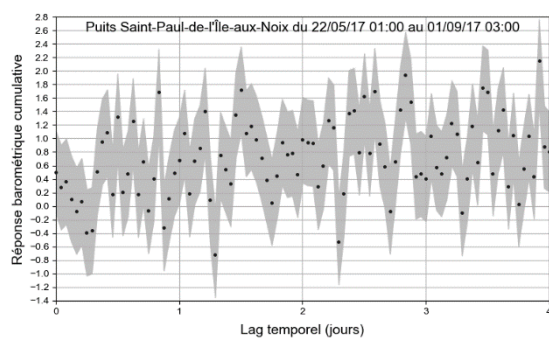
■ Rougemont – 03040008



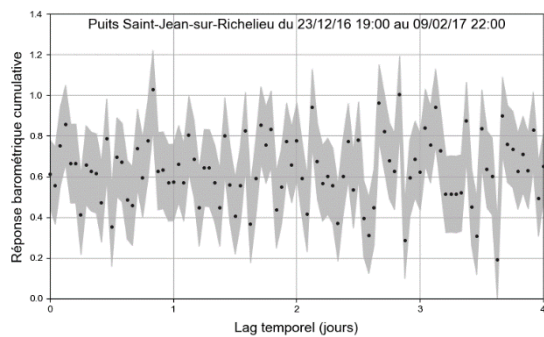
■ Saint-Jean-sur-Richelieu - 03040009



■ Rougemont – 03040007 (difficile à interpréter)

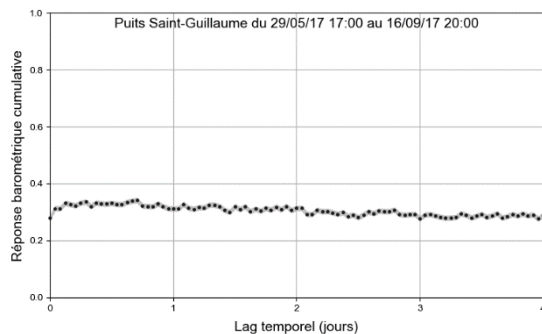


■ Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix - 03040011

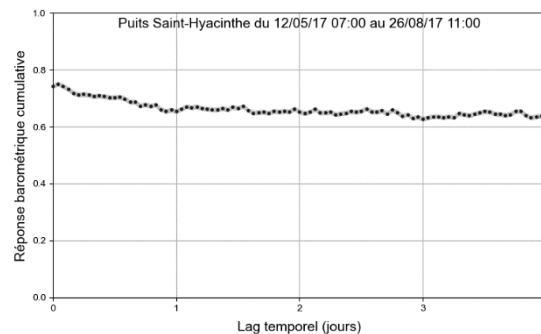


■ Saint-Jean-sur-Richelieu - 03040010

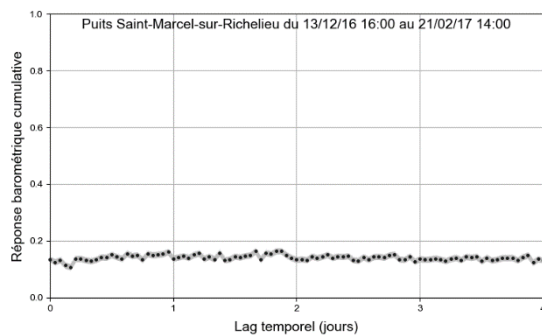
A9.3 Yamaska Nord



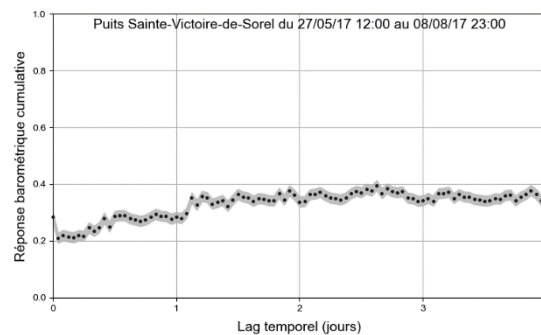
■ Saint-Guillaume – 03030013



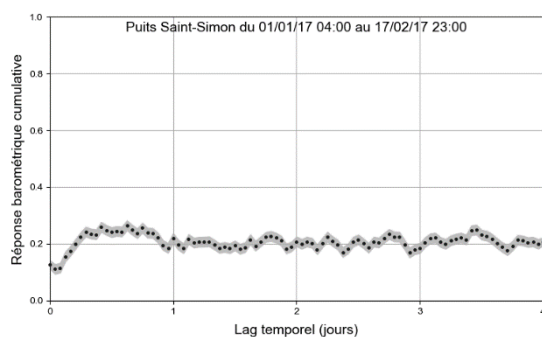
■ Saint-Hyacinthe - 03030018



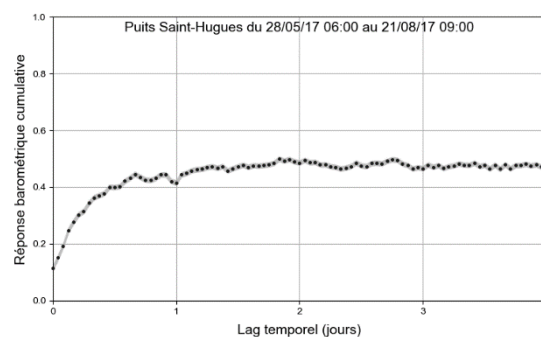
■ Saint-Marcel-sur-Richelieu – 03030002



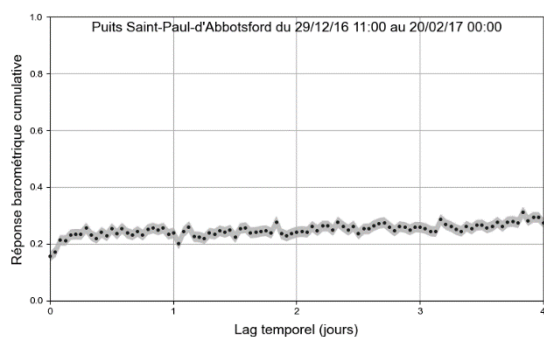
■ Sainte-Victoire-de-Sorel – 03030001



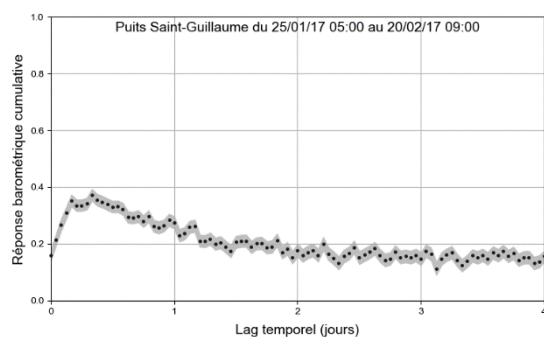
■ Saint-Simon – 03030004



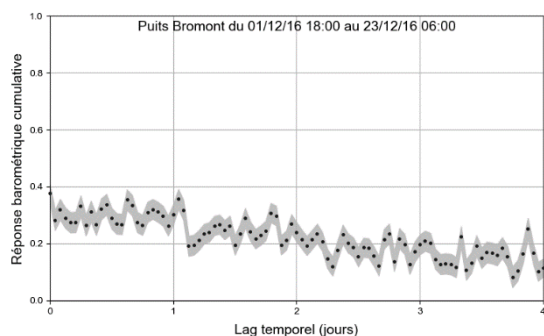
■ Saint-Hugues - 03030003



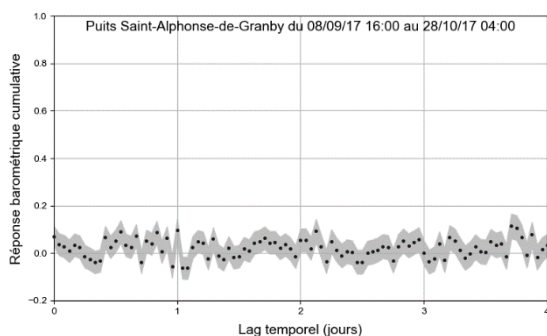
■ Saint-Paul-d'Abbotsford – 03037041



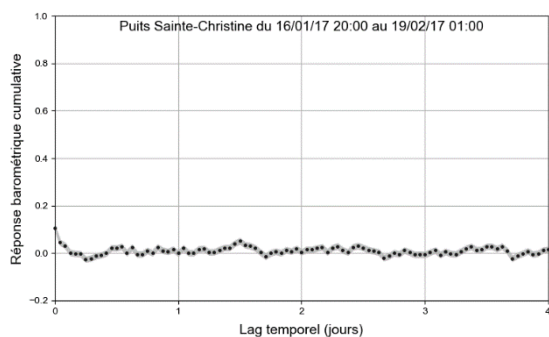
■ Saint-Guillaume - 03030012



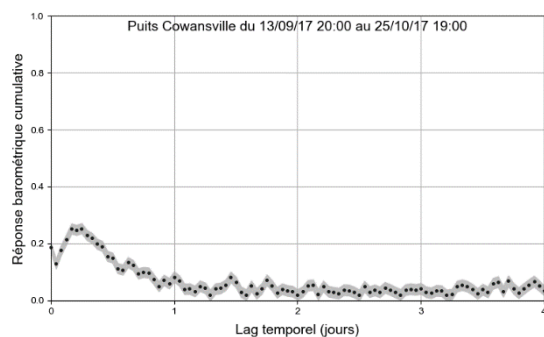
■ Bromont – 03030017



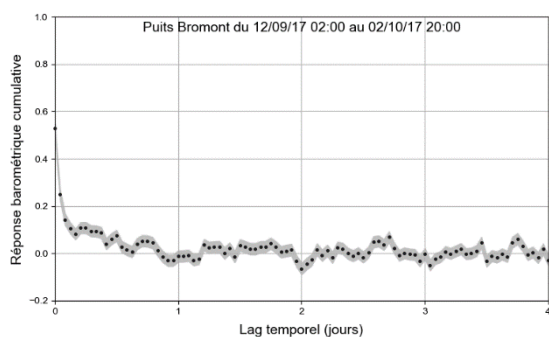
■ Saint-Alphonse-de-Granby - 03037031



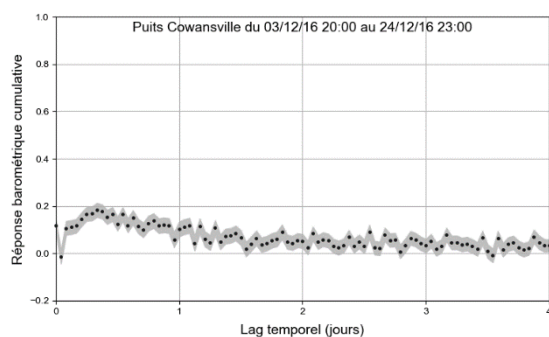
■ Sainte-Christine – 03037071



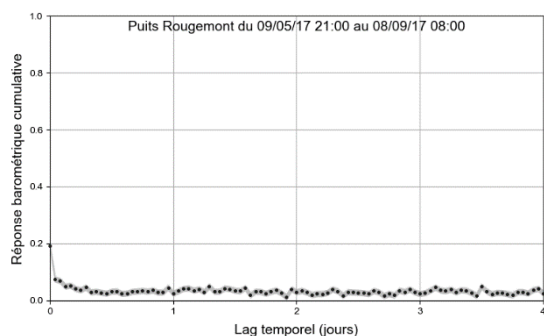
■ Cowansville - 03030014



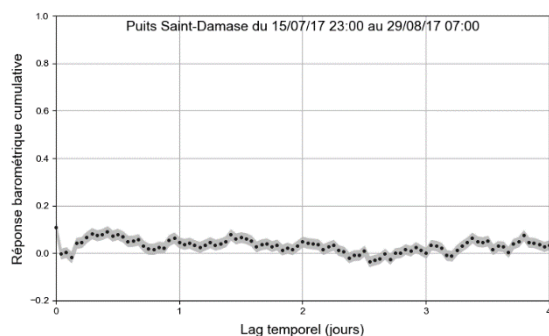
■ Bromont – 03030016



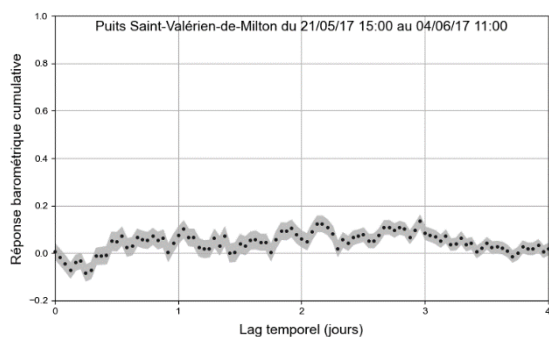
■ Cowansville - 03030015



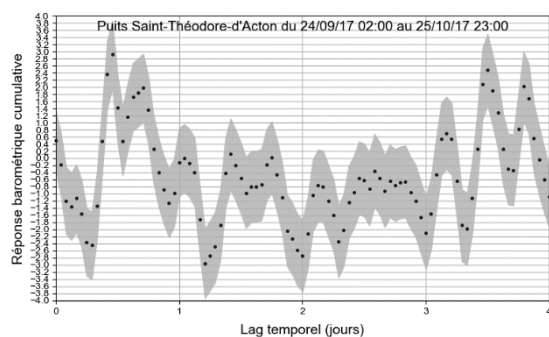
■ Rougemont – 03030008



■ Saint-Damase - 03030006

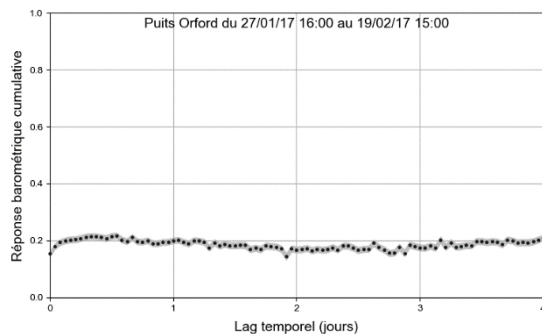


■ Saint-Valérien-de-Milton - 03030007

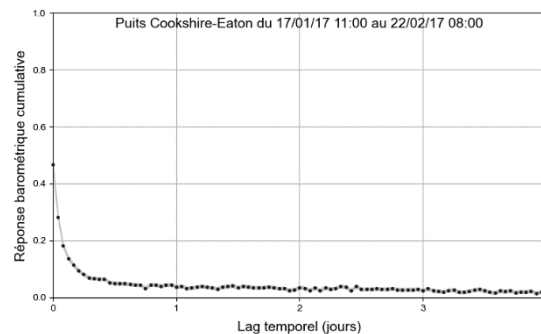


■ Saint-Théodore-d'Acton - 03030005

A9.4 Saint-François Ouest

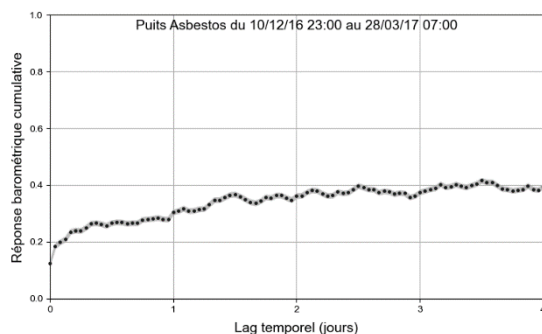


■ Orford - 03020001

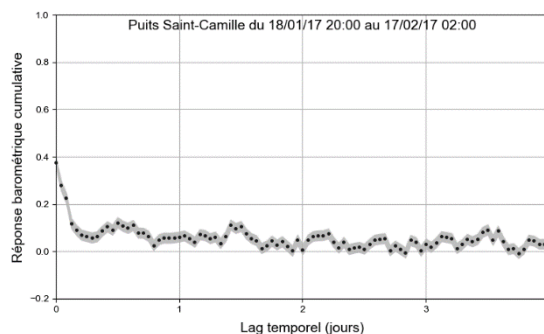


■ Cookshire-Eaton - 03027091

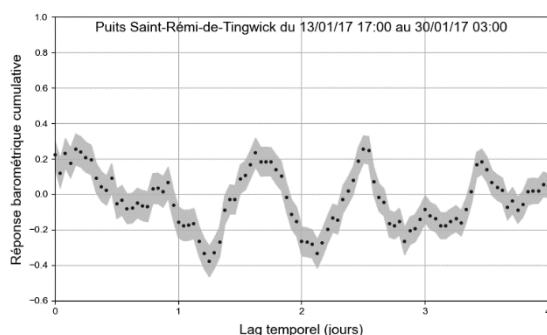
A9.5 Nicolet Sud



■ Asbestos – 03010001

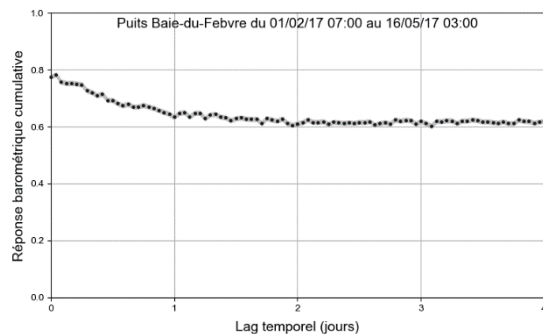


■ Saint-Camille - 03010005

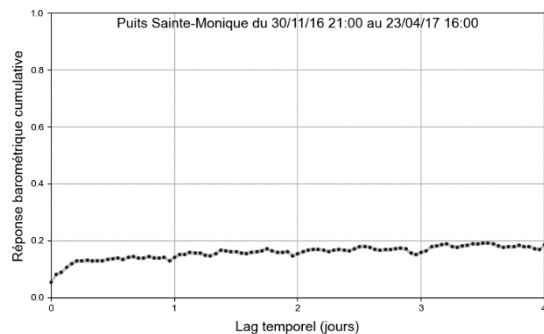


■ Saint-Rémi-de-Tingwick – 03010006

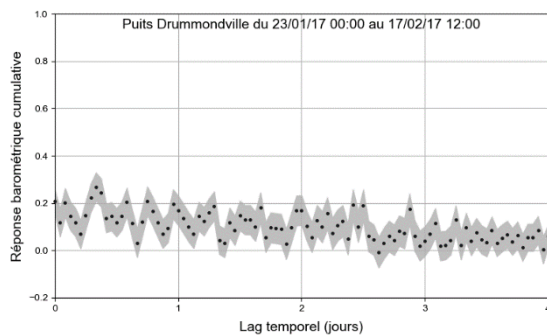
A9.6 Nicolet Nord & Saint-François Nord



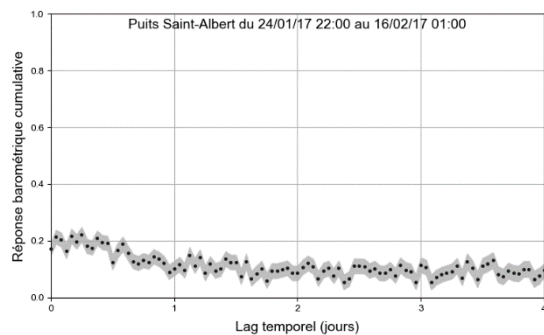
■ Baie-du-Febvre - 03000005



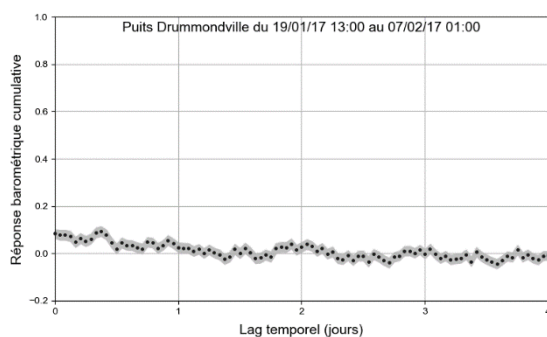
■ Sainte-Monique - 03010007



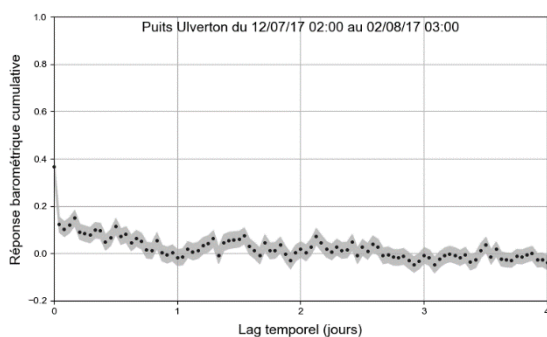
■ Drummondville – 03010002



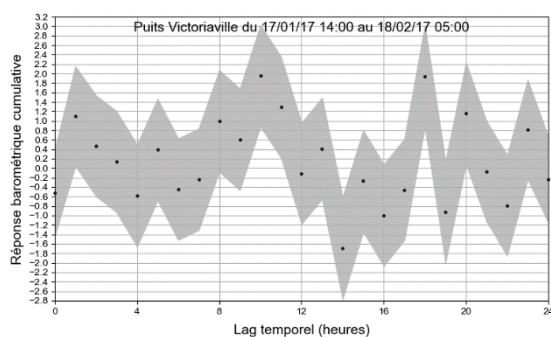
■ Saint-Albert - 03010003



■ Drummondville – 03020003

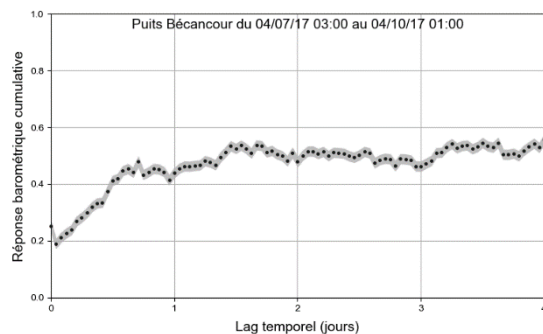


■ Ulverton - 03020003

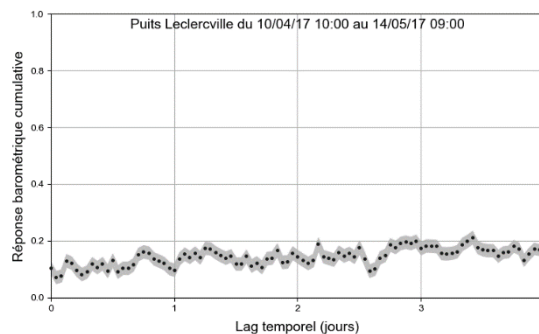


■ Victoriaville – 03010004

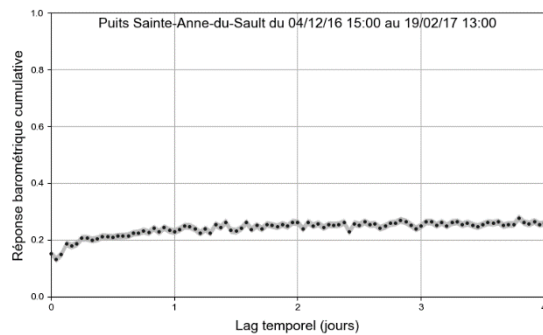
A9.7 Bécancour Nord



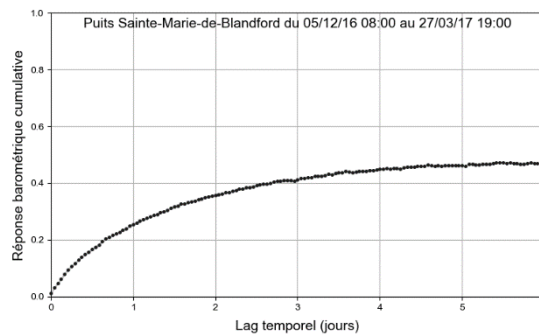
■ Bécancour – 02000006



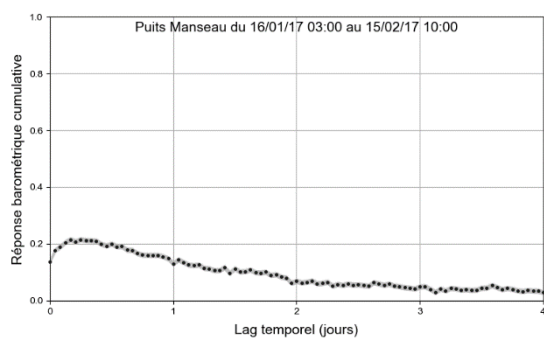
■ Leclercville - 02370001



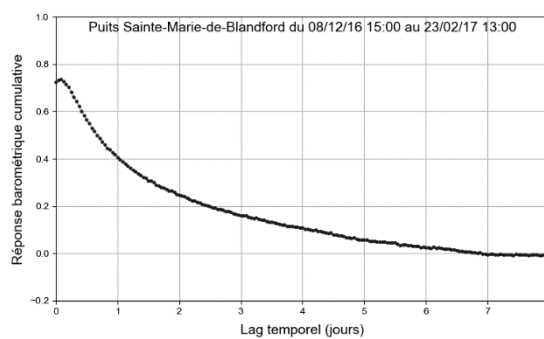
■ Sainte-Anne-du-Sault – 02400002



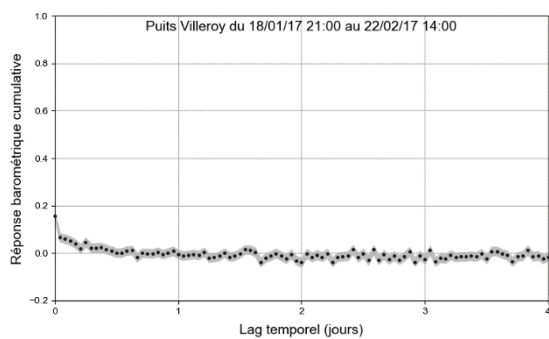
■ Sainte-Marie-de-Blandford - 02000005



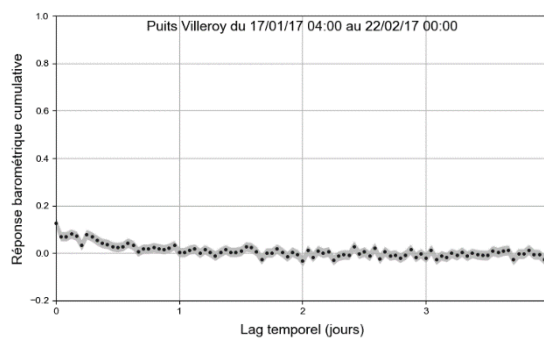
■ Manseau – 02400003



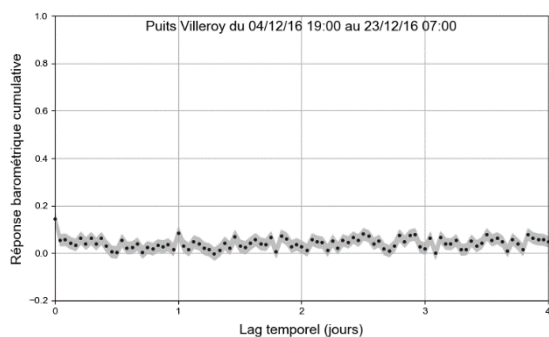
■ Sainte-Marie-de-Blandford - 02000004



■ Villeroy – 02370002

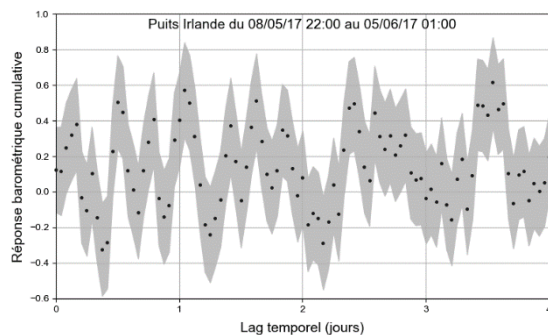


■ Villeroy - 02370003

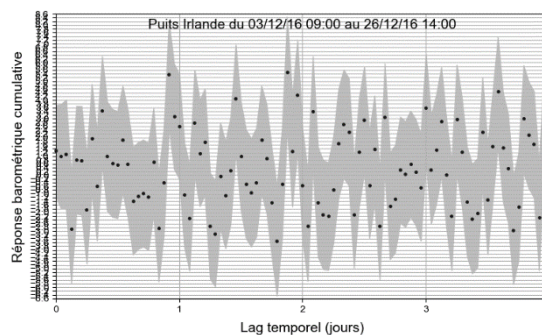


■ Villeroy - 02370004

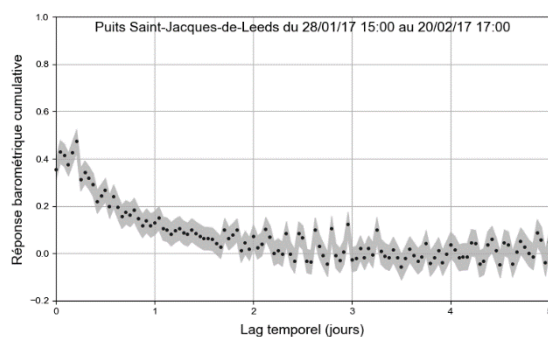
A9.8 Bécancour Sud



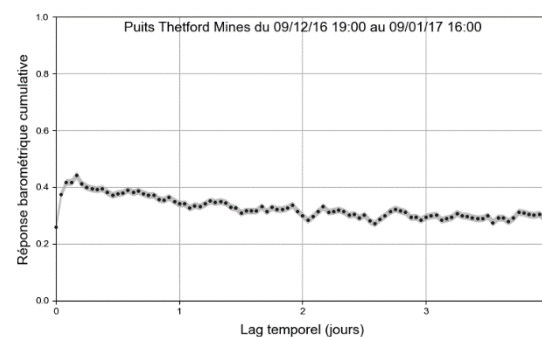
■ Irlande – 02407004



■ Irlande - 02407005

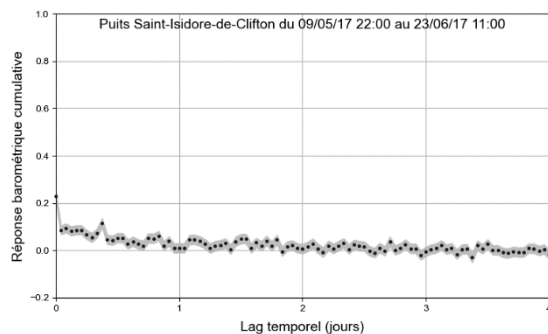


■ Saint-Jacques-de-Leeds – 02400001

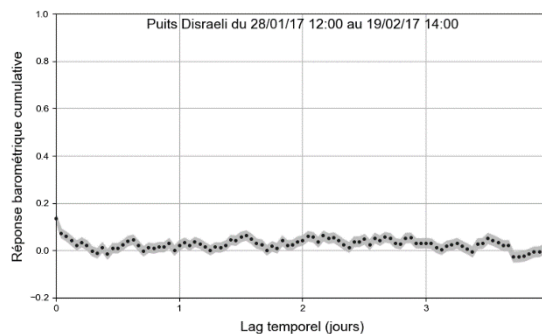


■ Thetford Mines – 02400004

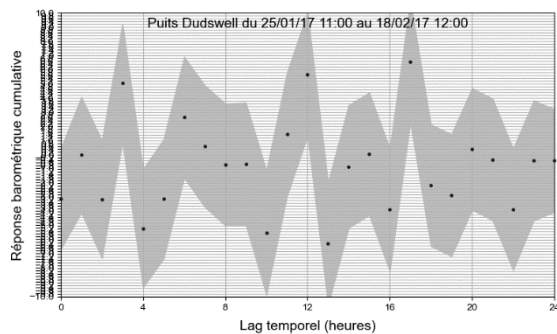
A9.9 Saint-François Est



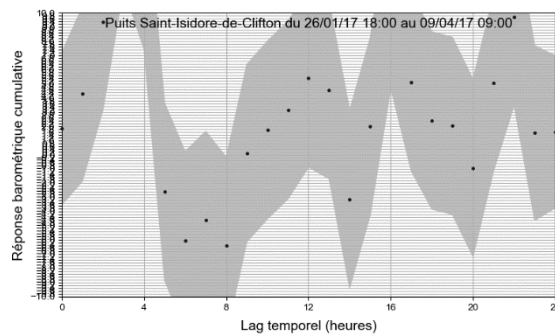
■ Saint-Isidore-de-Clifton – 03027062



■ Disraeli – 03020002

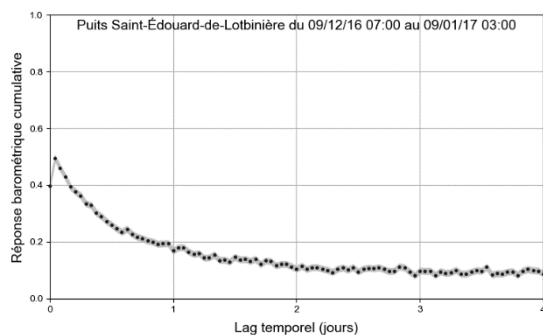


■ Dudswell – 03027032

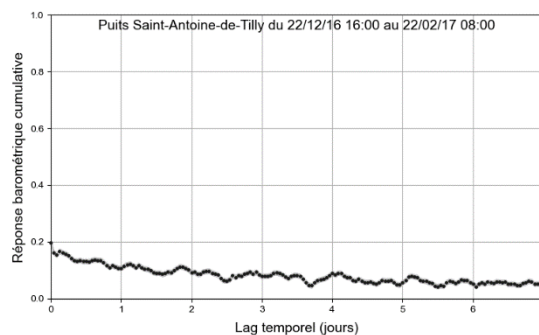


■ Saint-Isidore-de-Clifton - 03027061

A9.10 Du Chêne

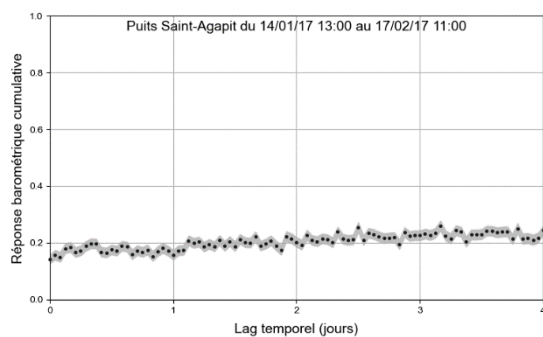


■ Saint-Édouard-de-Lotbinière - 02360001

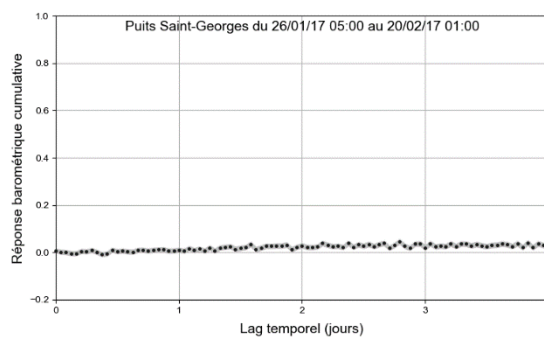


■ Saint-Antoine-de-Tilly - 02G47001

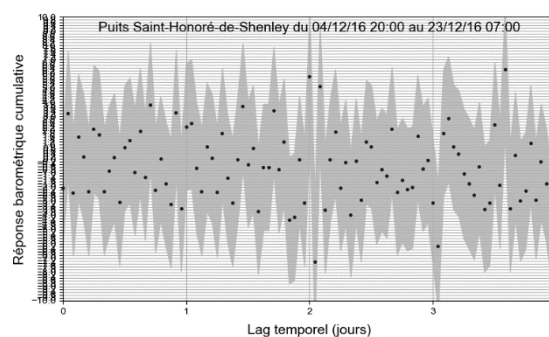
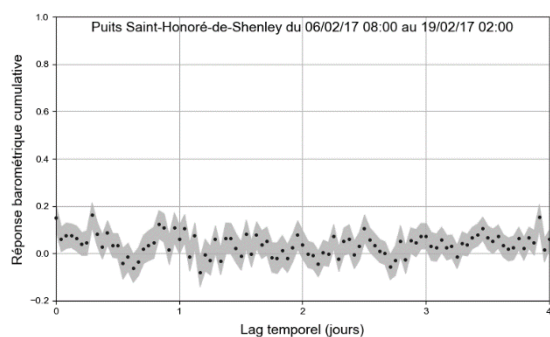
A9.11 Chaudière



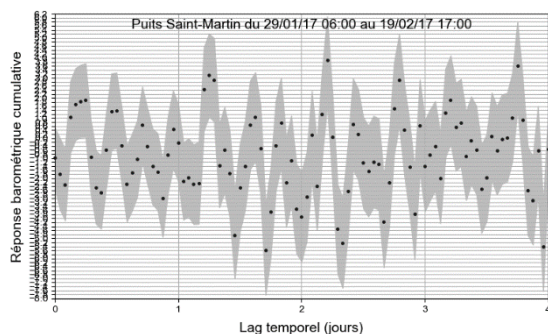
■ Saint-Agapit – 02340001



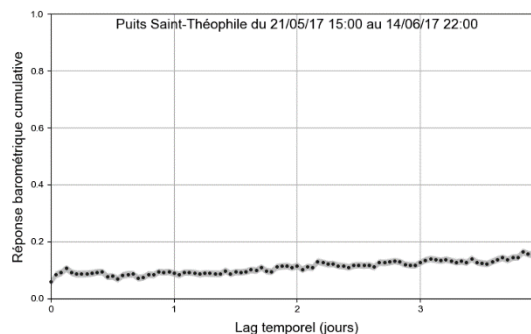
■ Saint-Georges - 02340008



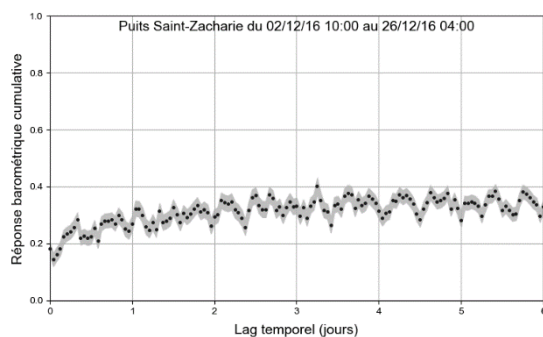
■ Saint-Honoré-de-Shenley – 02340006



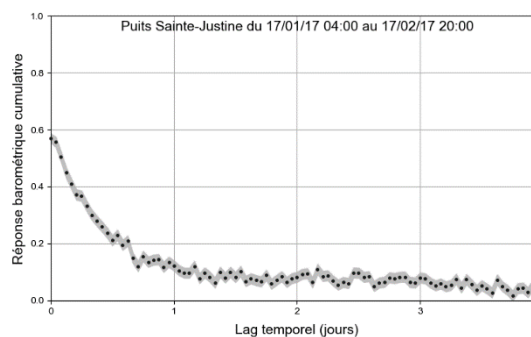
■ Saint-Martin - 02340002



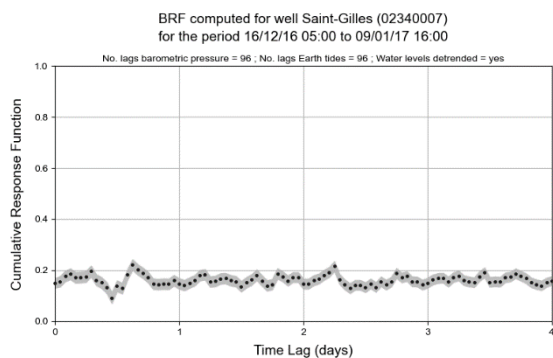
■ Saint-Théophile - 02340004



■ Saint-Zacharie – 02340003

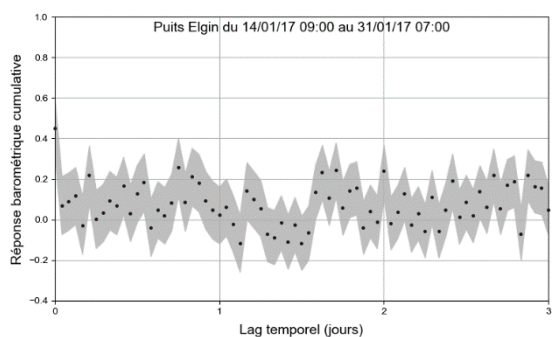


■ Sainte-Justine - 02340005

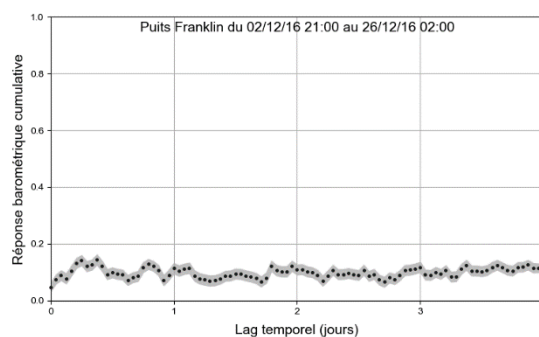


■ Saint-Gilles – 02340007

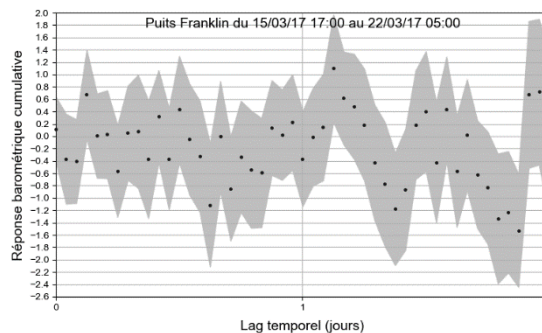
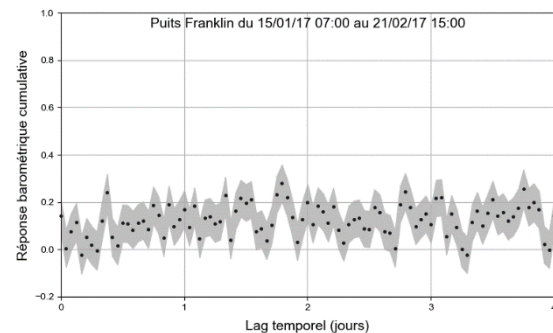
A9.12 Châteauguay



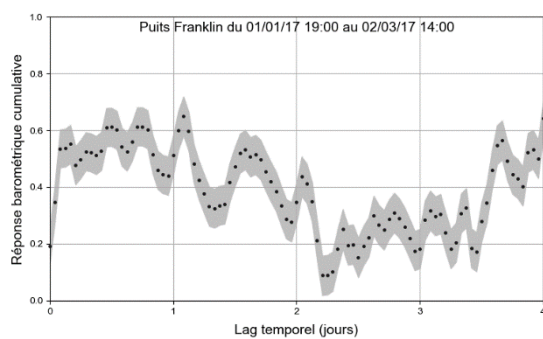
■● Elgin – 02340001



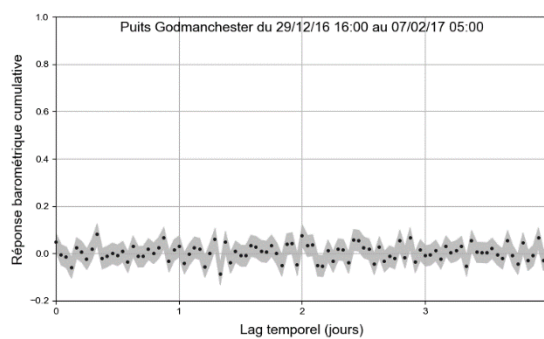
■ Franklin – 03090005



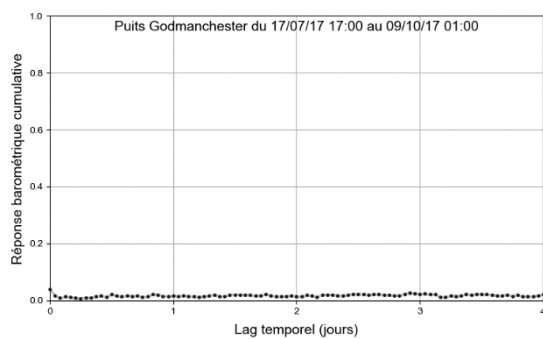
■ Franklin – 03090006



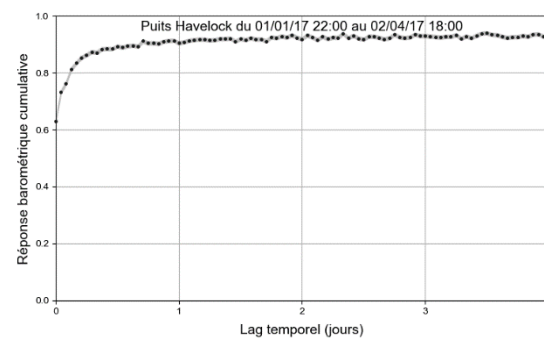
■ Franklin – 03090020



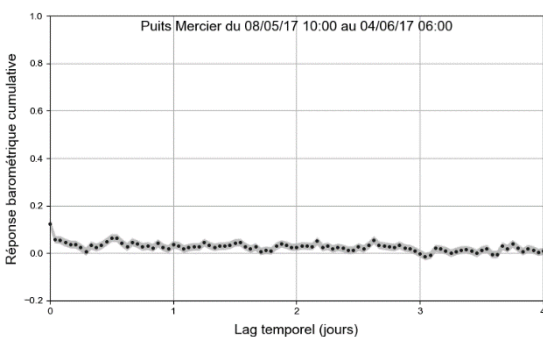
■ Godmanchester – 03090010



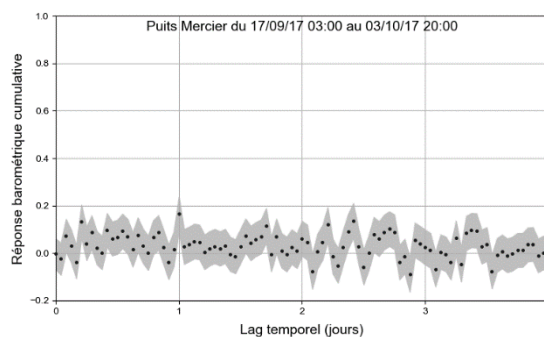
■ Godmanchester – 03090011



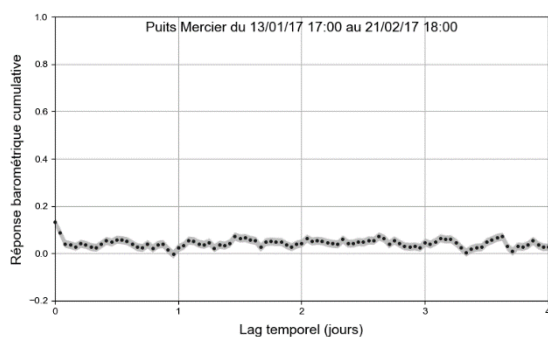
■ Havelock – 03090008



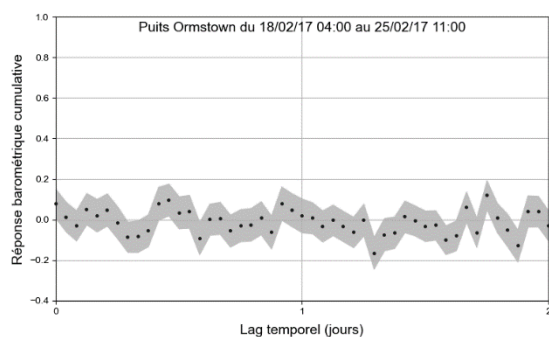
■ Mercier – 03090001



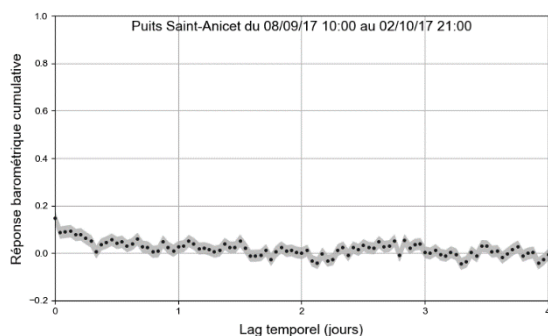
■ Mercier – 03090021



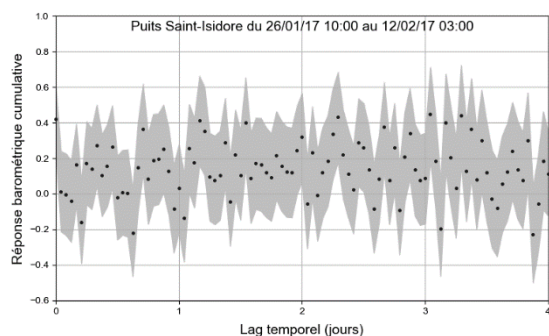
■ Mercier – 03097201



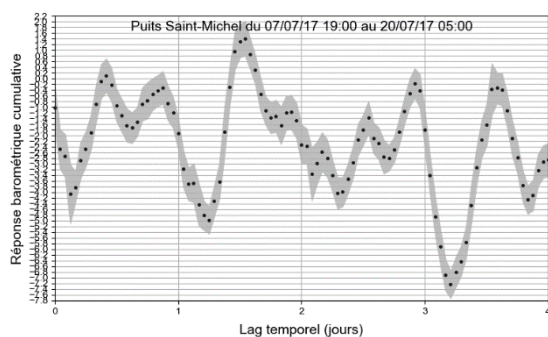
■ Ormstown – 03090004



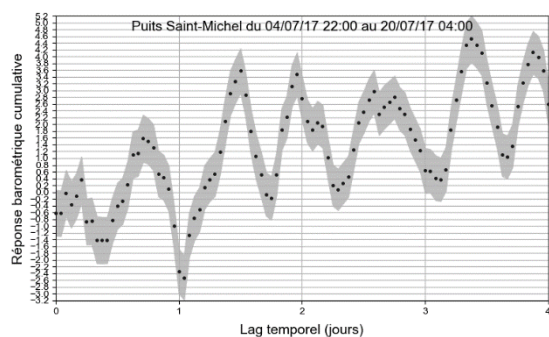
■ Saint-Anicet – 03000001



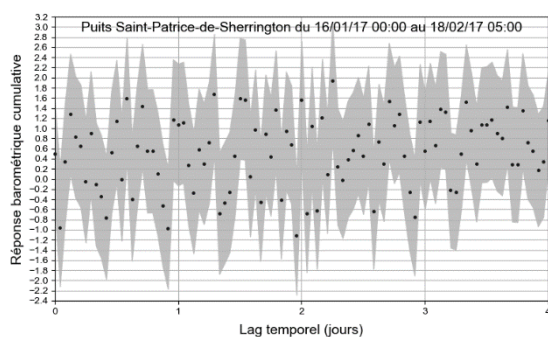
■ Saint-Isidore – 03097131



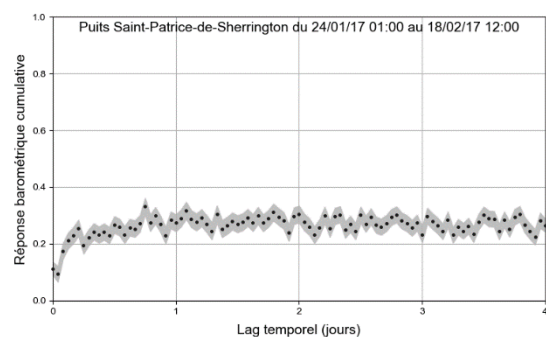
■ Saint-Michel – 03090014



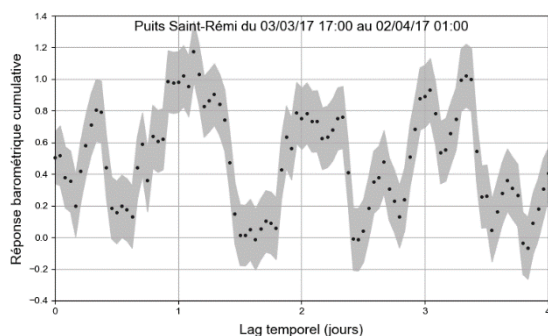
■ Saint-Michel – 03090015



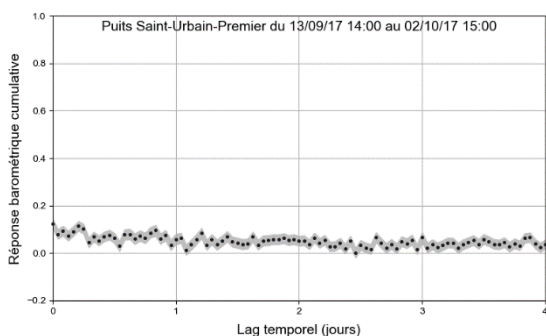
■ Saint-Patrice-de-Sherrington – 03070001



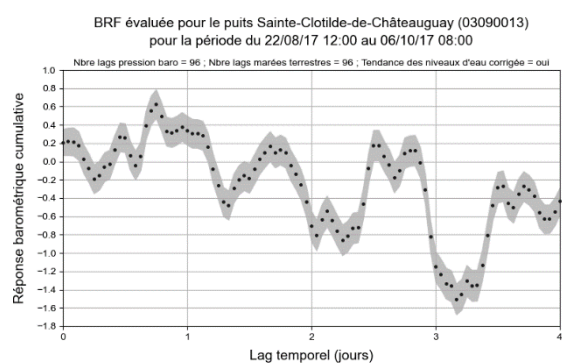
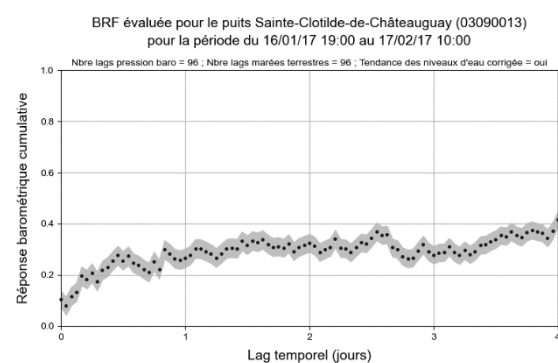
■ Saint-Patrice-de-Sherrington – 03070002



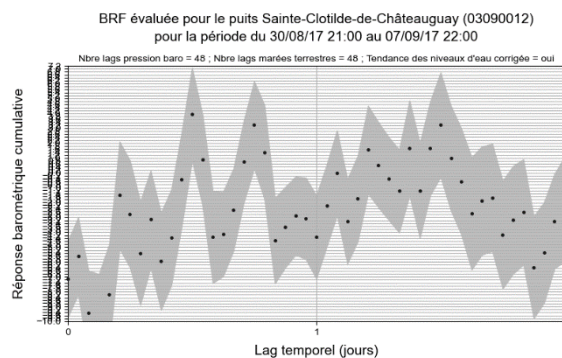
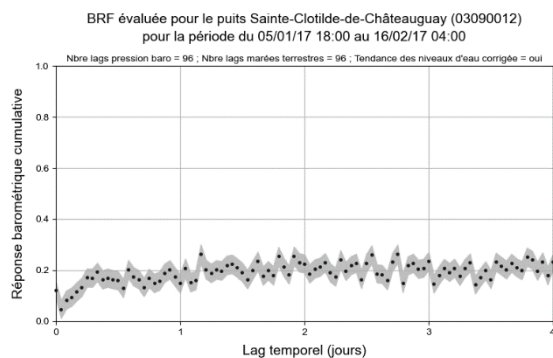
■ Saint-Rémi – 03097102



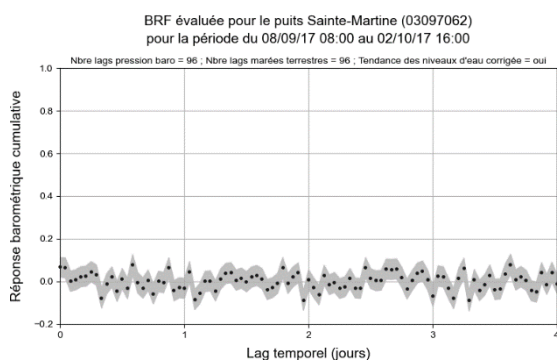
■ Saint-Urbain-Premier – 03097182



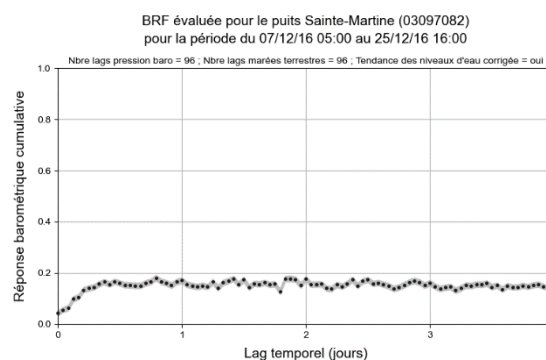
■ Sainte-Clotilde-de-Châteauguay – 03090013



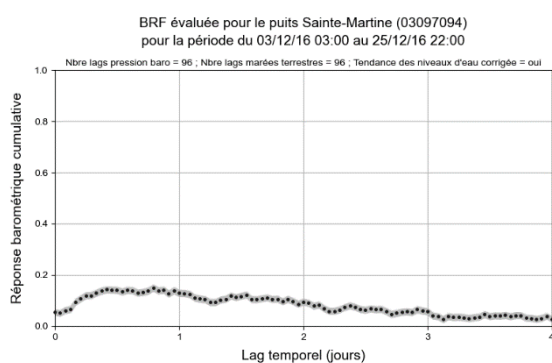
■ Sainte-Clotilde-de-Châteauguay – 03090012



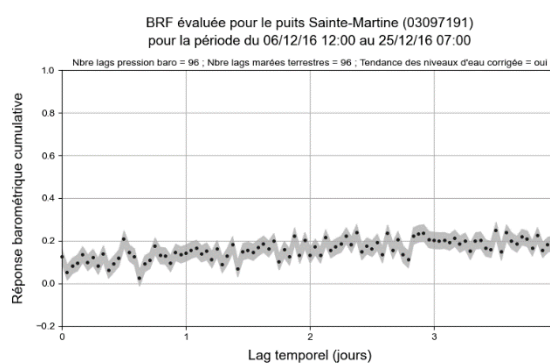
■ Sainte-Martine – 03097062



■ Sainte-Martine – 03097082



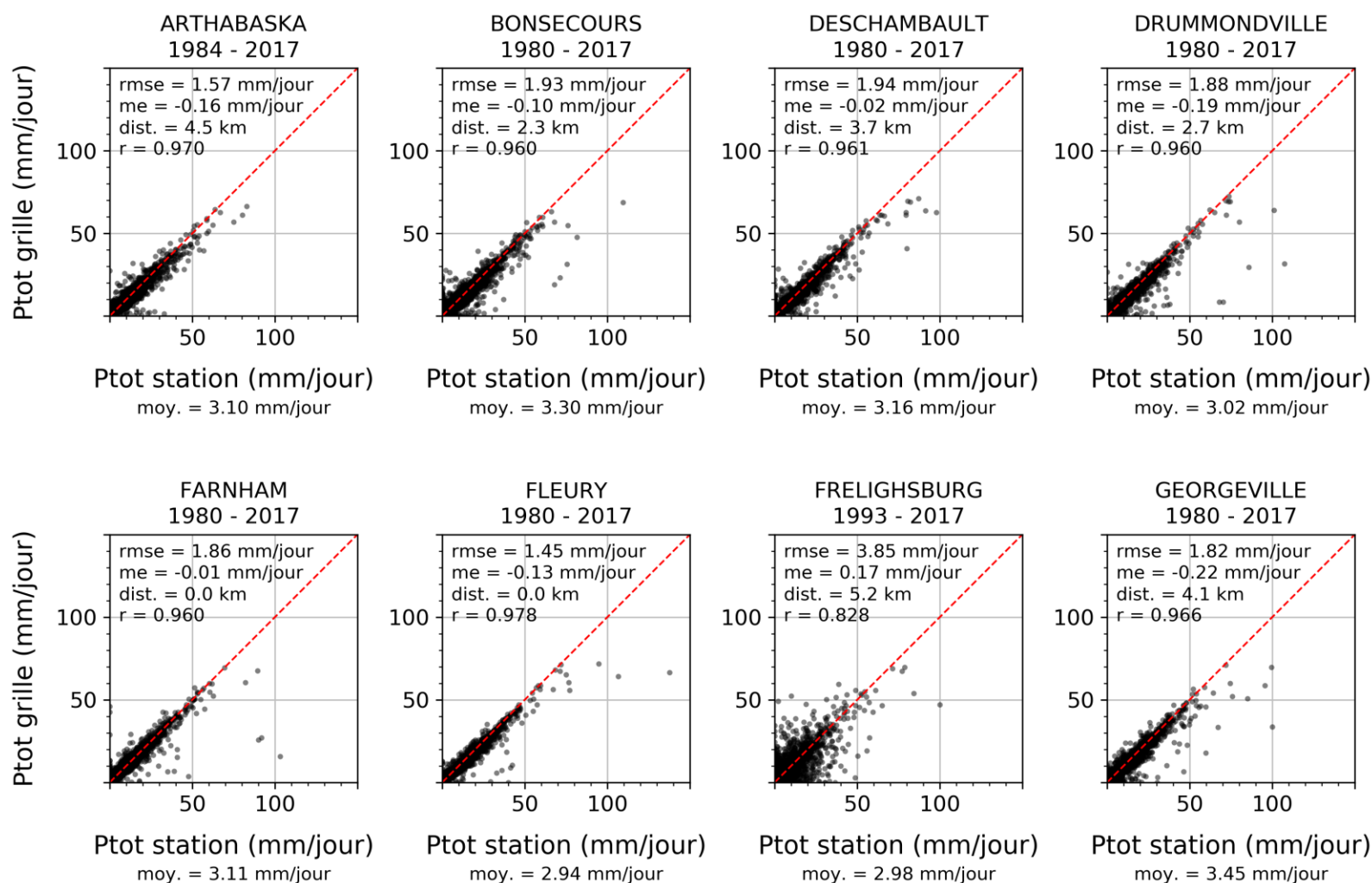
■ Sainte-Martine – 03097082

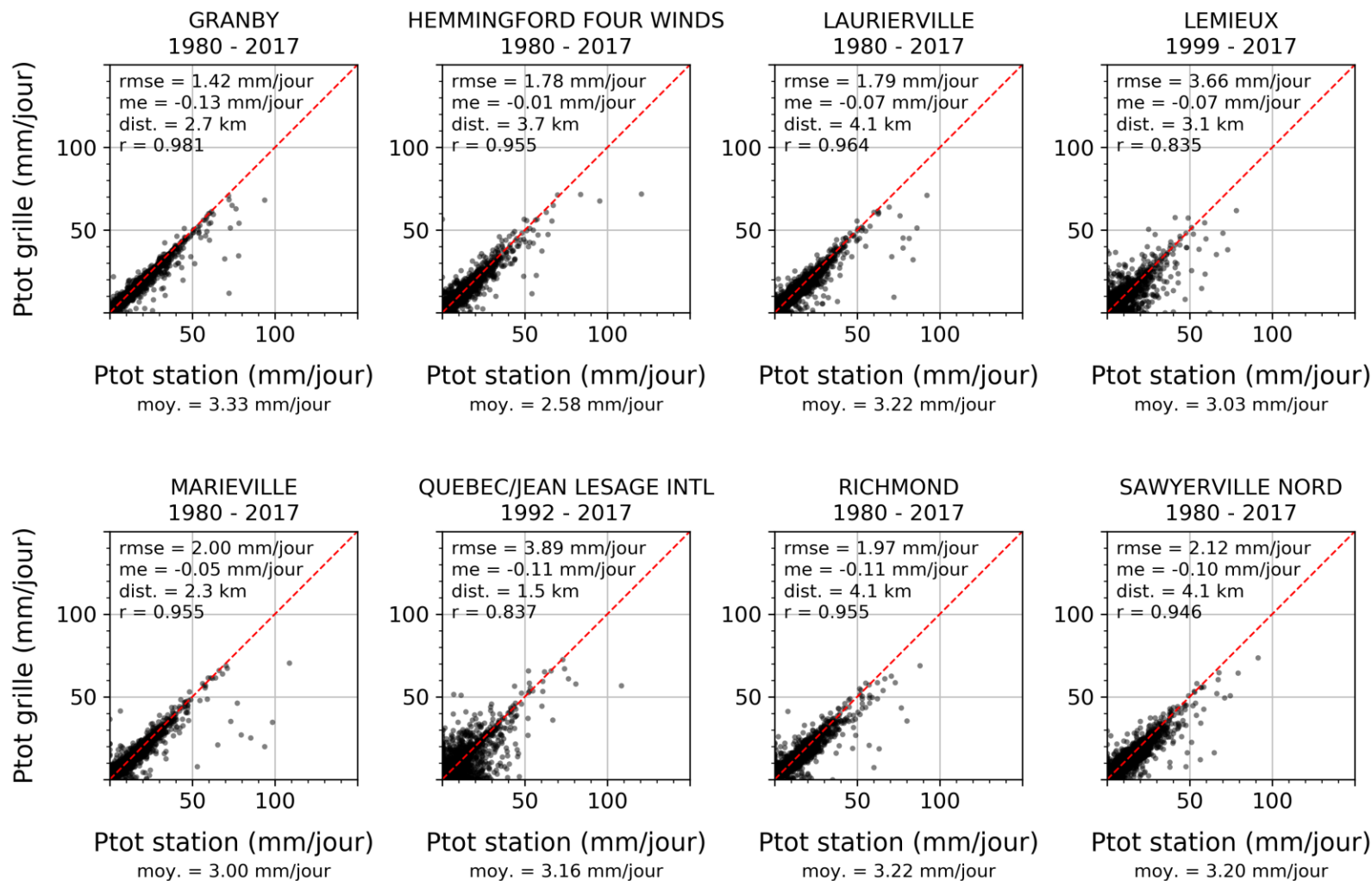


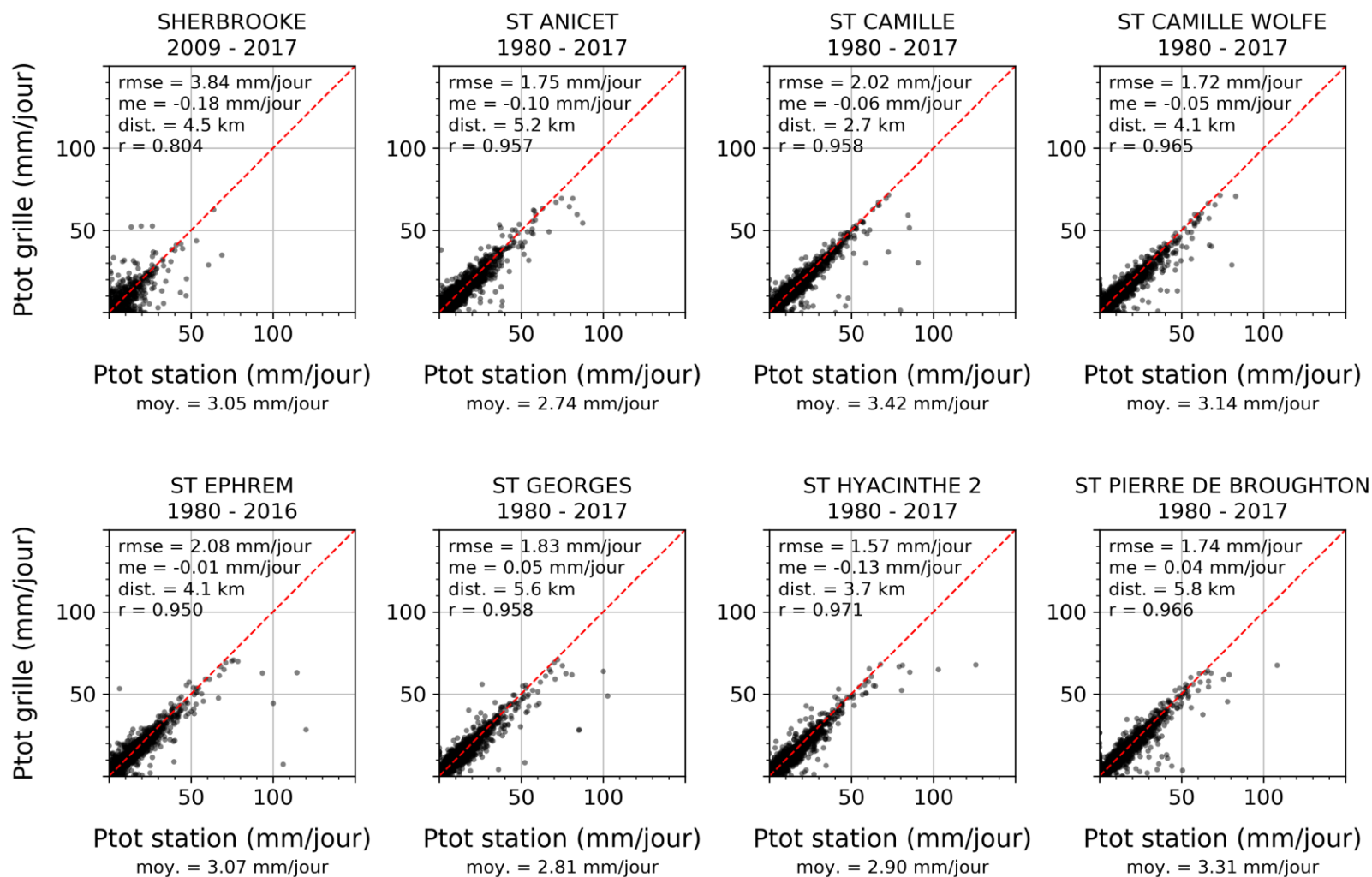
■ Sainte-Martine – 03097191

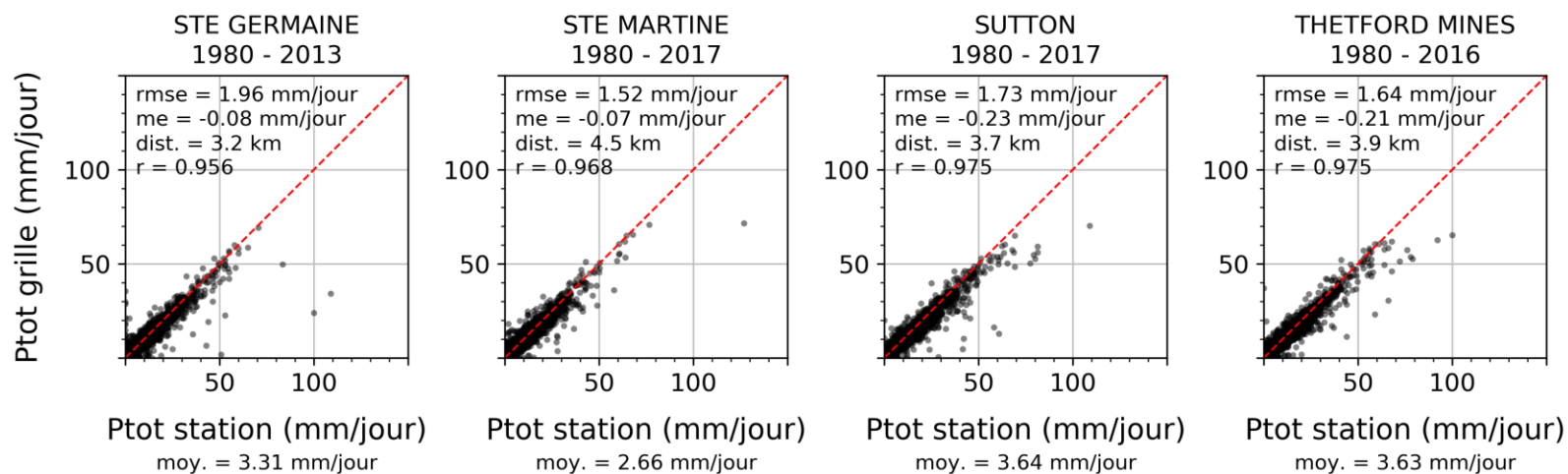
A10 Graphiques comparaisons météo grille vs stations

A10.1 Précipitations totales journalières grille vs stations

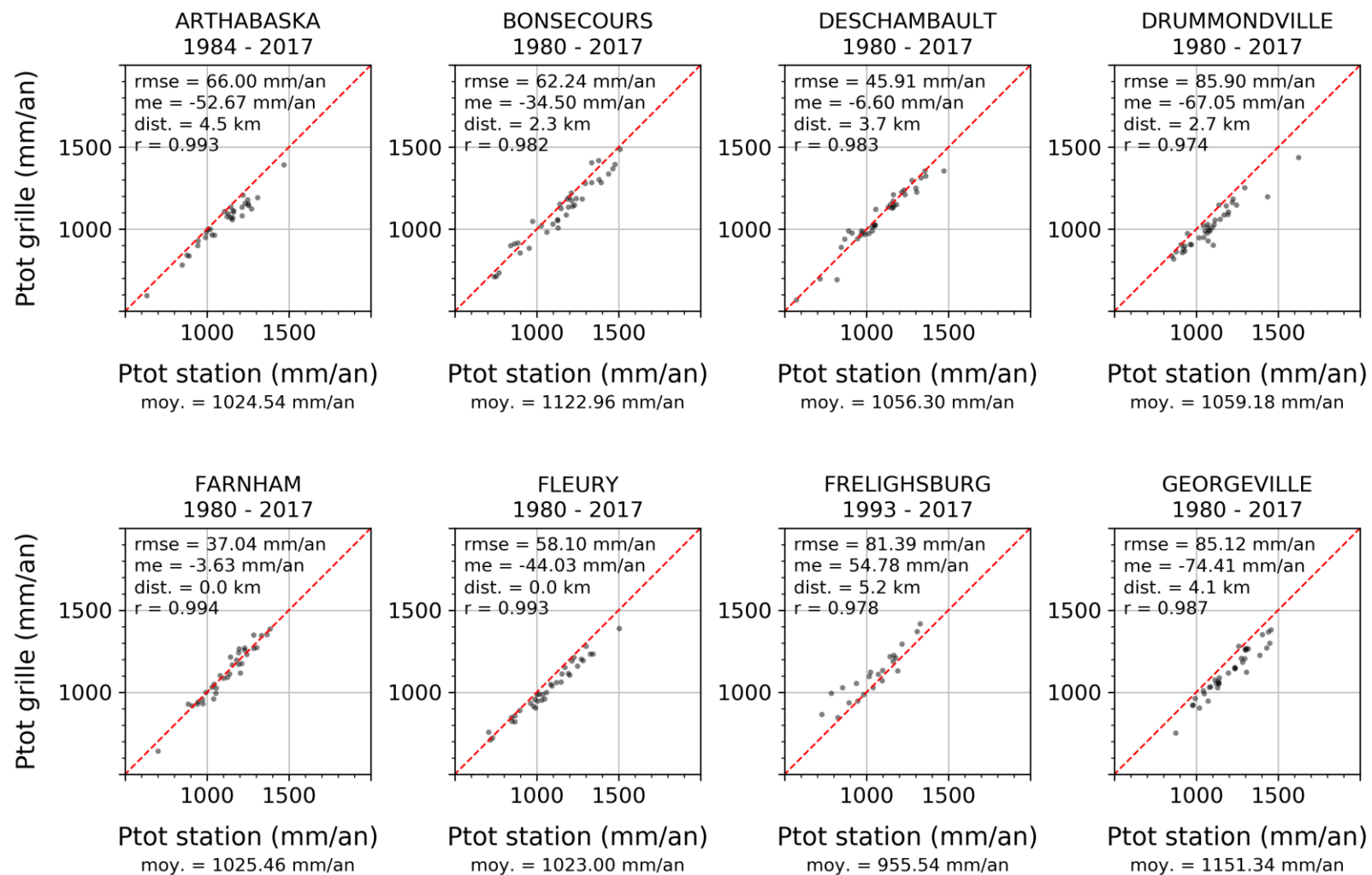


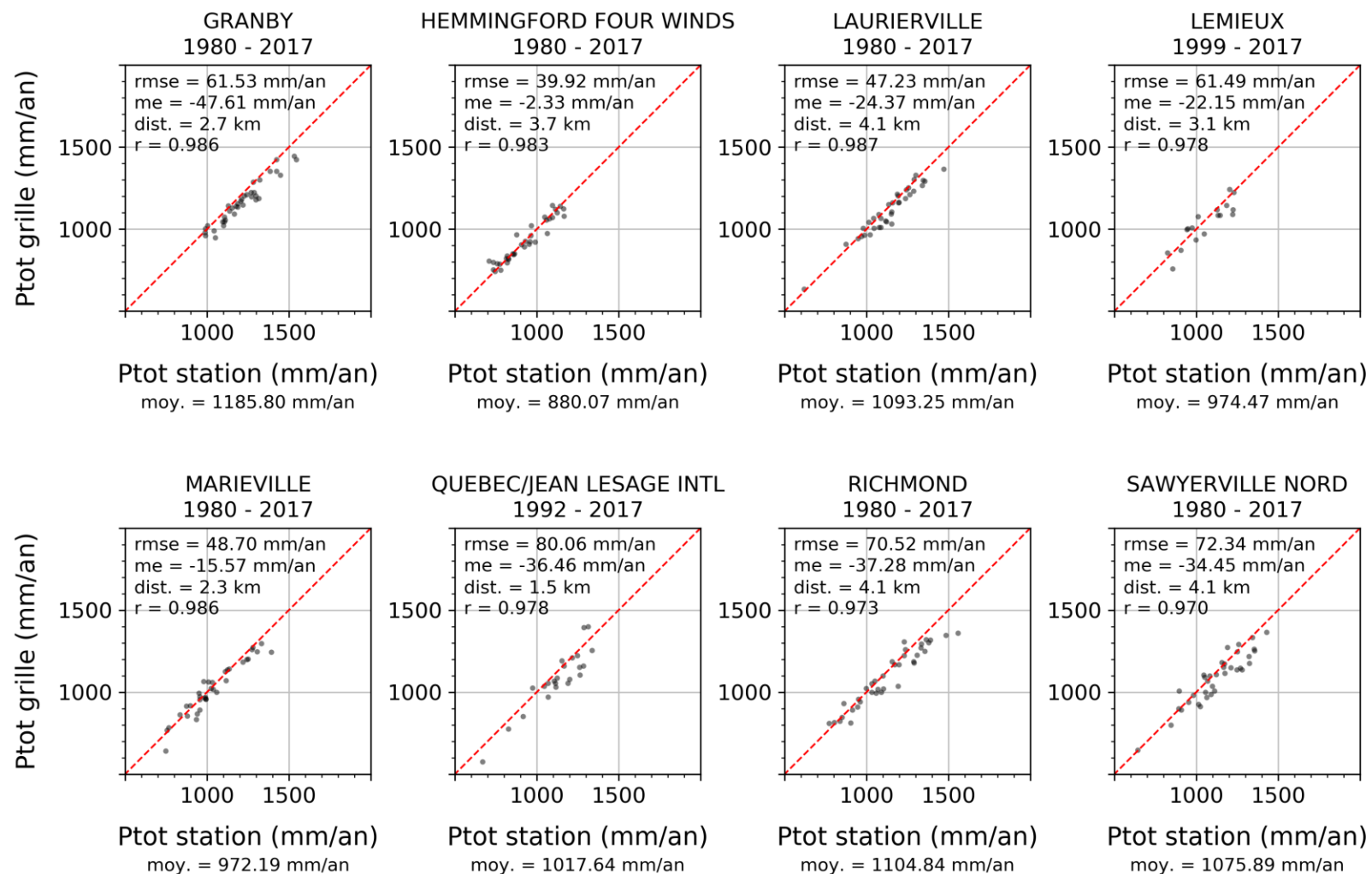


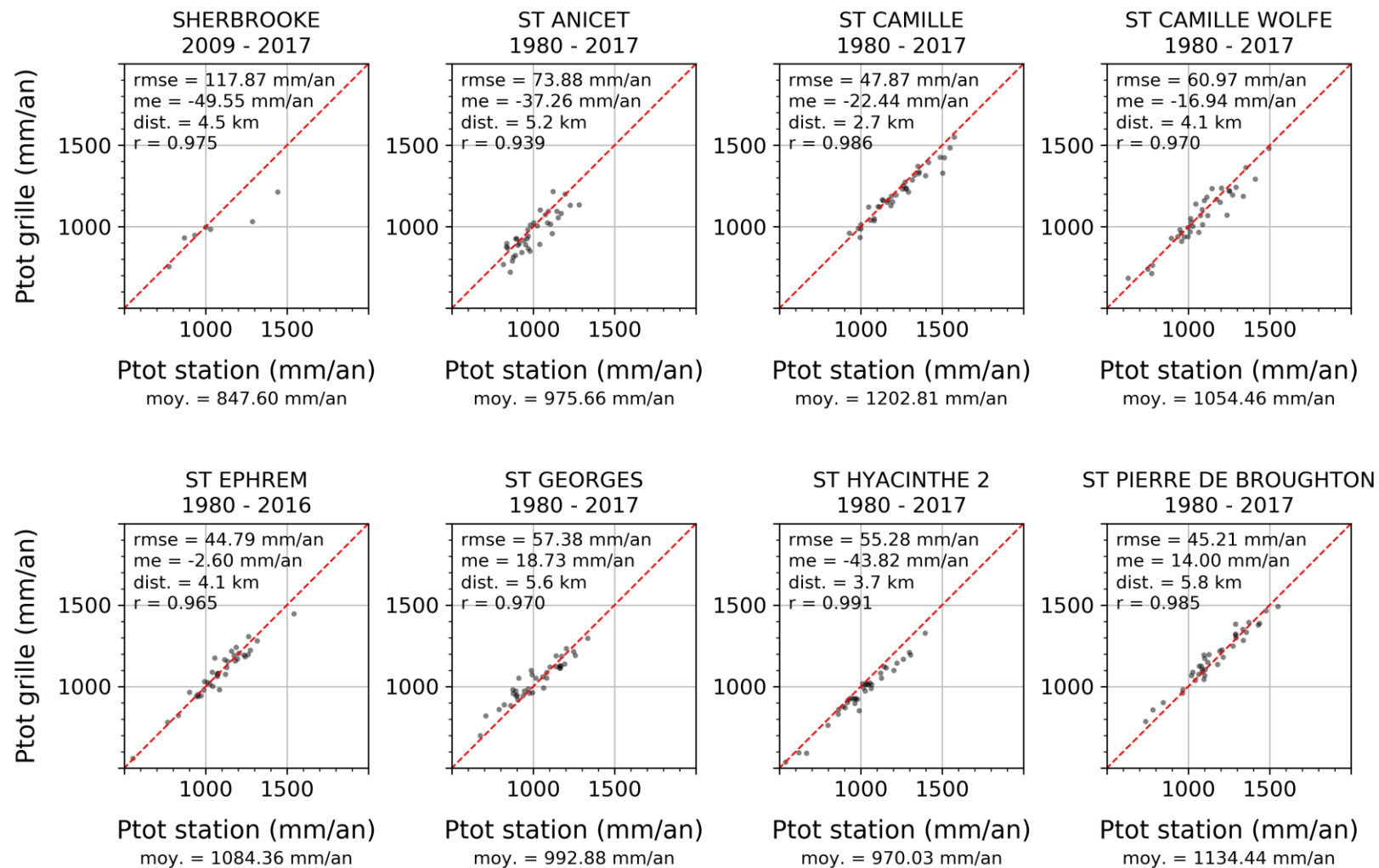


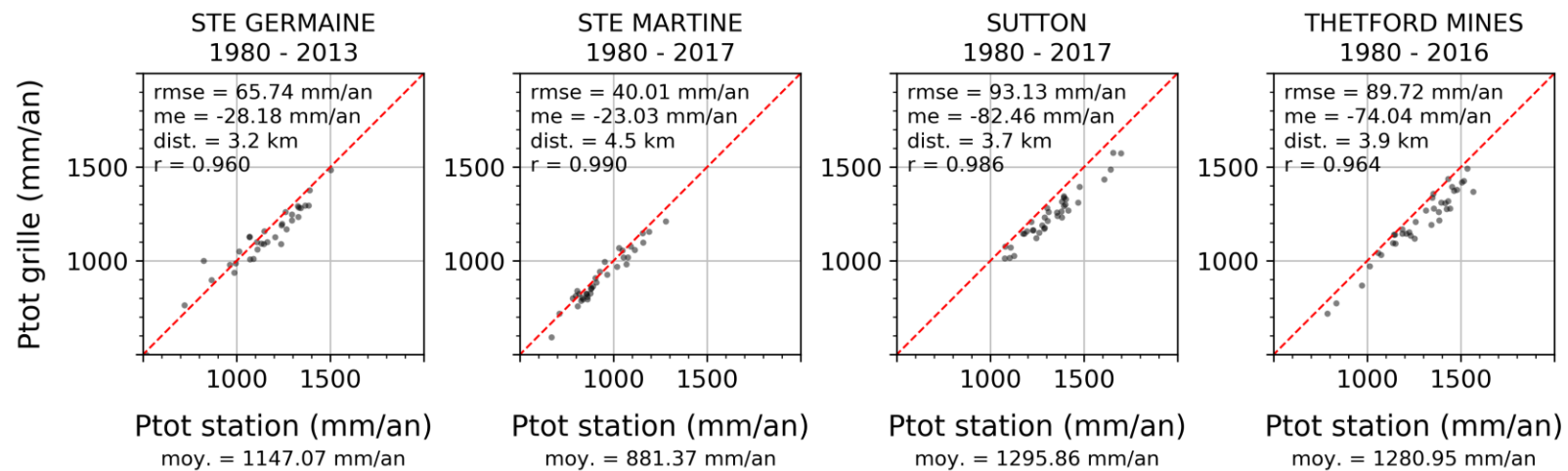


A10.2 Précipitations Totales annuelles grille vs stations

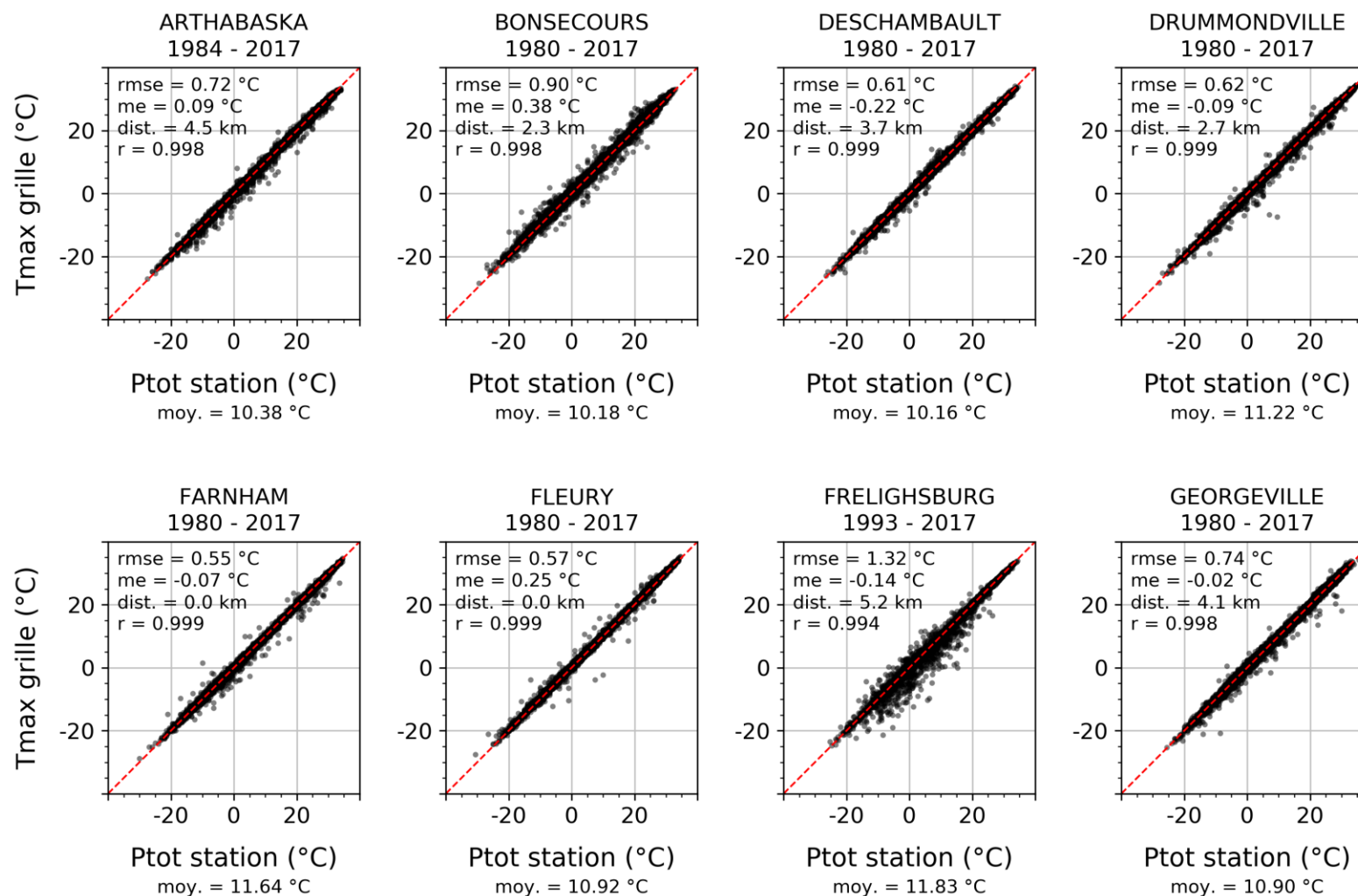


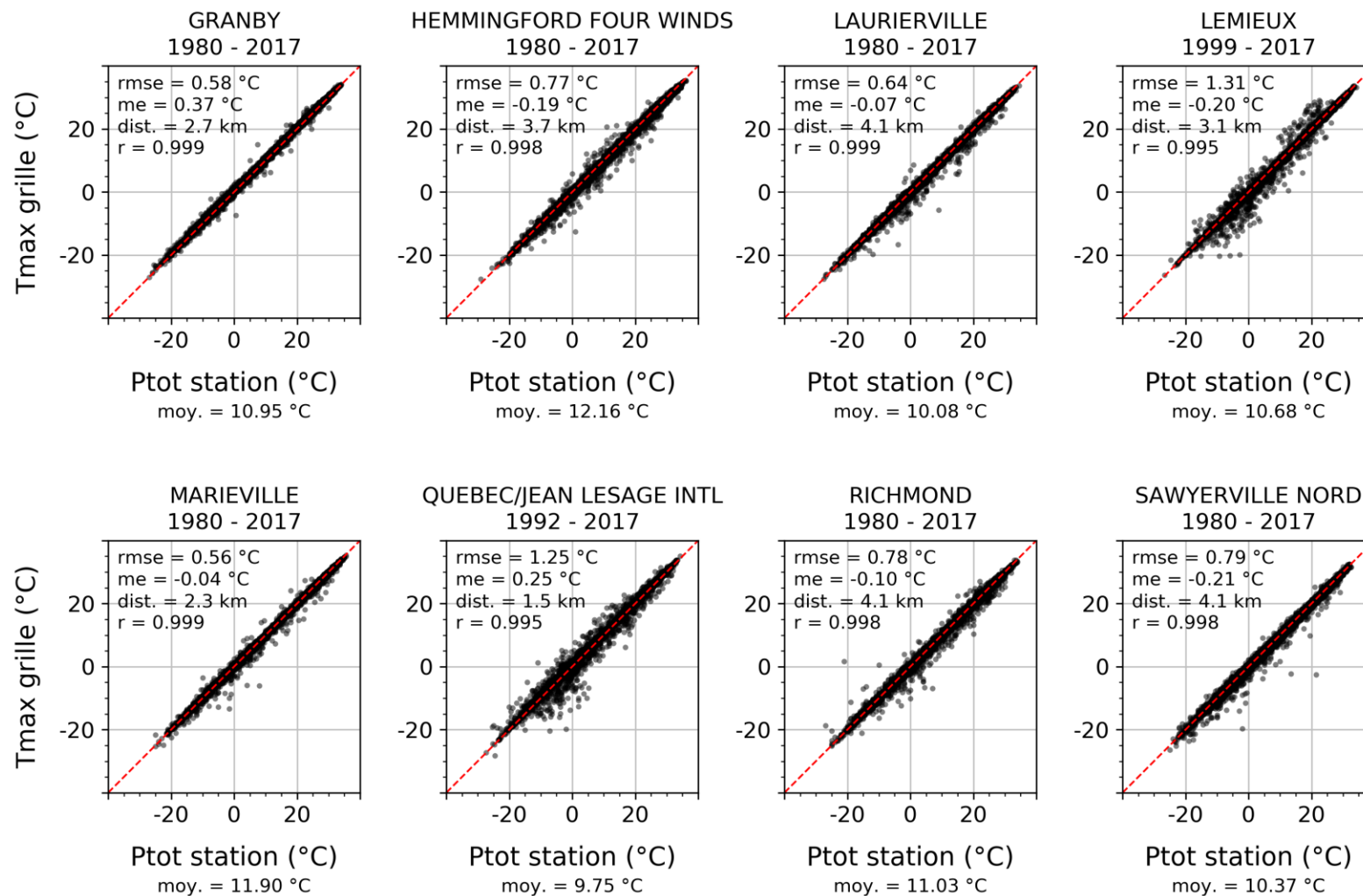


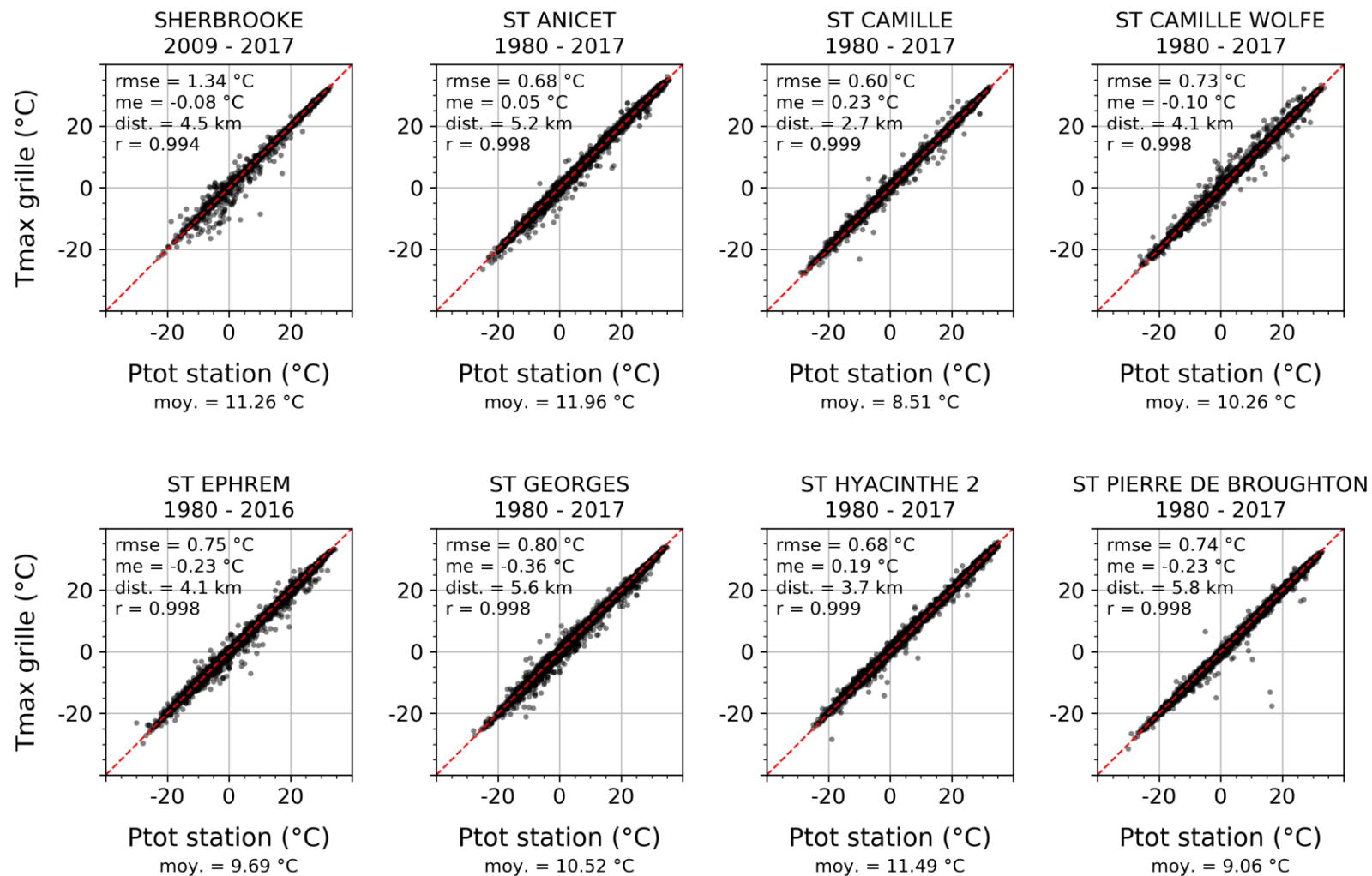


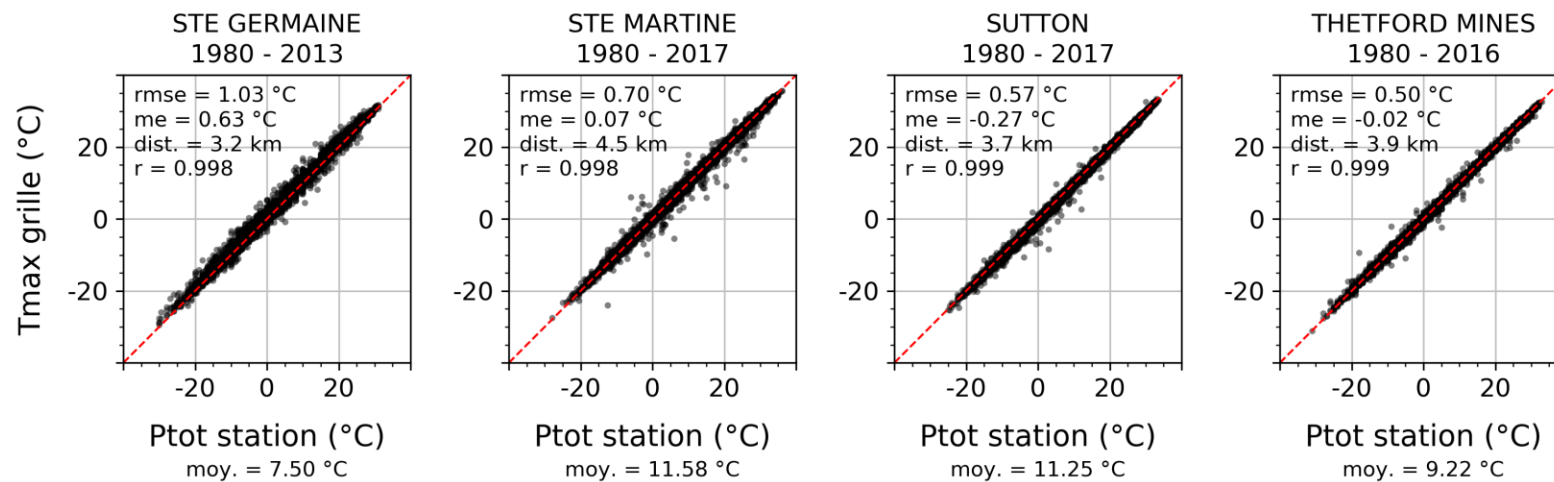


A10.3 Température maximale journalière grille vs stations

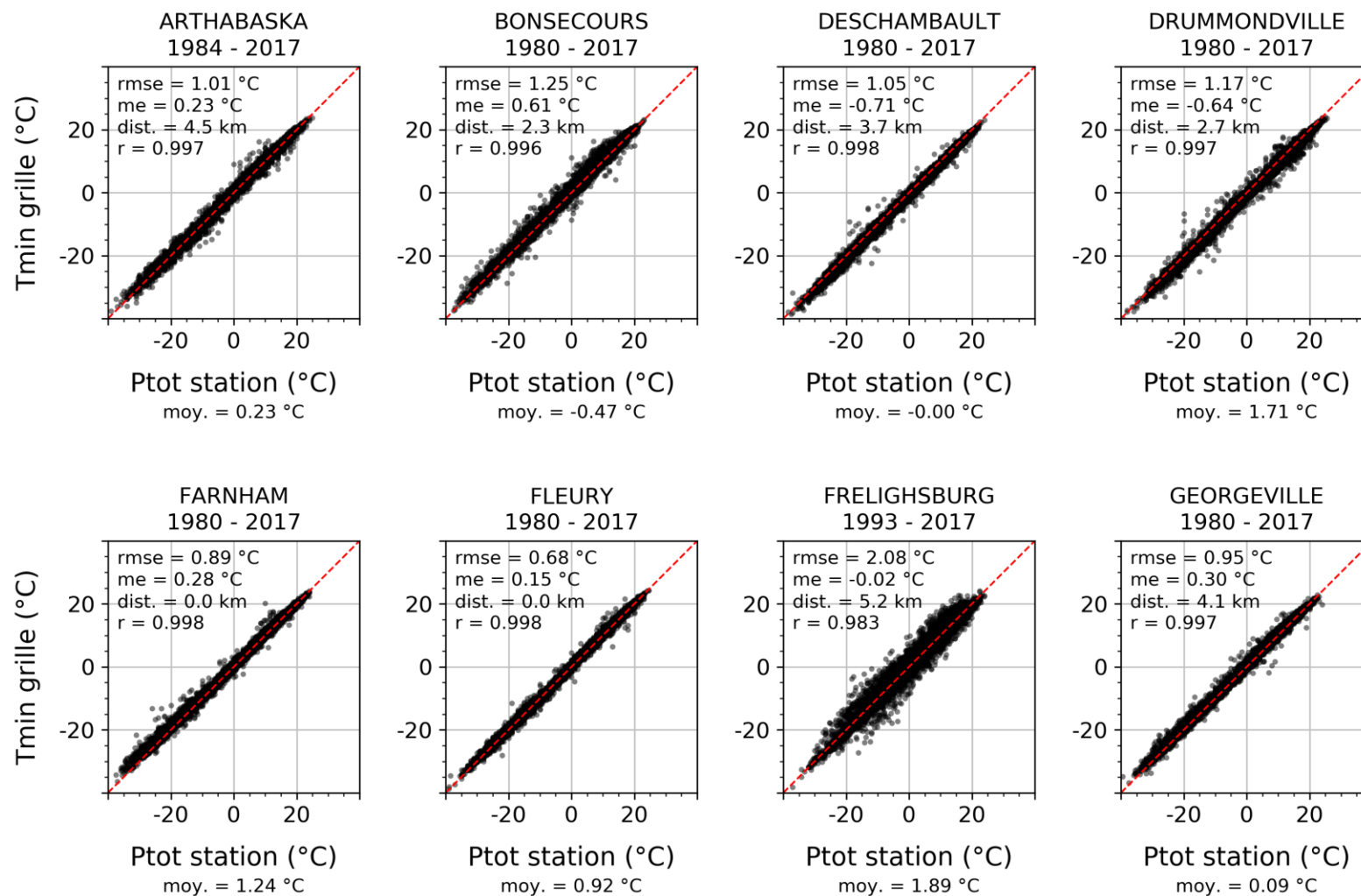


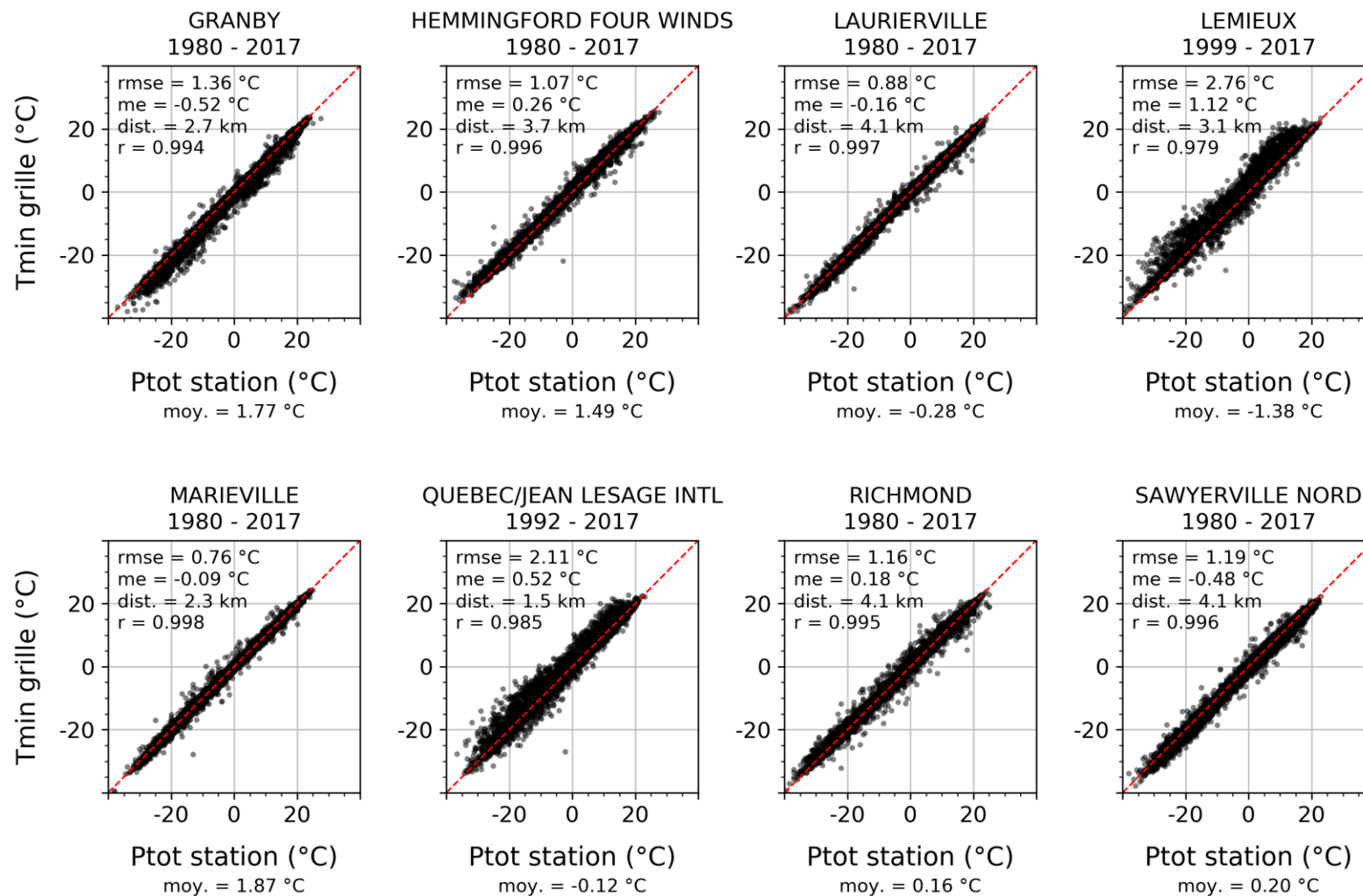


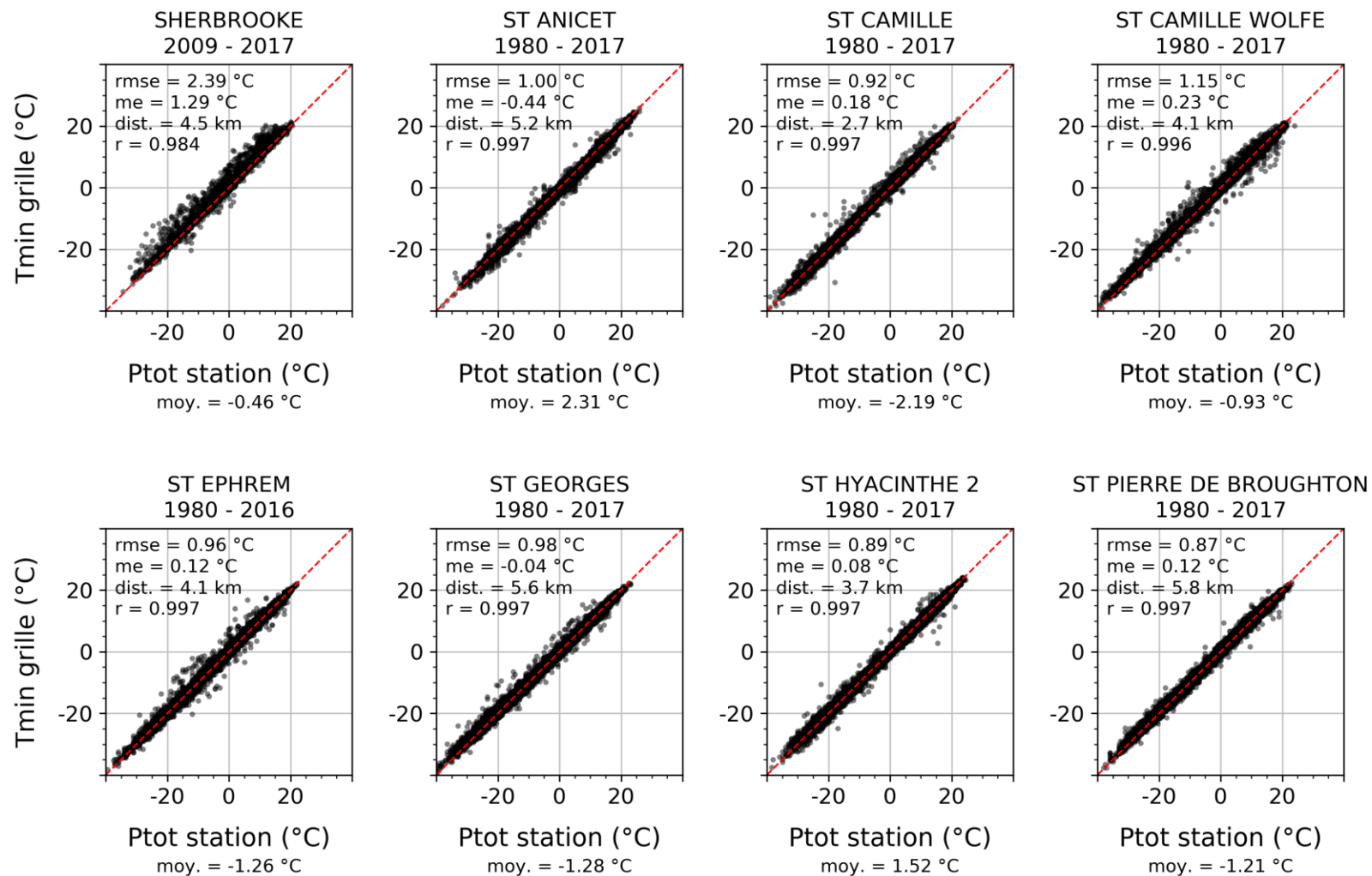


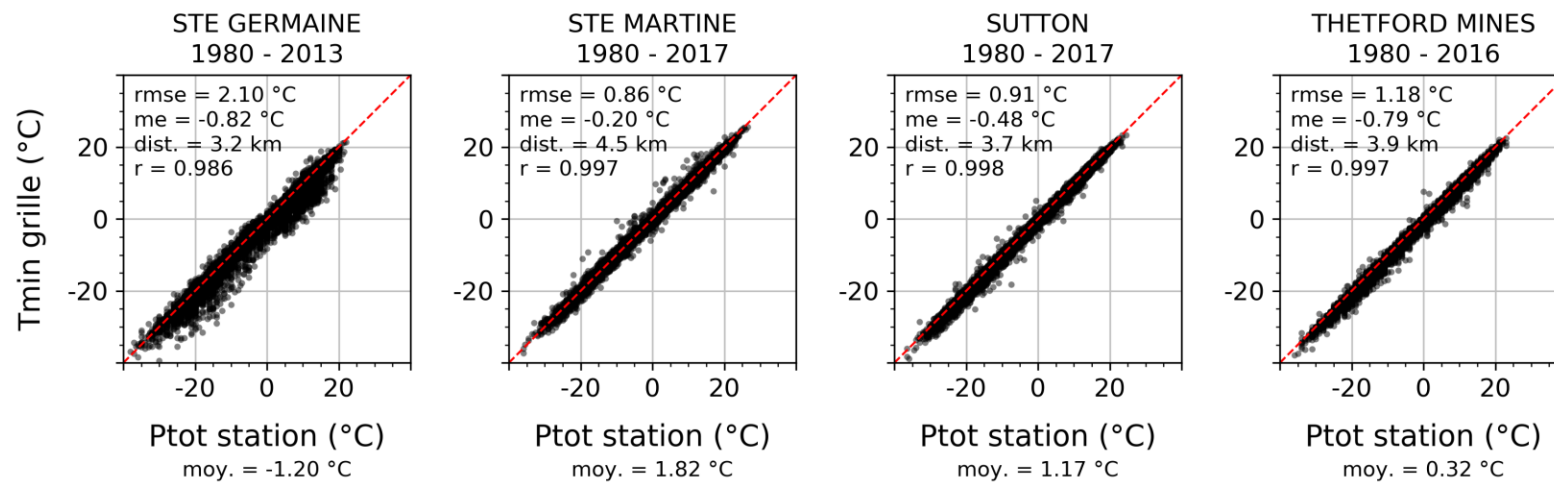


A10.4 Température minimale journalière grille vs stations

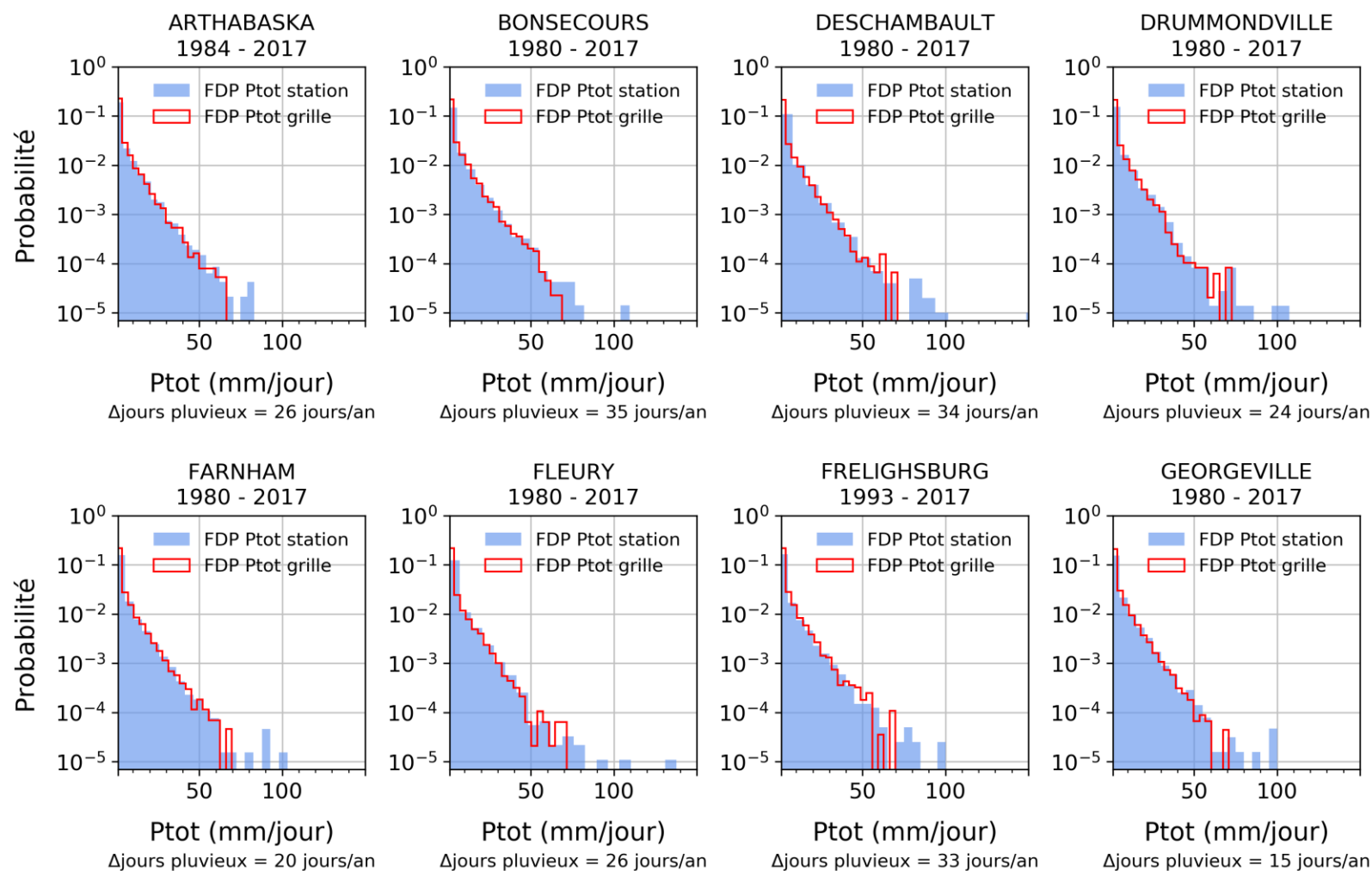


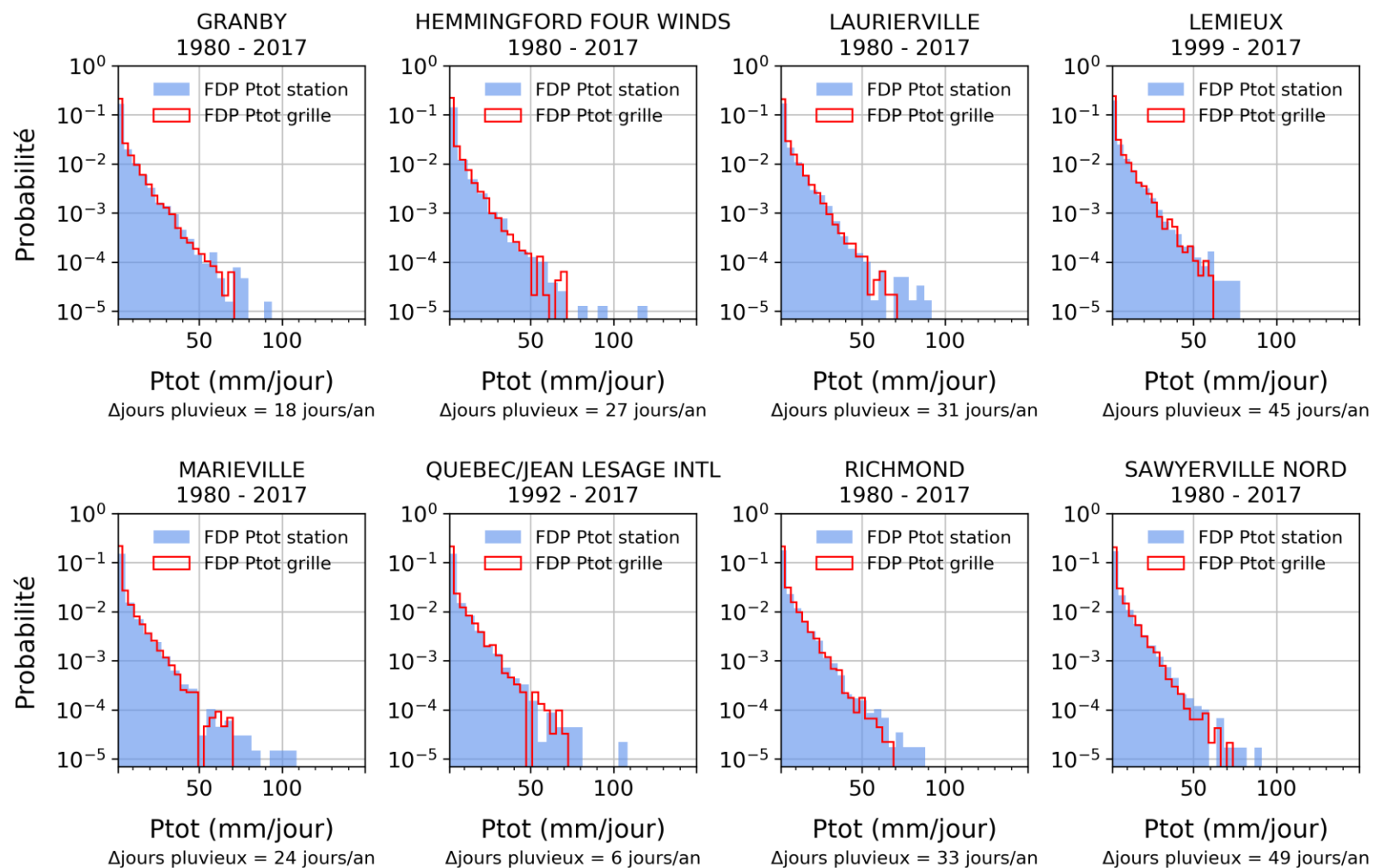


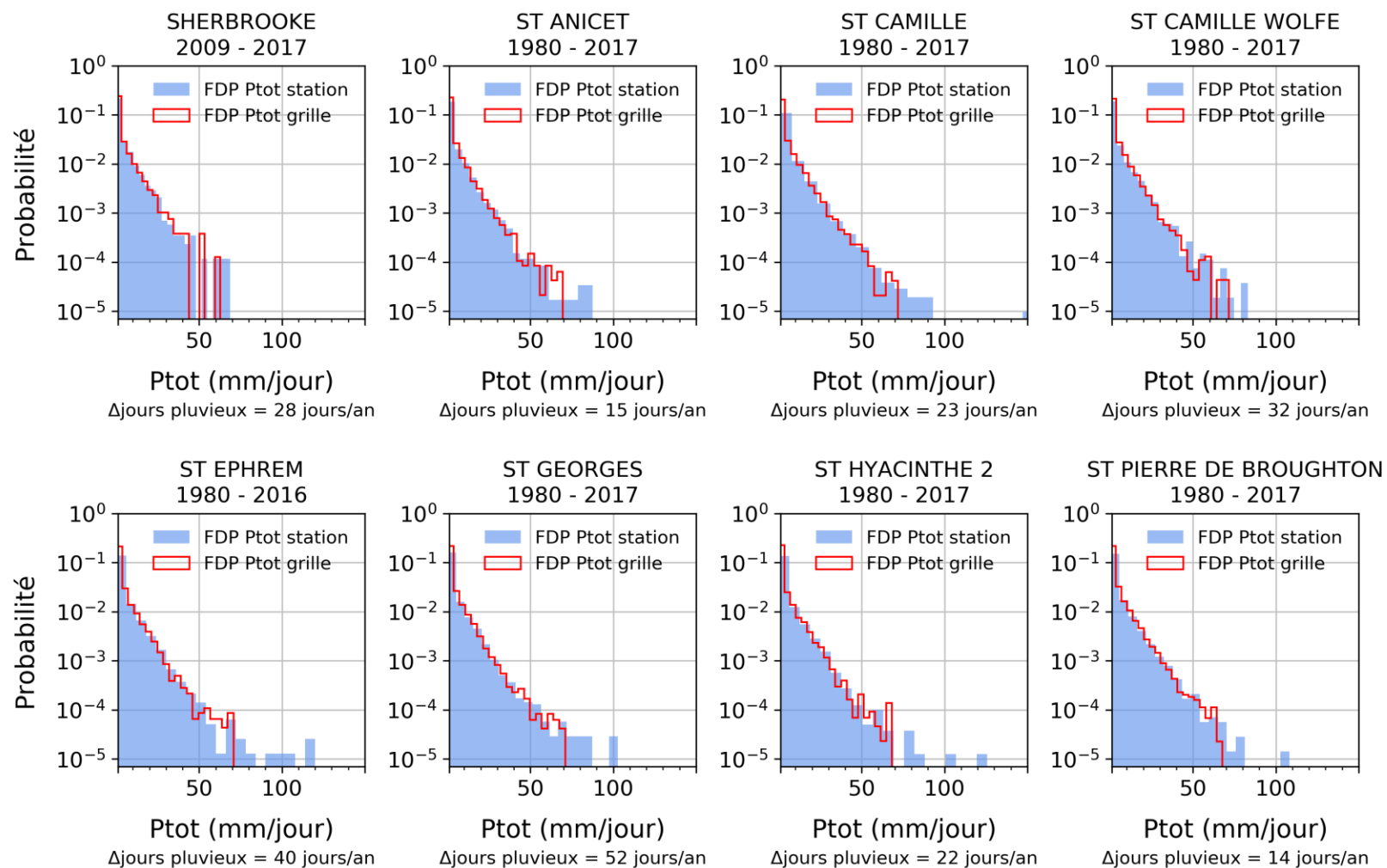


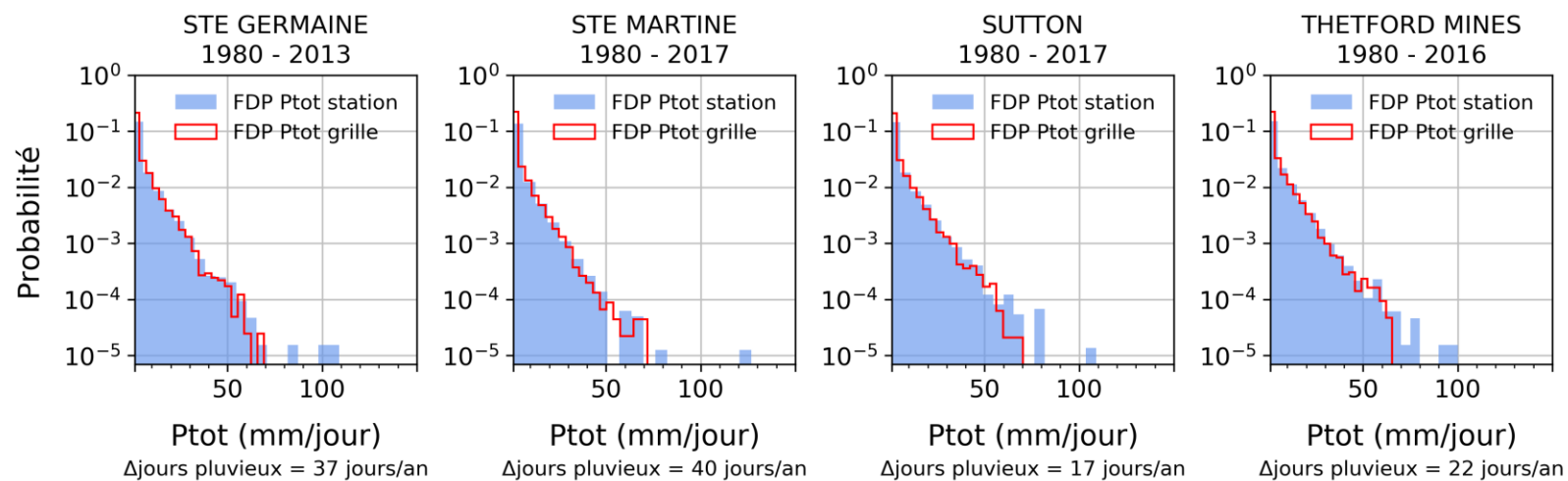


A10.5 Fonction de densité de probabilité des précipitations journalières aux stations vs grille









A11 Conditions de confinement et influence des niveaux d’eau des puits du RSESQ

Tableau A11.1 – Conditions de confinement définies pour chaque station piézométrique de la région d’étude avec les différentes méthodes considérées dans ce projet. Les conditions de confinement de l’aquifère rocheux qui ont été définies autour des puits à partir du modèle d’épaisseur des dépôts meubles de la CGC, de même que l’identification d’influences externes dans les niveaux d’eau tel que déterminé par le minis-
tère dans la BD du RSESQ et via la méthode des BRF sont également données.

		Confinement des puits				Confinement région autour des puits (dépôts modèle CGC)			Influencé	
ID Puits	Municipalité	MELCC	Hydrofaciès	Dépôts (modèle CGC)	BRF	Semi-captif (%)	Libre (%)	Captif (%)	MELCC	BRF
02000004	Sainte-Marie-de-Blandford	Libre	Libre	Libre	Libre	0.0	100.0	0.0	Non	Non
02000005	Sainte-Marie-de-Blandford	Captive	Captive	Libre	Captive	0.0	100.0	0.0	Non	Non
02000006	Bécancour	Semi-captive	Libre	Libre	Captive	16.9	83.1	0.0	Non	Non
02340001	Saint-Agapit	Libre	Libre	Semi-Captif	Captive	100.0	0.0	0.0	Non	Non
02340002	Saint-Martin	Captive	Captive	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Oui	Oui
02340003	Saint-Zacharie	Captive	Captive	Libre	Captive	0.0	100.0	0.0	Non	Non
02340004	Saint-Théophile	Captive	Captive	Semi-Captif	Captive	89.5	10.5	0.0	Non	Non
02340005	Sainte-Justine	Captive	Semi-captive	Libre	Libre	0.6	99.4	0.0	Non	Non
02340006	Saint-Honoré-de-Shenley	Semi-captive	Libre	Libre	Libre	0.0	100.0	0.0	Oui	Oui
02340007	Saint-Gilles	Libre	Libre	Semi-Captif	Captive	100.0	0.0	0.0	Non	Oui (faible)
02340008	Saint-Georges	Libre	Libre	Libre	Libre	4.0	96.0	0.0	Oui	Oui
02360001	Saint-Édouard-de-Lotbinière	Semi-captive	Semi-captive	Semi-Captif	Semi-captive	100.0	0.0	0.0	Non	Non
02370001	Leclercville	Captive	Captive	Libre	Captive	3.8	96.2	0.0	Non	Non
02370002	Villeroy	Libre	Libre	Semi-Captif	Libre	96.9	3.1	0.0	Non	Non
02370003	Villeroy	Semi-captive	Libre	Semi-Captif	Libre	97.0	3.0	0.0	Non	Non
02370004	Villeroy	Captive	Libre	Semi-Captif	Libre	97.4	2.6	0.0	Non	Non
02400001	Saint-Jacques-de-Leeds	Semi-captive	Captive	Libre	Libre	24.8	75.2	0.0	Non	Non
02400002	Sainte-Anne-du-Sault	Captive	Semi-captive	Libre	Captive	6.2	93.8	0.0	Non	Non
02400003	Manseau	Captive	Semi-captive	Libre	Semi-captive	0.0	100.0	0.0	Non	Non
02400004	Thetford Mines	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	Captive	100.0	0.0	0.0	Non	Non
02407004	Irlande	Libre	Libre	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Oui	Oui
02407005	Irlande	Captive	Libre	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Oui	Oui
02507001	Lévis	Captive	Semi-captive	Libre	ND	1.2	98.8	0.0	Oui	ND

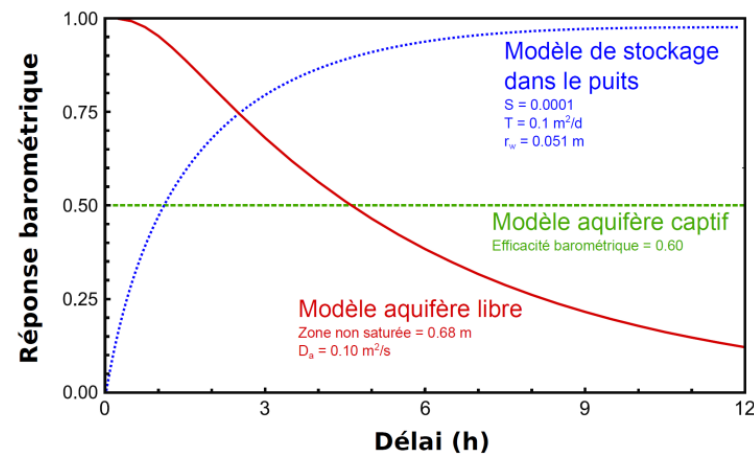
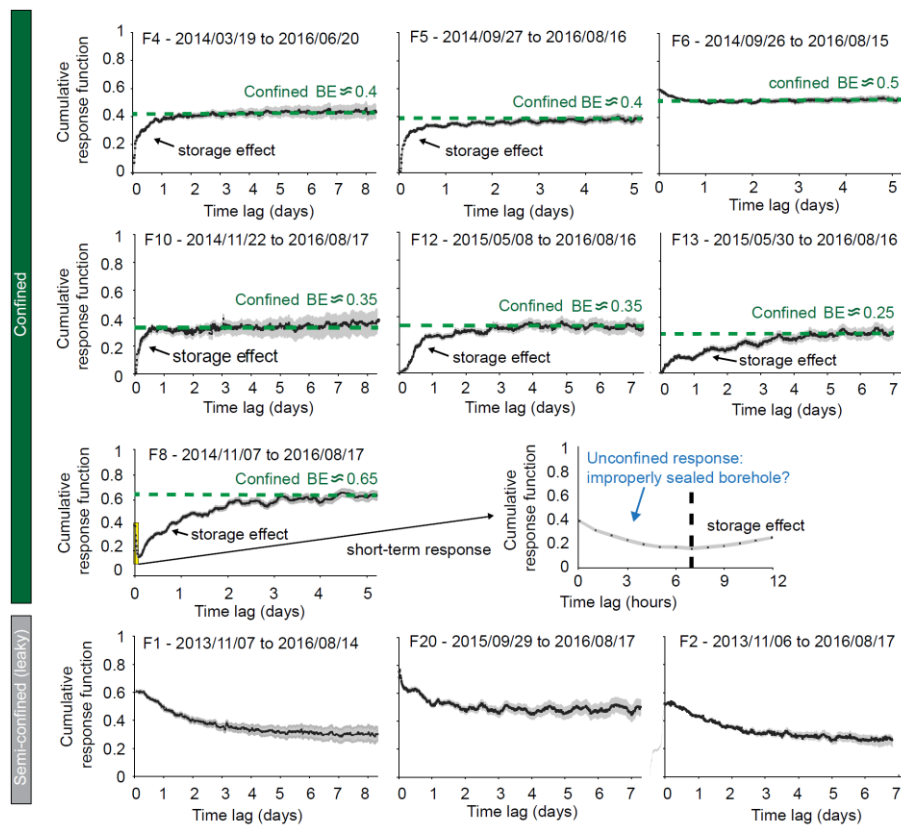
02G47001	Saint-Antoine-de-Tilly	Libre	Libre	Semi-Captif	Semi-captive	94.3	0.0	5.7	Oui	Non
03000001	Saint-Anicet	Captive	Captive	Captif	Libre	12.1	0.0	87.9	Non	Non
03000002	Saint-Anicet	Captive	Captive	Captif	ND	12.6	0.0	87.4	Non	ND
03000003	Saint-Rémi	Captive	Captive	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Oui	ND
03000005	Baie-du-Febvre	Captive	Captive	Semi-Captif	Captive	48.9	0.0	51.1	Non	Non
03010001	Asbestos	Captive	Captive	Semi-Captif	Captive	76.7	0.0	23.3	Non	Non
03010002	Drummondville	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	Semi-captive	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03010003	Saint-Albert	Libre	Semi-captive	Semi-Captif	Semi-captive	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03010004	Victoriaville	Libre	Libre	Libre	ND	0.0	100.0	0.0	Non	Oui
03010005	Saint-Camille	Libre	Libre	Semi-Captif	Libre	88.2	11.8	0.0	Non	Non
03010006	Saint-Rémi-de-Tingwick	Libre	Libre	Libre	ND	0.0	100.0	0.0	Non	Oui
03010007	Sainte-Monique	Captive	Captive	Semi-Captif	Captive	80.3	0.0	19.7	Non	Non
03020001	Orford	Captive	Semi-captive	Libre	Captive	3.6	96.4	0.0	Non	Non
03020002	Disraeli	Libre	Semi-captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03020003	Drummondville	Libre	Semi-captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03027021	Ulverton	Captive	Semi-captive	Libre	Libre	57.6	42.4	0.0	Non	Non
03027032	Dudswell	Semi-captive	Semi-captive	Semi-Captif	ND	27.2	72.8	0.0	Oui	Oui
03027061	Saint-Isidore-de-Clifton	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Oui	Oui
03027062	Saint-Isidore-de-Clifton	Libre	Libre	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Oui	Non
03027091	Cookshire-Eaton	Libre	Libre	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03030001	Sainte-Victoire-de-Sorel	Captive	Captive	Captif	Captive	0.0	0.0	100.0	Non	Non
03030002	Saint-Marcel-sur-Richelieu	Captive	Captive	Captif	Captive	0.0	0.0	100.0	Non	Non
03030003	Saint-Hugues	Captive	Captive	Captif	Captive	0.0	0.0	100.0	Non	Non
03030004	Saint-Simon	Semi-captive	Captive	Libre	Captive	18.8	81.2	0.0	Non	Non
03030005	Saint-Théodore-d'Acton	Libre	Libre	Libre	ND	0.0	100.0	0.0	Oui	Oui
03030006	Saint-Damase	Captive	Captive	Captif	Libre	0.0	0.0	100.0	Non	Non
03030007	Saint-Valérien-de-Milton	Libre	Libre	Libre	Libre	50.0	50.0	0.0	Non	Non
03030008	Rougemont	Semi-captive	Libre	Semi-Captif	Libre	99.8	0.2	0.0	Non	Non
03030010	Valcourt	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	Captive	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03030011	Brome	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	ND	97.1	2.9	0.0	Non	Oui
03030012	Saint-Guillaume	Libre	Captive	Captif	Semi-captive	0.0	0.0	100.0	ND	Non

03030013	Saint-Guillaume	Captive	Captive	Captif	Captive	0.0	0.0	100.0	ND	Non
03030014	Cowansville	Libre	Semi-captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	ND	Non
03030015	Cowansville	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	ND	Non
03030016	Bromont	Libre	Semi-captive	Semi-Captif	Libre	68.4	31.6	0.0	ND	Non
03030017	Bromont	Libre	Captive	Semi-Captif	Semi-captive	68.4	31.6	0.0	ND	Non
03030018	Saint-Hyacinthe	Captive	Captive	Captif	Captive	0.0	0.0	100.0	ND	Non
03037031	Saint-Alphonse-de-Granby	Captive	Captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03037041	Saint-Paul-d'Abbotsford	Captive	Captive	Semi-Captif	Captive	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03037071	Sainte-Christine	Semi-captive	Libre	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03040001	Saint-Ours	Captive	Captive	Captif	Captive	0.0	0.0	100.0	Non	Non
03040002	Calixa-Lavallée	Captive	Captive	Semi-Captif	Captive	59.4	0.0	40.6	Non	Non
03040005	Saint-Amable	Captive	Captive	Captif	Captive	0.0	0.0	100.0	Non	Non
03040006	Saint-Mathias-sur-Richelieu	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	Captive	48.8	0.0	51.2	Non	Non
03040007	Rougemont	Captive	Captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03040008	Rougemont	Captive	Captive	Semi-Captif	Captive	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03040009	Saint-Jean-sur-Richelieu	Captive	Captive	Captif	Captive	0.0	0.0	100.0	Non	Non
03040010	Saint-Jean-sur-Richelieu	Captive	Captive	Captif	ND	0.0	0.0	100.0	Non	Oui
03040011	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Captive	Captive	Captif	ND	7.6	0.0	92.4	Non	Oui
03040012	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03040013	Frelighsburg	Libre	Libre	Semi-Captif	Libre	87.3	12.7	0.0	Non	Non
03040014	Potton	Captive	Captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03040015	Eastman	Captive	Libre	Semi-Captif	Libre	92.6	7.4	0.0	Non	Non
03040016	Saint-Ignace-de-Stanbridge	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	ND	Non
03040017	Sutton	Captive	Captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	ND	Non
03040018	Sutton	Captive	Captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	ND	Non
03047011	Sainte-Angèle-de-Monnoir	Captive	Captive	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Oui	ND
03070001	Saint-Patrice-de-Sherrington	Semi-captive	Semi-captive	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Oui	Oui
03070002	Saint-Patrice-de-Sherrington	Semi-captive	Semi-captive	Semi-Captif	Captive	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03090001	Mercier	Libre	Libre	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Non
03090002	Mercier	Captive	Captive	Captif	ND	10.1	0.0	89.9	Non	ND
03090003	Très-Saint-Sacrement	Captive	Captive	Captif	ND	0.0	0.0	100.0	Non	ND

03090004	Ormstown	Libre	Libre	Libre	Libre	0.0	100.0	0.0	Oui	Oui
03090005	Franklin	Captive	Captive	Captif	Captive	26.0	0.0	74.0	Non	Non
03090006	Franklin	Captive	Captive	Captif	Captive	25.9	0.0	74.1	Oui	Oui
03090007	Havelock	Libre	Libre	Libre	ND	0.4	99.6	0.0	Non	ND
03090008	Havelock	Libre	Libre	Libre	Captive	0.0	100.0	0.0	Non	Non
03090009	Godmanchester	Libre	Libre	Libre	ND	20.0	80.0	0.0	Non	ND
03090010	Godmanchester	Libre	Libre	Semi-Captif	Libre	84.5	0.0	15.5	Non	Non
03090011	Godmanchester	Libre	Libre	Semi-Captif	Libre	84.5	0.0	15.5	Non	Non
03090012	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Captive	Captive	Semi-Captif	Captive	100.0	0.0	0.0	Non	Oui
03090013	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	Captive	Captive	Semi-Captif	Captive	100.0	0.0	0.0	Non	Oui
03090014	Saint-Michel	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Non	Oui
03090015	Saint-Michel	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Non	Oui
03090018	Elgin	Semi-captive	Semi-captive	Semi-Captif	Libre	84.4	15.6	0.0	Non	Oui
03090019	Elgin	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	ND	84.4	15.6	0.0	Non	ND
03090020	Franklin	Semi-captive	Semi-captive	Semi-Captif	ND	95.5	4.5	0.0	Oui	Oui
03090021	Mercier	Semi-captive	Semi-captive	Semi-Captif	Libre	100.0	0.0	0.0	Non	Oui (faible)
03097062	Sainte-Martine	Captive	Captive	Semi-Captif	Libre	74.1	0.0	25.9	Non	Non
03097082	Sainte-Martine	Captive	Captive	Captif	Captive	18.6	0.0	81.4	Non	Non
03097094	Sainte-Martine	Captive	Captive	Captif	Libre	1.5	0.0	98.5	Non	Non
03097102	Saint-Rémi	Captive	Semi-captive	Semi-Captif	ND	100.0	0.0	0.0	Oui	Oui
03097131	Saint-Isidore	Captive	Captive	Captif	ND	24.3	0.0	75.7	Oui	Oui
03097182	Saint-Urbain-Premier	Captive	Semi-captive	Captif	Libre	0.0	0.0	100.0	Non	Non
03097191	Sainte-Martine	Captive	Captive	Captif	Captive	0.0	0.0	100.0	Non	Oui (faible)
03097201	Mercier	Captive	Semi-captive	Captif	Libre	0.0	0.0	100.0	Non	Non

A12 Travaux de doctorat de Pierre Ladevèze portant sur la BRF

Classification du niveau de confinement des puits à l'aide de la fonction de réponse barométrique et comparaison des résultats avec des méthodes conventionnelles dans le cadre du projet de doctorat de Pierre Ladevèze.

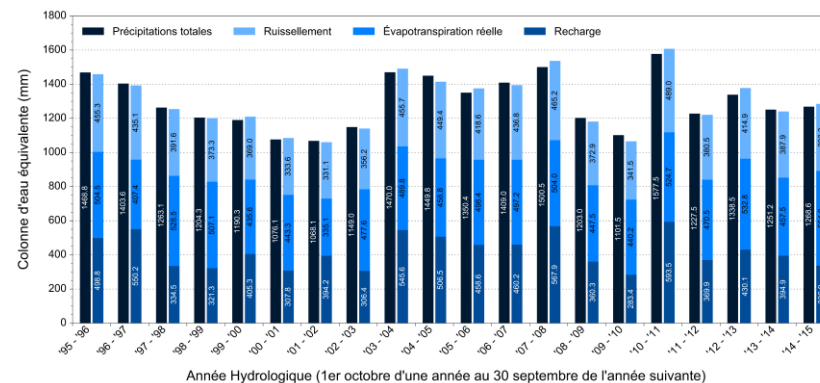
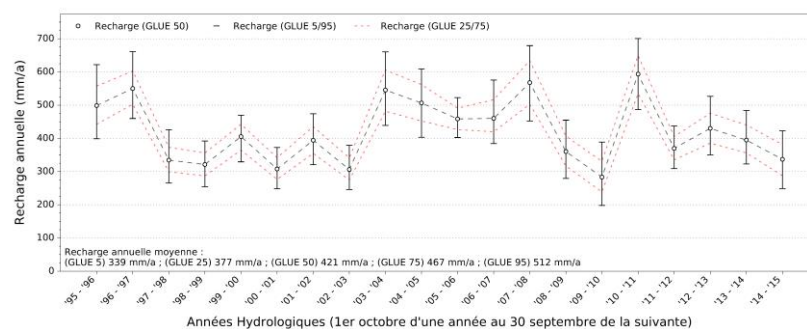
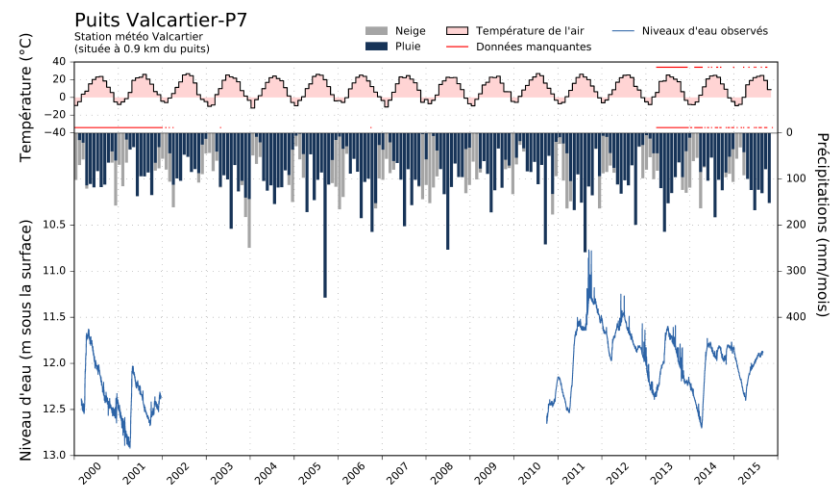
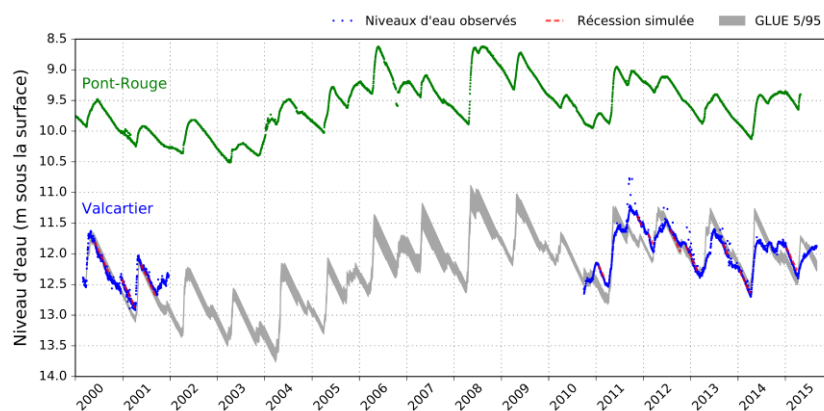


Wells	Hydrofacies using threshold depths from:		Piezometric fluctuations	BRF
	PACES values	Restrictive values		
F1	U	SC	C	SC
F2	U	SC	C	SC
F4	C	C	C	C
F5	SC	SC	C	C
F6	SC	SC	C	C
F8	U	SC	U	C
F10	SC	C	C	C
F12	SC	C	C	C
F13	U	U	C	C
F20	U	SC	C	SC

A13 Résultats autres projets

A13.1 Évaluation de la recharge à Valcartier

Résultats produits à l'aide de GWHAT dans le cadre du projet de mise à niveau du modèle numérique du système aquifère du secteur Valcartier.



A13.2 Suivi des flux d'infiltration à Valcartier

Résultats produits à l'aide de GWHAT dans le cadre d'un projet de suivi des flux d'infiltration dans des bacs filtrants à Valcartier.

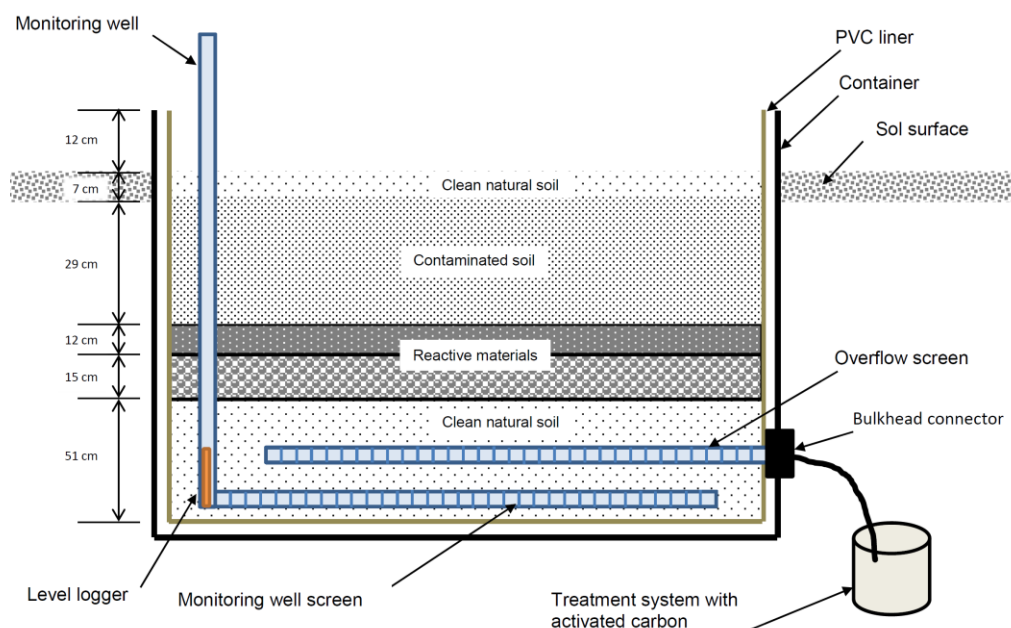
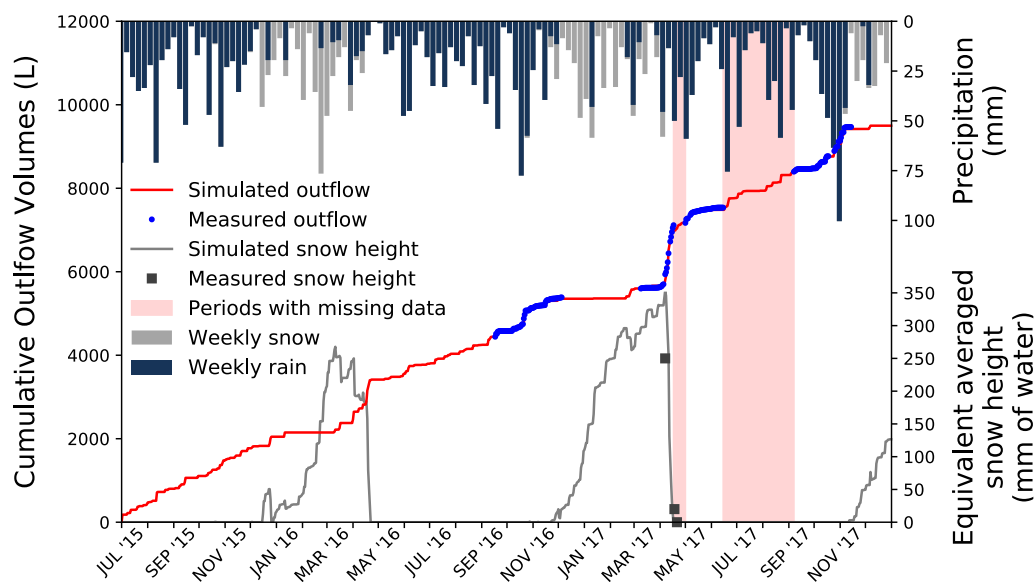
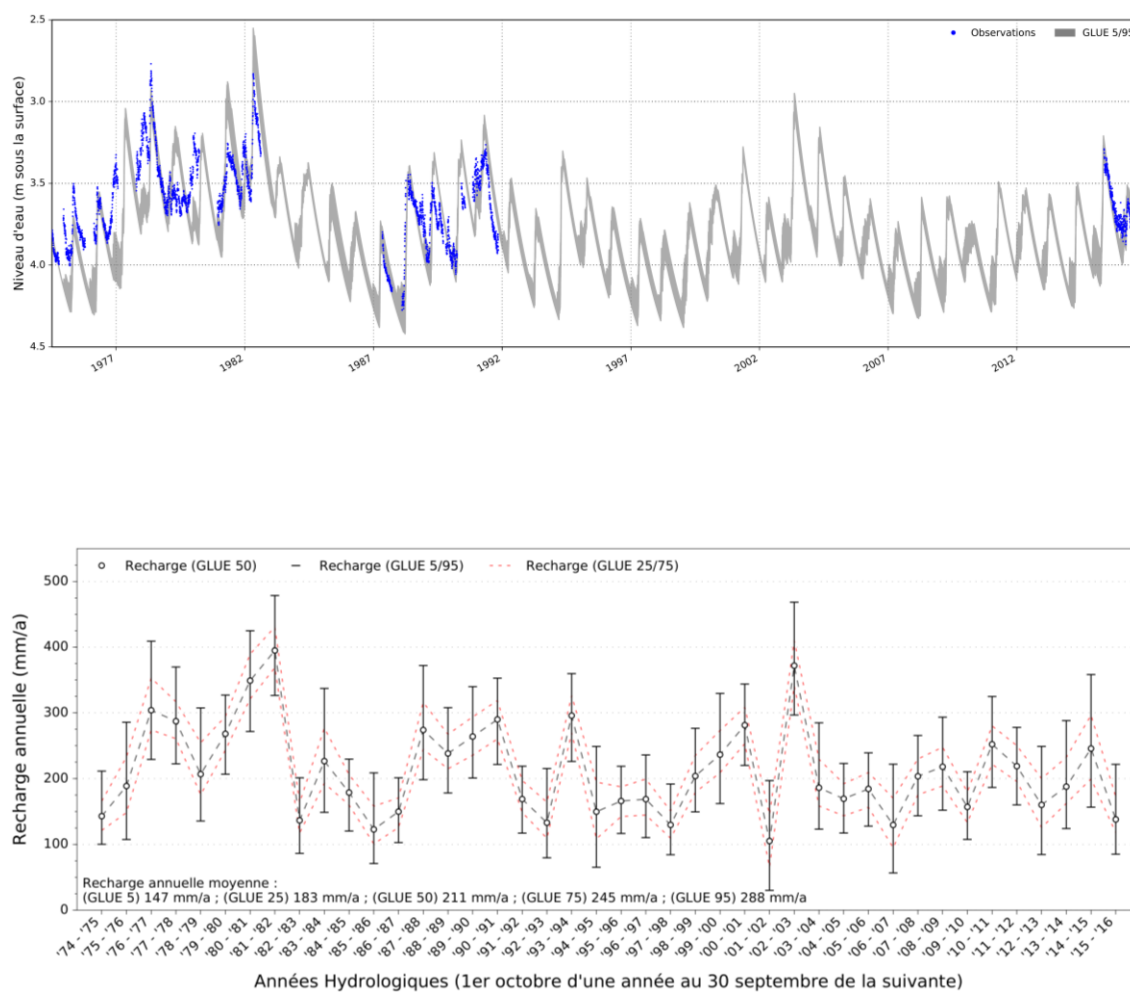


Figure 1 : Schematic representation of one experimental unit.

A13.3 Évaluation de la recharge aux Îles-de-la-Madeleine

Résultats produits à l'aide de GWHAT dans le cadre du projet d'un projet de suivi de la qualité des eaux souterraines aux Îles-de-la-Madeleine.



A13.4 Évaluation de la recharge à Wainwright en Alberta

Évaluation du niveau de confinement et de la recharge à l'aide de GWHAT dans le cadre d'un projet de suivi de la nappe à Wainwright en Alberta.

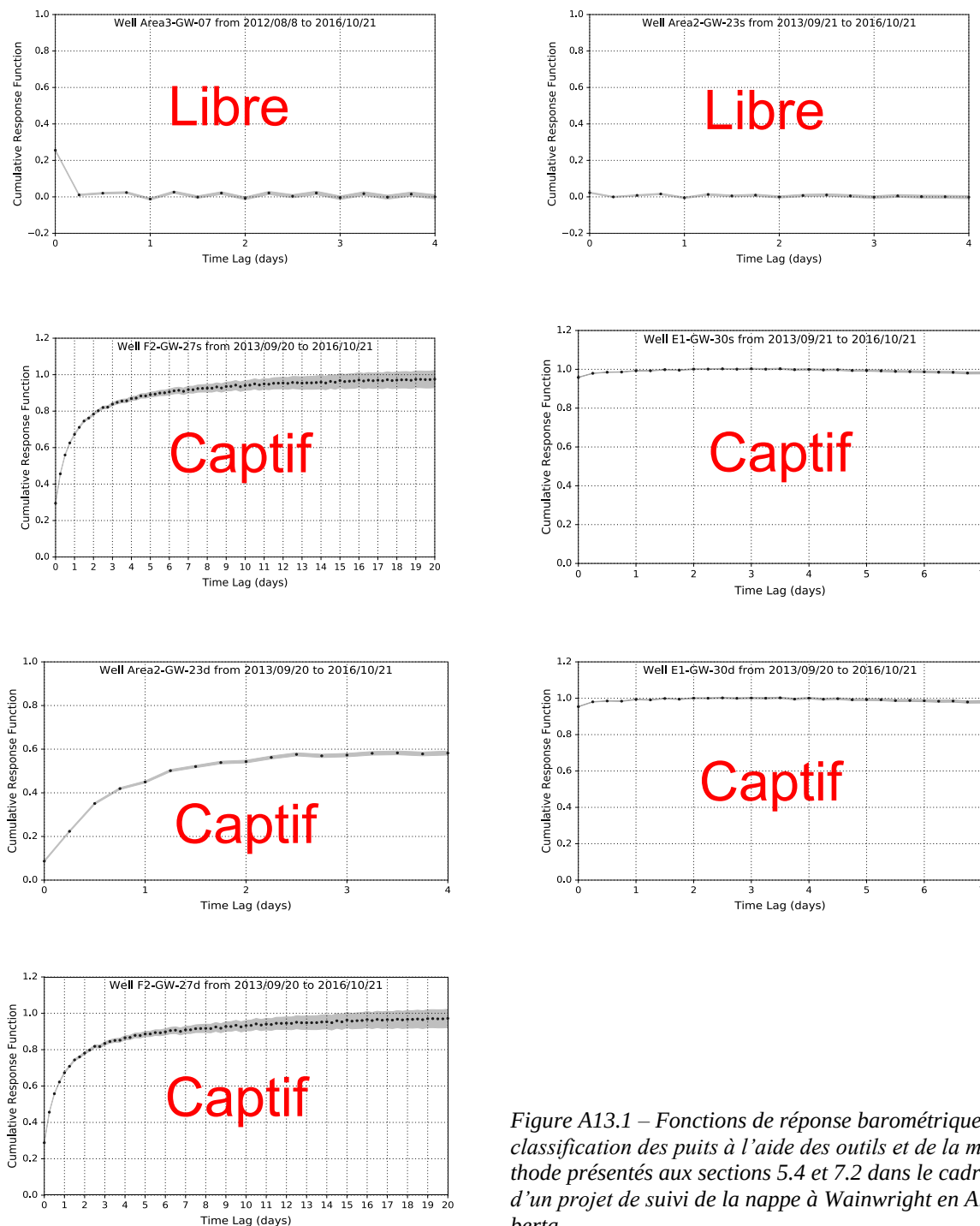
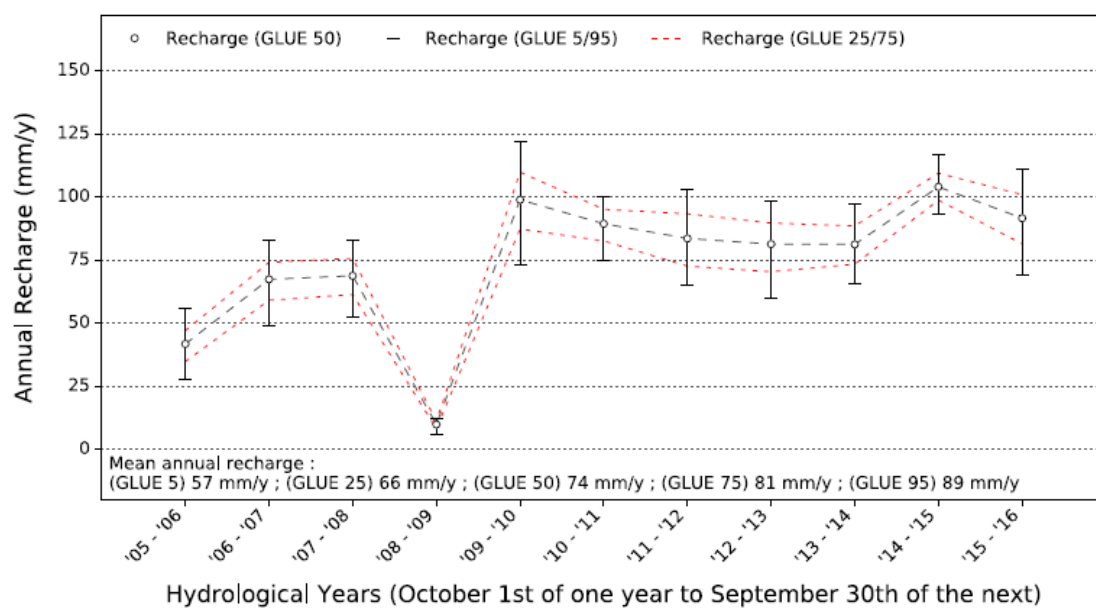
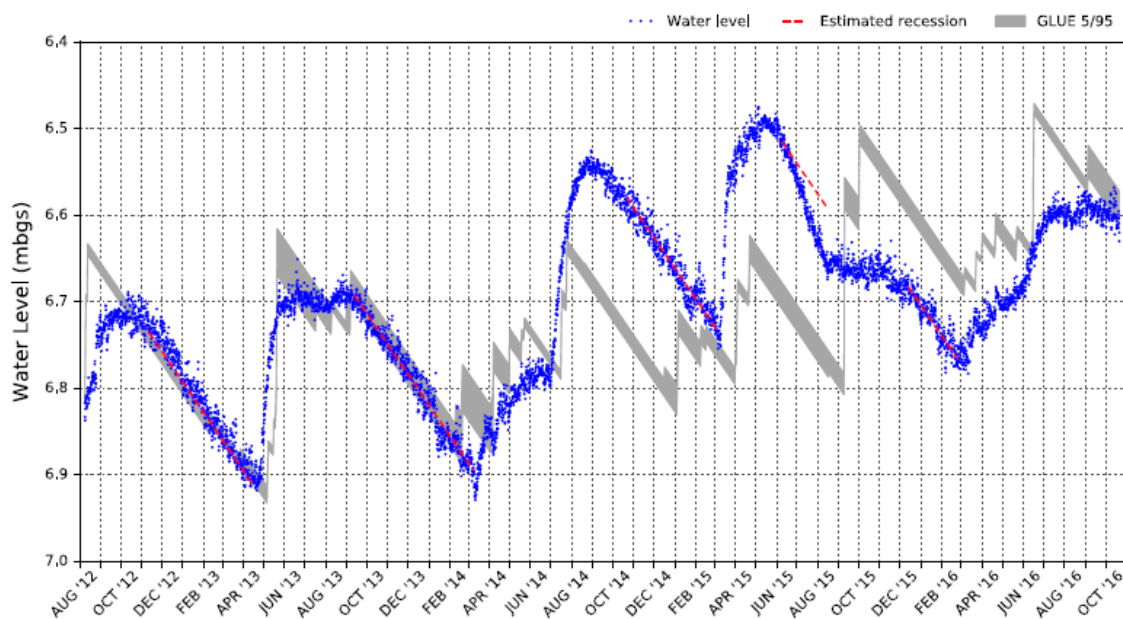
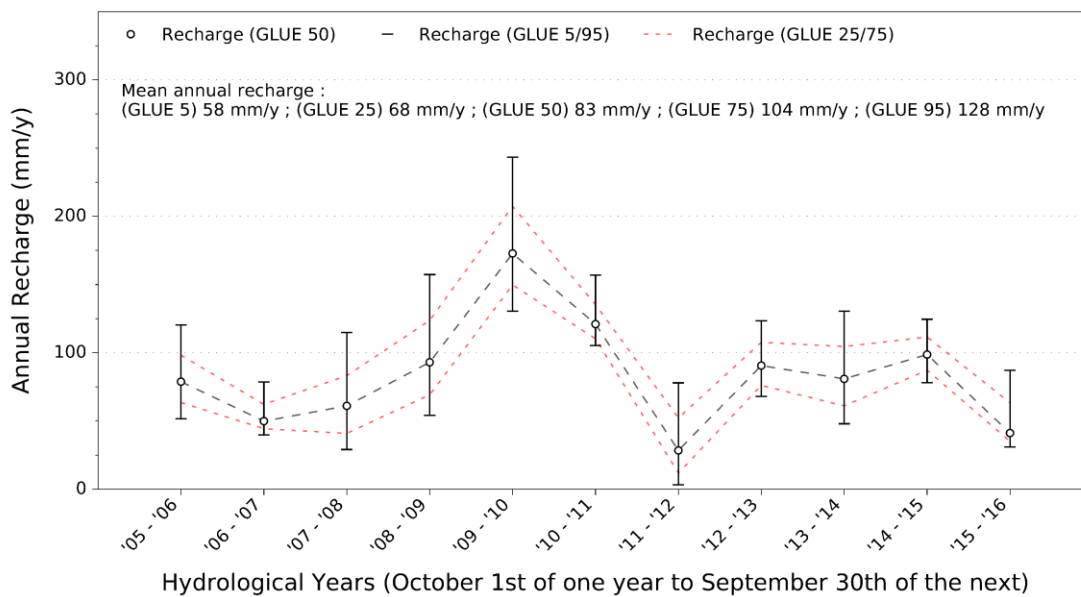
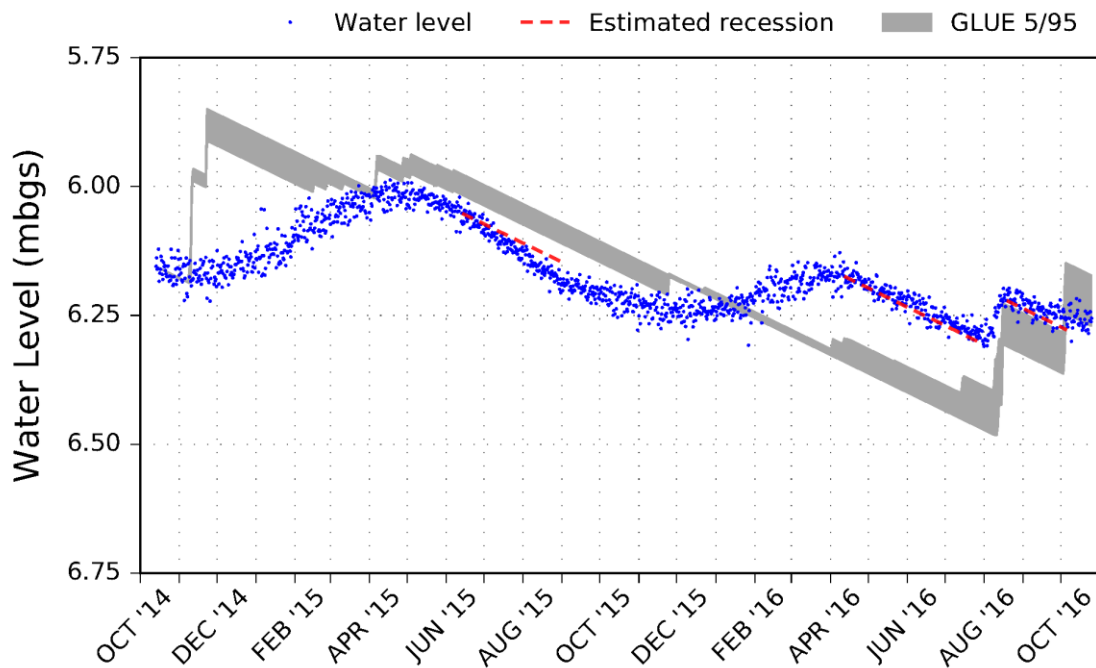


Figure A13.1 – Fonctions de réponse barométrique et classification des puits à l'aide des outils et de la méthode présentés aux sections 5.4 et 7.2 dans le cadre d'un projet de suivi de la nappe à Wainwright en Alberta.



A13.5 Évaluation de la recharge à Suffield en Alberta

Évaluation de la recharge à l'aide de GWHAT dans le cadre d'un projet de suivi de la nappe à Suffield en Alberta.



A14 Étude de cas : évaluation de la recharge à Sainte-Justine

La station piézométrique 023440005 est située dans la municipalité de Sainte-Justine à une latitude de 46.40819°, une longitude de -70.37099° et une altitude de 401.0 m. Cette annexe présente le cadre méthodologique qui a été suivi pour l'estimation de la recharge à partir des niveaux d'eau mesurés à cette station. Ce cadre d'application représente une amélioration importante de la démarche utilisée pour estimer la recharge avec GWHAT qui met en œuvre la méthode décrite à la section 8.

Il est important de souligner qu'au terme de cet exercice, il a été déterminé que cette station piézométrique est très certainement installée dans un contexte hydrogéologique qui est très défavorable à l'estimation d'une recharge valide et représentative du contexte régional. Néanmoins, ce travail a tout de même permis de faire une interprétation détaillée des niveaux d'eau mesurés dans ce puits et de mieux définir le contexte hydrogéologique local de cette station piézométrique. Ceci constitue également un bon exemple d'une station piézométrique dont l'hydrogramme est complexe et difficile à interpréter.

A14.1 Description de l'hydrogramme

Des données de niveau d'eau avec une résolution temporelle d'au moins un jour sont disponibles à cette station de 24-09-2010 à aujourd'hui. Des données à haute résolution temporelle (15 minutes) sont disponibles pour la période du 17-11-2016 au 02-11-2017. Les niveaux d'eau mesurés dans le piézomètre ainsi que les précipitations et la température de l'air mesurées à la station météorologique de St CAMILLE, située à 14.1 km du piézomètre, sont présentés à la figure A14.1.

On remarque d'abord que les niveaux d'eau de la station 023440005 sont bruités en réponse aux variations de la pression atmosphérique, ce qui est caractéristique des puits libres installés dans un aquifère avec zone non saturée qui retarde la propagation des variations barométriques de la surface à la nappe. On remarque également des variations saisonnières marquées dans les niveaux avec des amplitudes de l'ordre de 0.7 m. Les récessions du niveau de l'eau sont principalement linéaires et le niveau de l'eau répond rapidement et clairement aux événements de recharge à l'échelle hebdomadaire.

De façon générale, les variations saisonnières du niveau d'eau sont caractérisées par une période de récession à l'hiver. La récession hivernale du niveau d'eau est parfois caractérisée par une pente plus faible que celle observée durant l'été et par des épisodes de recharge de faible intensité. La récession d'hiver débute généralement en novembre ou en décembre, à l'exception de l'année 2012 où elle a débuté vers la fin du mois d'octobre. On observe une recharge due à la fonte de la neige qui débute généralement en mars ou au début d'avril, à l'exception de l'année 2016 où elle a débuté pendant le mois de février. Suite au début de la fonte, on observe une remontée des niveaux d'eau qui se poursuit jusqu'au mois de mai ou juin. La recharge suivant la fonte de la neige est généralement suivie d'une période de 1 à 3 mois où le niveau d'eau remonte lentement ou demeure stable. Ceci est clairement visible durant l'été de 2013 (voir figure A14.2) où l'on observe un plateau du niveau d'eau entre le 03/6/2013 et le 17/9/2013, suite à la fonte printanière. Cela implique une recharge estivale pour maintenir le niveau d'eau et empêcher la récession généralement attendue du niveau d'eau durant l'été. Durant la seconde moitié de l'été, on observe ensuite une récession du niveau d'eau qui se poursuit jusqu'à l'automne. La majorité des périodes de récession estivale sont caractérisées par des épisodes de recharge de faible à moyenne amplitude, comme on peut le voir à l'été 2016 où la récession est caractérisée par deux épisodes de recharge distincts qui sont survenus autour du 17/7/2016 et du 18/8/2016 (voir figure A14.3). Enfin, suivant la récession estivale, on observe à l'automne une recharge qui est moins importante que celle du printemps et qui débute généralement en septembre ou

en octobre. Cette recharge cause une remontée des niveaux d'eau qui se poursuit généralement jusqu'en novembre ou en décembre, jusqu'à la période de récession hivernale.

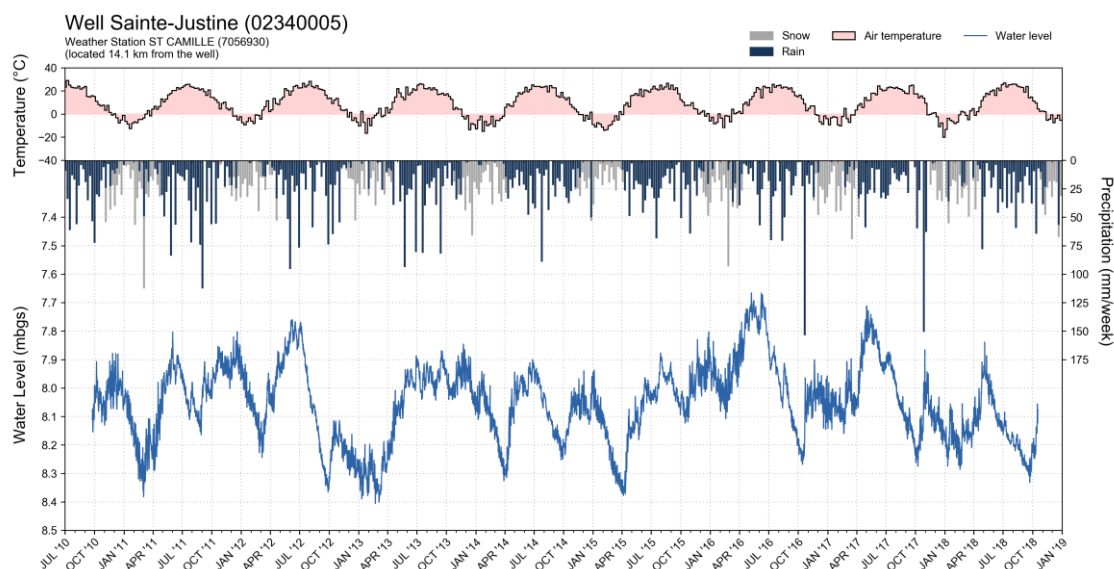


Figure A14.1 – Hydrogramme de la station 02340005 situé à Sainte-Justine. Les précipitations et la température de l'air sont également présentées sous une base hebdomadaire en haut du graphique.

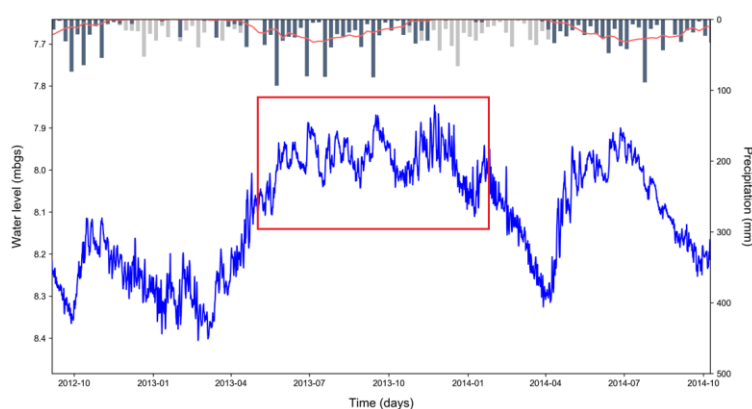


Figure A14.2 – Exemple montrant une période clairement discernable dans l'hydrogramme (encadré rouge) pendant laquelle le niveau de l'eau demeure stable suite à la recharge printanière.

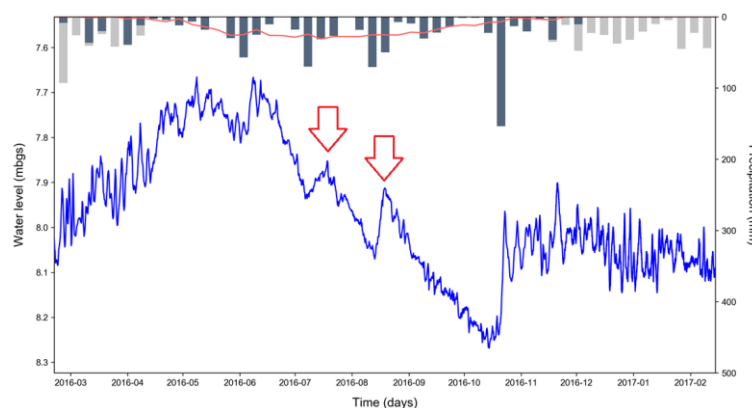


Figure A14.3 – Exemple montrant deux épisodes de recharge durant la récession estivale (flèches rouges).

A14.2 Stratigraphie et conditions de confinement

La stratigraphie de ce puits tel que montrée par la description de forage du puits (figure A14.4) suggère des conditions de nappe captive. Toutefois, d'après le tableau A11.1, ce piézomètre a été caractérisé comme étant captif par le MELCC, semi-captif par la méthode des hydrofaciès et libre par le modèle d'épaisseur des dépôt de la CGC (Nastev et al. 2016).

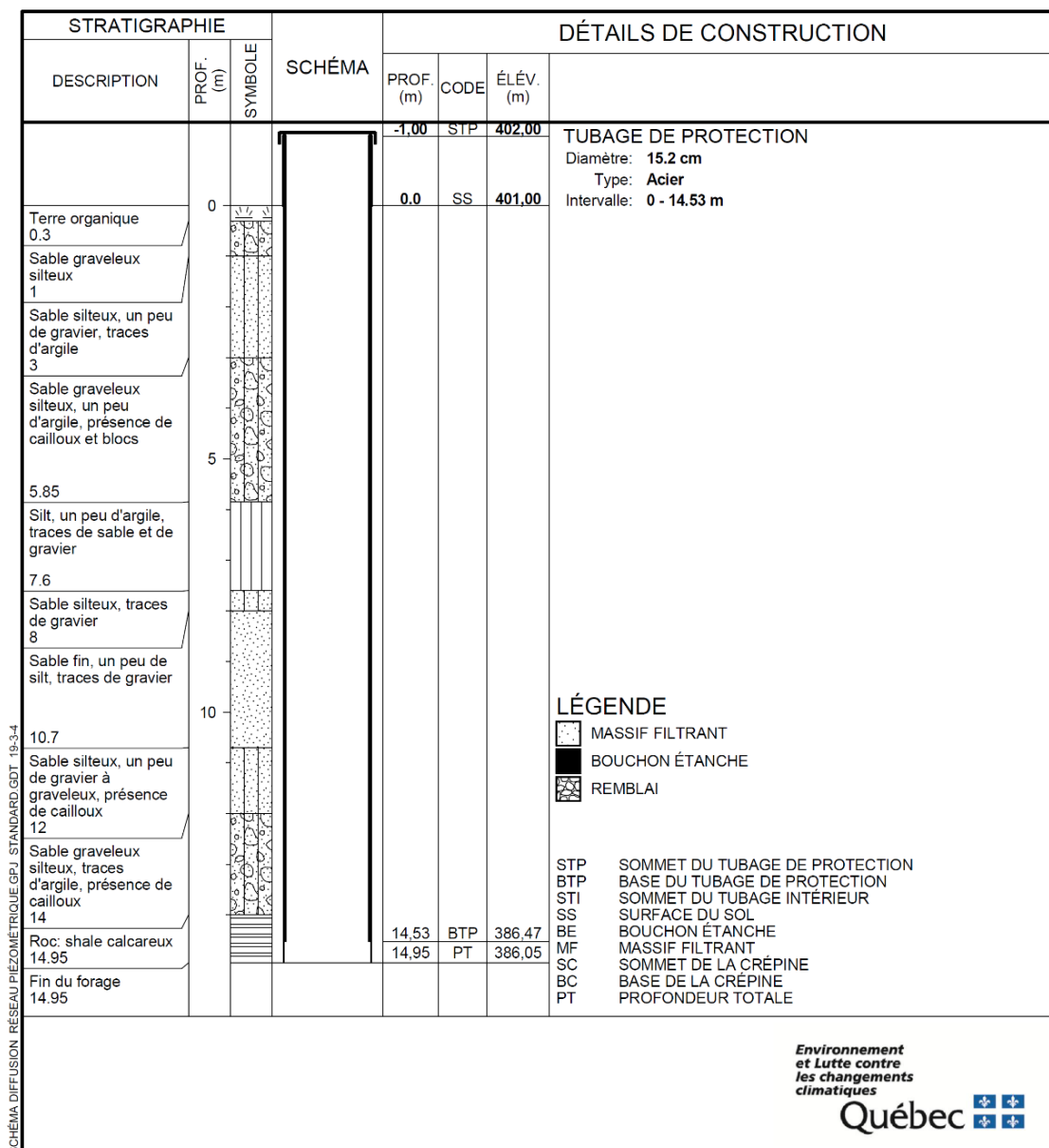


Figure A14.4 – Stratigraphie et détails de construction du piézomètre 02340005 situé dans la municipalité de Sainte-Justine (tiré du site internet du RSESQ)

Tableau A14.1 – Extrait du tableau A11.1 présentant les conditions de confinement définies pour la station piézométrique 023440005 à Sainte-Justine.

ID Puits	Municipalité	Confinement des puits				Confinement région autour des puits (dépôts modèle CGC)		
		MELCC	Hydrofaciès	Dépôts (modèle CGC)	BRF	Semi-captif (%)	Libre (%)	Captif (%)
02340005	Sainte-Justine	Captive	Semi-captive	Libre	Libre	0.6	99.4	0.0

Les valeurs pour les puits de la région d'étude selon le modèle d'épaisseur des dépôts de la CGC (Nastev et al. 2016) sont données au tableau de l'annexe A1.7. L'épaisseur des dépôts meubles varie dans la région autour de la station entre 1.1 m et 3.7 m avec une valeur moyenne de 2.1 m alors que l'épaisseur des dépôts au droit du puits est évaluée à 3.0 m (tableau A14.2). Ces valeurs contrastent avec la description de forage qui indique une épaisseur de près de 15 m de dépôts meubles. Il est certain la valeur d'épaisseur des dépôts au droit du puits donnée par la description de forage est beaucoup plus fiable que celle donnée par le modèle géologique. Néanmoins, cela suggère que l'épaisseur des dépôts dans les environs du puits est probablement beaucoup moins importante que celle observée au droit du puits, ce qui pourrait impliquer la présence de zone de recharge à proximité. Ainsi, simplement à partir des méthodes basées sur l'épaisseur des dépôts, il est difficile de statuer avec certitude sur les conditions de confinement du puits et de ses environs.

Tableau A14.2 – Épaisseur des dépôts meubles à l'intérieur d'un rayon de 500 m de la station piézométrique 023440005 d'après le modèle d'épaisseur des dépôts de la CGC (tiré du tableau de l'annexe A1.7).

Puits	Min	Moy	Max
3.0 m	1.1 m	2.1 m	3.7 m

La BRF qui a été calculée pour ce puits nous fournit des informations complémentaires et indique des conditions de nappe libre (voir figure A14.5). On remarque toutefois sur le graphique de BRF que la courbe prend quelques jours à atteindre une valeur de zéro, ce qui est caractéristique des aquifères en nappe libre avec une zone non saturée qui retarde la propagation des variations barométriques de la surface à la nappe. Ceci est en accord avec les observations faites à la section précédente au niveau de l'hydrogramme.

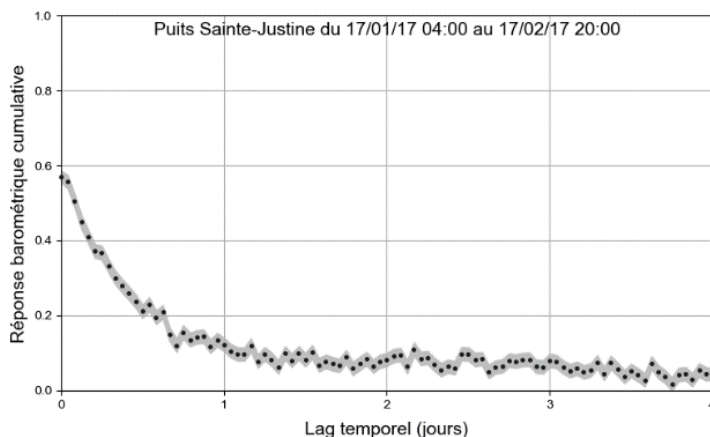


Figure A14.5 – BRF calculée pour la station 02340005 à Sainte-Justine.

Si on revient à l'hydrogramme du piézomètre de la figure A14.1, on observe que le niveau de l'eau varie entre 7.67 m et 8.41 m sous la surface du sol. D'après la description de forage (figure A14.4), cela indique que la nappe fluctue à l'intérieur des deux horizons du sol suivants :

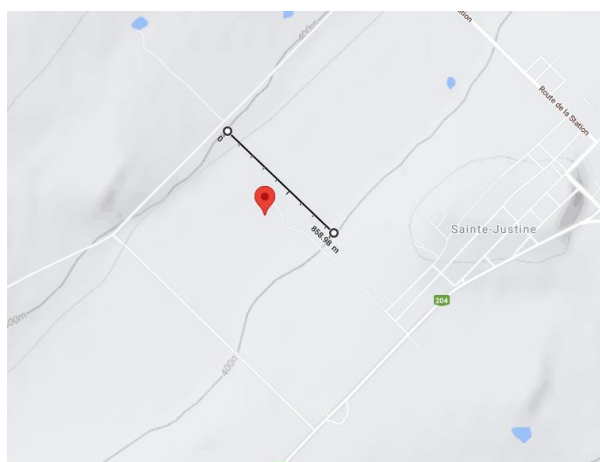
- 7.6 m à 8.0 m : sable silteux, traces de gravier de (0.4 m d'épaisseur)
- 8.0 m à 10.7 m : sable fin, un peu de silt, traces de gravier de (2.70 m d'épaisseur)

Ces deux horizons devraient avoir des propriétés hydrauliques similaires. On peut donc supposer que la nappe varie à l'intérieur d'une unité hydrostratigraphique relativement homogène avec une porosité de drainage (S_y) moyenne qui pourrait varier entre 0.1 et 0.28 d'après Johnson (1967). À noter qu'il faut faire attention par rapport à la détermination du niveau d'eau dans les sédiments à partir d'une mesure dans le roc. S'il y a infiltration vers le bas, le niveau d'eau dans les sédiments sera beaucoup plus haut alors qu'il sera plus bas dans une zone d'émergence.

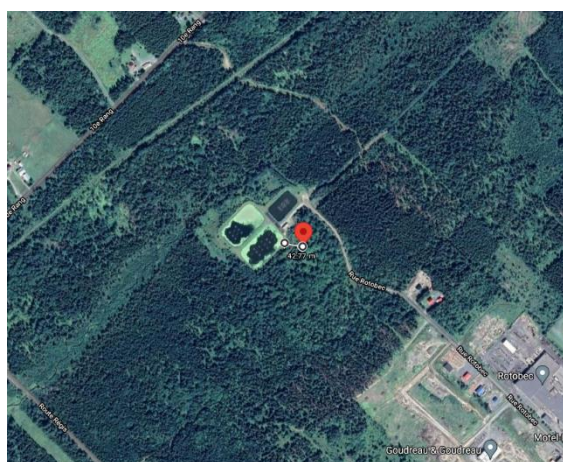
Au-dessus de la nappe, il est important de mentionner que l'on retrouve une couche de silt de 1.75 m d'épaisseur qui pourrait agir comme une couche confinante. Toutefois, selon la BRF et la réponse de l'hydrogramme aux conditions météorologiques, ce puits montre clairement une réponse de type libre. On peut ainsi supposer que l'étendue de cette couche n'est pas continue dans le secteur proche du puits ou encore que l'on retrouve des zones de recharge à proximité du puits, tel que suggéré par le modèle d'épaisseur des dépôts de la CGC (Nastev et al. 2016).

A14.3 Description de la région autour de la station

Le puits est situé au milieu d'une vallée d'une largeur d'environ 860 m le long de laquelle s'écoule un cours d'eau situé à environ 215 m du piézomètre (figure A14.6a). Comme on peut le voir sur la photo aérienne de la figure A14.6b, le piézomètre est situé à proximité d'étangs aérés (environ 43 m) qui sont utilisés pour le traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Justine.



(a)



(b)

Figure A14.6 – Topographie et photo aérienne de la région autour du puits (tirées de Google maps).

D'après le tableau de l'annexe A1.3, la pente du terrain à l'intérieur d'un rayon de 500 m autour du piézomètre varie entre 1.2% et 15.4% avec une pente moyenne de 6.8% alors que la pente à la station même est de 9.0% (tableau A14.3).

Tableau A14.3 – Pente du terrain au puits et pente minimale, moyenne et maximale à l'intérieur d'un rayon de 500 m autour de la station piézométrique 023440005 (tiré du tableau de l'annexe A1.3).

Puits	Min	Moy	Max
9.0	1.2	6.8	15.4

D'après le tableau de l'annexe A1.4, plus de 80% de la région entourant le piézomètre est constitué de forêt. On retrouve également quelques activités anthropiques et des milieux humides en plus faible proportion. Ce contexte indique que l'on est potentiellement en zone d'émergence, ce qui n'est pas un contexte adéquat pour l'estimation de la recharge. Le détail de l'occupation du sol dans la région autour du piézomètre est présenté dans le tableau A14.4.

Tableau A14.4 – Occupation du sol à l'intérieur d'un rayon de 500 m autour de la station piézométrique 023440005 (tiré du tableau de l'annexe A1.4).

Type	occupation (%)	Type	occupation (%)
Aquatique	0	Coupe et régénération	0.9
Sol nu et lande	0	Anthropique	11.9
Forestier	82.1	Humide	4.7
Agricole	0.4	Non classifié	0

A14.4 Estimation de la recharge

GWHAT a d'abord été utilisé pour produire un ensemble de réalisations en utilisant des plages de valeurs très larges pour les paramètres hydrologiques. Pour les paramètres secondaires, les valeurs permettant de minimiser la valeur RSME minimum de l'ensemble des réalisations produites ont été utilisées. Le détail des plages des valeurs des paramètres primaires et des valeurs des paramètres secondaires utilisés dans cette première étape du processus d'évaluation de la recharge est donné dans le tableau suivant.

Tableau A14.5 – Plages des valeurs des paramètres primaires et valeurs des paramètres secondaires utilisés dans la première étape du processus d'évaluation de la recharge pour générer un grand ensemble de réalisations.

Paramètres Primaires	Symbole	Plage
Emmagasinement maximal	RASmax	0 mm – 100 mm
Coefficient de ruissellement	Cro	0.10 – 0.70
Porosité de drainage	Sy	0.100 – 0.500
Paramètres Secondaires	Symbole	Valeur
Température critique de fonte	Tmelt	-2.0 °C
Coefficient de fonte	CM	6 mm/°C
Délai de la recharge	deltaT	0 jour

Un total de 5410 réalisations ont été produites à partir de ces plages de distribution des paramètres primaires du modèle. L'enveloppe des niveaux d'eau synthétiques et les valeurs de la recharge annuelle estimées à partir de cet ensemble de réalisations sont présentées aux figures A14.7 et A14.8. La distribution des valeurs de RMSE calculées entre les niveaux synthétiques produits pour chacune des réalisations et les niveaux mesurés dans le piézomètre sont présentés à la figure A14.9. Les plages des valeurs des paramètres hydrologiques représentées par l'ensemble des réalisations sont également présentées à droite de la figure A14.9.

Le fait d'avoir utilisé des plages très larges pour les paramètres hydrologiques et le fait de considérer l'ensemble des modèles comme étant acceptables pour l'évaluation de la recharge résulte en une enveloppe très large des niveaux d'eau et une incertitude importante sur les estimations de la recharge. Afin de réduire cette incertitude, on rejette les modèles dont la RMSE est à plus de 10% d'écart de la plus faible valeur de RMSE obtenue pour l'ensemble des réalisations. Ainsi, puisque la plus petite valeur de RMSE obtenue pour l'ensemble des réalisations est de 168.7 mm, seul les réalisations avec une RMSE inférieure ou égale à 185.6 mm sont conservées, ce qui correspond à un total de 73 réalisations. L'enveloppe des niveaux d'eau synthétiques, les valeurs de recharge moyenne annuelle, la distribution des RMSE et les plages de valeurs des paramètres hydrologiques couvertes par ce sous-ensemble de 73 réalisations sont présentées aux figures A14.10 à A14.12. On remarque que cette opération a permis de réduire substantiellement l'enveloppe des niveaux d'eau synthétiques et les plages des paramètres hydrologiques représentées par les réalisations, particulièrement en ce qui a trait au paramètre RASmax. De plus, le fait de ne garder que les meilleures réalisations a permis de réduire significativement l'incertitude sur les estimations de la recharge et d'améliorer substantiellement l'ajustement entre l'enveloppe des niveaux d'eau simulés et observés.

Jusqu'à maintenant, nous avons utilisé une démarche « naïve » d'évaluation de la recharge basée uniquement sur la comparaison des niveaux d'eau synthétiques de GWHAT avec les niveaux d'eau observés. La prochaine et dernière étape consiste à incorporer dans notre analyse les autres informations que l'on possède sur le site à l'étude pour réduire davantage l'incertitude sur les valeurs de recharge estimées.

D'après la description de forage, on sait tout d'abord que la nappe fluctue à l'intérieur d'une couche de sable fin silteux. D'après Johnson (1967), la plage de Sy plausible pour un matériau de type "sable fin" serait de 0.10 à 0.28. Ces valeurs peuvent alors être utilisées pour rejeter les réalisations dont le Sy est à l'extérieur de cette plage de valeurs, réduisant ainsi le nombre de réalisations acceptables pour l'estimation de la recharge à 10. Les niveaux d'eau et les taux annuels de recharge estimés à partir de ce sous-ensemble de 10 réalisations pour la période 1980-2019 sont présentés aux figures A14.13 et A14.14, respectivement. La distribution des RMSE et les plages de valeurs des paramètres hydrologiques des réalisations sont également présentées à la figure A14.15. Cette nouvelle contrainte imposée sur les valeurs plausibles de Sy a permis de réduire significativement l'incertitude sur les valeurs de recharge estimées. On remarque que les plages de valeurs pour les paramètres RASmax et Cru sont déjà très circonscrites pour l'ensemble des réalisations qui ont été conservées. Parmi les 10 réalisations conservées, le Cru varie entre 0.64 et 0.70 alors que le RASmax varie entre 0 et 1 mm. Il ne serait donc pas possible de contraindre davantage ces paramètres. À noter que ces plages de valeurs pour ces paramètres sont plutôt irréalistes considérant le contexte hydrogéologique de la station 023440005. Elle correspondent toutefois aux valeurs qu'il était nécessaire d'imposer dans le modèle afin que les niveaux simulés correspondent aux niveaux mesurés. Ceci remet bien entendu en question la validité de l'évaluation de la recharge qui peut être faite à partir des niveaux d'eau mesurés à cette station. Le tout est discuté en détail à la section A14.5.

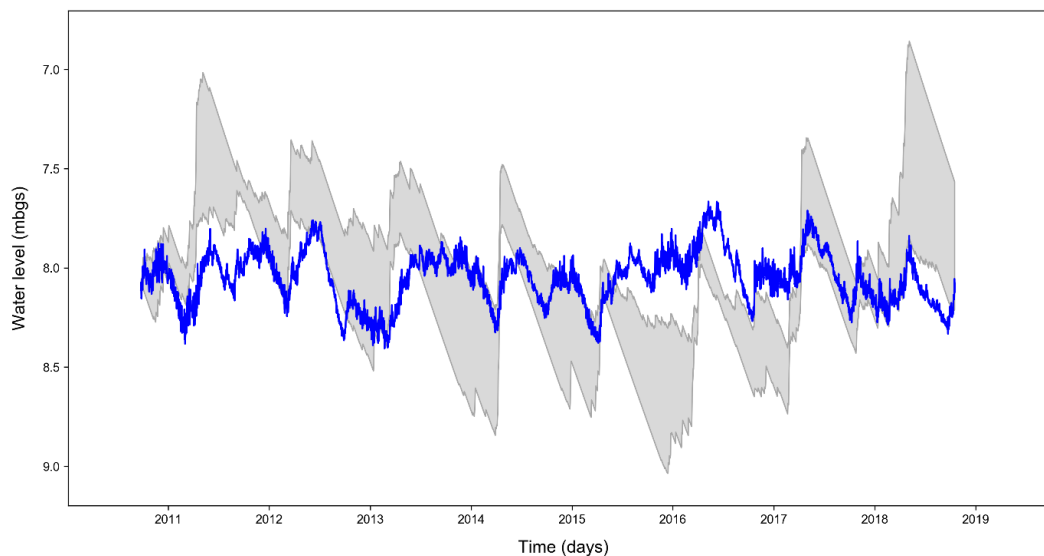


Figure A14.7 – Enveloppe des niveaux d'eau évaluée à partir d'un ensemble de 5410 réalisations.

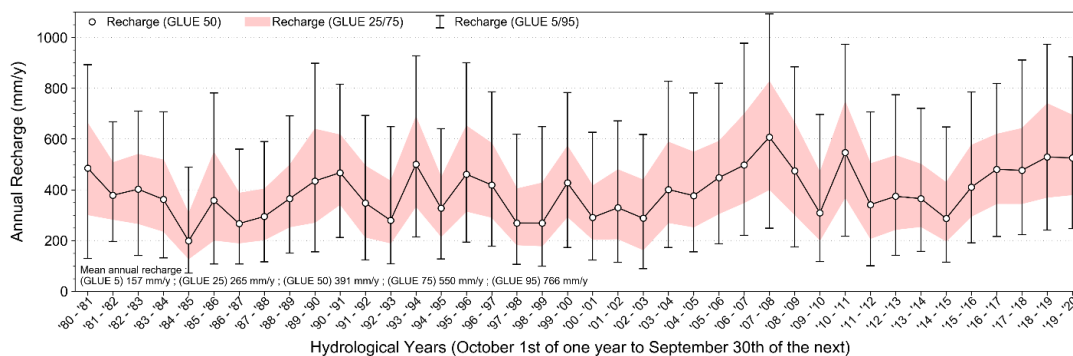
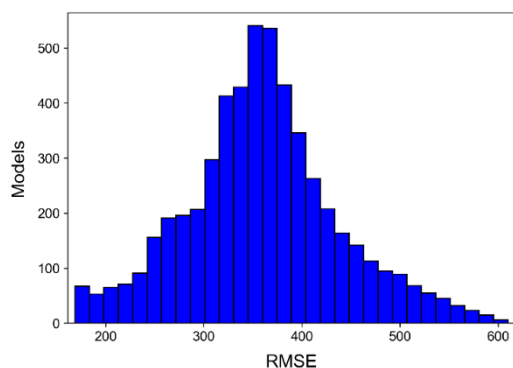


Figure A14.8 – Valeurs de la recharge annuelle estimées à partir d'un ensemble de 5410 réalisations.



Nb. réalisations = 5410
 Plage RMSE = 168.7 – 610.1 mm
 Plage Cru = 0.10 - 0.70
 Plage RASmax = 0 – 100 mm
 Plage Sy = 0.100 – 0.500

Figure A14.9 – Distribution des valeurs de RMSE, calculées entre les niveaux mesurés et les niveaux synthétiques, pour l'ensemble de 5410 réalisations.

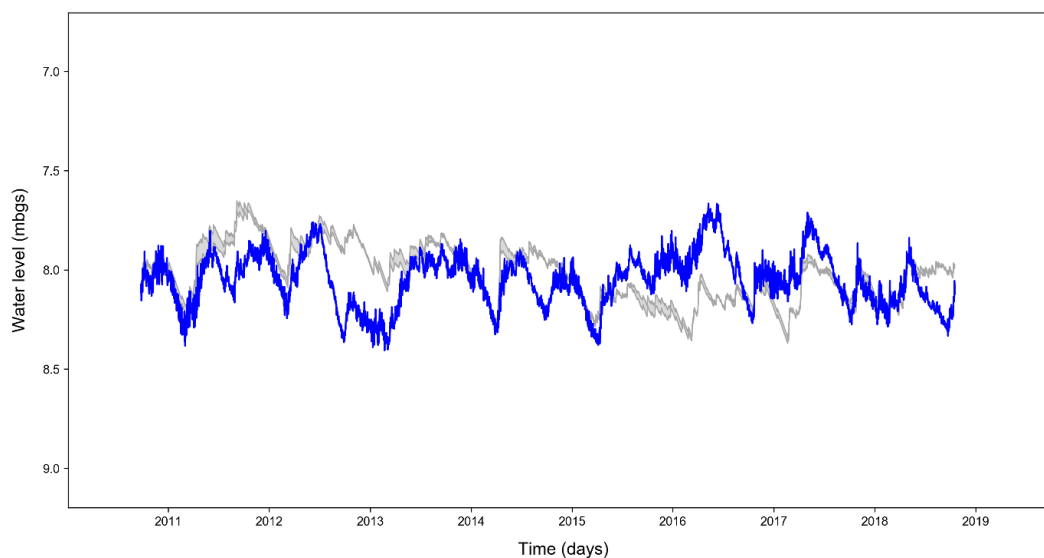


Figure A14.10 – Enveloppe des niveaux d'eau évaluée à partir d'un ensemble de 73 réalisations.

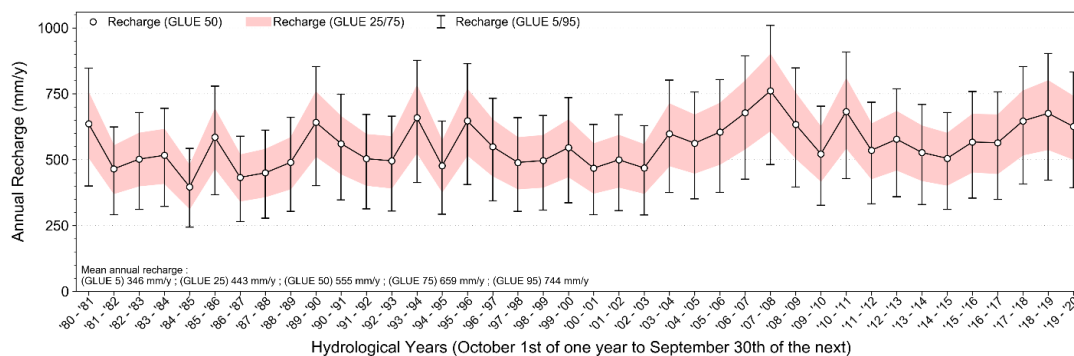
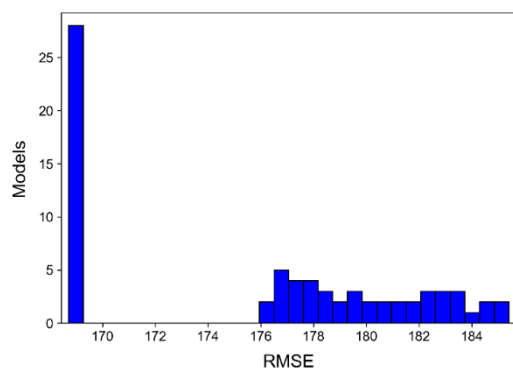


Figure A14.11 – Valeurs de la recharge annuelle estimées à partir d'un ensemble de 73 réalisations.



Nb. réalisations = 73
 Plage RMSE = 168.7 - 185.4 mm
 Plage Cru = 0.35 - 0.70
 Plage RASmax = 0 – 2 mm
 Plage Sy = 0.222 – 0.499

Figure A14.12 – Distribution des valeurs de RMSE, calculées entre les niveaux mesurés et les niveaux synthétiques, pour l'ensemble de 73 réalisations.

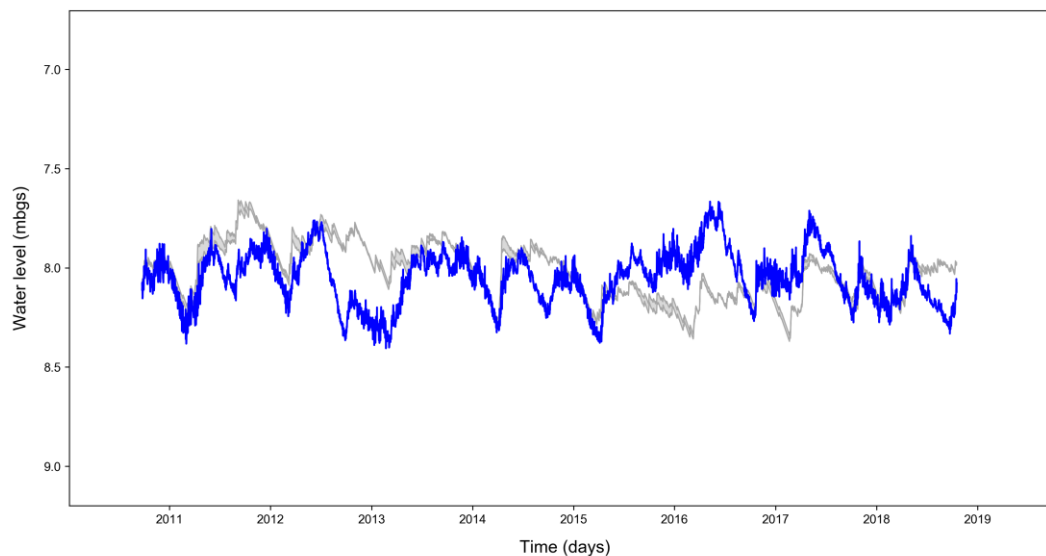


Figure A14.13 – Enveloppe des niveaux d'eau évaluée à partir d'un ensemble de 10 réalisations.

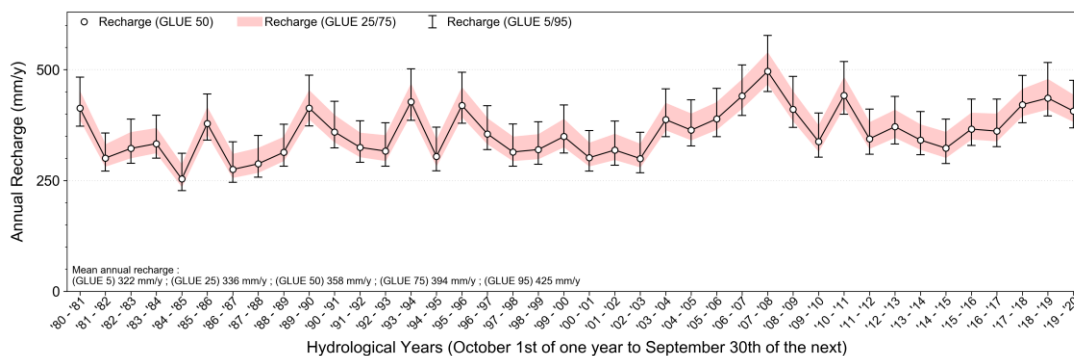
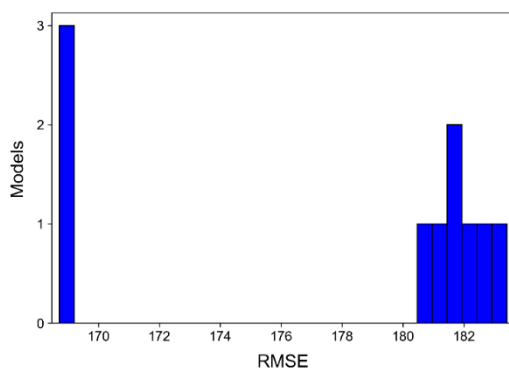


Figure A14.14 – Valeurs de la recharge annuelle estimées à partir d'un ensemble de 10 réalisations.



Nb. réalisations = 10
 Plage RMSE = 168.7 - 183.4 mm
 Plage Cru = 0.64 - 0.70
 Plage RASmax = 0 – 1 mm
 Plage Sy = 0.222 – 0.279

Figure A14.15 – Distribution des valeurs de RMSE, calculées entre les niveaux mesurés et les niveaux synthétiques, pour l'ensemble de 10 réalisations.

D'après les résultats présentés à la figure A14.14, la recharge annuelle moyenne entre 1980 et 2019 à la station 023440005 pourrait varier entre 322 et 425 mm/an, mais est probablement plus de l'ordre de 336 mm/an à 394 mm/an et la valeur la plus probable serait de 358 mm/an.

Les figures A14.16 et A14.17 et montrent les valeurs moyennes annuelles et mensuelles du bilan hydrologique calculées pour l'intervalle de confiance GLUE50 à partir de l'ensemble de 10 réalisations qui ont été conservées. Les valeurs annuelles sont calculées sur des années hydrologiques qui débutent le premier octobre de chaque année et se terminent le 30 septembre de l'année suivante. On peut voir sur ces graphiques que les valeurs estimées pour l'évapotranspiration sont très faibles tout au long de l'année, avec une valeur annuelle moyenne de 58 mm/an, ce qui n'est pas réaliste considérant le contexte forestier dans lequel la station est installée. À l'inverse, les valeurs estimées pour le ruissellement sont importantes, avec une valeur annuelle moyenne de 863 mm/an, ce qui correspond à 68% des précipitations annuelles moyennes, ce qui est beaucoup trop élevé pour un sol naturel. Ces résultats, de même que leur validité et représentativité à l'échelle régionale sont discutés en détails à la section suivante.

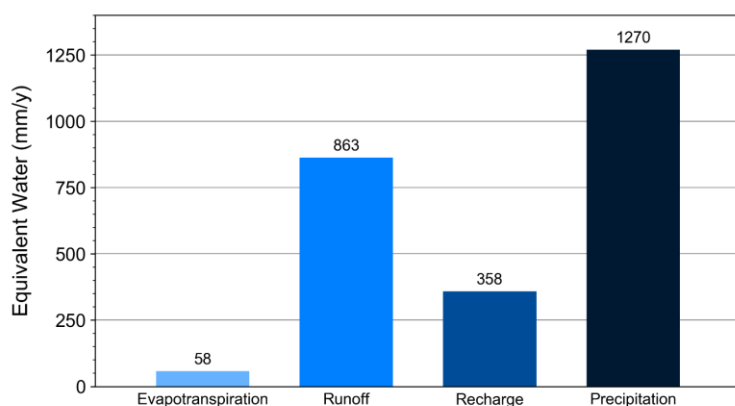


Figure A14.16 – Valeurs moyennes annuelles du bilan hydrologique calculées pour l'intervalle de confiance GLUE50 à partir de l'ensemble de 10 réalisations qui ont été conservées pour l'estimation de la recharge.

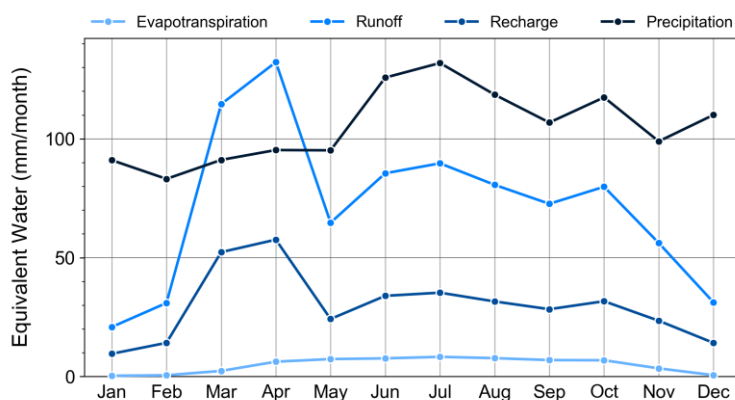


Figure A14.17 – Valeurs moyennes mensuelles du bilan hydrologique calculées pour l'intervalle de confiance GLUE50 à partir de l'ensemble de 10 réalisations qui ont été conservées pour l'estimation de la recharge.

A14.5 Discussion

Dans l'ensemble, le comportement des niveaux est reproduit de façon satisfaisante sur une bonne partie de la période pour laquelle des mesures de niveaux d'eau sont disponibles. Quelques variations saisonnières ne sont toutefois pas bien représentées, comme la récession estivale de 2012 et la recharge automnale de 2015.

Les valeurs de recharge obtenues sont réalistes, quoique quelque peu élevées pour un contexte forestier. Toutefois, les faibles valeurs d'évapotranspiration et les valeurs élevées de ruissellement qui ont été obtenues suite au calage du modèle sont irréalistes pour le contexte hydrogéologique de la station piézométrique. Ces valeurs d'évapotranspiration et de ruissellement étaient toutefois nécessaires pour la reproduction par le modèle des remontées, des plateaux et des épisodes de recharge observés dans les niveaux d'eau durant la période estivale (voir exemples aux figures A14.2 et A14.3). Ce comportement de la nappe pendant la période estivale est surprenant considérant que la région autour de la station 023440005 est principalement occupée par de la forêt. Dans un tel contexte, on pourrait s'attendre à une évapotranspiration importante et une récession des niveaux d'eau marquée suivant la période de recharge printanière. À l'inverse, les valeurs estimées pour le ruissellement sont beaucoup trop élevées. Bien que la pente du terrain dans la région soit élevée à certains endroits, on aurait pu s'attendre à des valeurs de ruissellement un peu plus faibles compte tenu du sol grossier retrouvé en surface et de la couverture végétale importante qui tend à limiter le ruissellement de surface.

Ainsi, ces résultats suggèrent fortement que le niveau d'eau souterraine au piézomètre 023440005 est influencé par d'autres phénomènes, anthropiques ou naturels, que la recharge diffuse provenant des précipitations et de la fonte de la neige. Ces autres phénomènes n'étant pas représentés dans le modèle, cela mène alors à un calage du modèle qui donne des résultats qui ne sont pas réalistes et représentatifs du contexte hydrogéologique que l'on souhaite caractériser.

Une première cause possible qui pourrait influencer les niveaux d'eau et expliquer le comportement de la nappe durant l'été serait l'apport d'eau souterraine dans la région proche du puits par un écoulement latéral en provenance des régions plus éloignées. Cela serait plausible étant donné que le piézomètre est installé dans des dépôts meubles qui devraient être beaucoup plus perméables que le roc sous-jacent. Le piézomètre étant installé au milieu d'une vallée, il serait possible qu'une portion de l'eau souterraine s'infiltrant dans les montagnes atteigne le roc et s'écoule latéralement au-dessus du roc, à l'intérieur des dépôts perméables, vers les régions de plus basse altitude où le piézomètre est installé. Il est également possible que le puits soit tout simplement installé dans une zone de résurgence, ce qui pourrait également expliquer certains des comportements particuliers observés dans l'hydrogramme.

Une autre cause possible proviendrait de l'influence du niveau de la nappe dans la région proche du puits par les activités en lien avec le traitement des eaux de la municipalité de Sainte-Justine. D'après le site internet de la municipalité², le système de déphosphoration est opérationnel annuellement, du 15 mai au 15 novembre. De plus, selon une liste des stations d'épuration³ distribuée par le ministère des Affaires municipales, régions et occupations du territoire, les volumes traités par le système de traitement de la

² <http://www.stejustine.net/infrastructures/>

³ <file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/2009-1.pdf>

municipalité de Sainte-Justine seraient de l'ordre de 1908 m³/jour. Il serait nécessaire de vérifier si la méthode utilisée pour disposer de l'eau traitée ne pourrait pas avoir une influence sur le niveau d'eau mesuré dans le piézomètre de la station 023440005 qui est situé à moins de 43 m des étangs aérés de ce système d'épuration.

En conclusion, le niveau de l'eau mesuré dans le piézomètre de la station 023440005 a un comportement qui laisse présumer une influence provenant de phénomènes naturels ou anthropiques autres que la recharge naturelle diffuse. Ainsi, les valeurs de recharge qui ont été estimées à partir de l'interprétation des niveaux d'eau mesurés à la station 023440005 surestiment probablement la recharge de l'aquifère à l'échelle régionale et ces estimations ne sont probablement représentatives qu'à une échelle locale autour du puits.

A15 Étude de cas : évaluation de la recharge à Mercier

Le puits d'observation Mercier (03090001) du RSESQ est situé dans le secteur hydroclimatique de Châteauguay. Des données du niveau d'eau dans ce puits sont disponibles du 2004-05-05 au 2018-11-08. Durant cette période, le niveau de l'eau a varié entre 3.48 m et 1.65 m sous la surface du sol, avec un niveau moyen de 2.672 m. Selon le log de forage du puits (figure A15.1), on observe un horizon de sable, gravier et cailloux qui s'étend de la surface du sol jusqu'à une profondeur de 3 m sous la surface. Sous cet horizon superficiel, on retrouve un horizon de sable fin silteux qui va de 3 m jusqu'à une profondeur de 5.8 m sous la surface. Ainsi, depuis 2004, la nappe a fluctué à l'intérieur de deux horizons de sol caractérisés par des propriétés hydrauliques différentes.

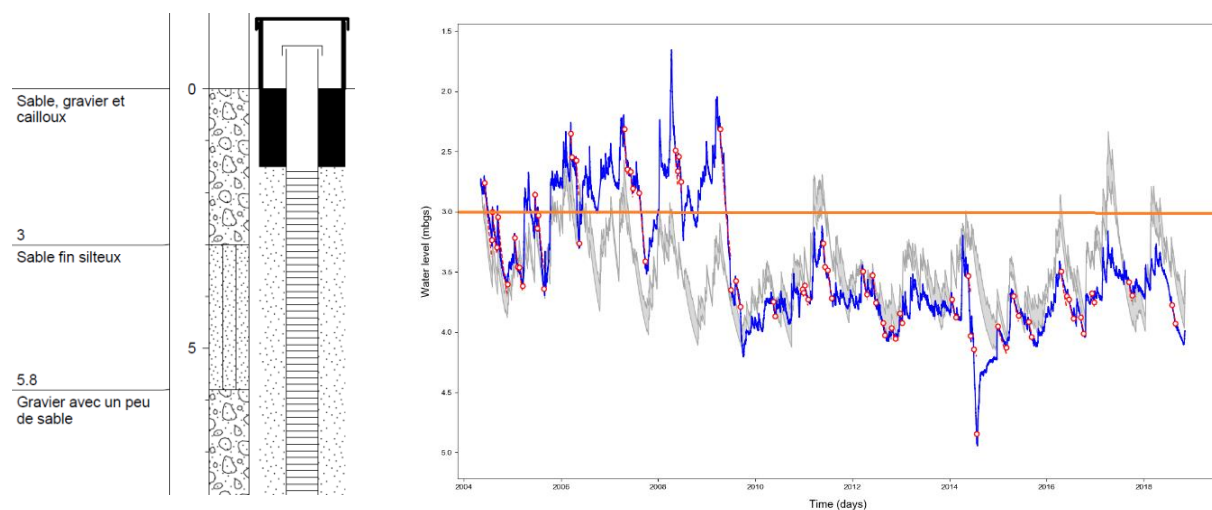


Figure A15.1 – Puits Mercier (03090001) du RSESQ : à gauche, stratigraphie et installation; à droite l'hydrogramme du puits (niveaux d'eau) de 2004 à 2018.

Comme on peut le voir sur le tableau A15.1 tiré de Healy et Cook (2002), la porosité de drainage de l'horizon de sable, gravier et cailloux devrait normalement être plus élevée que celle de l'horizon de sable fin silteux. Toutefois, en regardant l'hydrogramme de puits de plus près (figure A15.1), on remarque qu'une période de récession importante du niveau de la nappe est survenue de la fin mars 2009 jusqu'au début du mois de novembre 2009. On observe que la nappe s'est ensuite maintenue à un niveau moyen significativement plus bas que le niveau observé avant cette période de récession. Cette baisse du niveau moyen de la nappe à l'échelle régionale pourrait s'expliquer par une augmentation de l'exploitation de l'aquifère au printemps 2009 qui se serait maintenue jusqu'à aujourd'hui. Cette hypothèse est plausible considérant que cet aquifère est exploité activement et considérant le nombre important de puits résidentiels d'approvisionnement en eau souterraine dans la région ainsi que la présence des puits de l'UTES. On observe une récession similaire qui est survenue entre la fin d'avril 2014 et la fin de juillet 2014 (figure A15.2). Dans ce cas, toutefois, le niveau de la nappe a pu retrouver le niveau moyen observé précédemment. Cela est clairement visible par la période de récupération du niveau de la nappe qui est survenue à la fin de juillet 2014, à la suite de l'épisode de récession. Un événement similaire, mais d'envergure beaucoup moins importante est également observable pour la période du 16-11-2010 au 13-12-2010 (figure A15.3).

Tableau A15.1 – Statistiques sur la porosité de drainage (specific yield S_y) (Healy et Cook 2002).

Texture	Average specific yield	Coefficient of variation (%)	Minimum specific yield	Maximum specific yield	Number of determinations
Clay	0.02	59	0.0	0.05	15
Silt	0.08	60	0.03	0.19	16
Sandy clay	0.07	44	0.03	0.12	12
Fine sand	0.21	32	0.10	0.28	17
Medium sand	0.26	18	0.15	0.32	17
Coarse sand	0.27	18	0.20	0.35	17
Gravelly sand	0.25	21	0.20	0.35	15
Fine gravel	0.25	18	0.21	0.35	17
Medium gravel	0.23	14	0.13	0.26	14
Coarse gravel	0.22	20	0.12	0.26	13

Ces effets, qui sont sans doute d'origine anthropique, constituent une source d'erreurs importante pour l'évaluation de la recharge avec GWHAT. Pour cette raison, les données de niveau d'eau avant le 27-11-2009 et pour les périodes du 15-05-2014 au 24-12-2014 et du 16-11-2010 au 13-12-2010 ont été retirées de la série de données préalablement à l'exercice d'évaluation de la recharge.

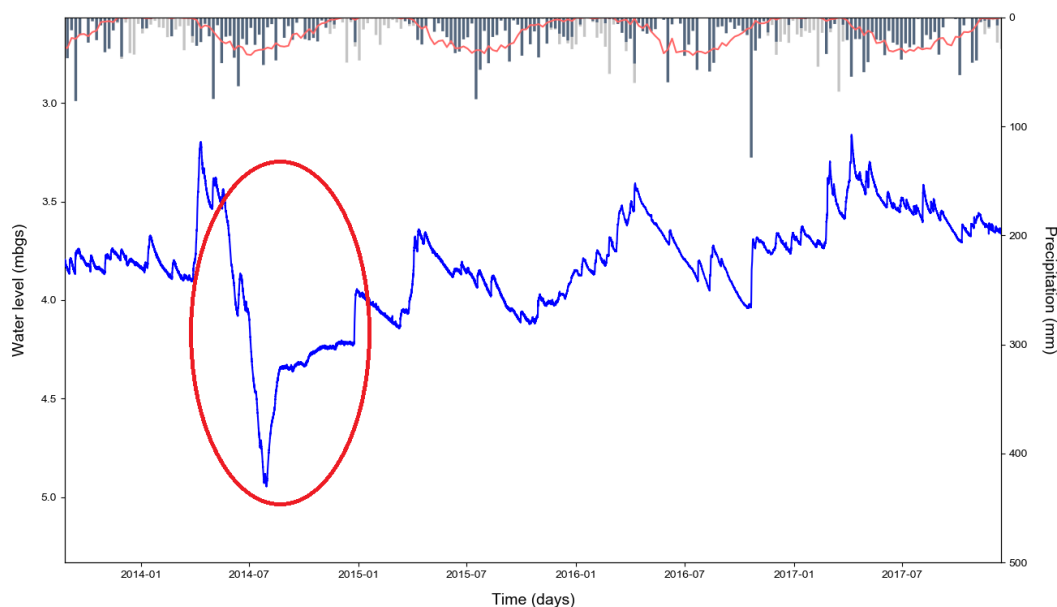


Figure A15.2 – Détails de l'hydrogramme du puits Mercier (03090001) du RSESQ de 2014 à 2017.

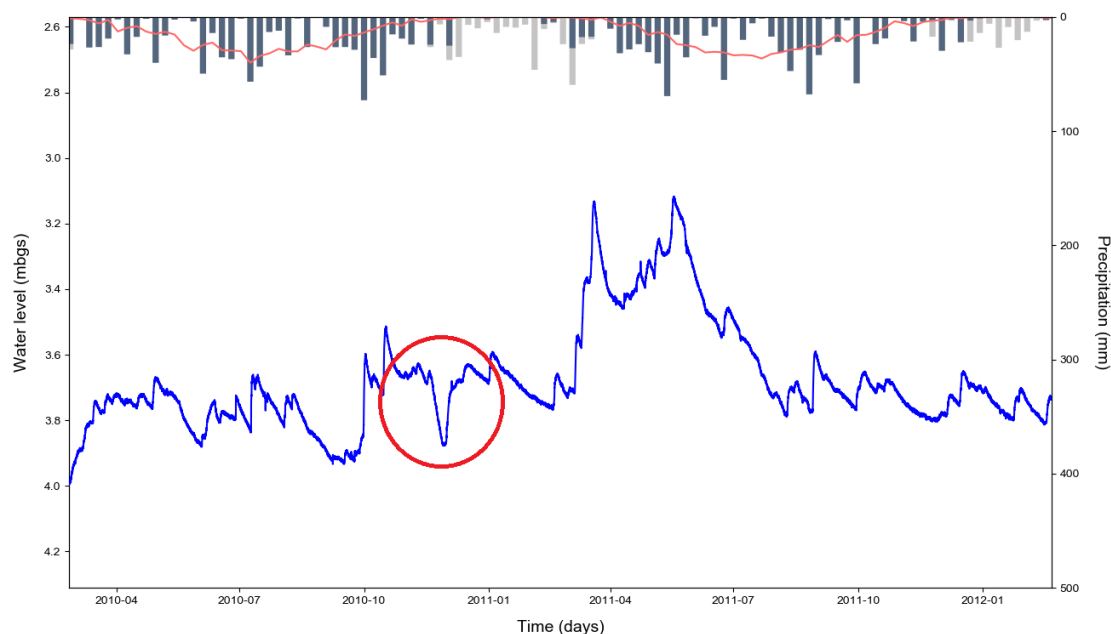


Figure A15.3 – Détails de l'hydrogramme du puits Mercier (03090001) du RSESQ de 2010 à 2012.

Pour l'évaluation de la recharge, GWHAT a d'abord été utilisé pour produire un ensemble de 9940 modèles en utilisant des plages de valeurs très larges pour les paramètres hydrologiques (tableau de la figure A15.4). La distribution des valeurs de l'erreur RMSE des modèles est présentée à la figure A15.4 alors que les plages des valeurs des paramètres hydrologiques couvertes par les modèles sont données dans le tableau de la même figure.

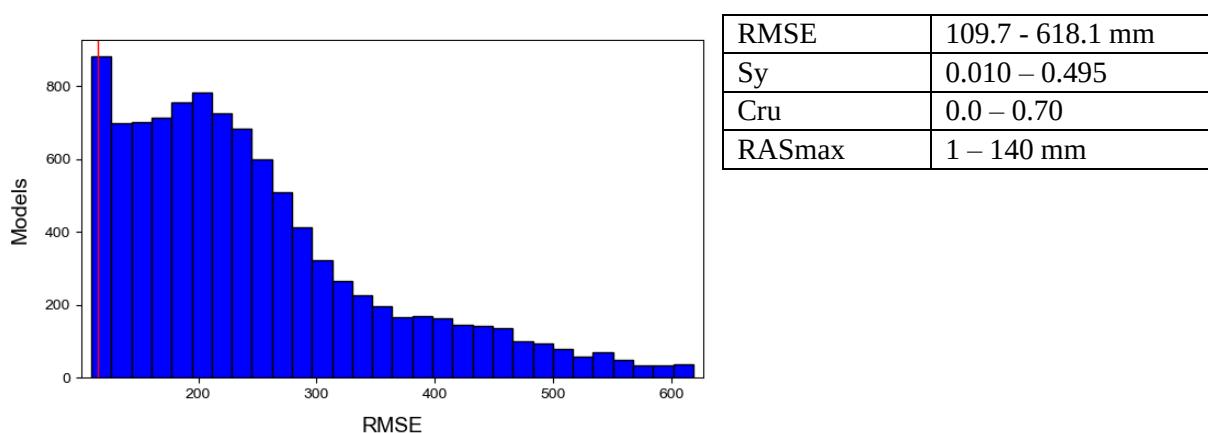


Figure A15.4 – Distribution de l'erreur RMSE (à gauche) et paramètres utilisés pour estimer la recharge (à droite).

Toutefois, comme on peut le voir sur les figures A15.5 et A15.6, le fait d'avoir utilisé des plages très larges pour les paramètres hydrologiques et le fait de considérer l'ensemble des modèles ainsi générés pour évaluer la recharge résulte en une incertitude beaucoup trop grande sur les valeurs estimées. Afin de réduire cette incertitude, il est proposé dans un second temps de rejeter les modèles dont la RMSE est à plus de 5%

d'écart de la valeur minimum de RMSE. Ainsi, puisque la plus petite valeur de RMSE obtenue pour l'ensemble des modèles est de 109.7 mm, cela implique que nous ne conservons que les modèles dont la RMSE est inférieure ou égale à 115.2 mm, ce qui correspond à un total de 361 modèles. La distribution des RMSE et les plages de valeurs des paramètres hydrologiques couvertes par ce sous-ensemble de 361 modèles sont présentées à la figure A15.7. On remarque que cette opération a permis de réduire substantiellement les plages des paramètres hydrologiques couvertes par les modèles.

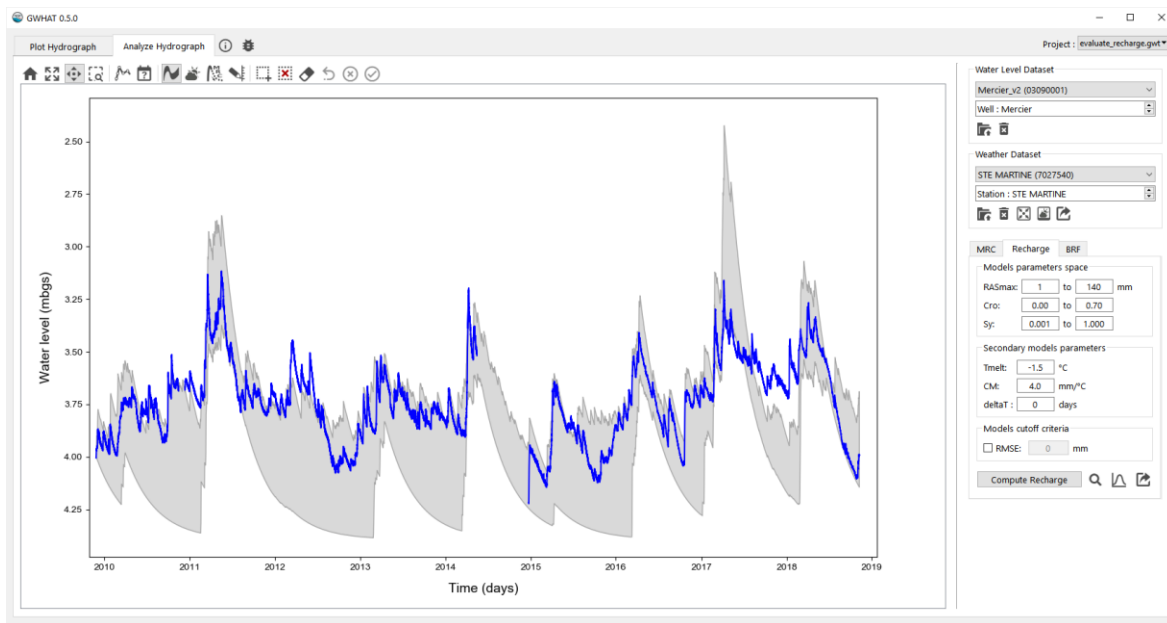


Figure A15.5 – Plage des charges simulées (en gris) par rapport à l'hydrogramme observé (en bleu).

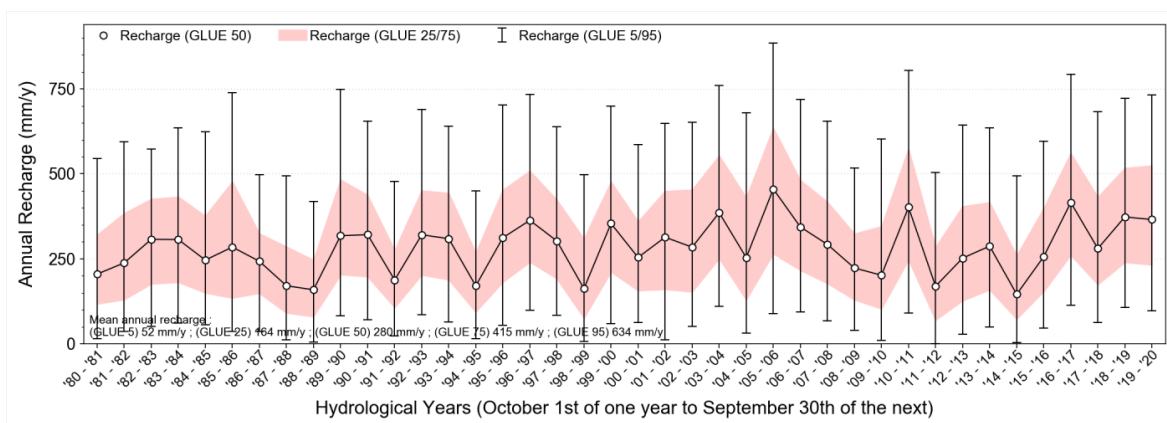


Figure A15.6 – Plages des valeurs de la recharge annuelle (années hydrologiques) estimée de 1981 à 2020 à partir des données météorologiques pour cette période.

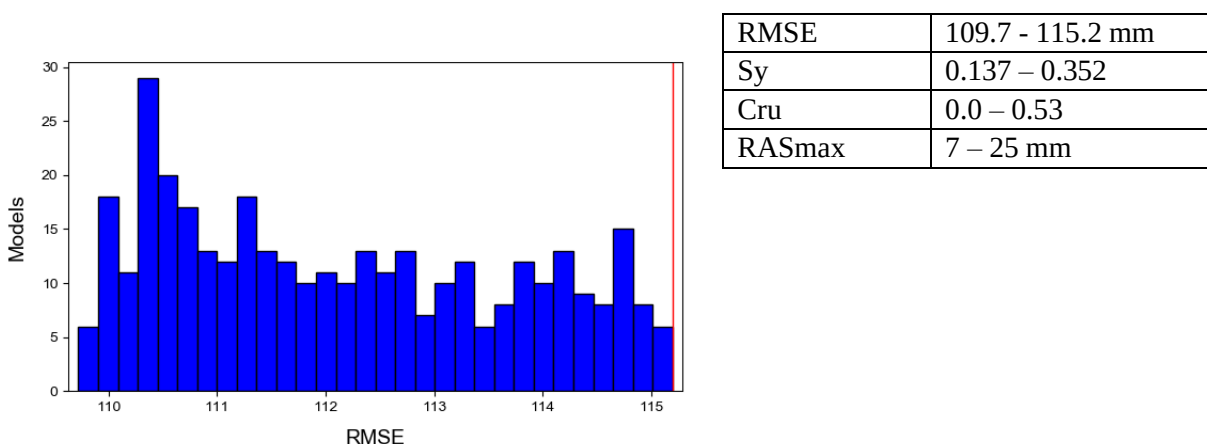


Figure A15.7 – Distribution de l'erreur RMSE (à gauche) et paramètres utilisés pour estimer la recharge (à droite) pour les simulations avec des erreurs inférieures à 115.2 mm.

Comme on peut le voir sur les figures A15.8 et A15.9, le fait de ne garder que les meilleurs modèles permet de réduire significativement l'incertitude sur les estimations de la recharge et d'améliorer substantiellement l'ajustement entre l'enveloppe des niveaux d'eau simulés et observés.

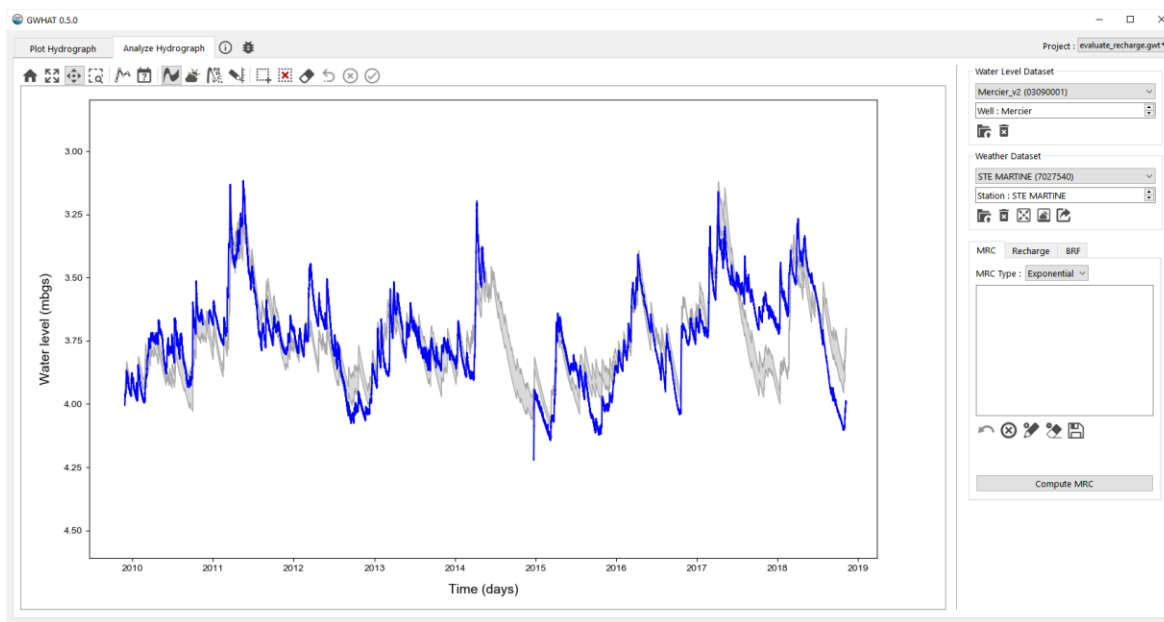


Figure A15.8 – Plage des charges simulées (en gris) par rapport à l'hydrogramme observé (en bleu) pour les simulations avec des plages restreintes d'erreur RMSE et de valeurs de paramètres hydrologiques (figure A15.7).

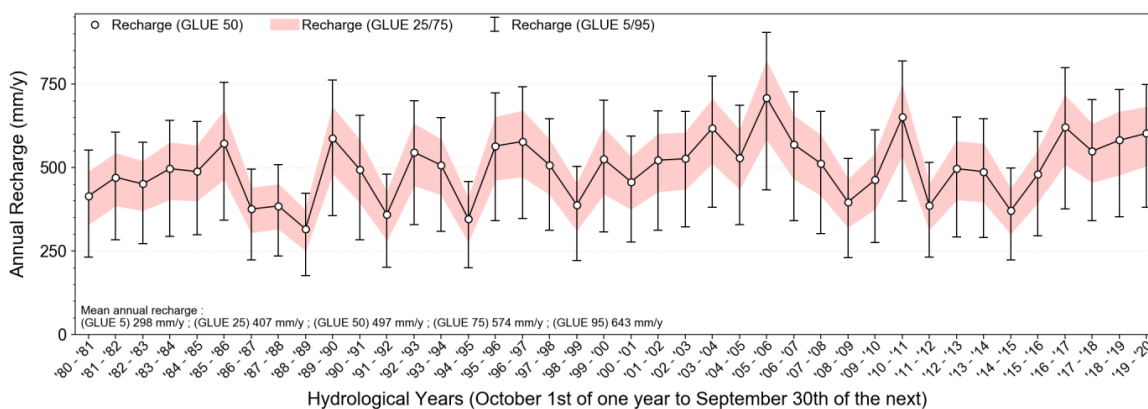


Figure A15.9 – Plages des valeurs de la recharge annuelle (années hydrologiques) estimée de 1981 à 2020 à partir des données météorologiques pour cette période en utilisant les plages d'erreur RMSE et de paramètres hydrologiques montrés à la figure A15.7.

Jusqu'à maintenant, nous avons utilisé une démarche naïve d'évaluation de la recharge basée uniquement sur la comparaison des niveaux synthétiques de niveaux d'eau produits avec GWHAT avec les niveaux d'eau observés. La prochaine et dernière étape consiste à incorporer dans notre analyse les autres informations que l'on possède sur le site à l'étude pour réduire davantage l'incertitude sur l'évaluation de la recharge.

En ce qui concerne la plage de valeurs pour la porosité de drainage (S_y), on sait d'après la description de forage que la nappe fluctue à l'intérieur d'une couche de sable fin silteux pour la période 2010 à aujourd'hui (rappelons que nous avons écarté les niveaux avant 2010 aux fins d'estimation de la recharge). Selon le tableau A15.1, la plage de S_y plausible pour un matériau de type "sable fin" serait de 0.10 à 0.28. Ces valeurs peuvent alors être utilisées pour contraindre davantage la plage de valeurs plausibles de S_y dans GWHAT.

Pour le coefficient de ruissellement (C_{ro}), la plage des valeurs représentées par les 361 meilleurs modèles est de 0.00 à 0.53, ce qui englobe un très vaste éventail de conditions de pente et de type de surface. Or, en intégrant l'ensemble des informations que l'on possède sur le site, il est certain que nous pourrions restreindre davantage cette plage de valeur. D'après la description de forage, les matériaux en surface seraient caractérisés par du sable, gravier et cailloux. De plus, selon le tableau de l'annexe A1.3, on aurait les caractéristiques suivantes pour la pente dans un rayon de 500 m autour du puits.

Tableau A15.1 – Statistiques sur la pente dans un rayon de 500 m autour du puits.

Pente Puits	Pente Min	Pente Moy	Pente Max
2.1	0.4	1.8	3.5

Au niveau de l'occupation du sol, selon le tableau de l'annexe A1.4, 3.5% seraient du forestier, 35.8% de l'agricole et 55.4% urbanisé, constitués principalement de sol nu et de chemin de terre (évalué d'après les photos aériennes). On peut donc voir sur les photos aériennes que les conditions de surface de l'environnement proche du puits sont caractérisées principalement par un sol nu de sable, roche et gravier, avec quelques parcelles éparses de terrain vague recouvertes d'herbes (figure A15.10). Dans la ceinture autour

de l'environnement proche du puits, on retrouve principalement des terres agricoles. Enfin, d'après les informations que l'on possède sur le site d'étude et d'après les valeurs présentées dans le tableau A15.1, il apparaît clair que la valeur du coefficient de ruissellement devrait se situer plutôt entre une 0.05 et 0.15 au lieu de 0.0 à 0.53.

Ainsi, en imposant une plage de Cro de 0.05 à 0.15, une plage de Sy de 0.10 à 0.280 et en ne conservant que les modèles dont la RMSE est inférieure à 115.2 mm (figure A15.11), nous obtenons enfin une évaluation de la recharge caractérisée par une incertitude beaucoup plus raisonnable et un excellent ajustement de l'enveloppe des niveaux d'eau simulées aux niveaux observés (figures A15.12 et A15.13).

Les résultats détaillés de l'estimation de la recharge sont présentés aux figures A15.14 à A15.16 : composantes du bilan hydrologique pour chaque année considérée (figure A15.14); composantes moyennes mensuel du bilan hydrologique (figure A15.15); et composantes moyennes annuelles du bilan hydrologique (figure A15.16). L'importante recharge estimée être en moyenne de l'ordre de 500 mm/an dans l'esker est cohérente avec les résultats de Croteau (2010) obtenus avec HELP.



Figure A15.10 – Photographie aérienne des conditions entourant le puits d'observation.

Tableau A15.1 – Valeurs typiques du coefficient de ruissellement (Tsutsumi et al. 2004).

Type of ground surface	Coefficient of surface runoff, F_{ko}
Road:	
Pavement	0.70–0.90
Permeable pavement	0.30–0.40
Gravel road	0.30–0.70
Shoulder or top of slope:	
Fine soil	0.40–0.65
Coarse soil	0.10–0.30
Hard rock	0.70–0.85
Soft rock	0.50–0.75
Grass plot of sand:	
Slope 0–2%	0.05–0.10
Slope 2–7%	0.10–0.15
Slope 7%	0.15–0.20
Grass plot of clay:	
Slope 0–2%	0.13–0.17
Slope 2–7%	0.18–0.22
Slope 7%	0.25–0.35
Roof	1.00
Unused bare land	0.20–0.40
Athletic field	0.40–0.80
Park with vegetation	0.10–0.25
Mountain with a gentle slope	0.30
Mountain with a steep slope	0.50
A paddy field or water	0.70–0.80
Farmland	0.10–0.30

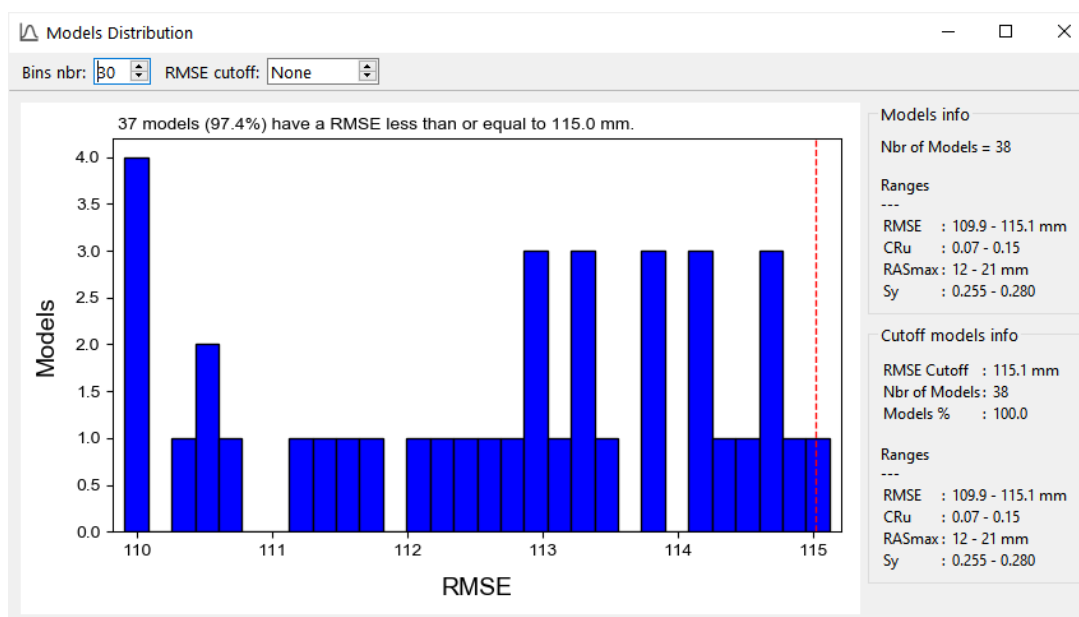


Figure A15.11 – Distribution de l'erreur RMSE (à gauche) et des paramètres utilisés pour estimer la recharge (à droite) pour les simulations avec des erreurs inférieures à 115.2 mm.

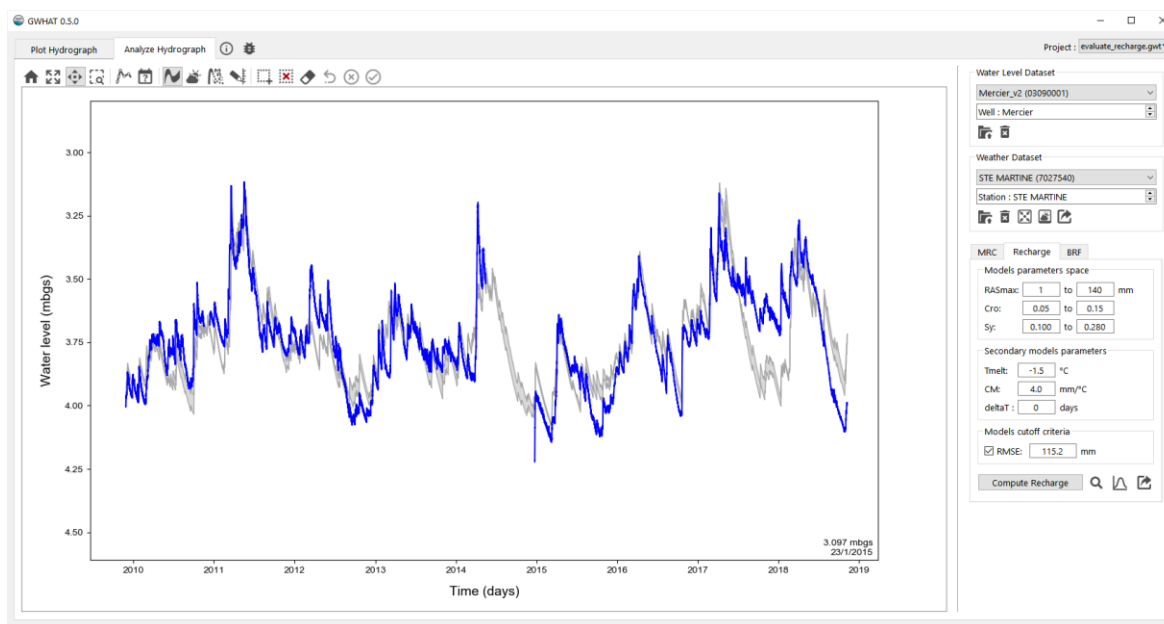


Figure A15.12 – Plage des charges simulées (en gris) par rapport à l'hydrogramme observé (en bleu) pour les simulations avec des plages restreintes d'erreur RMSE et de valeurs de paramètres hydrologiques (figure A15.11).

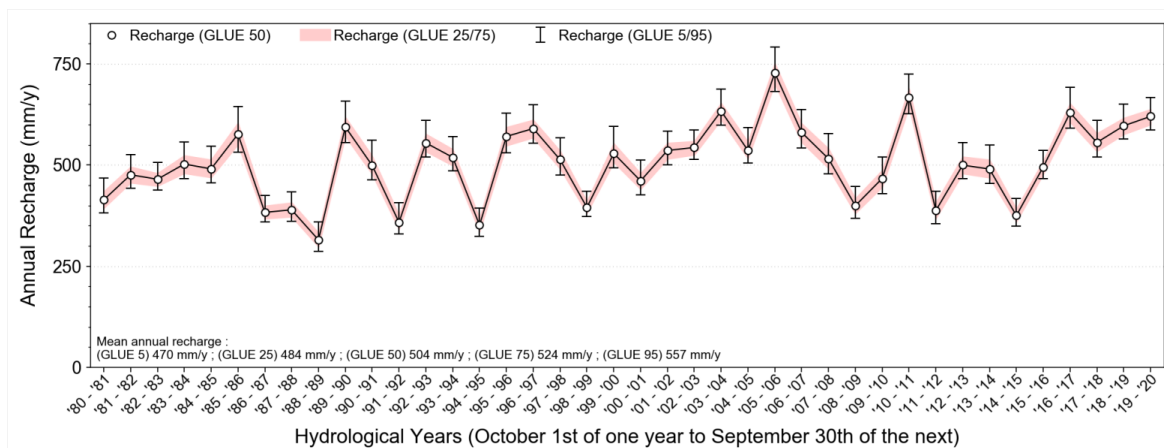


Figure A15.13 – Plages des valeurs de la recharge annuelle (années hydrologiques) estimée de 1981 à 2020 à partir des données météorologiques pour cette période en utilisant les plages d'erreur RMSE et de paramètres hydrologiques montrés à la figure A15.11.

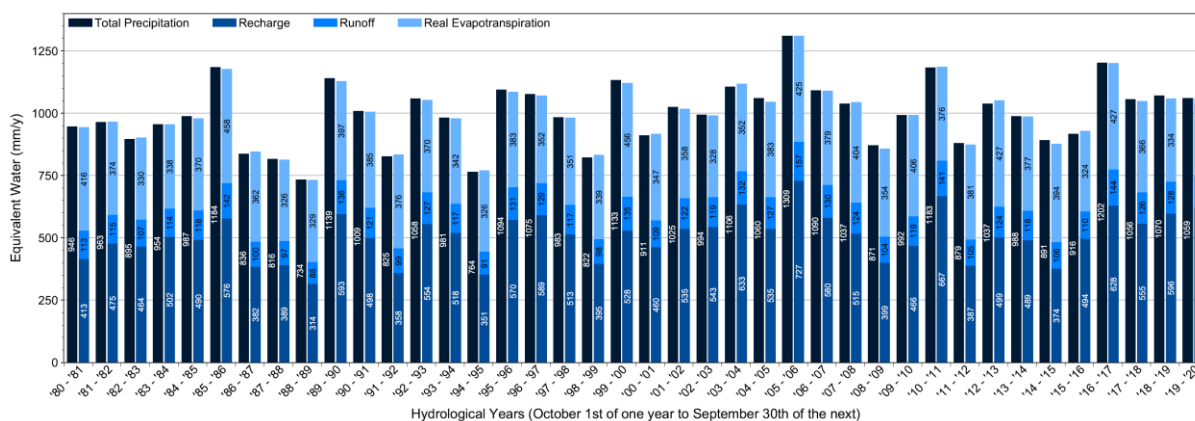


Figure A15.14 – Composantes du bilan hydrologique pour la période considérée pour l'estimation de la recharge.

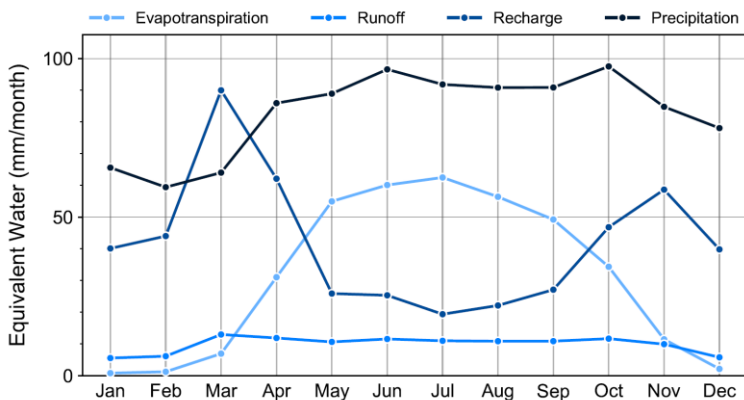


Figure A15.15 – Composantes moyennes du bilan hydrologique mensuel pour la période considérée pour l'estimation de la recharge.

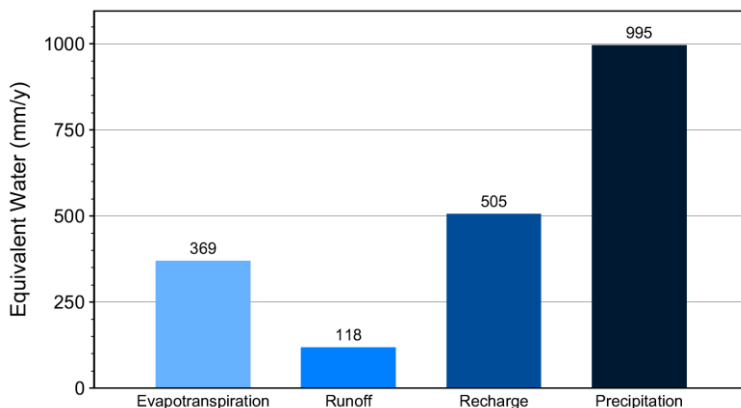


Figure A15.16 – Composantes moyennes du bilan hydrologique annuel pour la période considérée pour l'estimation de la recharge.

ANNEXES ÉLECTRONIQUES

E1 Téléchargement des données hydrométriques et piézométriques

Cette annexe contient les codes Python des outils qui ont été présentés à la section 4.1. Les codes sont organisés sous la forme d'un module Python dont les fichiers sont rassemblés dans le dossier *data_readers*.

Bien qu'une version de ce module soit distribuée avec ce rapport, il est conseillé d'utiliser la version la plus à jour de ces outils qui est disponible sur le site GitHub du projet à l'adresse suivante : <https://github.com/cgq-qgc/pacc-inrs>. La documentation en lien avec l'installation et l'utilisation de ces outils sont également disponibles sur le site GitHub du projet.

E2 Portrait du réseau

Cette annexe contient les codes et les fichiers des outils qui ont été décrits à la section 4.3. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
puits_ville_mercier.py	Script Python	Script Python permettant de générer un graphique montrant les données piézométriques du RSESQ qui sont disponibles pour la région de la ville de Mercier (voir figure 4.5).
zone_etude_mercier	Shapefile	Shapefile contenant les limites de la région de la ville de Mercier.
rsesq_dist_stns_climate_hydro.py	Script Python	Script Python permettant de générer un graphique montrant le nombre de stations piézométriques du RSESQ en fonction de la distance aux stations météorologiques les plus proches pour lesquelles des données étaient disponibles sur le site Internet d'Environnement Canada et en fonction de la distance aux stations hydrométriques les plus proches du CEHQ (voir figure 4.2).
rsesq_timeline.py	Script Python	Script Python permettant de générer (1) un graphique montrant un historique du nombre de stations piézométriques actives du RSESQ (voir figure 4.3) et (2) un graphique montrant le nombre de stations piézométriques du RSESQ en fonction du nombre d'années avec des données (voir figure 4.4).
mddelcc_cehq_data.npy	Fichier binaire	Fichier binaire numpy contenant les données hydrométriques du CEHQ.
mddelcc_rsesq_data.npy	Fichier binaire	Fichier binaire numpy contenant les données piézométriques du RSESQ.
Station Inventory EN.csv	Fichier texte	Fichier CSV contenant les informations en lien avec les stations météorologiques pour lesquelles des données sont disponibles sur le site Internet d'Environnement Canada.

E3 Hydrogrammes statistiques

Cette annexe électronique contient le script Python qui a été développé pour la production des hydrogrammes statistiques tel que décrit à la section 4.4. Les figures des hydrogrammes qui ont été produits sont également disponibles en format PDF. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
annual_statistical_hydrograph.py	Script Python	Script Python permettant de générer les hydrogrammes statistiques (voir figure 4.6).
mddelcc_rsesq_data.npy	Fichier binaire	Fichier binaire numpy contenant les données piézométriques du RSESQ.
figures_hydrogrammes	Dossier	Dossier contenant les figures en format png des hydrogrammes statistiques qui ont été produits pour la période 2015-2016 pour l'ensemble des puits du RSESQ qui avaient au moins 10 ans de données.

E4 Analyses et corrections barométriques

E4.1 HydroSensorReader

Cette annexe contient une archive zip du code source de la version 1.7.5 du module Python HydroSensorReader qui a été utilisé dans la préparation des données piézométriques et barométriques tel que décrit à la section 5.2.

Bien qu'une version de ce module soit distribuée avec ce rapport, il est conseillé d'utiliser la version la plus à jour qui est disponible sur le site GitHub du projet à l'adresse suivante : <https://github.com/cgq-qgc/HydroSensorReader>. La documentation en lien avec l'installation et l'utilisation de ce module sont également disponibles sur le site GitHub du projet.

E4.2 rsesq_data_15min_2017

Cette annexe électronique contient le script Python qui a été développé pour la production des hydrogrammes statistiques tel que décrit à la section 4.4. Les figures des hydrogrammes qui ont été produits sont également disponibles en format PDF. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentée dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
formatted_baro_and_level_data	Dossier	Dossier contenant les fichiers de données piézométriques et barométriques formatées.
raw_baro_and_level_data	Dossier	Dossier contenant les fichiers de données piézométriques et barométriques brutes.

format_raw_solinst_data.py	Script Python	Script Python servant à la lecture et à la mise en forme des données piézométriques et barométriques du RSESQ.
notes_traitement_des_donnees.txt	Fichier texte	Note documentant les opérations manuelles qui ont été faites sur les fichiers de données piézométriques et barométriques brutes pour faciliter la lecture.

E4.3 synthetic_earthtides

Cette annexe électronique contient le script Python de même que les données synthétiques de marée terrestre qui ont été produites pour la période de 1980 à 2018 (inclusivement) à chacun des puits du RSESQ tel que décrit à la section 5.3. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
synthetic_earthtides_1980-2018_1H.UTC.csv	fichier cSv	Script Python permettant de générer des données synthétiques de marée terrestre aux puits du RSESQ et de sauvegarder les résultats dans un fichier CSV.
produce_synthetic_earthtides.py	Script Python	Fichier cSv contenant les données synthétiques de marées terrestres qui ont été produites aux heures pour l'ensemble des puits du RSESQ de 1980 à 2018 (inclusivement).

E4.4 brf_1hour_input_data

Cette annexe électronique contient le script Python qui a permis de produire les fichiers de données d'entrée GWHAT qui ont servi à l'évaluation de la BRF pour chacun des puits de la région d'étude. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
formatted_data_1hour_localtime	Dossier	Dossier contenant l'ensemble des fichiers de données d'entrée GWHAT qui ont été produits pour chaque puits de la région d'étude pour l'évaluation de la BRF.
format_data_for_brf_analysis.py	Script Python	Script Python permettant d'assembler les données piézométriques, barométriques et de marée terrestre pour chacun des puits de la zone d'étude et de sauvegarder le tout dans un format de fichier compatible avec GWHAT.

E4.5 brf_1hour_projets_gwhat

Cette annexe électronique contient les projets GWHAT contenant les données et les évaluations de BRF qui ont été réalisées à chacun de puits de la région d'étude tel que décrit à la section 5.5. Les données numériques des BRF qui ont été produites sont également incluses dans cette annexe. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
brf_1hour_results	Dossier	Dossier contenant les fichiers CSV des données numériques des BRF qui ont été produites à chacun des puits de la zone d'étude et qui sont nécessaires pour la correction barométrique des niveaux d'eau.
brf_eval_capitale-nationale.gwt	Projet GWHAT	Projet GWHAT contenant les données et les résultats de BRF pour les puits de la région de la Capitale nationale.
brf_eval_centre-quebec.gwt	Projet GWHAT	Projet GWHAT contenant les données et les résultats de BRF pour les puits de la région du Centre-du-Québec.
brf_eval_chau_app2.gwt	Projet GWHAT	Projet GWHAT contenant les données et les résultats de BRF pour les puits de la région Chaudière-Appalaches.
brf_eval_monteregie.gwt	Projet GWHAT	Projet GWHAT contenant les données et les résultats de BRF pour les puits de la Montérégie.
brf_eval_montreal.gwt	Projet GWHAT	Projet GWHAT contenant les données et les résultats de BRF pour les puits pour la région de Montréal.

E4.6 narr_grid_barodata

Cette annexe contient les scripts Python qui ont servi au téléchargement, mise en forme et analyse des données barométriques NARR tel que décrit à la section 5.6. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
baro_naar_netcdf	Dossier	Dossier contenant l'ensemble de données barométriques de la grille NARR qui ont été téléchargées avec le script <code>download_narr_data_from_ftp.py</code> pour la période 1979 à 2019.
compare_narr_and_rsesq_baro.py	Script Python	Script Python servant à la comparaison des données barométriques NARR avec les données du RSESQ.
download_narr_data_from_ftp.py	Script Python	Script Python servant au téléchargement en lot des données barométriques de la grille NARR.
get_data_from_narr.py	Script Python	Script Python servant à extraire les données de la grille NARR aux points les plus proches des stations piézométriques du RSESQ.

patm_narr_data_gtm0.csv	Fichier cSv	Données barométriques de la grille NARR extraites aux points les plus proches des stations piézométriques du RSESQ.
-------------------------	-------------	---

E4.7 water_levels_baro_correction

Cette annexe contient le script Python ayant servi à la correction des niveaux d'eau pour les effets barométriques et des marées terrestres tel que décrit à la section 5.7. Les données d'entrée non corrigées de même que les données corrigées sont également incluses dans cette annexe. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
corrected_water_levels_hors_zone	Dossier	Dossier contenant les données de niveaux d'eau corrigées pour les effets barométriques et des marées terrestres pour les stations piézométriques situées en dehors de la région d'étude.
corrected_water_levels_zone_pacc	Dossier	Dossier contenant les données de niveaux d'eau corrigées pour les effets barométriques et des marées terrestres pour les stations piézométriques de la région d'étude.
correct_waterlevels.py	Script Python	Script Python servant à la correction des niveaux d'eau du RSESQ pour les effets barométriques et des marées terrestres.
corrected_water_levels.pdf	Fichier PDF	Fichier PDF contenant des graphiques montrant les niveaux d'eau corrigés et non corrigés pour les effets barométriques et des marées terrestres.
mddelcc_rsesq_data.npy	Fichier numpy	Fichier binaire numpy contenant les données piézométriques du RSESQ.

E4.8 brf_interpretation_pacc

Cette annexe contient le chiffrier Excel ayant servi à la compilation des résultats lors de l'application de la méthode décrite à la section 7.2 pour l'évaluation des conditions de confinement à partir de l'interprétation des BRF.

E5 Hydrofaciès

Cette annexe électronique contient le script Python ayant servi à la production des logs d'hydrofaciès et l'évaluation du confinement avec la méthode décrite à la section 7.1. Les données d'entrée et les résultats sont également inclus dans cette annexe. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
RSESQ_20190222.xlsx	Chiffrier Excel	Fichier contenant les descriptions stratigraphiques de l'ensemble des puits du RSESQ tel que transmis par le ministère.
hydrofacies_from_log.py	Script Python	Script Python ayant servi à la classification des descriptions lithologiques en hydrofaciès, à la production des graphiques des logs d'hydrofaciès par région hydroclimatiques et à l'évaluation du niveau de confinement.
hydrofacies_log_classification.txt	Fichier texte	Fichier texte contenant le détail de la classification des descriptions lithologiques uniques dans les hydrofaciès.
confinement_from_hf.xlsx	Chiffrier Excel	Fichier contenant la caractérisation du niveau de confinement qui a été faite à partir des hydrofaciès.
wells_hf_seq_png	Dossier	Dossier contenant les graphiques des logs d'hydrofaciès qui ont été produits au format png pour chaque région hydroclimatique (voir figure 7.1 et annexe A8).
wells_hf_seq.pdf	Fichier PDF	Fichier PDF contenant les graphiques des logs d'hydrofaciès qui ont été produits pour chaque région hydroclimatique (voir figure 7.1 et annexe A8).

E6 Analyses harmoniques

Cette annexe électronique contient le script Python permettant de réaliser des analyses fréquentielles des séries temporelles des niveaux piézométriques et barométriques du RSESQ et d'afficher les résultats dans un format permettant de visualiser et interpréter les résultats tel que décrit à la section 4.5. Les graphiques des analyses fréquentielles qui ont été produites pour les puits de la Montérégie Est sont également inclus dans un fichier PDF. Une liste de même qu'une brève description de chacun des fichiers contenus dans cette annexe sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Nom	Type	Description
calcul_fft.py	Script Python	Script Python permettant de réaliser des analyses fréquentielles des séries temporelles des niveaux piézométriques et barométriques et d'afficher les résultats dans un graphique.
harmonic_analysis.pdf	Fichier PDF	Fichier PDF contenant les graphiques des analyses fréquentielles qui ont été produites pour les puits du RSESQ situés en Montérégie Est.

E7 Indicateurs des puits du RSESQ situés au sud de la province (chiffriers Excel)

# fichier	Nom	Type	Description
0	0_Secteurs_Hydroclimatiques_Groupes	.xlsx	- Identifiant et nom du secteur hydroclimatique - Identifiant et nom du groupe
00	00_Contexte	.xlsx	- Bassin versant de niveau 1 (nom et identifiant) - Bassin versant de niveau 2 (nom seul) - Position dans le bassin versant de niveau 1 (amont, intermédiaire, aval) - Contexte dans le bassin versant de niveau 1 (ligne de partage, intermédiaire, vallée)
02	02_Puits_Proches	.xlsx	- Nombre de puits résidentiels dans un rayon de 500, 1 000 et 2 500 m - Nombre de puits municipaux dans un rayon de 500, 1 000 et 2 500 m - Nombre de grands préleveurs d'eau souterraine (GPE) dans un rayon de 500, 1 000 et 2 500 m
03	03_Pente	.xlsx	- Pente de la surface du sol (en %) au droit du puits - Pente minimale, moyenne et maximale autour du puits (calcul sur 25 points d'extraction séparés de 250 m)
04	04_Occupation_Sol	.xlsx	- Type d'occupation du sol au droit du puits selon les catégories générales : agricole, anthropique, aquatique, coupe et régénération, forestier, humide, non-classifié ou sol nu et lande - Superficie couverte par type d'occupation du sol autour du puits (zone d'extraction de 1 x 1 km)
05	05_Affectation_Territoire	.xlsx	- Type d'affectation du territoire au droit du puits selon le thème provincial : agricole, agroforestier, commerciale, conservation, forestière, industrielle, publique, récréative, résidentielle ou urbaine - Superficie couverte par type d'affectation du territoire autour du puits (zone d'extraction de 1 x 1 km)
06	06_Pedologie	.xlsx	Informations sur la pédologie (drainage, texture et combinaison de ces deux paramètres) au droit du puits
07	07_Geologie_Quaternaire	.xlsx	Informations sur la géologie du Quaternaire (période, unité et type de dépôt) au droit du puits
08	08_Contexte_Geologique	.xlsx	Informations sur le contexte géologique (période, province, sous-province et subdivision) au droit du puits
09	09_Epaisseur_Depots	.xlsx	Épaisseur des dépôts meubles (en m) au droit du puits

			Épaisseur minimale, moyenne et maximale autour du puits (calcul sur 25 points d'extraction séparés de 250 m)
10	10_Confinement_Roc	.xlsx	- Conditions de confinement du roc (captif, semi-captif ou libre) au droit du puits - Superficie couverte par type de confinement du roc autour du puits (zone d'extraction de 1 x 1 km)
11	11_Recharge_Roc	.xlsx	- Recharge nette moyenne (en mm/an) au droit du puits issue des projets antérieurs sur diverses périodes de temps - Recharge nette minimale, moyenne et maximale autour du puits (calcul sur 25 points d'extraction séparés de 250 m) - Recharge potentielle moyenne (en mm/an) au droit du puits issue d'HB (UQAM) sur 1961-2017 et 1981-2010 - Recharge potentielle moyenne (en mm/an) au droit du puits issue d'HGS (UL) sur 1981-2010, 2041-2070 et 2071-2095 - Recharge potentielle minimale, moyenne et maximale autour du puits (calcul sur 25 points d'extraction séparés de 250 m)
12	12_Vulnerabilite_DRASTIC	.xlsx	- Vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère rocheux (indice DRASTIC) au droit du puits - Indice DRASTIC minimal, moyen et maximal autour du puits (calcul sur 25 points d'extraction séparés de 250 m)
99	99_Synthese_Indicateurs	.xlsx	Compilation de l'ensemble des indicateurs extraits au droit et autour des puits pour les 123 puits situés au sud de la province

E8 Indicateurs des puits du RSESQ situés au sud de la province (fichiers pdf)

# fichier	Nom	Type	Description
00	00_Legende_Fiche_Informative	.pdf	Légende explicative de la fiche signalétique provisoire établie pour les 123 puits situés au sud de la province
01	01_Chaudiere	.pdf	Fiches signalétiques des 8 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Chaudière »
02	02_Saint-Francois_Est	.pdf	Fiches signalétiques des 8 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Saint-François Est »
03	03_Saint-Francois_Ouest	.pdf	Fiches signalétiques des 8 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Saint-François Ouest »
04	04_Nicolet_Nord_Saint-Francois_Nord	.pdf	Fiches signalétiques des 7 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Nicolet Nord & Saint-François Nord »
05	05_Nicolet_Sud	.pdf	Fiches signalétiques des 3 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Nicolet Sud »
06	06_Richelieu	.pdf	Fiches signalétiques des 10 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Richelieu »
07	07_Becancour_Nord	.pdf	Fiches signalétiques des 9 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Bécancour Nord »
08	08_Becancour_Sud	.pdf	Fiches signalétiques des 5 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Bécancour Sud »
09	09_Du_Chene	.pdf	Fiches signalétiques des 3 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Du Chêne »
10	10_Yamaska_Nord	.pdf	Fiches signalétiques des 18 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Yamaska Nord »
11	11_Yamaska_Sud_Baie_Missisquoi	.pdf	Fiches signalétiques des 9 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Yamaska Sud & Baie Missisquoi »
12	12_Chateauguay	.pdf	Fiches signalétiques des 35 puits du RSESQ localisés sur le secteur hydroclimatique « Châteauguay »