

Annexe 1

Élaboration d'une base de données spatialisée sur grille

Source des données

L'ensemble des informations collectées au sein de cette grille est essentiellement issu de trois sources :

1. Données administratives (régions, municipalités et MRC) : système de découpage administratif à l'échelle 1/20 000 (SDA 20k) du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) ;
2. Données hydrographiques (bassins versants de niveau 1 et 2) : limites des bassins versants de niveau 1 et 2 à l'échelle 1/20 000 de la Direction de l'expertise hydrique (DEH) du MELCC ;
3. Données sur l'eau (usage et recharge) : livrables du PACES (Carrier et al., 2013a).

Procédure d'élaboration de la grille

Toutes les étapes de travail détaillées ici nécessitent uniquement l'emploi des outils SIG disponibles sous ArcGIS et l'utilisation de feuilles de calcul Excel. Les **fichiers ou dossiers** nécessaires sont indiqués en **gras** tandis que les outils utilisés sont soulignés dans le texte et les *champs des tables* sont en *italique*.

Le fichier original utilisé (figure A.3.1 – encart 1) correspond au fichier de la recharge distribuée du livrable PACES no. 28B (**MTRE_Recharge_annuelle_HELP**) disponible dans la géodatabase des PACES (**CH_BDCarto_hydrogeo_Rasters_PACES_I-II**) du MELCC téléchargeable à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/acquisition-connaissance.htm>.

La grille d'extraction est initialement créée à partir de ce fichier par l'intermédiaire de l'outil Raster to Point qui convertit les données du fichier raster en points. Le fichier créé (**Grille_Extraction_Initiale**) sert alors de base à l'élaboration d'une grille de 250 x 250 m contenant 144 647 points avec un identifiant unique (*pointid*) et pour chacun d'eux une valeur de recharge associée en mm/an (*grid_code*). Ce fichier sera par la suite effacé lorsque le travail d'élaboration de la grille sera finalisé.

But	Convertir le raster initial en grille de points		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
1	MTRE_Recharge_annuelle_HELP.shp	Raster to point	Grille_Extraction_Initiale.shp

Le fichier initial étant en NAD 1983 Québec Lambert, il n'est pas nécessaire de le projeter dans un autre système de coordonnées. Néanmoins, afin d'obtenir les coordonnées en chaque point de la grille, il faut utiliser l'outil Add XY Coordinates afin d'ajouter deux colonnes (*POINT_X* ; *POINT_Y*) à sa table attributaire renfermant les coordonnées de chaque point en NAD 1983 Québec Lambert (en mètres).

But	Ajouter les informations relatives aux coordonnées des points de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
2	Grille_Extraction_Initiale.shp	Add XY Coordinates	Grille_Extraction_Initiale.shp

Ensuite, deux nouveaux champs (*Long ; Lat*) sont créés grâce à l'outil Add Field afin d'ajouter la latitude et la longitude pour chaque point de la grille en indiquant *Double* pour le champ.

But	Ajouter des colonnes à la table attributaire de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
3	Grille_Extraction_Initiale.shp	Add Field	Grille_Extraction_Initiale.shp

En ouvrant la table attributaire, il est alors possible d'ajouter dans ces deux nouvelles colonnes la latitude et la longitude avec l'outil Calculate Geometry accessible via l'en-tête de chacune des colonnes et en précisant les unités souhaitées soit les degrés décimaux.

But	Ajouter les latitudes et longitudes des points de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
4	Grille_Extraction_Initiale.shp	Calculate Geometry	Grille_Extraction_Initiale.shp

La couche des limites administratives (**munic_s**) est ensuite ajoutée à partir de la géodatabase (**SDA**) du Système sur les découpages administratifs à l'échelle 1/20 000 (SDA 20k) disponible sur le site de Données Québec : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/decoupages-administratifs>. La superficie totale de chaque municipalité est alors ajoutée en km² dans un champ déjà présent de cette table (**SHAPE_Area**) avec l'outil Calculate Geometry accessible dans la table attributaire.

But	Ajouter la superficie des municipalités		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
5	munic_s.shp	Calculate Geometry	munic_s.shp

De même, il faut ajouter la couche délimitant le projet PACES en question – ici la Montérégie Est (**MTRE_Zone_etude**) – disponible dans la géodatabase des PACES (**CH_BDCarto_hydrogeologique**) dans le groupe de données du projet (**Monteregie_Est**). Grâce à ce polygone de la zone d'étude, il est possible de découper la couche des limites administratives en utilisant l'outil Clip afin d'obtenir la superficie de chaque municipalité incluse dans la zone du projet.

But	Découper la couche des limites municipales selon les limites du projet		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
6	munic_s.shp	Clip	munic_s_ME.shp
	MTRE_Zone_etude.shp		

Pour obtenir l'aire de chaque municipalité incluse dans les limites du projet, il faut, en premier lieu, ajouter un nouveau champ de type *Double* (*AireMunME*) avec l'outil *Add Field* ainsi qu'un autre champ qui permettra ensuite de calculer le ratio de surface incluse dans les limites du projet (*RatioMunME*).

But	Ajouter deux champs à la table attributaire de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
7	munic_s_ME.shp	Add Field	munic_s_ME.shp

La surface de chaque municipalité incluse dans les limites du projet est alors ajoutée en km² dans le champ nouvellement créé (*AireMunME*) avec l'outil *Calculate Geometry* accessible dans la table attributaire.

But	Ajouter la superficie des municipalités incluses dans le projet		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
8	munic_s_ME.shp	Calculate Geometry	munic_s_ME.shp

De même, dans l'autre champ créé (*RatioMunME*), le pourcentage de surface incluse dans le projet est calculé avec l'outil *Field Calculator* en cliquant dans la table attributaire et en indiquant l'équation :

$$RatioMunME = ! AireMunME! * 100 / ! ShapeArea!$$

But	Ajouter le ratio de l'aire municipale incluse dans le projet		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
9	munic_s_ME.shp	Field Calculator	munic_s_ME.shp

Note : dans le but d'obtenir ces informations à l'échelle des MRC, les étapes 5 à 9 peuvent être répétées en se basant sur la couche des limites des MRC (**mrc_s**) de la géodatabase (**SDA**) du Système sur les découpages administratifs à l'échelle 1/20 000 (SDA 20k) dont le lien de téléchargement est indiqué plus haut dans le texte. De même, ces étapes peuvent également être reproduites pour tout autre type de limites comme celles des bassins versants de niveau 1 et 2 en utilisant la carte des bassins hydrographiques multiéchelles du Québec dont la géodatabase (**CE_bassin_multi**) est accessible en suivant le lien suivant : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/bassins-hydrographiques-multi-echelles-du-quebec>.

Puis, un nouveau champ de type *Short* (*NbPtsMun*) est créé avec l'outil *Add Field* dans la grille de points (**Grille_Extraction_Initiale**) afin de compter le nombre de points présents dans chaque municipalité.

But	Ajouter un champ à la table attributaire des municipalités		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
10	Grille_Extraction_Initiale.shp	Add Field	Grille_Extraction_Initiale.shp

Afin de procéder au calcul, il est nécessaire d'assigner à chaque entité ponctuelle la valeur « 1 ». Pour ce faire, l'outil *Field Calculator* accessible dans la table attributaire est de nouveau utilisé :

$$NbPtsMun = 1$$

But	Attribuer une valeur unitaire à chaque point de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
11	Grille_Extraction_Initiale.shp	Field Calculator	Grille_Extraction_Initiale.shp

C'est sur la couche des limites municipales du projet (**munic_s_ME**) qu'est ensuite calculé le nombre de points de la grille localisés sur chaque polygone. Cette étape est effectuée grâce à la jointure spatiale (*Joins and Relates – Join*) accessible depuis le fichier de formes surfaciques (**munic_s_ME**) tout en spécifiant que la jointure est basée sur la localisation et que l'attribut souhaité est la somme. La nouvelle table créée (**munic_s_ME_Nb_Pts_Mun**) contiendra alors un nouveau champ (*NbPtsMun*) indiquant le nombre de points de la grille par municipalité.

But	Obtenir le nombre de points de la grille situés dans chaque municipalité		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
12	munic_s_ME.shp	Joins and Relates	munic_s_ME_Nb_Pts_Mun.shp

Ensuite, afin de compiler toutes les informations collectées depuis la couche de polygones des limites municipales (**munic_s_ME_Nb_Pts_Mun**) vers la grille de points (**Grille_Extraction_Initiale**), il faut utiliser l'outil *Spatial Join*. Les 16 champs à conserver dans la table attributaire finale sont les suivants : l'identifiant de la maille (*pointid*), la valeur de recharge sur cette maille (*grid_code*), les coordonnées du centre de la maille (*POINT_X* ; *POINT_Y* ; *Long* ; *Lat*), l'identifiant et le nom de la région administrative (*MUS_CO_REG* ; *MUS_NM_REG*), l'identifiant et le nom de la MRC (*MUS_CO_MRC* ; *MUS_NM_MRC*), l'identifiant et le nom de la municipalité (*MUS_CO_GEO* ; *MUC_NM_MUN*), les informations relatives aux aires calculées (*SHAPE_Area* ; *AireMunME* ; *RatioMunME*) et le nombre de points de la grille présents dans chaque municipalité (*NbPtsMun*).

But	Ajouter les informations administratives et surfaciques sur chaque point de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
13	Grille_Extraction_Initiale.shp	Spatial Join	Grille_Extraction_Preliminaire.shp
	munic_s_ME_Nb_Pts_Mun.shp		

Les étapes suivantes permettent d'assigner un usage « synthétique » à chaque point de la grille à partir de la carte d'usage de l'eau par municipalité en Montérégie Est (**INRS_UtilisationEauParMunicipalite**). S'agissant d'un livrable PACES, ces données sont disponibles dans la géodatabase du projet (**DonneesFinalesProjetMonteregieEst**) dans le groupe de données du livrable (**L26_UtilisationEau**).

Il faut alors extraire à partir de la table attributaire de cette couche, les quelques données utiles à l'élaboration des indicateurs de stress hydrique à savoir les consommations d'eau de surface (*SW_Tot*), d'eau souterraine (*GW_Tot*) et d'eau totale (*Tot*). Cette opération est réalisée à partir de l'outil *Join Field* en utilisant l'identifiant unique des municipalités (*MUS_CO_GEO*) comme champ commun entre les deux tables.

But	Attribuer les informations sur l'usage de l'eau à chaque point de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
14	Grille_Extraction_Preliminaire.shp	Join Field	Grille_Extraction_Preliminaire.shp
	INRS_UtilisationEauParMunicipalite.shp		

Trois nouveaux champs de type *Long* (*SWTotPts* ; *GWTotPts* ; *TotPts*) sont ajoutés à la table attributaire de la grille (**Grille_Extraction_Preliminaire**) avec l'outil *Add Field*.

But	Ajouter trois champs à la table attributaire de la grille de points		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
15	Grille_Extraction_Preliminaire.shp	Add Field	Grille_Extraction_Preliminaire.shp

Dans chaque nouveau champ créé est alors déterminé, l'usage « synthétique » en m³/an par maille avec l'outil *Field Calculator* accessible dans la table attributaire :

$$SWTotPts = SW_Tot / NbPtsMun$$

$$GWTotPts = GW_Tot / NbPtsMun$$

$$TotPts = Tot / NbPtsMun$$

But	Obtenir l'usage « synthétique » pour chaque point de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
16	Grille_Extraction_Preliminaire.shp	Field Calculator	Grille_Extraction_Preliminaire.shp

Afin d'être cohérent entre les données de recharge en mm/an et les données d'usage en m³/an, il est nécessaire de convertir les premières. Cette opération est toujours réalisée dans la grille de points (**Grille_Extraction_Preliminaire**) en ajoutant un nouveau champ (*RechPtsm3an*) avec l'outil *Add Field*.

But	Ajouter un champ à la table attributaire de la grille de points		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
17	Grille_Extraction_Preliminaire.shp	Add Field	Grille_Extraction_Preliminaire.shp

Dans ce nouveau champ, la recharge est ensuite calculée en m³/an à partir du champ contenant les données de recharge en mm/an (*grid_code*) avec l'outil Field Calculator :

$$RechPtm3an = grid_code * 250 * 250 / 1000$$

But	Convertir la recharge en m ³ /an pour chaque point de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
18	Grille_Extraction_Preliminaire.shp	Field Calculator	Grille_Extraction_Preliminaire.shp

La dernière étape sous ArcGIS consiste à ajouter à cette grille le nom du PACES dans une nouvelle colonne (*Nom_PACES*) en utilisant l'outil Add Field.

But	Ajouter un champ à la table attributaire de la grille de points		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
19	Grille_Extraction_Preliminaire.shp	Add Field	Grille_Extraction_Preliminaire.shp

Dans ce champ est alors indiqué le nom du projet dont sont issues les données avec l'outil Field Calculator :

$$Nom_PACES = 'Montérégie Est'$$

But	Ajouter l'information sur le projet source		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
20	Grille_Extraction_Preliminaire.shp	Field Calculator	Grille_Extraction_Preliminaire.shp

La grille d'extraction préliminaire (**Grille_Extraction_Preliminaire**) est ensuite exportée en texte via l'outil Export accessible depuis la table attributaire de cette grille.

But	Exporter les données de la grille de points		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
21	Grille_Extraction_Preliminaire.shp	Export	Grille_Extraction_Preliminaire.txt

Le fichier exporté est ensuite copié vers Excel pour être finalisé (**Grille_Extraction_Finale**). La section suivante (structure de la table d'extraction) indique les champs à conserver qui seront utiles aux futurs calculs des divers indicateurs. Certains champs doivent être également renommés afin de pouvoir assurer une certaine cohérence avec la structure finale de la table d'extraction.

Note : les grilles d'extractions initiale (**Grille_Extraction_Initiale**) et préliminaire (**Grille_Extraction_Preliminaire**) peuvent être conservées dans un dossier annexe bien qu'elles ne soient plus utiles pour les futures étapes de production des indicateurs.

Cette grille finale retravaillée et homogénéisée selon la structure suggérée peut ensuite être exportée au format csv (**Grille_Extraction_Finale**) pour être de nouveau utilisée sous ArcGIS afin de produire les indicateurs dont celui de stress sur l'eau souterraine (annexe 3). Pour ce faire, il faut importer le fichier csv avec l'outil *Add XY Data* accessible depuis l'onglet *File* de la barre d'outils d'ArcGIS. Lors de l'importation, il est nécessaire de préciser le système de projection de la grille soit NAD 1983 Québec Lambert.

But	Importer la grille de points finale		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
22	Grille_Extraction_Finale.csv	Add XY Data	Grille_Extraction_Finale (event)

Finalement, cette grille d'entités ponctuelles est enregistrée au format shapefile compatible avec ArcGIS grâce à l'outil *Export Data*.

But	Convertir la grille finale au format SIG compatible		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
23	Grille_Extraction_Finale (event)	Export Data	Grille_Extraction_Finale.shp

Structure de la table d'extraction

La structure de la table finale (figure A.3.1 – encart 2) établie à partir de la grille d'extraction a été élaborée en tenant compte de sa mise en place sur d'autres PACES. Elle n'est donc pas spécifiquement applicable au PACES Montérégie Est mais peut aussi être utilisée comme base de travail pour d'autres projets. Ainsi, elle comprend 39 colonnes regroupées en 8 grands ensembles en partie visibles sur la figure A.3.1 (encart 2) :

- Identification et localisation :
 - ID : identifiant ;
 - X_QL83 : coordonnée X du point de la grille en Québec Lambert 83 ;
 - Y_QL83 : coordonnée Y du point de la grille en Québec Lambert 83 ;
 - X_Long : longitude du point de la grille en degrés décimaux ;
 - Y_Lat : latitude du point de la grille en degrés décimaux ;
- Projets et régions :
 - Nom_PACES : nom du PACES concerné ;
 - Nom_Reg : nom de la région administrative reliée au point de la grille ;
 - ID_Reg : identifiant officiel de la région administrative reliée au point de la grille ;
- Municipalités :
 - Nom_Mun : nom de la municipalité au droit du point de la grille ;
 - ID_Mun : identifiant de la municipalité au droit du point de la grille ;
 - Aire_Tot_Mun_km2 : superficie totale de la municipalité en km² ;
 - Aire_Zone_Mun_km2 : superficie de la municipalité incluse dans le projet en km² ;
 - Ratio_Zone_Mun : pourcentage de la surface de la municipalité incluse dans le projet ;

- MRC :
 - Nom_MRC : nom de la MRC au droit du point de la grille ;
 - ID_MRC : identifiant officiel de la MRC au droit du point de la grille ;
 - Aire_Tot_MRC_km2 : superficie totale de la MRC en km² ;
 - Aire_Zone_MRC_km2 : superficie de la MRC incluse dans le projet en km² ;
 - Ratio_Zone_MRC : pourcentage de la surface de la MRC incluse dans le projet ;
- Bassins versants de niveau 1 :
 - Nom_BV1 : nom du bassin versant au droit du point de la grille ;
 - ID_BV1 : identifiant officiel du bassin versant au droit du point de la grille ;
 - Niv_BV1 : niveau du bassin versant ;
 - Aire_Tot_BV1_km2 : superficie totale du bassin versant en km² ;
 - Aire_Zone_BV1_km2 : superficie du bassin versant incluse dans le projet en km² ;
 - Ratio_Zone_BV1 : pourcentage de la surface du bassin versant incluse dans le projet ;
- Bassins versants de niveau 2 :
 - Nom_BV2 : nom du bassin versant au droit du point de la grille ;
 - ID_BV2 : identifiant officiel du bassin versant au droit du point de la grille ;
 - Niv_BV2 : niveau du bassin versant ;
 - Aire_Tot_BV2_km2 : superficie du bassin versant en km² ;
 - Aire_Zone_BV2_km2 : superficie du bassin versant incluse dans le projet en km² ;
 - Ratio_Zone_BV2 : pourcentage de la surface du bassin versant incluse dans le projet ;
- Usage :
 - Usage_Surf_Mun_m3_an : usage « estimé » de l'eau de surface sur le territoire de la municipalité en m³/an ;
 - Usage_Sout_Mun_m3_an : usage « estimé » de l'eau souterraine sur le territoire de la municipalité en m³/an ;
 - Usage_Tot_Mun_m3_an : usage total « estimé » de l'eau sur le territoire de la municipalité en m³/an ;
 - Nb_Pts_Mun : nombre de points de la grille inclus dans la municipalité ;
 - Usage_Surf_Pt_m3_an : usage « synthétique » de l'eau de surface au droit du point de la grille en m³/an ;
 - Usage_Sout_Pt_m3_an : usage « synthétique » de l'eau souterraine au droit du point de la grille en m³/an ;
 - Usage_Tot_Pt_m3_an : usage total « synthétique » de l'eau au droit du point de la grille en m³/an ;
- Recharge :
 - Rech_Pt_mm_an : recharge « estimée » de l'eau de souterraine au droit du point de la grille en mm/an ;
 - Rech_Pt_m3_an : recharge « estimée » de l'eau de souterraine au droit du point de la grille en m³/an.

Finalement, pour la Montérégie Est, la grille d'extraction de 144 647 points a généré un tableur où chaque ligne est associée à une maille de la grille et contient les 39 informations susmentionnées. Dans ce tableau, il est supposé que l'information extraite au droit du point de la grille représente une surface de 250 x 250 m.

Annexe 2

Production de l'indicateur de stress hydrique de base

Source des données

L'ensemble des informations utilisées pour produire cet indicateur est issu des trois sources suivantes :

1. Données sur l'eau (usage et recharge) : livrables du PACES (Carrier et al., 2013a) ;
2. Données des stations hydrométriques (CEHQ, 2019) :
 - a. Données de débit des stations de jaugeage ;
 - b. Position des stations de jaugeage ;
 - c. Limites des bassins versants jaugés ;
3. Données de l'Atlas hydroclimatique 2018 (MDDELCC, 2018) :
 - a. Données historiques de débit total ;
 - b. Position des tronçons de cours d'eau modélisés ;
 - c. Limite des bassins versants drainés par les tronçons.

Préparation des données d'utilisation de l'eau

Création d'une grille simplifiée d'utilisation de l'eau

Les données d'utilisation totale de l'eau (souterraine et surface) proviennent de Carrier et al. (2013b). Ces données sont intégrées à la grille de la base de données spatialisées décrite à la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** À partir de cette grille, une grille simplifiée a été créée pour faciliter les calculs de l'indicateur hydrologique. Seuls les champs indiqués dans le tableau A.2.1 ont été conservés pour la grille simplifiée. De plus, le nom des champs a été réduit afin de s'assurer que tous les caractères soient conservés à la suite des différentes manipulations SIG. La grille simplifiée correspond au shapefile **XYGrilleUsage_ponctuel.shp**. Le champ d'usage total *UseALL* sera utilisé pour le calcul de l'indicateur de stress hydrique de base.

Tableau A.2.1 : Champs conservés pour la grille simplifiée d'utilisation de l'eau
(XYGrilleUsage_ponctuel.shp)

Nom du champ de la grille spatialisée	Nom du champ de la grille simplifiée	Description du champ
Usage_Surf_Pt_m3_an	UseSW	Utilisation « synthétique » de l'eau de surface au droit du point de la grille en m ³ /an
Usage_Sout_Pt_m3_an	UseGW	Utilisation « synthétique » de l'eau souterraine au droit du point de la grille en m ³ /an
Usage_Tot_Pt_m3_an	UseALL	Utilisation « synthétique » de l'eau de surface et de l'eau souterraine au droit du point de la grille en m ³ /an

Extraction des données de débit de l'Atlas hydroclimatique 2018

Les données de l'Atlas hydroclimatique 2018 ont été transmises par la Direction de l'expertise hydrique et atmosphérique (DEHA). Le tableau suivant présente le nom des fichiers bruts qui ont été transmis. Une brève description du contenu des fichiers reçus ainsi que le format des fichiers sont présentés au tableau A.2.2.

Tableau A.2.2 : Données brutes reçues pour l'Atlas hydroclimatique 2018

Nom du fichier	Format	Contenu
2019-12-03_Atlas2018-2020_Monteregie_shp.zip	Shapefile	Shapefiles des lacs, rivières et UHRH pour les Atlas 2018 et 2020
2019-12-06_Atlas2018_Monteregie_InfluenceBarrage.xlsx	Excel	Indique les tronçons potentiellement influencés par un barrage
2019-12-04_INRS_Monteregie_Atlas2018	Matlab	Variable <i>RES.mat</i>
2019-12-03_Atlas_2018_Monteregie.xlsx	Excel	Liste des tronçons de la Montérégie Est et coordonnées
Atlas2018_info_troncons	Matlab	Variable <i>S.mat</i>
Atlas2018_RapportTechnique_Preliminaire.pdf	PDF	Rapport technique de l'Atlas 2018

La délimitation des bassins versants correspondant à chaque tronçon ainsi que les débits totaux historiques calculés pour chaque tronçon ont été extraits des données transmises par la DEHA. Ces données ont été extraites à l'aide de Matlab. Les sections qui suivent décrivent les étapes pour l'extraction de ces données.

Extraction des polygones de bassins versants des tronçons

Les polygones qui représentent les bassins versants correspondant à chaque tronçon ont été produits à l'aide de Matlab. Pour chaque polygone, un shapefile, qui comprend les fichiers .SHP, .SHX et .DBF, a été créé à l'aide du script **Extract_bassins.m**. Le fichier .DBF comprend les informations suivantes : le numéro de tronçon (*no_troncon*), le type de tronçon (*Type* : rivière = 0 et lac = 1) ainsi que la superficie drainée par le tronçon en km² (*Aire*). Enfin, un fichier de projection (.PRJ) a été créé pour chaque polygone afin de pouvoir les visualiser dans ArcGIS. Les fichiers .PRJ ont été générés à partir de ArcCatalog en utilisant l'outil Define Projection (*Data Management Tool / General*) en lot pour tous les shapefiles simultanément. La projection a été définie en WGS 1984. Les shapefiles ont ensuite été fusionnés dans un seul shapefile comprenant tous les polygones des bassins en utilisant l'outil Merge (*Data Management Tool*). Le système de projection des shapefiles créés a ensuite été transformé en *NAD 1983 Quebec Lambert* à l'aide de l'outil Project (*Data Management Tool / Projections and Transformations*) pour faciliter les calculs avec les données déjà disponibles dont la grille des données spatialisées. Le tableau A.2.3 présente les fichiers produits pour l'extraction des polygones de bassins versants par tronçon.

Tableau A.2.3 : Fichiers produits pour l'extraction des polygones de bassins versants par tronçon

Fichiers produits	Outils de production	Description du fichier
MON_TRONCON_000.shp MON_TRONCON_000.shx MON_TRONCON_000.dbf	Script Matlab Extract_bassins.m	Shapefile du polygone du bassin drainé pour chaque tronçon. Le nombre à la fin du nom du fichier correspond au numéro du tronçon.
MON_TRONCON_000.prj	<u>Define Projection</u> dans ArcCatalog	Fichier de projection pour chaque polygone
MON_TRONCON_Merge.shp	<u>Merge</u> dans ArcCatalog	Fusion de tous les polygones dans le même shapefile
MON_TRONCON_Merge_SumUsage.shp	<u>Join data from another layer based on spatial location</u> dans ArcMap	Calcul de l'usage de l'eau « synthétique » pour chaque polygone à partir des données de la grille d'utilisation de l'eau simplifiée

Extraction des débits totaux quotidiens des tronçons

Le script **Extract_Debit_troncons.m** a été utilisé pour extraire une table CSV des débits quotidiens pour les tronçons sélectionnés. Les débits quotidiens extraits ont ensuite été traités dans le fichier Excel **Traitement_Qtotal.xlsx** afin de calculer les débits totaux annuels ainsi que les débits de base annuels décrits à la section *Préparation des données de débit* de la présente annexe. Les données brutes de débit total quotidien pour chaque tronçon sont en m³/s. Elles doivent être copiées dans l'onglet *Q_quotidien* (champs en jaune) à partir de la colonne D.

Sélection des bassins versants

Les bassins versants des stations hydrométriques et des tronçons de l'Atlas hydroclimatique ont dû être sélectionnés pour pouvoir produire le calcul de l'indicateur du stress hydrique de base. Les bassins versants sélectionnés devaient répondre aux deux critères suivants :

1. Être complètement inclus dans la zone d'étude du PACES Montérégie Est afin de pouvoir utiliser les données produites dans le cadre de ce projet pour faire le calcul des indicateurs ;
2. Inclure une couverture complète des données sur plusieurs années depuis 1980.

Choix des stations hydrométriques

Les données de stations de jaugeage de débit ont été retenues pour les trois stations ouvertes présentées au tableau A.2.4. La période de la couverture des données pour la station 030334 n'était pas assez complète.

Tableau A.2.4 : Stations de jaugeage utilisables et sélectionnées pour le calcul du stress hydrique de base

Nom	Numéro	Aire (km ²)	Statut	Période des données	Calcul du débit de base selon Eckhardt (Poirier, 2012)	Station sélectionnée
Yamaska	030334	3330	Fermée	1977-2003	Non	Non
Yamaska	030345	3334	Ouverte	1994-2020	Oui	Oui
Yamaska	030302	1231	Ouverte	1929-1955 et 1965-2020	Non	Oui
L'Acadie	030421	367	Ouverte	1979-2020	Oui	Oui

Choix des tronçons

L'utilisation des données de débit de l'Atlas hydroclimatique n'est pas recommandée pour les tronçons dont la superficie drainée est inférieure à 250 km² (CEHQ, 2018), donc les bassins versants des tronçons sélectionnés ont une aire supérieure à 250 km². Au final, les tronçons dont l'aire de drainage est supérieure à 500 km² ont été retenus pour le calcul de l'indicateur hydrologique. Les bassins versants de 250 à 500 km² ont été jugés moins pertinents pour la production de l'indicateur étant donné qu'ils raffinent l'information dans la portion amont des bassins qui est souvent moins sollicitée. Les données de débit de l'Atlas hydroclimatique présentent l'avantage d'être complètes et disponibles de 1971 à 2016. Le tableau A.2.5 présente la liste des tronçons qui ont été retenus pour le calcul du stress hydrique de base. Selon les indications compilées dans l'Atlas hydroclimatique, les tronçons MON0057 et MON0072 sont potentiellement influencés par la présence d'un ou plusieurs barrages. Toutefois, comme le débit est calculé sur une base annuelle, cette influence potentielle peut être considérée comme négligeable.

Tableau A.2.5 : Tronçons de l'Atlas hydroclimatique 2018 sélectionnés pour le calcul du stress hydrique de base

Nom	Aire (km ²)	Influence potentielle d'un barrage
MON0003	4599	Non
MON0016	3245	Non
MON0057	1653	Oui
MON0072	777	Oui
MON0120	542	Non

Création des polygones de bassin versant partiel

L'idée est de soustraire l'aire du bassin amont pour obtenir un polygone de la portion aval du bassin. Le débit du bassin amont sera également soustrait au débit total du bassin le plus grand (bassin aval) afin d'obtenir le débit correspondant au bassin partiel. Cette approche permet de visualiser l'indicateur de stress hydrique de base avec une seule carte sans cacher l'information des bassins versants autrement superposés.

Les polygones des bassins sont découpés en lot à l'aide de l'outil Erase (*Analysis Tools / Overlay*) et sauvegarder en format shapefile. Le tableau A.2.6 présente les polygones de portion de bassin qui ont été générés. Le bassin partiel résultant est également indiqué.

Tableau A.2.6 : Production des polygones de bassin versant (BV) partiel

	Bassin aval	Bassin amont soustrait	Bassin partiel (shapefile)	Shapefiles groupés
BV de la station	030345	030302	BV_st030345moins030302	BVpartiel_st_hydrometrique.shp BVpartiel_st_hydrometrique_usage.shp*
	030302	Aucun	BV_st030302	
	030421	Aucun	BV_st030421	
BV du tronçon	MON0003	MON0016	BV_t3moins16	BVpartiel_troncon.shp BVpartiel_troncon_usage.shp*
	MON0016	MON0057	BV_t16moins57	
	MON0057	MON0072	BV_t57moins72	
	MON0072	Aucun	BV_t72	
	MON0120	Aucun	BV_t120	

* : Shapefile groupés avec la somme des usages calculée pour chaque portion de bassin versant

Calcul de la somme des usages par bassin versant

La somme des prélèvements est calculée à l'aide des données de la grille simplifiée d'utilisation de l'eau produite précédemment. Dans ArcMap, l'outil Join data from another layer based on spatial location (*Join Data*) permet de calculer la somme de la valeur de tous les points qui se trouvent à l'intérieur d'un polygone en sélectionnant l'option *Sum*. Cet outil permet ainsi de calculer la somme de l'usage de l'eau (somme des valeurs ponctuelles) pour chacun des bassins versants (polygones). Cette opération a été réalisée pour les bassins associés aux stations hydrométriques, pour les bassins associés aux tronçons ainsi que pour les portions de bassin versant calculées à partir des stations et des tronçons. Le tableau A.2.7 présente le nom des fichiers de bassins versants utilisés et produits pour le calcul de l'usage de l'eau par bassin versant.

En vue du calcul de l'indicateur, des champs doivent être ajoutés au shapefile des polygones des bassins. Ces champs sont ajoutés dans la table d'attribut dans ArcMap à l'aide de l'outil Add Field (*Open Attribute Table*). Ils doivent être en format numérique *Double*. Le nom des champs à ajouter pour chaque shapefile est inscrit dans le tableau A.2.7.

Tableau A.2.7 : Fichiers utilisés et produits pour le calcul de l'usage de l'eau par bassin versant

Bassin versant	Nom du shapefile de polygone	Nom du shapefile de la grille à joindre	Shapefile produit	Champs à ajouter (Type : Double)
Bassins versants des tronçons	BV_troncon.shp	XYGrilleUsage_ponctuel.shp	BV_troncon_usage.shp	Qt2010 Qb2010 U_Qt2010 U_Qb2010
Bassins versants des stations de jaugeage	BV_ST_Ouvertes_sélection.shp	XYGrilleUsage_ponctuel.shp	BV_station_usage.shp	Qt2010 Qb2010 U_Qt2010 U_Qb2010
Portions de bassin versant des stations	BVpartiel_tronçon.shp	XYGrilleUsage_ponctuel.shp	BVpartiel_station_hydrométrique_usage.shp	Qtpar2010 Qbpar2010 U_Qtpar10 U_Qbpar10
Portions de bassin versant des tronçons	BVpartiel_tronçon.shp	XYGrilleUsage_ponctuel.shp	BVpartiel_tronçon_usage.shp	Qtpar2010 Qbpar2010 U_Qtpar10 U_Qbpar10

Préparation des données de débit

Les données brutes de débit total ont été traitées dans le fichier Excel **Traitement_Qtotal.xlsx**. Les données de débit brutes sont sur une base quotidienne (moyenne quotidienne en m³/s), elles doivent d'abord être converties dans la même unité de mesure (m³/j). Ensuite, ces données sont utilisées pour calculer le débit de base moyen quotidien à l'aide du filtre de Chapman (1999). Puis, les valeurs de débit total et de débit de base sont finalement calculées sur une base annuelle pour les fins du calcul de l'indicateur de stress hydrique de base.

Les données quotidiennes de débit total en m³/s sont insérées dans l'onglet *Q_quotidien* dans les colonnes E à M pour les données de débit extraites de l'Atlas hydroclimatique et dans les colonnes O à R pour les données de débit des stations de jaugeage. Les colonnes suivantes calculent automatiquement le débit total en m³/j et le débit de base avec le filtre de Chapman en m³/j et présentent également les débits de base estimés avec le filtre d'Eckhardt par le CEHQ en 2010 (Poirier, 2012).

Le tableau A.2.8 présente les calculs réalisés pour chaque champ de l'onglet *Q_quotidien* du fichier Excel **Traitement_Qtotal.xlsx**. Le débit de base a été calculé d'après le filtre de Chapman (1999) pour l'ensemble des données de débit total brutes choisies. Pour certaines stations, le calcul du débit de base a déjà été calculé par le CEHQ (Poirier, 2012) à l'aide du filtre d'Eckhardt. Ces données ont été utilisées pour faire la comparaison des valeurs de débit de base obtenues par ces deux filtres. Cette comparaison est discutée à la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Tableau A.2.8 : Description des calculs de l'onglet *Q_quotidien* du fichier **Traitement_Qtotal.xlsx**

Colonnes	Source	Contenu	Description du calcul
A à D	-	Dates	A : Dates (format AAAA-MM-JJ) B : Années et mois (format AAAA.MM) C : Années (format AAAA) D : Dates extraites de Matlab
E à M O à R	Tronçons de l'Atlas Stations de jaugeage	Débit total quotidien (m ³ /s)	Données brutes extraites de l'Atlas hydroclimatique 2018 Données brutes des stations de jaugeage
T à AB AC à AF	Tronçons de l'Atlas Stations de jaugeage	Débit total quotidien (m ³ /j)	Calcul du débit total en m ³ /j
AH à AP AQ à AT	Tronçons de l'Atlas Stations de jaugeage	Débit de base quotidien selon Chapman (m ³ /j)	Calcul du débit de base d'après la formule de Chapman (1999)
AV à BD BE à BH	Tronçons de l'Atlas Stations de jaugeage	Débit de base quotidien selon Chapman corrigé (m ³ /j)	Calcul du débit de base d'après la formule de Chapman (1999) et corrigé pour que le débit de base soit égal ou inférieur au débit total ($Q_b \leq Q_t$)
BI à BN	Stations de jaugeage	Débit de base quotidien selon Eckhardt* (m ³ /s)	Valeur du débit de base en m ³ /s calculé à l'aide du filtre Eckhardt par le CEHQ (Poirier, 2012)
BO à BT	Stations de jaugeage	Débit de base quotidien selon Eckhardt* (m ³ /j)	Conversion du débit de base calculé à l'aide du filtre Eckhardt par le CEHQ (Poirier, 2012) en m ³ /j

**Note : les données quotidiennes de débit de base calculées selon le filtre d'Eckhardt sont incomplètes, il y a donc plusieurs années pour lesquelles le débit de base annuel ne peut être calculé.*

Le calcul du débit total et de base sur une base annuelle est réalisé dans l'onglet *Q_annuel* du fichier Excel **Traitement_Qtotal.xlsx**. Le tableau A.2.9 présente le contenu de chaque colonne.

Tableau A.2.9 : Description des calculs de l'onglet *Q_annuel* du fichier **Traitement_Qtotal.xlsx**

Colonnes	Source	Contenu
A	-	Années
B à J K à N	Tronçons de l'Atlas Stations de jaugeage	Débit total annuel (m ³ /j)
O à W X à AA	Tronçons de l'Atlas Stations de jaugeage	Débit total annuel <u>normalisé</u> (m ³ /j)
AC à AK AL à AO	Tronçons de l'Atlas Stations de jaugeage	Débit de base annuel calculé d'après la formule de Chapman corrigée ($Q_b \leq Q_t$) (m ³ /j)
AP à AQ	Stations de jaugeage	Débit de base annuel d'après la formule de Eckhardt calculé par le CEHQ (Poirier, 2010)* (m ³ /j)
AR à AZ BA à BD	Tronçons de l'Atlas Stations de jaugeage	Débit de base annuel calculé d'après la formule de Chapman corrigée ($Q_b \leq Q_t$) puis <u>normalisé</u> (m ³ /j)
BE à BF	Stations de jaugeage	Débit de base annuel calculé à l'aide du filtre Eckhardt par le CEHQ (Poirier, 2012) puis <u>normalisé</u> * (m ³ /j)

**Note : les données quotidiennes de débit de base calculées selon Eckhardt sont incomplètes, il y a donc plusieurs années pour lesquelles le débit de base annuel ne peut être calculé.*

Les données de débit annuel de l'onglet *Q_annuel* ont été extraites dans des tables pour les fins du calcul de l'indicateur de stress hydrique de base. Ces tables se présentent dans différents onglets du fichier Excel **Traitement_Qtotal.xlsx**. Ces tables sont produites pour être importées dans ArcGIS dans le but d'obtenir le débit souhaité correspondant à un bassin donné. Le débit pour un bassin est ensuite obtenu à l'aide d'une jointure entre la table de débit annuel (total ou de base) et les polygones des bassins versants.

Les onglets présentés au tableau A.2.10 peuvent être sauvegardés en CSV (séparateur : point-virgule) pour être importés sous forme de tables dans ArcMap. Ces tables comprennent les champs suivants :

- *Qt* : nom de la station ou du tronçon ;
- *no_troncon* : numéro du tronçon (champ numérique) – **Champ à joindre pour les polygones des tronçons** ;
- *station* : numéro de la station (champ numérique) – **Champ à joindre pour les polygones des stations de jaugeage et des bassins partiels** ;
- *a1971 à a2019* : débit annuel de 1971 à 2019. Le débit présenté dans la table varie selon le nom de l'onglet tel que décrit au tableau A.2.10.

Tableau A.2.10 : Onglets du fichier **Traitement_Qtotal.xlsx** correspondant à des tables

Nom de l'onglet	Contenu
Qtotal_an	Débit total annuel
QbaseCha_an	Débit de base annuel (formule de Chapman)
QbaseEck_an	Débit de base annuel (formule d'Eckhardt)
QtotalPARTIEL_an	Débit total annuel calculé pour les bassins partiels
QbasePARTIEL_an	Débit de base annuel calculé pour les bassins partiels

Le tableau A.2.11 présente l'association des champs à joindre entre chaque shapefile de polygones des bassins versants et les différentes tables de débit du tableau A.2.10. La valeur du débit correspondant à l'année 2010 (champ *a2010*) doit être copiée dans le champ prévu tel que présenté dans le tableau A.2.11.

Tableau A.2.11 : Champs à joindre pour associer les tables de débit au shapefile des polygones de bassin versant

Shapefile polygone		Table à joindre		Copier le champ <i>a2010</i> de la table dans le champ du SHP
Nom	Champ à joindre	Nom	Champ à joindre	-
BV_st_hydrometrique_usage	Station	Qtotal_an	station	Qt2010
		QbaseCha_an	station	Qb2010
BV_troncon_usage	NO_TRONCON	Qtotal_an	no_troncon	Qt2010
		QbaseCha_an	no_troncon	Qb2010
BVpartiel_st_hydrometrique_usage	Station	QtotalPARTIEL_an	station	Qt_par2010
		QbasePARTIEL_an	station	Qb_par2010
BVpartiel_troncon_usage	NO_TRONCON	QtotalPARTIEL_an	station	Qt_par2010
		QbasePARTIEL_an	station	Qb_par2010

Calcul de l'indicateur de stress hydrique de base

Une fois que les tables d'attributs des polygones des bassins versants comprennent les valeurs d'usage total de l'eau, de débit total et de débit de base, le calcul de l'indicateur de stress hydrique peut être réalisé. Le tableau A.2.12 présente les calculs réalisés pour les différentes versions de l'indicateur.

Tableau A.2.12 : Calculs des différentes versions de l'indicateur de stress hydrique de base

Indicateur de stress hydrique calculé pour les polygones	Indicateur de stress hydrique de base	Nom du champ à calculer	Calcul à l'aide de <u>Field Calculator</u>
Bassin versant	Usage total / Débit total	<i>U_Qt2010</i>	[Sum_UseALL] / [Qt2010]*100
	Usage total / Débit de base	<i>U_Qb2010</i>	[Sum_UseALL] / [Qb2010]*100
Bassin versant partiel	Usage total / Débit total	<i>U_Qtpar10</i>	[Sum_UseALL] / [Qt_par2010]*100
	Usage total / Débit de base	<i>U_Qbpar10</i>	[Sum_UseALL] / [Qb_par2010]*100

Annexe 3

Production de l'indicateur de stress sur l'eau souterraine

Source des données

Cet indicateur nécessite les informations collectées précédemment dans la grille d'extraction (annexe 1) soient les données relatives aux limites administratives et hydrographiques ainsi que les données issues du PACES, en l'occurrence l'usage de l'eau et la recharge de l'aquifère rocheux.

Les données additionnelles suivantes offrent aussi des informations complémentaires intéressantes pour l'analyste :

1. Emplacement et caractéristiques des puits résidentiels répertoriés dans le Système d'information hydrogéologique (SIH) disponible via le MELCC (2021) mais également accessible à l'adresse suivante : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/souterraines/sih/index.htm> ;
2. Localisation des captages municipaux (**INRS_CaptagesMunicipaux**) disponible dans la géodatabase finale du projet Montérégie Est (**DonneesFinalesProjetMonteregieEst**) dans le groupe de données du livrable sur l'usage de l'eau (**L26_UtilisationEau**). Ces données sont également inventoriées et mises à jour par le MELCC ;
3. Données sur les grands préleveurs d'eau (GPE) disponibles sur demande auprès du MELCC.

Procédure d'extraction des données additionnelles

Sous ArcGIS, à partir de la couche des limites municipales (**munic_s_ME**) générée à l'étape précédente (annexe 1), il est possible de déterminer le nombre de captages municipaux, de grands préleveurs d'eau (GPE) et de puits résidentiels présents dans chacune des municipalités. Trois nouveaux champs de type *Short* sont ainsi créés (*NbCMMun* ; *NbGPEMun* ; *NbSIHMun*) grâce à l'outil Add Field.

Pour cette étape, un nouveau champ de type *Short* (*NbCMMun*) est créé avec l'outil Add Field dans la couche des captages municipaux (**INRS_CaptagesMunicipaux**).

But	Ajouter un champ à la table attributaire des captages municipaux		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
1	INRS_CaptagesMunicipaux.shp	Add Field	INRS_CaptagesMunicipaux.shp

Afin de procéder au calcul, il est nécessaire d'assigner à chaque entité ponctuelle la valeur « 1 ». Pour ce faire, l'outil Field Calculator accessible dans la table attributaire peut être utilisé :

$$NbCMMun = 1$$

But	Attribuer une valeur unitaire à chaque point de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
2	INRS_CaptagesMunicipaux.shp	Field Calculator	INRS_CaptagesMunicipaux.shp

Le nombre de points de la grille localisés sur chaque polygone est ensuite calculé sur la couche des limites municipales (**munic_s_ME**). Cette étape est réalisée grâce à la jointure spatiale (*Joins and Relates – Join*) accessible depuis le fichier de formes surfaciques (**munic_s_ME**) tout en spécifiant que la jointure est basée sur la localisation et que l'attribut souhaité est la somme. La nouvelle table créée (**munic_s_ME_Nb_CM_Mun**) contiendra alors un nouveau champ (*NbCMMun*) contenant le nombre de captages municipaux par municipalité.

But	Compter le nombre de captages municipaux situés dans chaque municipalité		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
3	munic_s_ME.shp	Joins and Relates	munic_s_ME_Nb_CM_Mun.shp

Ces données sont ensuite exportées en texte via l'outil Export accessible depuis la table attributaire de la couche de polygones (**munic_s_ME_Nb_CM_Mun**).

But	Exporter les données des points de prélèvements par municipalité		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
4	munic_s_ME_Nb_CM_Mun.shp	Export	Nb_CM_Mun.txt

Le fichier exporté (**Nb_CM_Mun**) est ensuite copié dans le fichier Excel de l'indicateur (**Usage_Recharge_Prelevements_Municipalites**) et ajouté dans un nouvel onglet (**Municipalites_SDA_ME_NbCM**).

Note : de la même façon, il est possible de répéter les étapes 1 à 4 pour les grands préleveurs d'eau (GPE) et pour les puits résidentiels à partir du SIH. Ces calculs peuvent également être reproduits pour diverses limites surfaciques : MRC, bassins versants de niveau 1 et 2.

Pour le calcul de l'indicateur à l'échelle des municipalités, deux autres onglets sont ainsi créés dans le tableur Excel final de l'indicateur (**Usage_Recharge_Prelevements_Municipalites**). Il s'agit du recensement des grands préleveurs (GPE) par municipalité (**Municipalites_SDA_ME_NbGPE**) et de l'inventaire des puits résidentiels par municipalité (**Municipalites_SDA_ME_NbSIH**).

Procédure d'élaboration de l'indicateur

Les étapes de production de l'indicateur, peu importe l'échelle considérée, se font principalement sous Excel. Le tableur final créé (figure A.3.1 – encart 3) est ensuite exporté vers ArcGIS pour y être visualisé (figure A.3.1 – encart 4).

Dans le tableur Excel (**Usage_Recharge_Prelevements_Municipalites**), un onglet est spécifiquement dédié aux divers calculs d'élaboration de l'indicateur de stress sur l'eau souterraine (**Calculs**). Aucun calcul n'est effectué pour les colonnes A, B et C dans lesquelles sont respectivement indiquées l'identifiant lié au projet, le nom de la municipalité et son identifiant officiel.

Avant de générer et d'attribuer l'identifiant de la première colonne, les municipalités doivent être triées par ordre alphabétique. Pour les autres colonnes, la plupart des calculs font référence aux données de la grille élaborée à l'annexe 1 (**Grille_Extraction_Finale**).

Donnée	Superficie totale de la municipalité en km ²	
Colonne	Nom	Calcul
D	Aire_Tot_Mun_km2	MOYENNE.SI(Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$J:\$J;C2;Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$K:\$K)

Donnée	Superficie de la municipalité incluse dans le projet en km ²	
Colonne	Nom	Calcul
E	Aire_Zone_Mun_km2	MOYENNE.SI(Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$J:\$J;C2;Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$L:\$L)

Donnée	Proportion de la municipalité incluse dans le projet en %	
Colonne	Nom	Calcul
F	Ratio_Zone_Mun	E2/D2*100

Les données des colonnes G, H et I correspondent respectivement aux nombre de puits municipaux, de grands préleveurs d'eau (GPE) et de puits résidentiels par municipalité collectés dans l'étape précédente (procédure d'extraction des données additionnelles).

Donnée	Usage de l'eau de surface en m ³ /an par municipalité	
Colonne	Nom	Calcul
J	Usage_Surf_Mun_m3_an	SOMME.SI(Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$J:\$J;C2;Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$AI:\$AI)

Donnée	Usage de l'eau souterraine en m ³ /an par municipalité	
Colonne	Nom	Calcul
K	Usage_Sout_Mun_m3_an	SOMME.SI(Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$J:\$J;C2;Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$AJ:\$AJ)

Donnée	Usage total de l'eau en m ³ /an par municipalité	
Colonne	Nom	Calcul
L	Usage_Tot_Mun_m3_an	J2+K2

Donnée	Recharge de l'aquifère au roc en m ³ /an par municipalité	
Colonne	Nom	Calcul
M	Rech_Mun_m3_an	SOMME.SI(Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$J:\$J;C2; Grille_Extraction_Finale.xlsx!\$AM:\$AM)

Donnée	Recharge moyenne de l'aquifère au roc en mm/an par municipalité	
Colonne	Nom	Calcul
N	Rech_Mun_mm_an	M2*1000/(E2*1000000)

Donnée	Indicateur de stress sur l'eau souterraine en % par municipalité	
Colonne	Nom	Calcul
O	Ratio_Usage_Sout_Rech_Mun	K2/M2*100

Donnée	Indicateur de stress sur l'eau (surface et souterraine) en % par municipalité	
Colonne	Nom	Calcul
P	Ratio_Usage_Tot_Rech_Mun	L2/M2*100

Toutes les informations sont alors répertoriées dans un dernier onglet (**Indicateur_Usage_Recharge_Mun**) puis exportées au format csv (**Grille_Extraction_Finale**) pour être visualisées sous ArcGIS afin de produire des cartes de l'indicateur de stress sur l'eau souterraine (figure A.3.1 – encart 4). Pour cette étape, un nouveau champ de type *Long* (*IDMun*) est créé avec l'outil Add Field dans la couche des limites municipales (**munic_s_ME**).

But	Ajouter un champ à la table attributaire des limites municipales		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
1	munic_s_ME.shp	Add Field	munic_s_ME.shp

Dans ce champ est associé l'identifiant officiel de la municipalité avec l'outil [Field Calculator](#) accessible dans la table attributaire :

$$IDMun = MUS_CO_GEO$$

But	Attribuer l'identifiant officiel de chaque municipalité dans un nouveau champ		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
2	munic_s_ME.shp	Field Calculator	munic_s_ME.shp

Ce nouveau champ sert ensuite de base de jointure (*Joins and Relates – Join*) entre la table des limites municipales (**munic_s_ME**) et la table de l'indicateur par municipalité (**Indicateur_Usage_Recharge_Mun**).

But	Associer les données de l'indicateur de stress avec la couche des municipalités		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
3	munic_s_ME.shp	Joins and Relates	munic_s_ME.shp
	Indicateur_Usage_Recharge_Mun.csv		

Idéalement, la couche créée devra être enregistrée dans un dossier spécifique et sous un nouveau nom clair et précis ; par exemple, **Indicateur_Usage_Recharge_Mun** dans le cas de l'indicateur de stress sur l'eau souterraine déterminé à l'échelle municipale. Ainsi, cette grille d'entités surfaciques est enregistrée au format shapefile grâce à l'outil [Export Data](#).

But	Enregistrer la couche finale de l'indicateur		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
4	munic_s_ME.shp	Export Data	Indicateur_Usage_Recharge_Mun.shp

De cette couche sont finalement supprimés tous les champs inutiles. Seuls les champs détaillés dans la section suivante (structure de la table de l'indicateur) sont utiles à la visualisation complète de l'indicateur de stress sur l'eau souterraine. Cette opération est obtenue en utilisant l'outil [Delete Field](#).

But	Suppression des champs inutiles à l'analyste		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
5	Indicateur_Usage_Recharge_Mun.shp	Delete Field	Indicateur_Usage_Recharge_Mun.shp

Structure de la table de l'indicateur

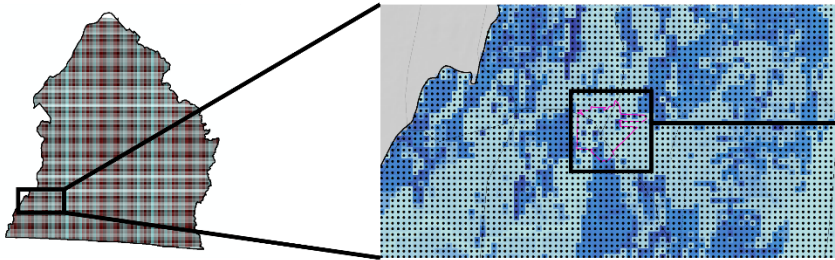
Chaque table d'indicateur de stress sur l'eau souterraine (municipalités, MRC, bassins versants de niveau 1 et 2) affiche la même structure afin de rester cohérent et homogène entre les diverses échelles. Pour l'indicateur à l'échelle municipale par exemple, le fichier final contient 5 onglets :

1. Municipalites_SDA_ME_NbCM : nombre de captages municipaux par municipalité ;
2. Municipalites_SDA_ME_NbGPE : nombre de grands préleveurs d'eau (GPE) par municipalité ;
3. Municipalites_SDA_ME_NbSIH : nombre de puits résidentiels par municipalité ;
4. Calculs : opérations nécessaires à l'élaboration de l'indicateur final ;
5. Indicateur_Usage_Recharge_Mun : copie de la feuille précédente pour l'exportation vers ArcGIS.

Les deux dernières feuilles contiennent l'intégralité des informations nécessaires au travail de l'analyste. Elles sont organisées en 16 colonnes regroupées en 6 grands ensembles en partie visibles sur la figure A.3.1 (encart 3) et détaillées ici :

- Identification :
 - ID : identifiant unique de la municipalité pour le projet en question (ici, le PACES Montérégie Est) ;
- Identification et localisation :
 - ID_Mun : identifiant officiel de la municipalité ;
 - Aire_Tot_Mun_km2 : superficie totale de la municipalité en km² ;
 - Aire_Zone_Mun_km2 : superficie de la municipalité incluse dans le projet en km² ;
 - Ratio_Zone_Mun : proportion de la municipalité incluse dans le projet en % ;
- Prélèvements en eau souterraine :
 - Nb_CM_Mun : nombre de captages municipaux par municipalité ;
 - Nb_GPE_Mun : nombre de grands préleveurs d'eau (GPE) par municipalité ;
 - Nb_SIH_Mun : nombre de puits résidentiels par municipalité ;
- Usage :
 - Usage_Surf_Mun_m3_an : usage de l'eau de surface en m³/an par municipalité ;
 - Usage_Sout_Mun_m3_an : usage de l'eau souterraine en m³/an par municipalité ;
 - Usage_Tot_Mun_m3_an : usage total de l'eau en m³/an par municipalité ;
- Recharge :
 - Rech_Mun_m3_an : recharge de l'aquifère au roc en m³/an par municipalité ;
 - Rech_Mun_mm_an : recharge moyenne de l'aquifère au roc en mm/an par municipalité ;
- Indicateur :
 - Ratio_Usage_Sout_Rech_Mun : indicateur de stress sur l'eau souterraine en % par municipalité ;
 - Ratio_Usage_Tot_Rech_Mun : indicateur de stress sur l'eau en % par municipalité.

1 Grille d'extraction des données (mailles de 250 x 250 m)



2 Tableau d'extraction des données par point

3 Tableau de compilation des données par municipalité

4 Carte de l'indicateur par municipalité

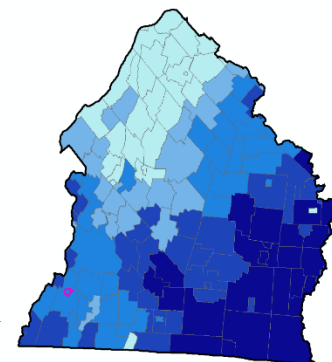
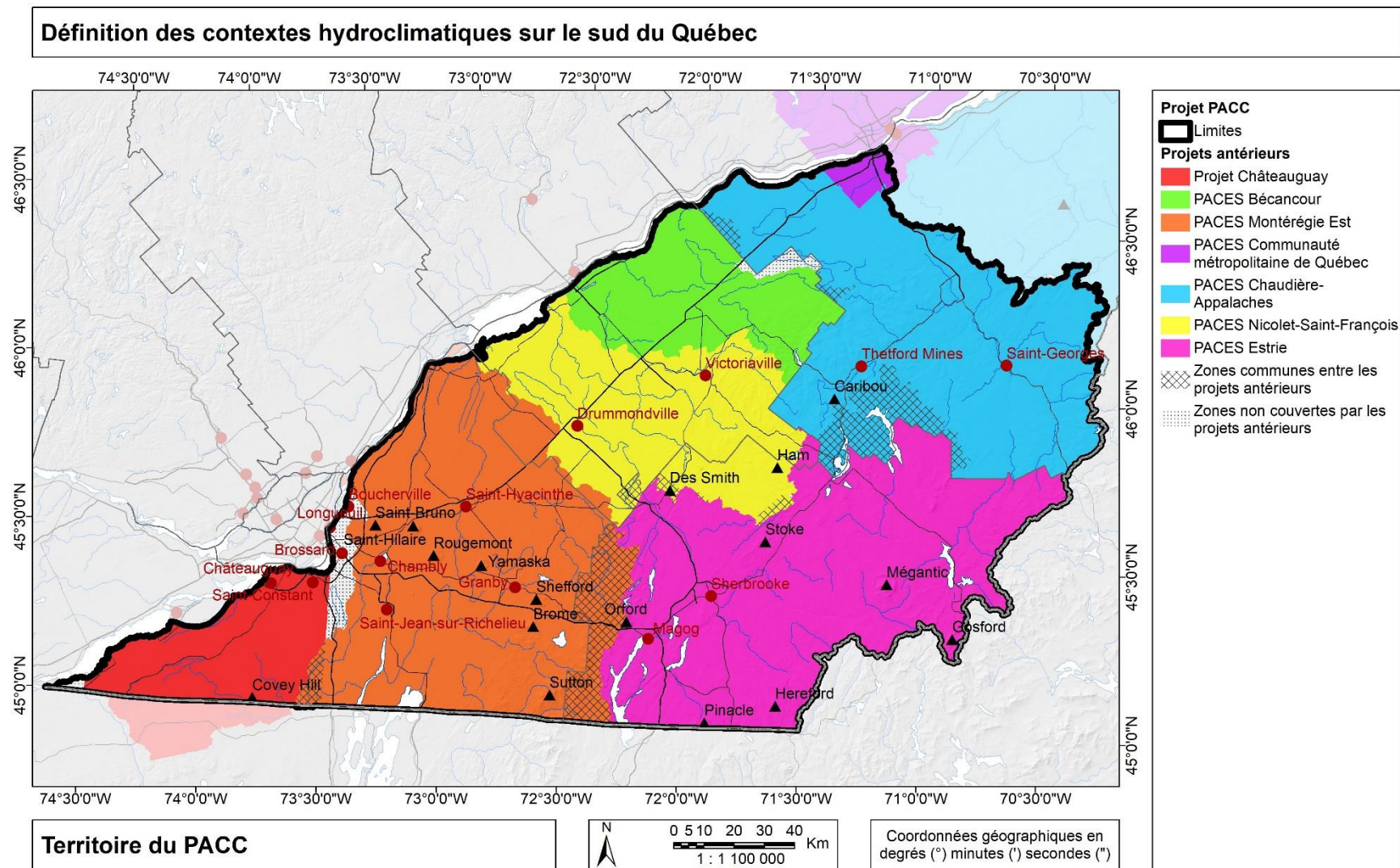


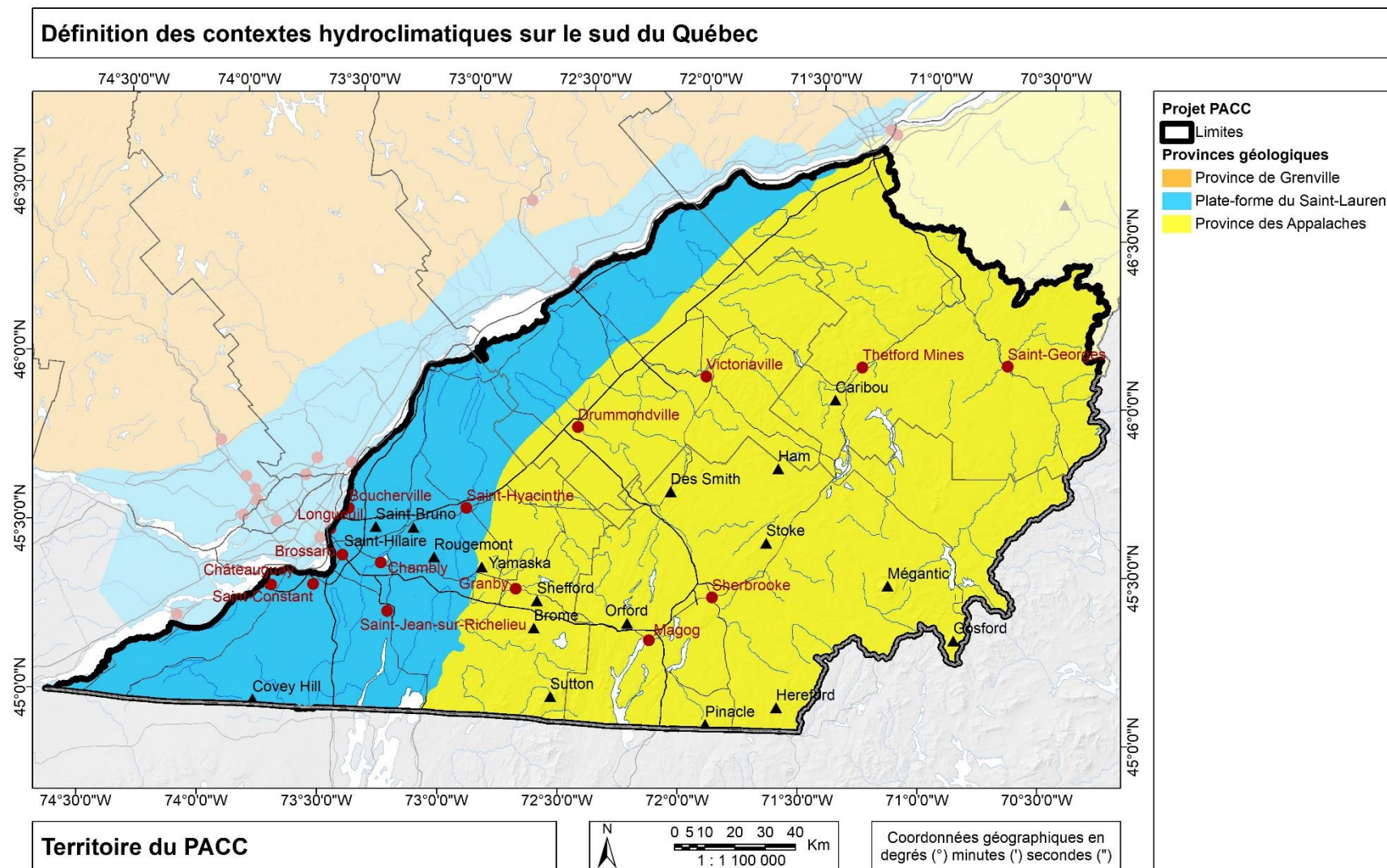
Figure A.3.1 : Démarche de production de l'indicateur de stress sur l'eau souterraine (ici, la recharge de l'aquifère au roc par municipalité) à partir de la grille d'extraction

Annexe 4

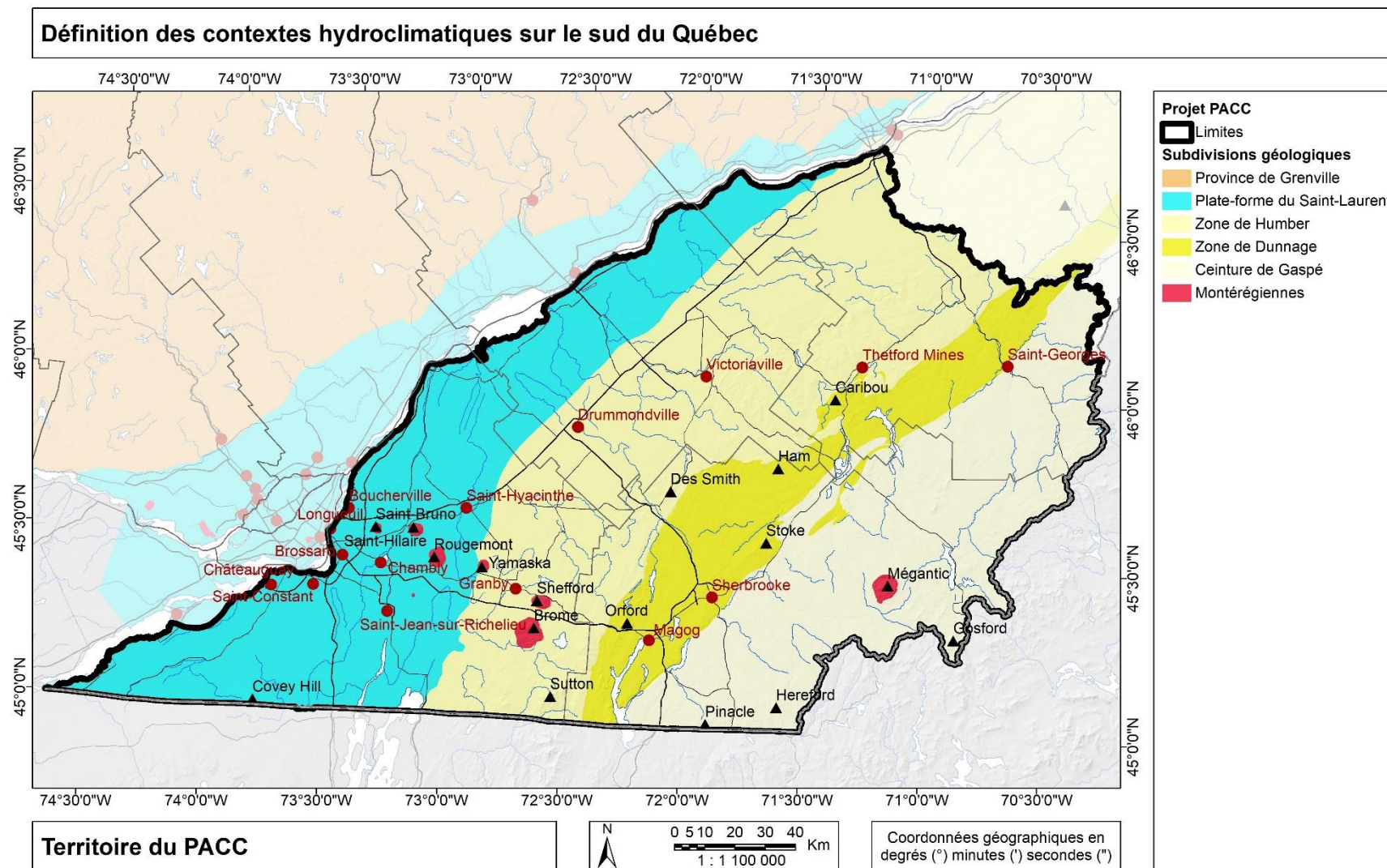
Cartes utilisées pour la définition des contextes hydroclimatiques



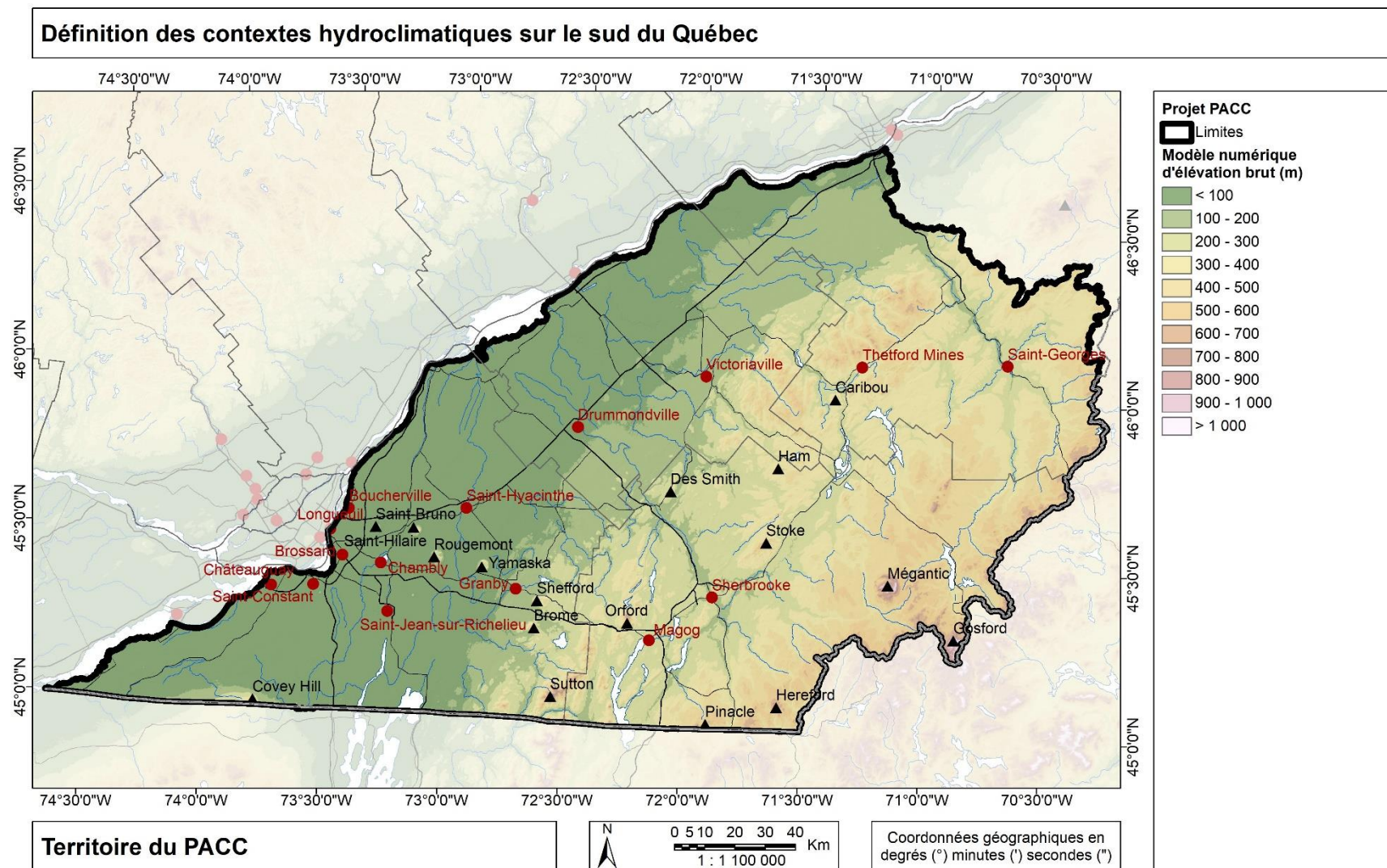
Carte A.4.1 : Limites du territoire concerné par la définition des contextes hydroclimatiques sur le sud du Québec et anciens projets de caractérisation hydrogéologique régionaux recoupés



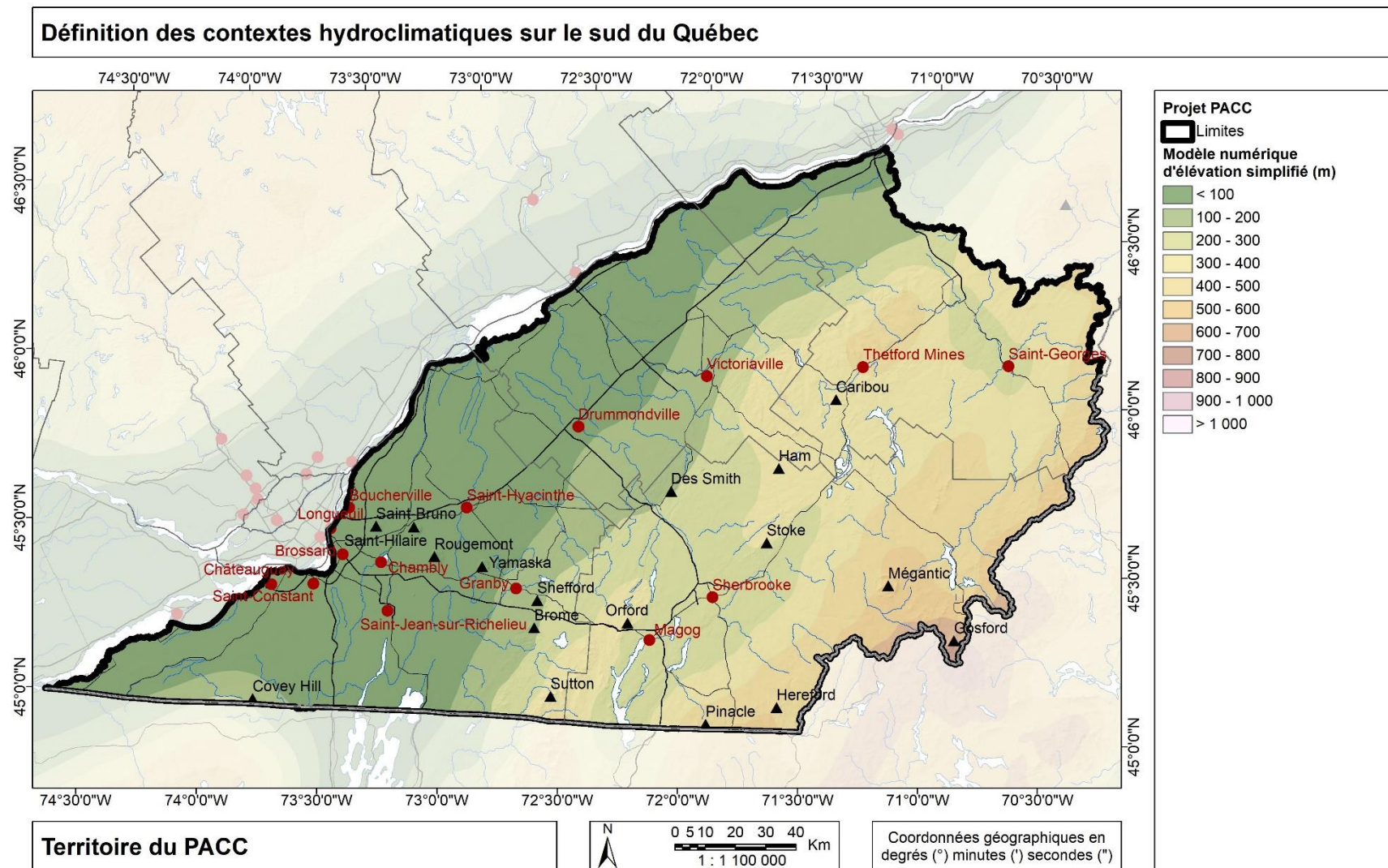
Carte A.4.2 : Provinces géologiques sur le sud du Québec



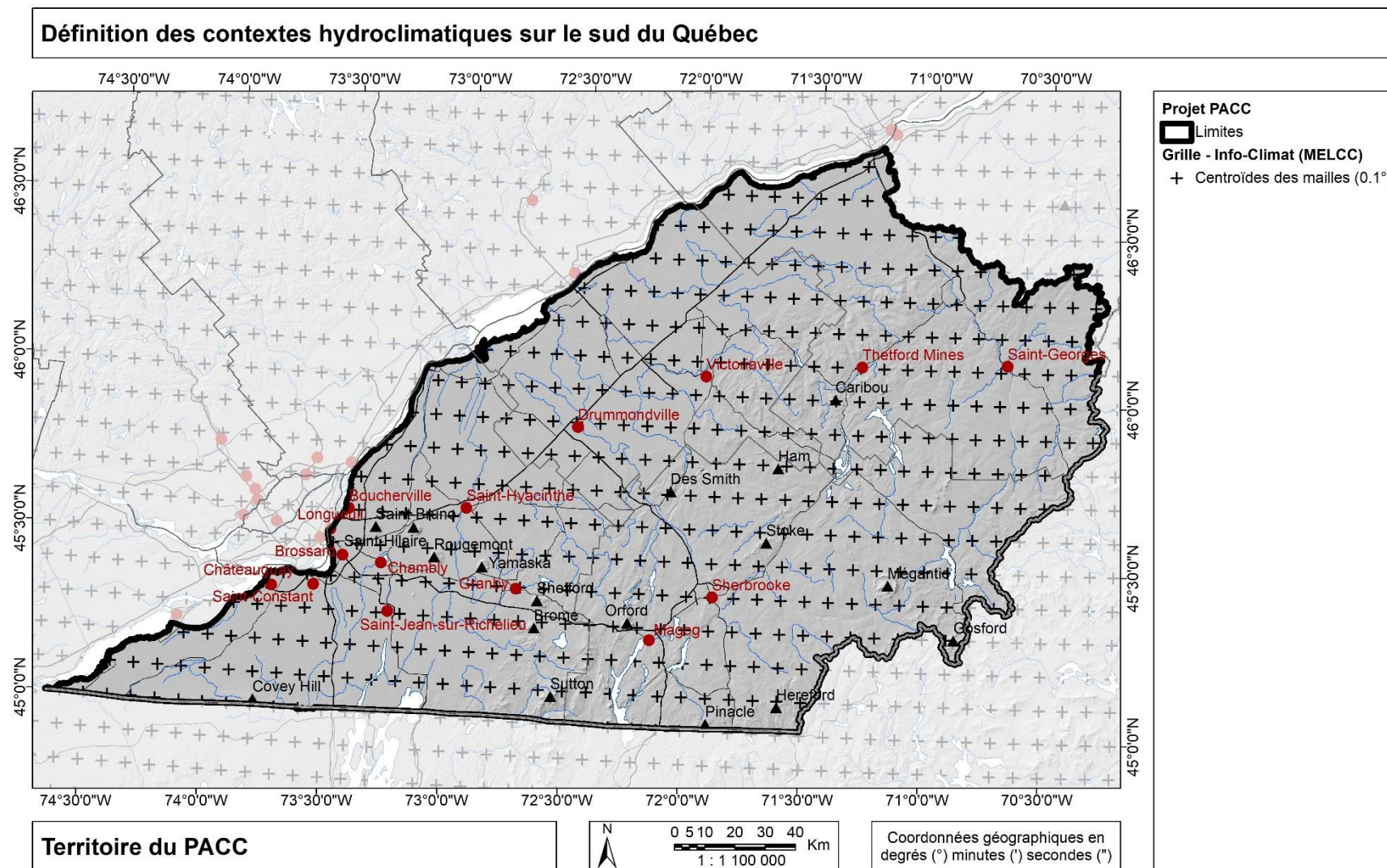
Carte A.4.3 : Subdivisions géologiques sur le sud du Québec



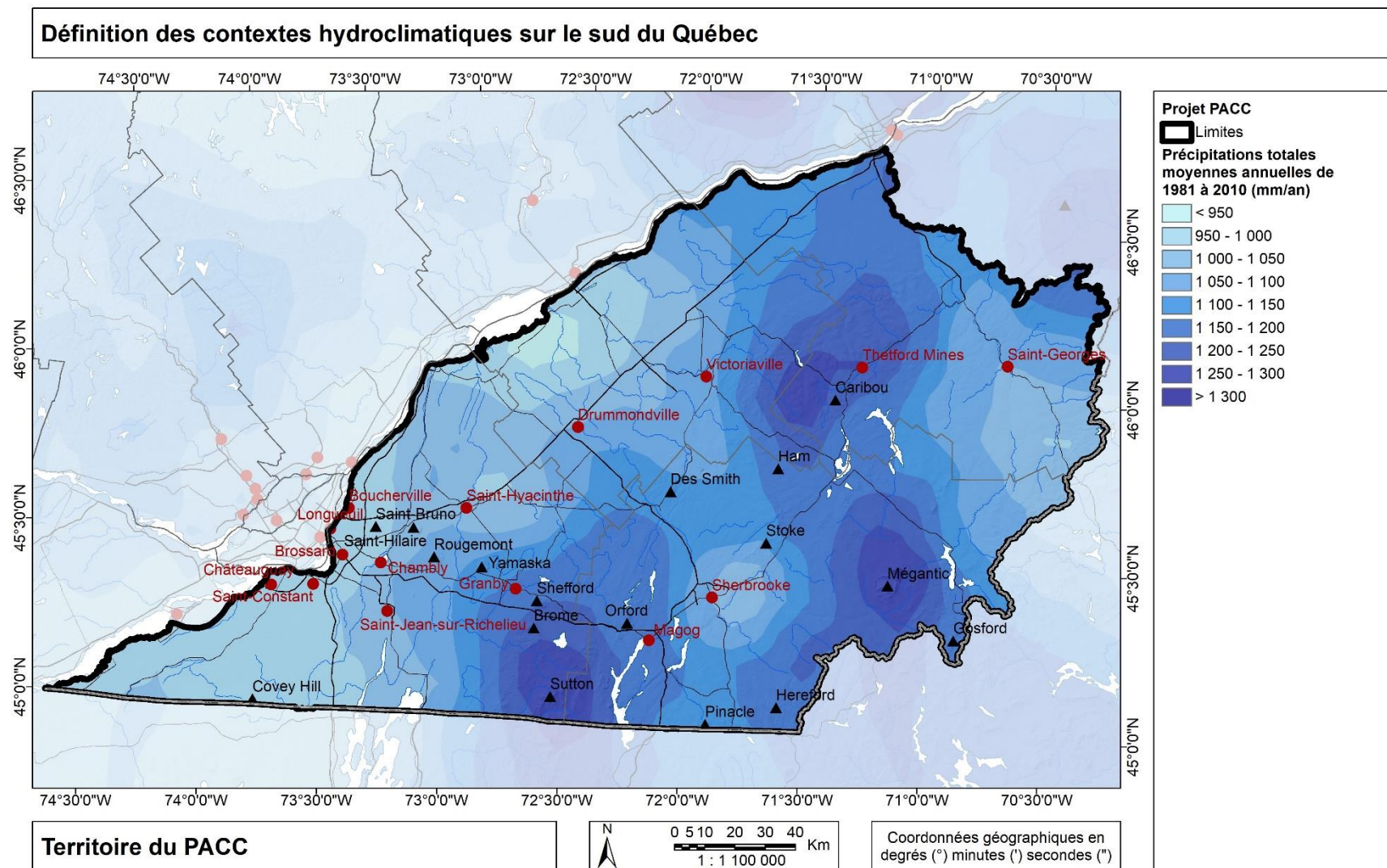
Carte A.4.4 : Modèle numérique d'élévation brut sur le sud du Québec



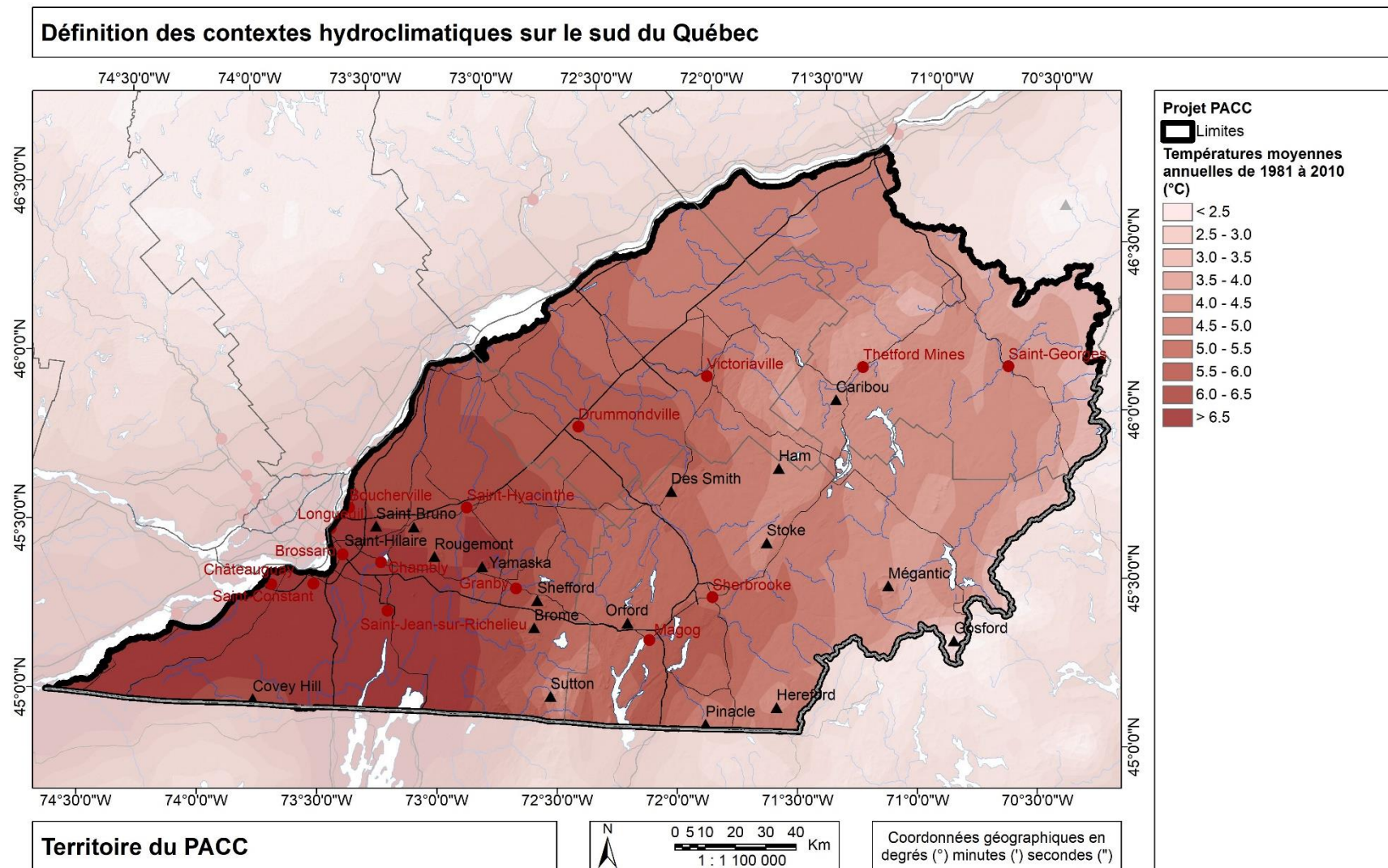
Carte A.4.5 : Modèle numérique d'élévation simplifié sur le sud du Québec



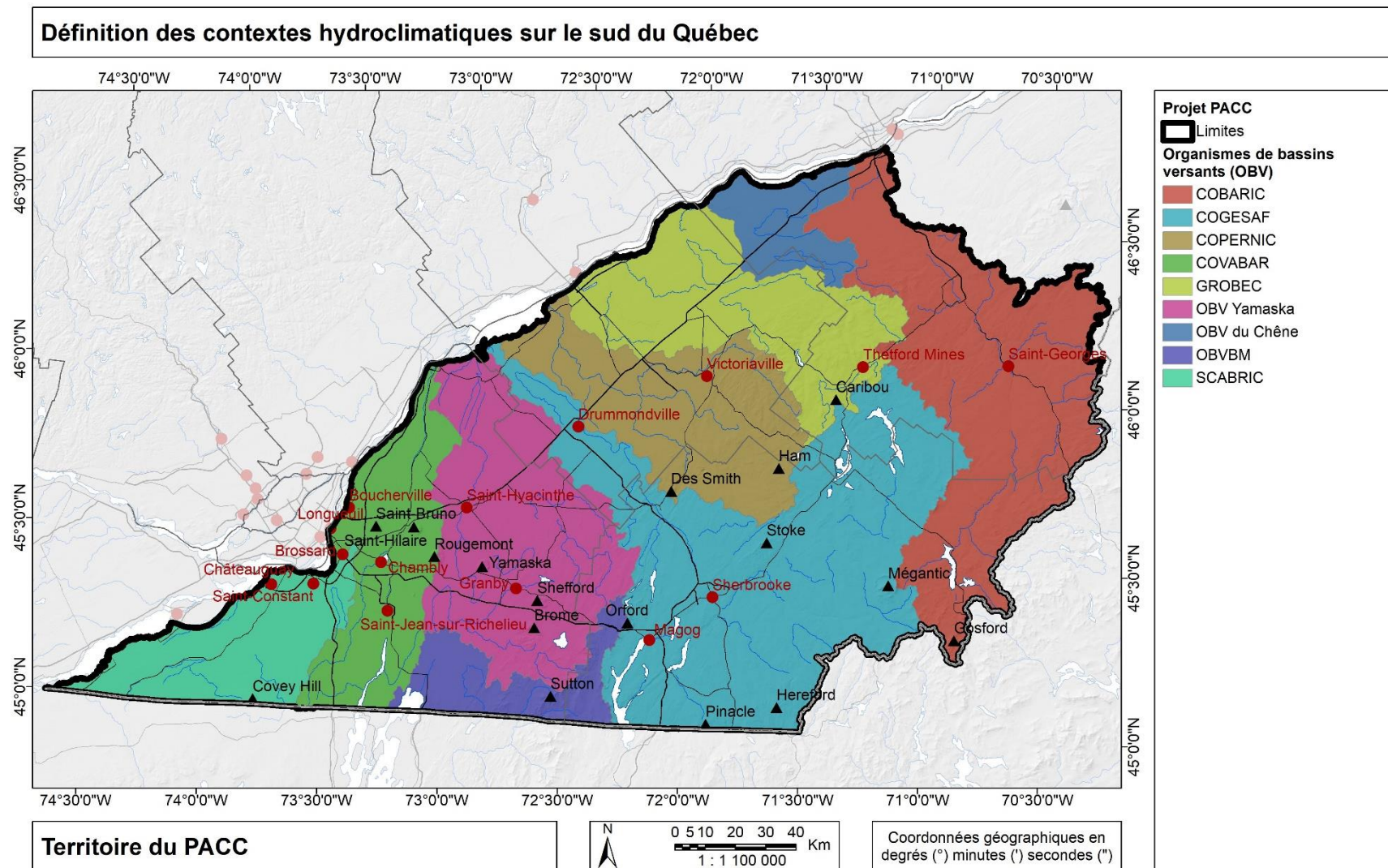
Carte A.4.6 : Centroides des mailles de la grille Info-climat sur le sud du Québec



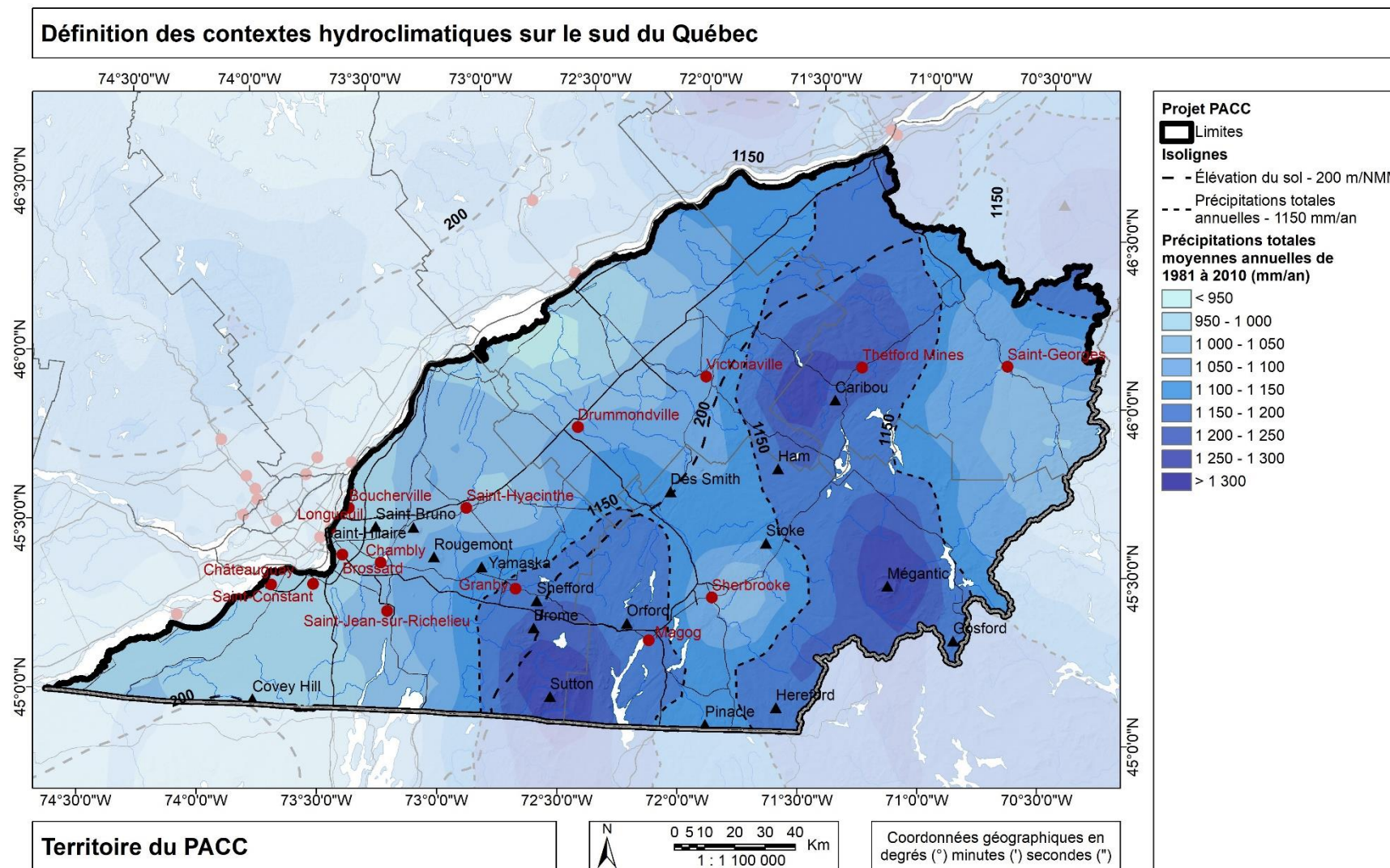
Carte A.4.7 : Précipitations totales moyennes annuelles entre 1981 et 2010 sur le sud du Québec



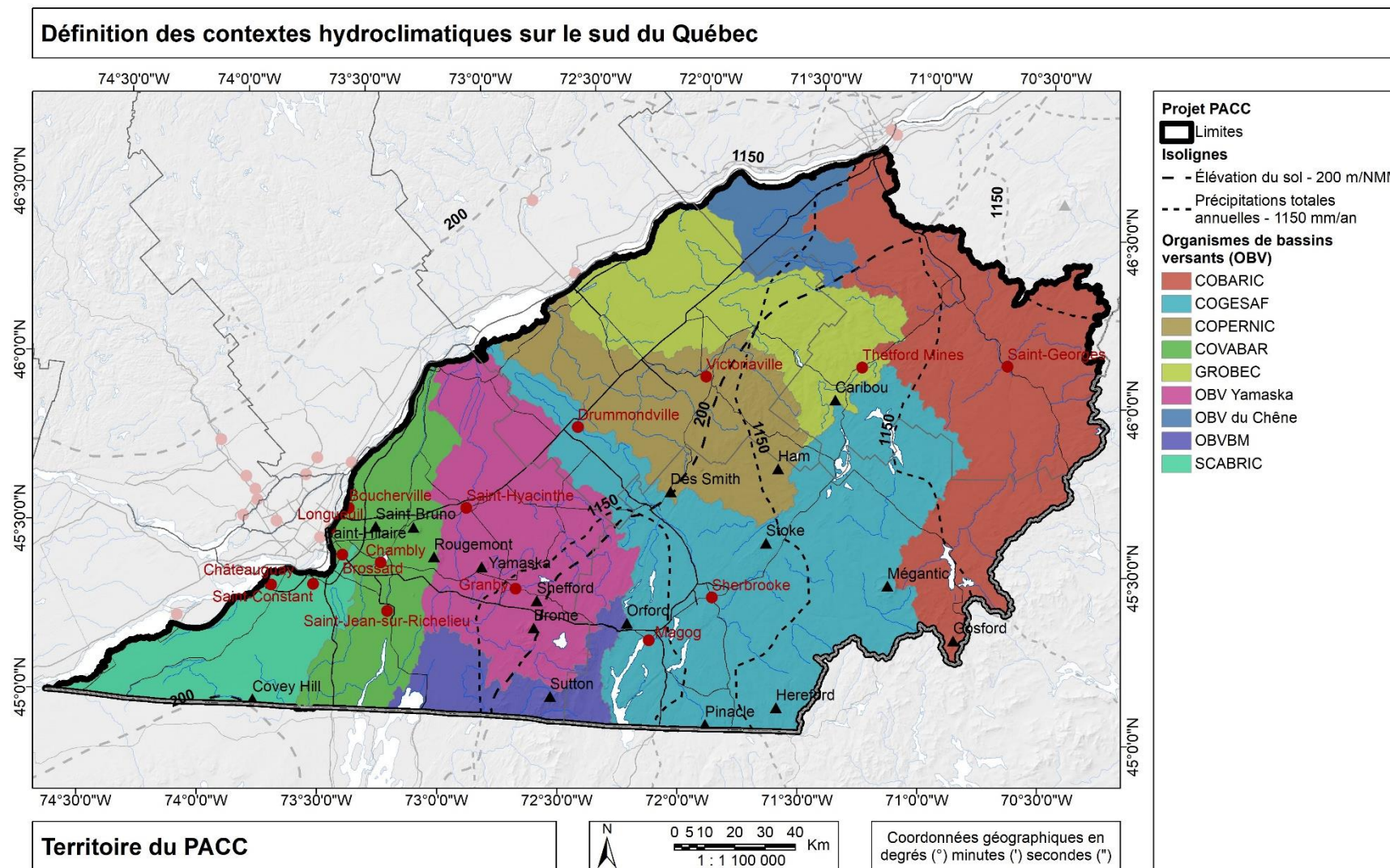
Carte A.4.8 : Températures moyennes annuelles entre 1981 et 2010 sur le sud du Québec



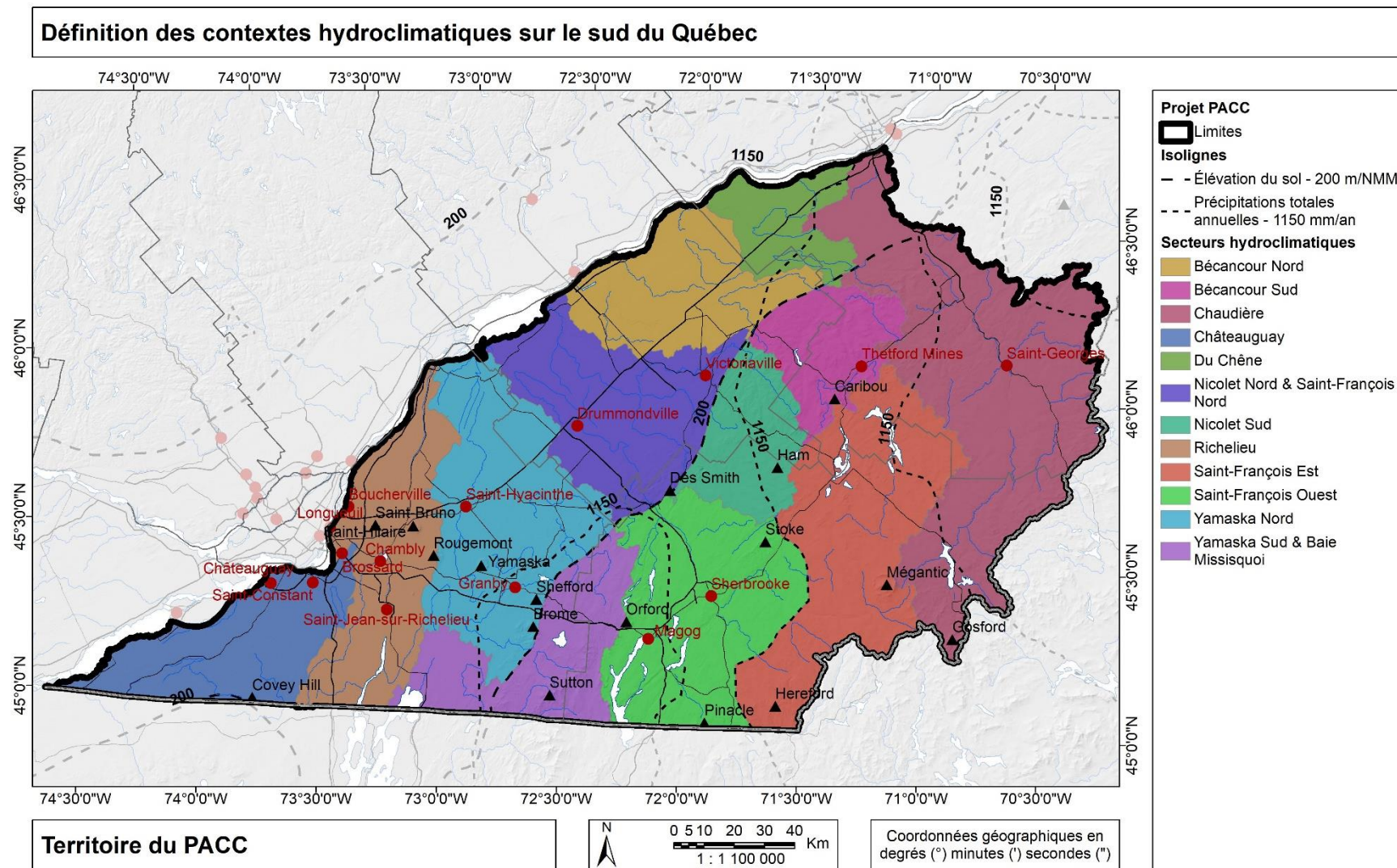
Carte A.4.9 : Organismes de bassins versants (OBV) sur le sud du Québec



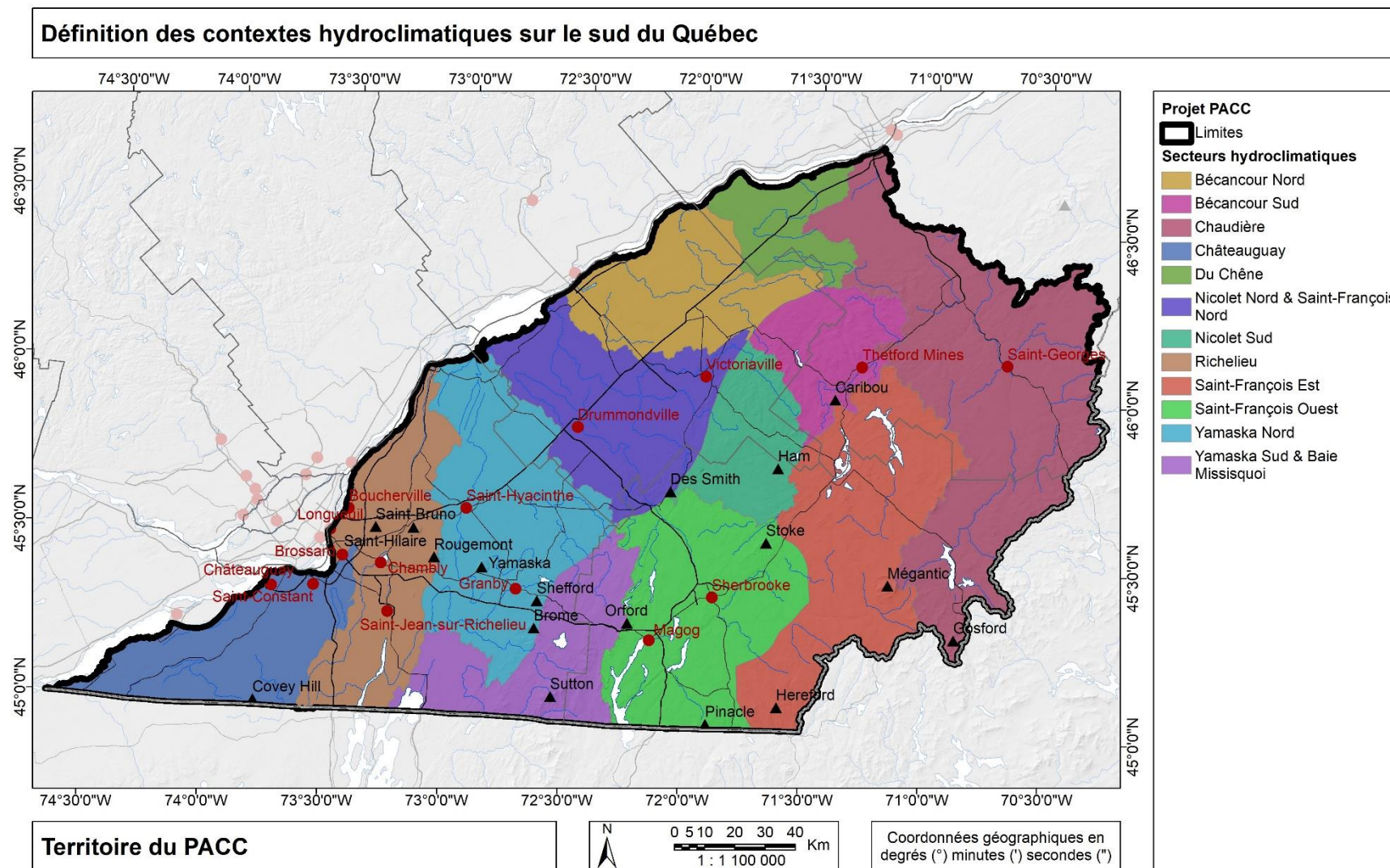
Carte A.4.10 : Précipitations totales moyennes annuelles entre 1981 et 2010 et isolignes à 200 m d'altitude et à 1 150 mm de précipitations annuelles



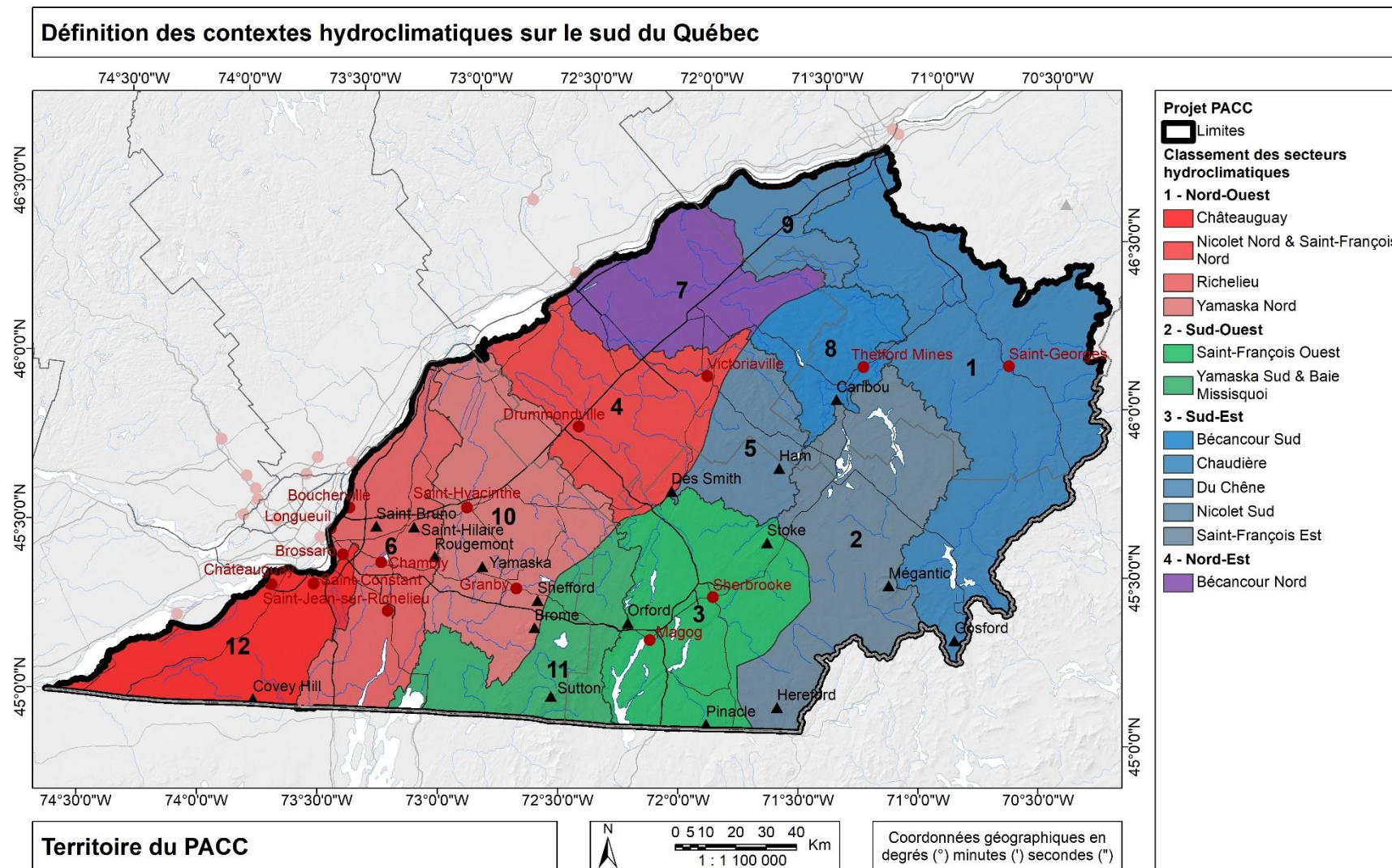
Carte A.4.11 : OBV et isolignes à 200 m d'altitude et à 1 150 mm de précipitations annuelles



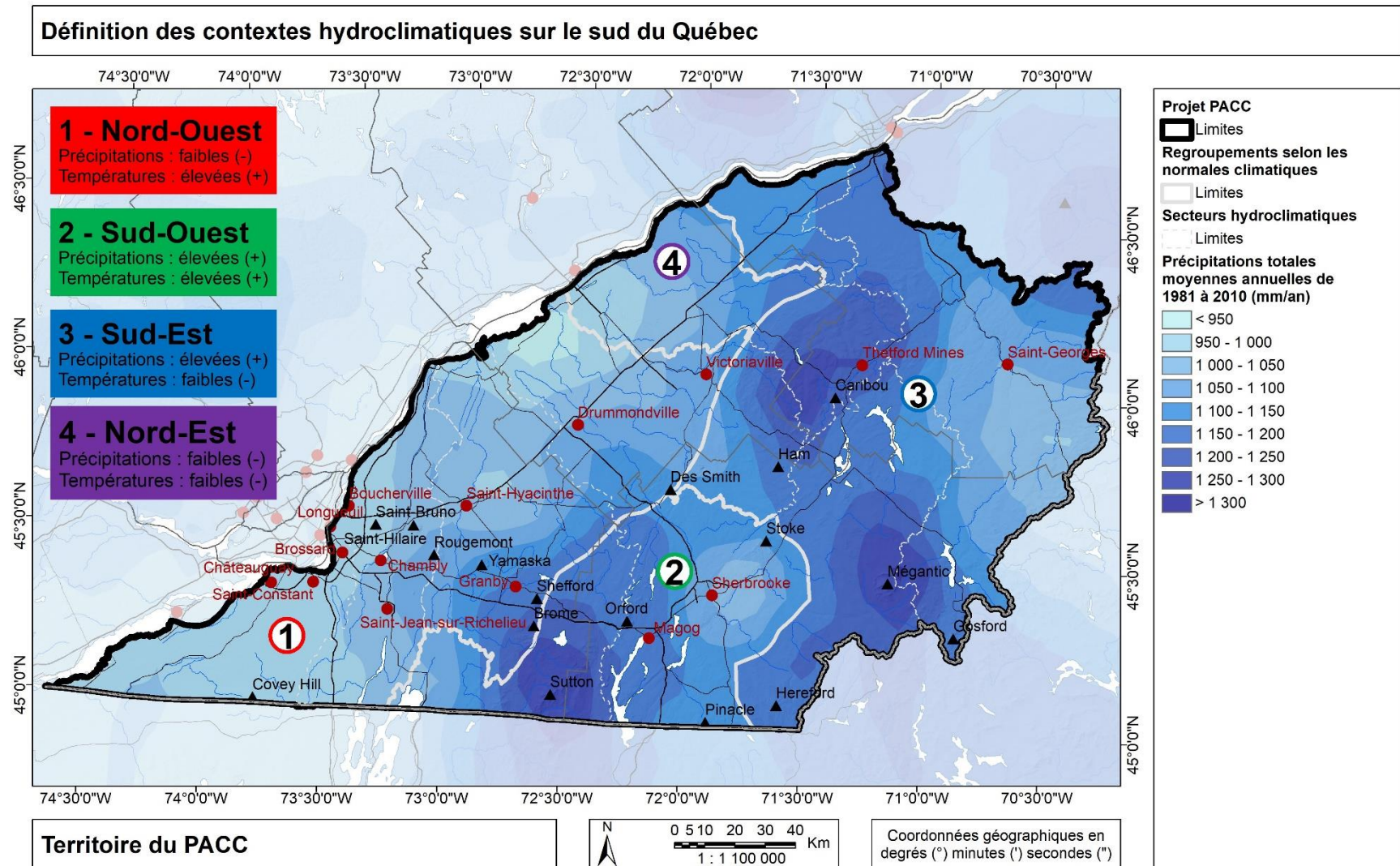
Carte A.4.12 : Secteurs hydroclimatiques et isolignes à 200 m d'altitude et à 1 150 mm de précipitations annuelles



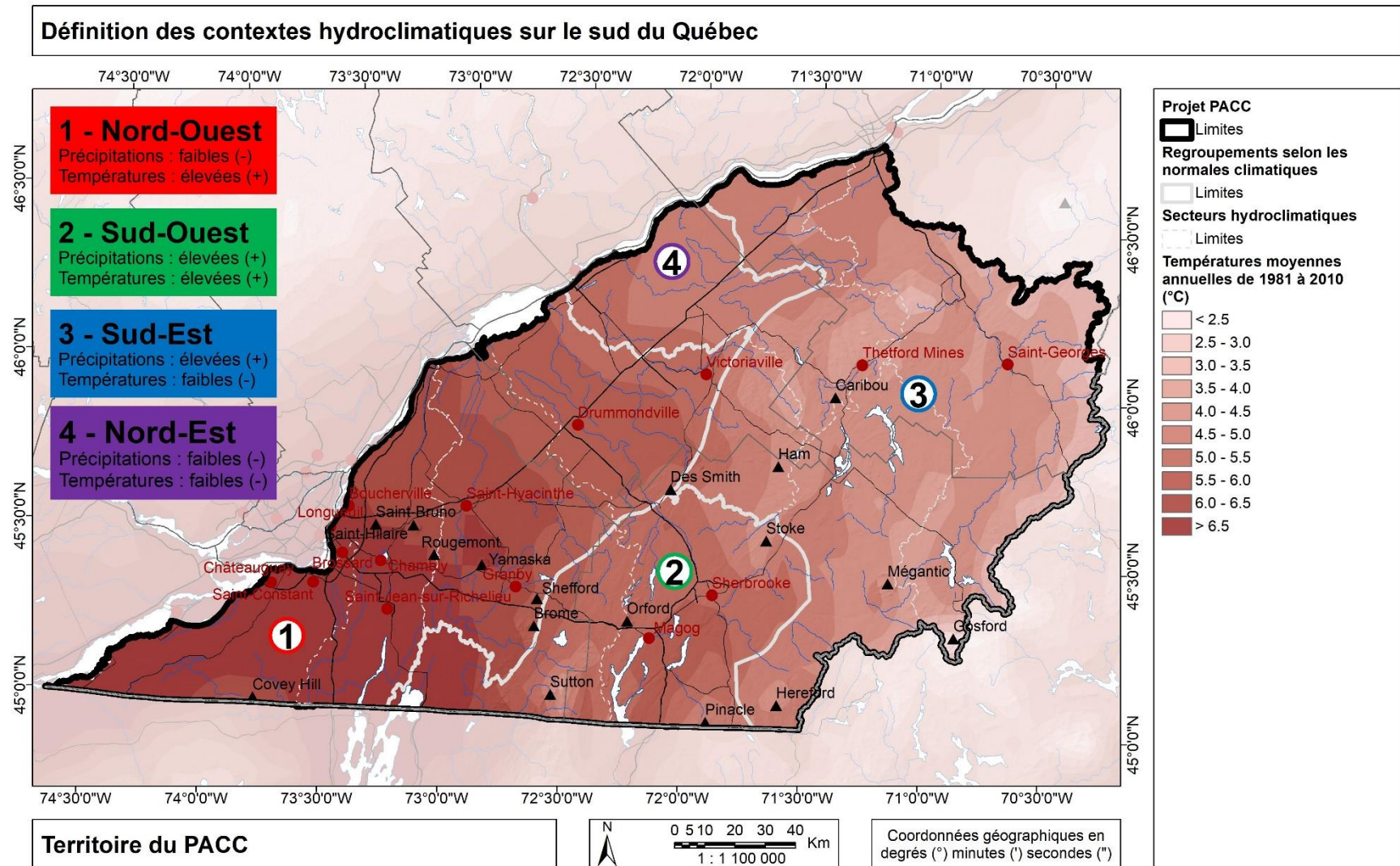
Carte A.4.13 : Secteurs hydroclimatiques sur le sud du Québec



Carte A.4.14 : Classement des secteurs hydroclimatiques sur le sud du Québec



Carte A.4.15 : Regroupements des secteurs hydroclimatiques sur le sud du Québec au regard des précipitations totales moyennes annuelles



Carte A.4.16 : Regroupements des secteurs hydroclimatiques sur le sud du Québec au regard des températures moyennes annuelles

Annexe 5

Définition des secteurs hydroclimatiques au sud du Québec

Source des données

Les informations nécessaires à la production des secteurs hydroclimatiques proviennent des sources suivantes :

4. Données physiographiques (modèle numérique de terrain) : 4^e version du modèle d'élévation du Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) ;
5. Données climatiques (précipitations totales, températures minimales et maximales) : 2^e version de la grille climatique de 0.1° de résolution, produite sur une base quotidienne et éditée par le Réseau de surveillance du climat du Québec (RSCQ) du MELCC ;
6. Données administratives (organismes de bassins versants) : limites des Zones de gestion intégrée de l'eau par bassins versants (ZGIEBV) du MELCC.

Sélection des mailles de la grille Info-climat

Les étapes décrites dans cette annexe ont été réalisées par l'intermédiaire d'outils SIG disponibles sous ArcGIS et par l'emploi de feuilles de calcul Excel. Un script Python a également été développé en amont afin d'extraire les données de la grille d'intérêt. Les **fichiers ou dossiers** indispensables sont indiqués en **gras** tandis que les outils nécessaires sont soulignés dans le texte et les *champs des tables* sont en *italique*.

Le fichier de base utilisé pour la production des contextes hydroclimatiques correspond aux données de la grille Info-climat fournies par le MELCC. Il s'agit d'un dossier (**MeteoGrilleDaily**) comprenant : (1) deux fichiers pdf, l'un traitant des conditions d'utilisation des données de la grille (**Conditions utilisation données météo MDDELCC recherche universitaire**) et l'autre détaillant la démarche de production de cette grille (**GCQ_V2_GuideUtilisation**) ; (2) 57 fichiers NetCDF – chacun renfermant les données pour une année donnée – avec la nomenclature suivante : « **GCQ_v2_Année** » et (3) un autre dossier (**GCQ_v2_grille**) avec un shapefile (**GCQ_v2_grille**) des points de la grille.

Afin de produire des cartes avec les données climatiques sur l'ensemble de la région d'étude correspondant au sud du Québec mais également permettant une visualisation complète dans le cadre des cartes de l'annexe 4, il a été décidé de prendre une zone d'extraction plus large que le polygone définissant les limites du projet (**Limites_Projet_PACC**). L'objectif était ici d'avoir une zone tampon autour de la zone du projet d'une distance correspondante à un minimum de trois mailles de la grille (figure A.5.1 – encart 1). Ainsi, sur les 53 000 tuiles de la grille Info-climat (**GCQ_v2_grille**), le cadre d'extraction créé (**Limite_Extraction_Projet_PACC**) a permis de sélectionner 1 200 mailles, ce qui réduit considérablement les temps de traitement des données climatiques.

Conversion des fichiers de la grille Info-climat

Le fichier correspondant aux limites d'extraction utiles dans le cadre du présent projet (**Limite_Extraction_Projet_PACC**) a été renommé (**data_extraction_limit**) pour être utilisé dans un script Python ayant pour objectif d'extraire les données quotidiennes de la grille Info-climat et de calculer les moyennes climatiques sur une base mensuelle. Le script (**info_climat_export_monthly**) développé dans le cadre du présent projet est disponible en suivant le lien suivant : https://github.com/cgq-qgc/scripts_python_geosci/tree/master/info_climat_export_monthly. Le script offre donc la possibilité de sélectionner les mailles de la grille d'intérêt, via un fichier de forme (shapefile) et aussi de sélectionner la période temps sur laquelle se fera le calcul des moyennes mensuelles (de 1961 à 2016 dans le cas présent).

Les trois fichiers Excel finaux créés à partir du script reprennent ainsi les données brutes de la grille : (1) précipitations totales mensuelles (**monthly_precip_pacc_(1961-2016)(missing)**), (2) températures minimales mensuelles (**monthly_tasmin_pacc_(1961-2016)**) et (3) températures maximales mensuelles (**monthly_tasmax_pacc_(1961-2016)**). L'avantage de produire ces fichiers sous forme de tableurs Excel est de pouvoir par la suite facilement manipuler les données pour la production de graphiques mais aussi pour l'export vers ArcGIS. Les tableurs Excel nouvellement créés sont formatés avec un en-tête comprenant les latitudes et les longitudes de chaque centroïdes de maille (figure A.5.1 – encart 2). Une colonne représente donc les données climatiques mensuelles pour une maille de la grille. La colonne A fait référence aux années et la colonne B fait référence aux mois tandis que le reste des colonnes contiennent les données climatiques. Lorsqu'il y a des données manquantes, celles-ci sont indiquées par « -999 ».

Traitement des données climatiques mensuelles

Le format d'extraction proposé par le script est très bien adapté à la production de graphiques sur Excel et à l'analyse de ces données. Toutefois, il ne convient pas pour un export vers ArcGIS où les coordonnées et les données de chaque maille doivent être comprises dans une seule ligne et non pas une seule colonne. Ainsi, quatre nouveaux fichiers ont été créés afin de pouvoir servir de fichiers de base sous ArcGIS (figure A.5.1 – encart 3) : (1) précipitations totales mensuelles (**Ptot_1961-2016**), (2) températures minimales mensuelles (**Tmin_1961-2016**), (3) températures maximales mensuelles (**Tmax_1961-2016**) et (4) températures moyennes mensuelles (**Tmoy_1961-2016**). Ce dernier fichier a notamment nécessité le calcul des températures moyennes en se basant sur les températures minimales et maximales des deux autres fichiers selon l'équation suivante :

$$T_{moy} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$$

Chaque tableur Excel créé est structuré sur le même modèle avec les onglets organisés selon la structure suivante : (1) données climatiques mensuelles par maille extraites à partir de la grille Info-climat sur la période 1961-2016 (onglet bordeaux), (2) données climatiques mensuelles sur la période d'intérêt pour le calcul des normales climatiques soit 1981-2010 (onglet bordeaux), (3) calcul des normales climatiques pour chaque année entre 1961 et 2016 par maille, soit le cumul des précipitations ou les températures moyennes selon le fichier (onglet rouge), (4) moyennes mensuelles des normales climatiques par maille sur la période 1981-2010 (onglet rouge), (5) normales climatiques calculées sur plusieurs périodes de temps : 1981-2010 (30 ans), 1971-2000 (30 ans), 1961-1990 (30 ans), 1961-2010 (50 ans), 1991-2016 (26 ans) et 1987-2016 (30 ans) ; seule la première période de 30 ans (1981-2010) sera finalement utilisée (onglet orange), (6) normales climatiques calculées par maille entre 1981 et 2010 selon la saison : hiver (janvier, février et mars), printemps (avril, mai et juin), été (juillet, août et septembre) et automne (octobre, novembre et décembre) (onglet orange), (7) normales climatiques estimées par maille entre 1981 et 2010 selon la période l'année : mois chauds (juin, juillet et août) et mois froids (décembre, janvier et février) et, finalement, (8) table formatée adéquatement pour être exportée vers ArcGIS et reprenant toutes les données déterminées par maille dans les divers onglets du tableur (onglet jaune).

Cette structure concerne les quatre fichiers susmentionnés. Toutefois, pour le fichier des températures mensuelles moyennes (**Tmoy_1961-2016**), deux onglets (violets) ont été ajoutés contenant les données des températures mensuelles minimales et maximales afin de calculer les températures mensuelles moyennes dans l'onglet « *monthly_tasmoy_pacc_(1961-2016)* ». De même, pour le fichier des précipitations mensuelles totales (**Ptot_1961-2016**), un onglet (violet) a également dû être ajouté contenant les données mensuelles calculées à partir de la grille Info-climat afin de combler certaines valeurs absentes. Un rapide calcul à partir de cet onglet a permis de compléter les données de précipitations manquantes des mois n dans la feuille « *monthly_precip_pacc_(1961-2016)* » en se fiant à la formule suivante :

$$P_n = \frac{P_{n-1} + P_{n+1}}{2}$$

Élaboration des cartes des normales climatiques

Il est alors possible de réaliser les cartes des normales climatiques à partir du dernier onglet, nommé « *SIG* », des fichiers des normales climatiques estimées entre 1981 et 2010 pour chacune des mailles de la grille Info-climat incluses sur le territoire d'étude. Ce dernier onglet est tout d'abord converti en .csv pour être ajouté à ArcGIS. Pour les précipitations totales, le fichier a été nommé « **Ptot** » et pour les températures moyennes « **Pmoy** ». Dans le logiciel SIG, il faut alors suivre la procédure décrite dans la présente section. Dans un souci d'allègement du texte, seules les précipitations totales ont été prises en exemple mais la procédure reste la même pour les températures moyennes. De même, la nomenclature des fichiers suit également la même logique, les fichiers de précipitations sont généralement indiqués par un « *P* » tandis que les fichiers faisant référence aux températures sont quant à eux indiqués par un « *T* ».

La première étape consiste à importer le fichier .csv avec l'outil Add XY Data accessible depuis l'onglet File de la barre d'outils d'ArcGIS. Lors de l'importation, il est nécessaire de préciser le système de projection de la grille soit WGS 1984.

But	Importer la grille de points initiale		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
1	Ptot.csv	Add XY Data	Ptot (event)

Ensuite, cette grille d'entités ponctuelles est enregistrée au format shapefile (.shp) compatible avec ArcGIS grâce à l'outil Export Data.

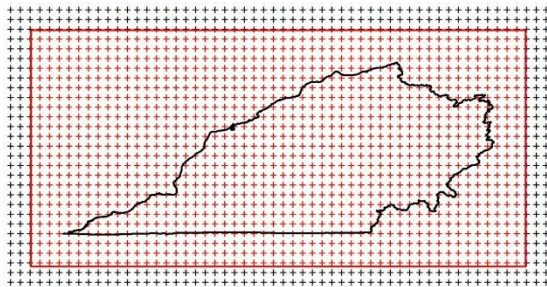
But	Convertir la grille initiale au format SIG compatible		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
2	Ptot (event)	Export Data	Ptot.shp

L'outil Point to Raster est ensuite utilisé afin de convertir les données ponctuelles de la grille en fichier matriciel (raster) au format GRID. Le choix est donnée à l'utilisateur de sélectionner les données qu'il souhaite visualiser au format matriciel. Dans le cas présent, les données de la colonne « *1981-2010* » ont été choisies car ce sont elles qui renferment les normales climatiques d'intérêt (figure A.5.1 – encart 4).

But	Convertir la grille d'entités ponctuelles au format matriciel		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
3	Ptot.shp	Point to Raster	p_1981-2010

Le raster obtenu peut ensuite être visualisé de façon optimale en choisissant Bilinear Interpolation (for continuous data) dans l'onglet Display dans les propriétés de la couche. Les couleurs de la légende ont été ajustées via l'onglet Symbology des propriétés du raster en utilisant la fonction Classified. Dans le cas présent, neuf classes ont été choisies pour les précipitations totales avec un intervalle de 50 mm/an couvrant une échelle de moins de 950 mm/an à plus de 1 300 mm/an. Pour les températures moyennes, dix classes ont été utilisées avec un intervalle de 0.5 °C sur une gamme allant de moins de 2.5 °C à plus de 6.5 °C.

1 Sélection des mailles de la grille Info-climat



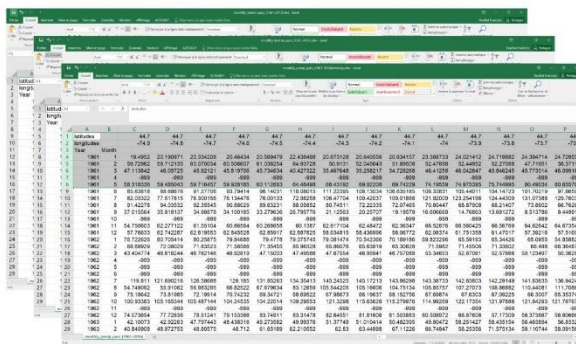
Données

Outils

P_{tot} (1961-2017)
 T_{min} (1961-2017)
 T_{max} (1961-2017)



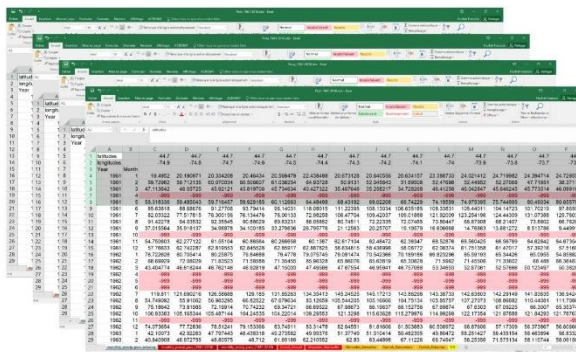
2 Conversion des fichiers de la grille Info-climat



P_{tot} (1961-2016)
 T_{min} (1961-2016)
 T_{max} (1961-2016)



3 Traitement des données climatiques mensuelles



P_{tot} (1961-2016)
 T_{moy} (1961-2016)
 T_{min} (1961-2016)
 T_{max} (1961-2016)



4 Élaboration des cartes des normales climatiques

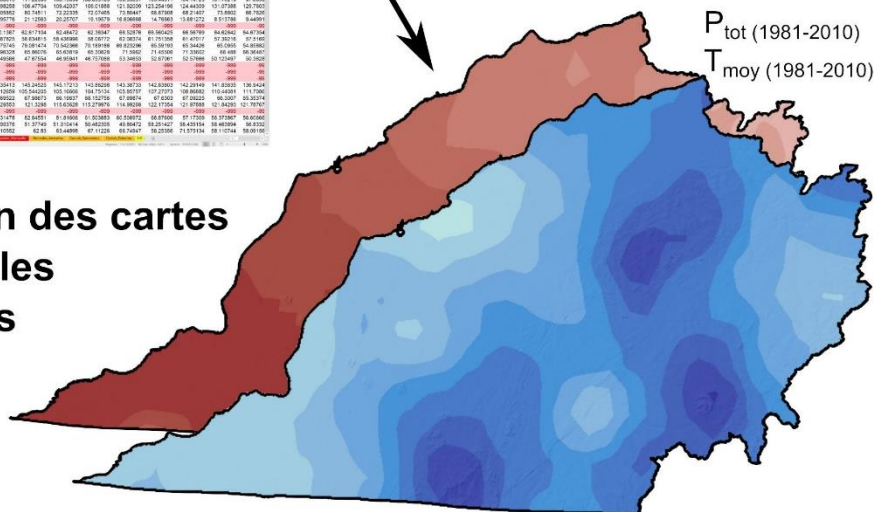


Figure A.5.1 : Démarche de production des cartes des normales climatiques pour le sud du Québec

Simplification du modèle numérique de terrain

Après avoir spatialisé les normales climatiques (précipitations totales et températures moyennes annuelles) à l'étape précédente, l'objectif est ici d'utiliser également les données physiographiques dans le processus de définition des contextes hydroclimatiques. Afin de pouvoir utiliser le seuil des 200 m d'altitude (section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) pour séparer les divers Zones de gestion intégrée de l'eau par bassins versants (ZGIEBV), il est nécessaire de simplifier le modèle numérique de terrain (MNT) dont le niveau de détail est trop élevé.

Tout d'abord, il faut combiner les quatre feuillets de modèle d'élévation du SRTM grâce à l'outil Mosaic To New Raster dans le but de créer un unique raster faisant office de MNT sur la zone d'étude souhaitée, en l'occurrence le sud du Québec. Le raster en sortie (**dem_global**) correspond donc à la combinaison des tuiles suivantes : **srtm_22_03**, **srtm_22_04**, **srtm_23_03** et **srtm_23_04**. Pour le raster créé, il est nécessaire d'utiliser idéalement les propriétés par défaut des fichiers .asc utilisés en entrée, soit un type de pixel signé de 32 bits (**32_BIT_SIGNED**), une taille de cellule de 0.00083333333 et un nombre de canaux égal à 1. Le système de coordonnées géographiques indiquées peut être également celui par défaut des couches d'entrée soit « *North American 1983* ».

But	Création d'un raster		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
4	srtm_22_03.asc	Mosaic To New Raster	dem_global
	srtm_22_04.asc		
	srtm_23_03.asc		
	srtm_23_04.asc		

Ensuite, afin de ne pas augmenter les temps de calculs, il peut être utile de découper ce MNT selon les limites du cadre de visualisation des cartes utilisé plus haut (**Limite_Extraction_Projet_PACC**). Cela est possible avec l'outil Clip pour finalement arriver à un MNT brut final (**dem_pacc**).

But	Découpage du MNT selon le cadre d'extraction du projet		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
5	dem_global	Clip	dem_pacc
	Limite_Extraction_Projet_PACC.shp		

Ce dernier est alors simplifié avec l'outil Focal Statistics qui calcule les statistiques moyennes dans un environnement donné autour de chaque cellule du raster d'entrée. Après plusieurs phases d'essais-erreurs, la simplification du MNT semblait la mieux ajustée en calculant la moyenne (**MEAN**) de l'onglet *Statistics type* au sein d'un cercle de recherche (*Circle*) dans le voisinage (*Neighborhood*) ayant un rayon (*Radius*) de 150 selon les unités de la cellule (*Cell*). Le MNT résultant (**dem_pacc_sim**) est donc largement simplifié

(figure A.5.2 – encart 5) pour être utilisé par la suite comme base d'extraction de la ligne de contour fixée à 200 m d'altitude et utilisée comme limite de séparation des divers contextes hydroclimatiques.

But	Simplification du MNT		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
6	dem_pacc	Focal Statistics	dem_pacc_sim

Extraction des seuils de séparation des contextes

La première limite utilisée correspond au seuil de 200 m/MMM extraite à partir du MNT (**dem_pacc_sim**) créé à l'étape précédente. L'outil Contour with Barriers est utilisé ici en indiquant comme type de contours (*Type of Contours*) des lignes polygonales (*POLYLINES*), un contour de base (*Base Contour*) de 0 et un intervalle (*Contour Interval*) de 100 m. Le fichier résultant (**Contours_DEM_Simp**) comprend donc l'ensemble des isolignes simplifiées avec un intervalle de 100 m.

De la même façon, cette étape est réalisée avec le raster des précipitations totales (**p_1981-2010**) en indiquant un intervalle de contours de 50 mm/an et un contour de base de 950 mm/an. Ceci permet alors d'obtenir un fichier (**Contours_p_1981_2010**) contenant les isolignes des précipitations totales tous les 50 mm/an.

But	Création de lignes de contours		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
7	dem_pacc_sim	Contour with Barriers	Contours_DEM_Simp.shp
	p_1981-2010		Contours_p_1981_2010.shp

Pour les deux fichiers nouvellement créés, il est nécessaire de ne conserver uniquement que les isolignes d'intérêt, soient 200 m/MMM dans le fichier **Contours_DEM_Simp** et 1 150 mm/an dans le fichier **Contours_p_1981_2010** (figure A.5.2 – encart 6). Cela est fait rapidement en enregistrant deux nouveaux fichiers (**Contours_DEM_Simp_200m** et **Contours_p_1981_2010_1150mm**) puis en supprimant toutes les isolignes inutiles dans une session d'édition de la barre d'outils Editor.

But	Conservation des isolignes d'intérêt		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
8	Contours_DEM_Simp.shp	Editor	Contours_DEM_Simp_200m.shp
	Contours_p_1981_2010.shp		Contours_p_1981_2010_1150mm.shp

Dans cette même session d'édition, il est alors nécessaire de connecter les extrémités des isolignes d'intérêt avec l'outil Edit Vertices dans le but de produire une couche de polygones permettant, ensuite, de découper les Zones de gestion intégrée des bassins versants (ZGIEBV). L'outil Feature to Polygon est alors appliqué

pour créer les deux shapefiles en question : **Contours_DEM_Simp_200m_Poly** et **Contours_p_1981_2010_1150mm_Poly**.

But	Conversion des isolignes en polygones		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
9	Contours_DEM_Simp_200m.shp	Editor	Contours_DEM_Simp_200m_Poly.shp
	Contours_p_1981_2010_1150mm.shp		Contours_p_1981_2010_1150mm_Poly.shp

Délimitation des secteurs hydroclimatiques finaux

À partir des deux shapefiles créés, il est alors possible de découper la couche de polygones définissant les Zones de gestion intégrée des bassins versants (ZGIEBV). Cette étape est possible par l'intermédiaire de l'outil Clip en spécifiant la couche d'entrée (*Input Features*) comme étant celle des ZGIEBV (**ZGIEBV_PACC**). Le découpage se fait en deux phases en employant les couches découpées (*Clip Features*) correspondantes aux deux shapefiles précédemment créés : **Contours_DEM_Simp_200m** et **Contours_p_1981_2010_1150mm**.

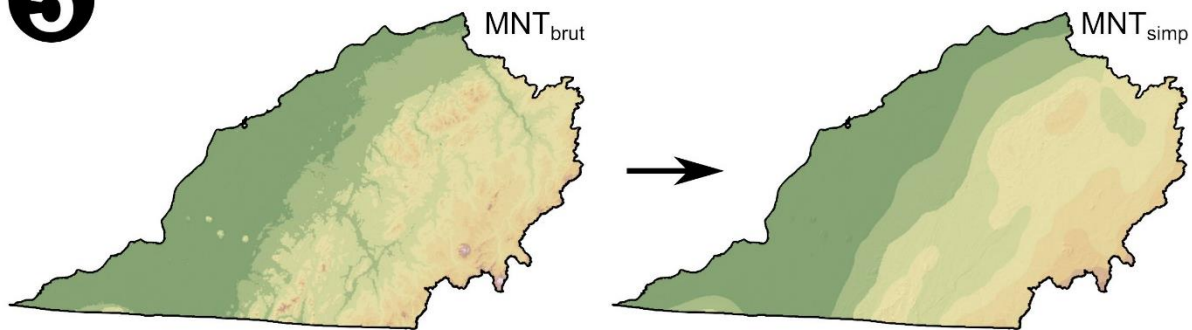
But	Création des polygones des secteurs hydroclimatiques		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
10	Contours_DEM_Simp_200m_Poly.shp	Clip	Secteurs_Contextes_Hydroclimatiques.shp
	Contours_p_1981_2010_1150mm_Poly.shp		

Pour obtenir la couche d'information finale (**Secteurs_Contextes_Hydroclimatiques**), il est toutefois nécessaire d'assembler, diviser, éliminer ou encore conserver les divers polygones issus de cette étape de découpe en se fiant aux informations du tableau A.5.1 (figure A.5.2 – encart 7).

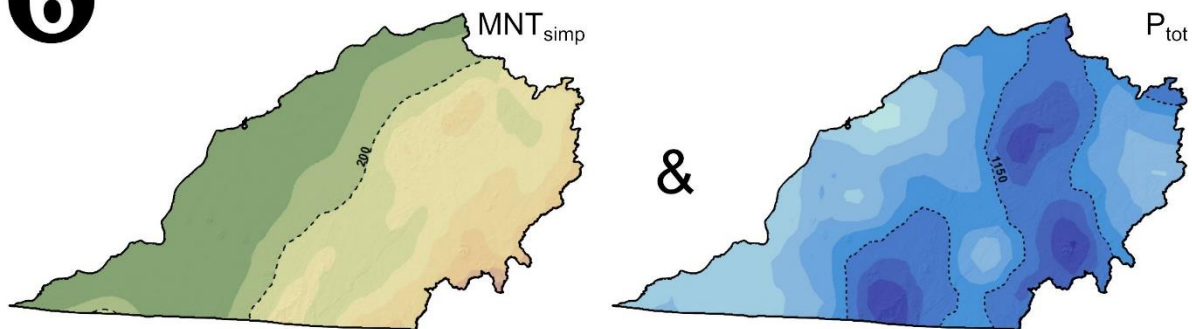
Tableau A.5.1 : Synthèse de la phase de découpage des OBV pour obtenir les secteurs hydroclimatiques

OBV	Procédure appliquée pour chaque OBV
OBVBM	L'OBVBM a été assemblé avec le secteur OBV Yamaska Sud
GROBEC	Le GROBEC a été divisé en deux secteurs selon la limite à 200 m/MM
SCABRIC	Le SCABRIC a été conservé dans son intégralité
COBARIC	Le COBARIC a été conservé dans son intégralité
OBV du Chêne	L'OBV du Chêne a été conservé dans son intégralité
COPERNIC	Le COPERNIC a été divisé en deux secteurs selon la limite à 200 m/MM puis le secteur COPERNIC Nord a été assemblé avec le secteur COGESAF Nord
COVABAR	Le COVABAR a été conservé dans son intégralité
COGESAF	Le COGESAF a été divisé en trois secteurs selon les limites à 200 m/MM et 1 150 mm/an puis le secteur COGESAF Nord a été assemblé avec le secteur COPERNIC Nord
OBV Yamaska	L'OBV Yamaska a été divisé en deux secteurs selon la limite à 200 m/MM puis le secteur OBV Yamaska Sud a été assemblé avec le secteur OBVBM

5 Simplification du modèle numérique de terrain



6 Extraction des seuils de séparation des contextes



7 Délimitation des secteurs hydroclimatiques finaux

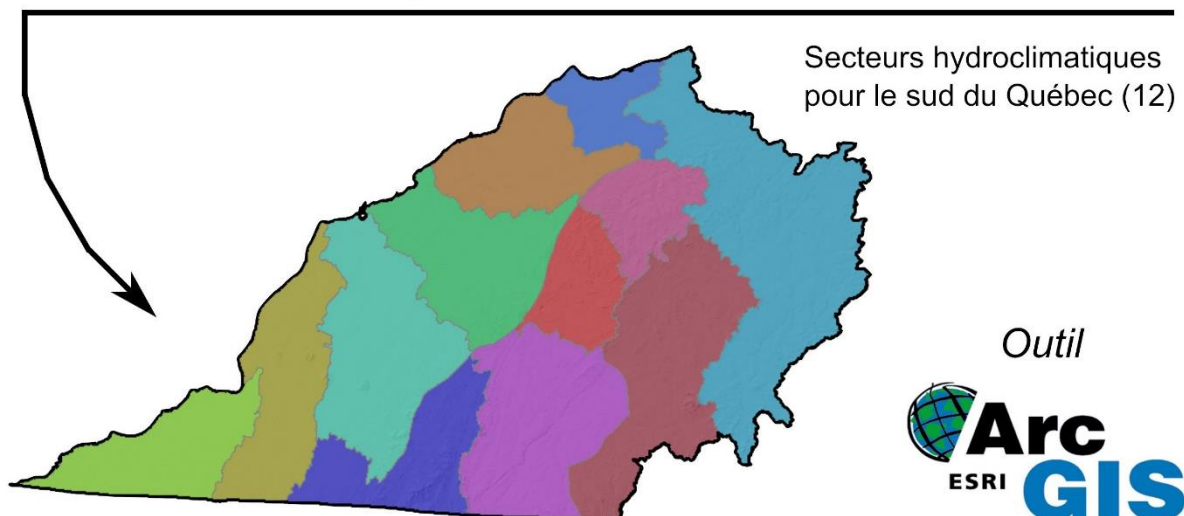
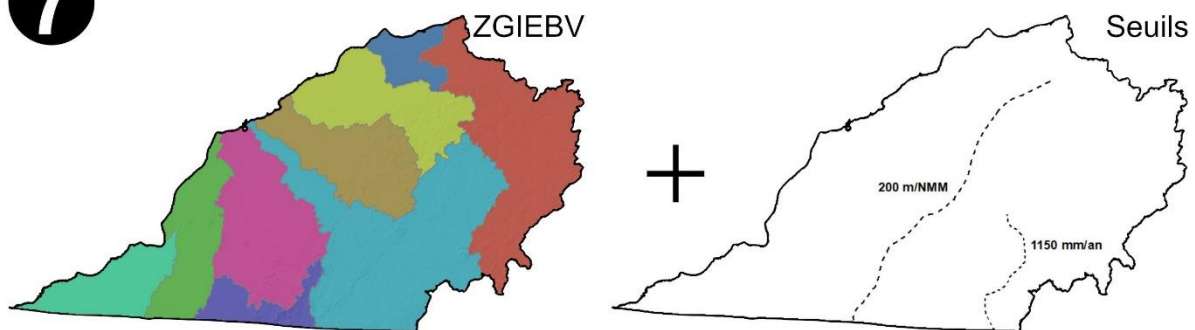


Figure A.5.2 : Démarche de délimitation des secteurs hydroclimatiques pour le sud du Québec

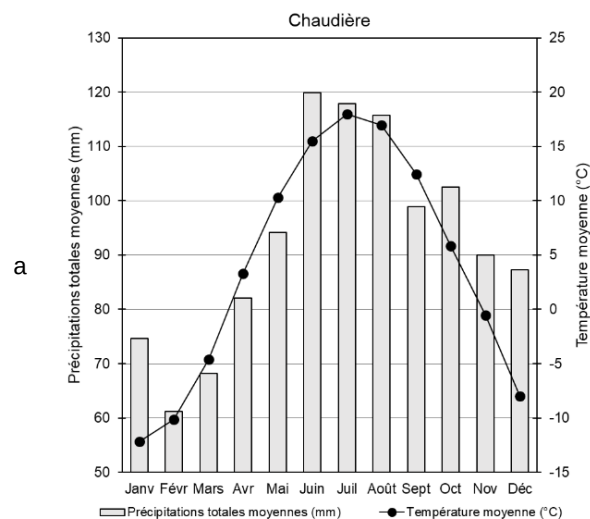
Annexe 6

Fiches informatives élaborées pour chaque secteur hydroclimatique

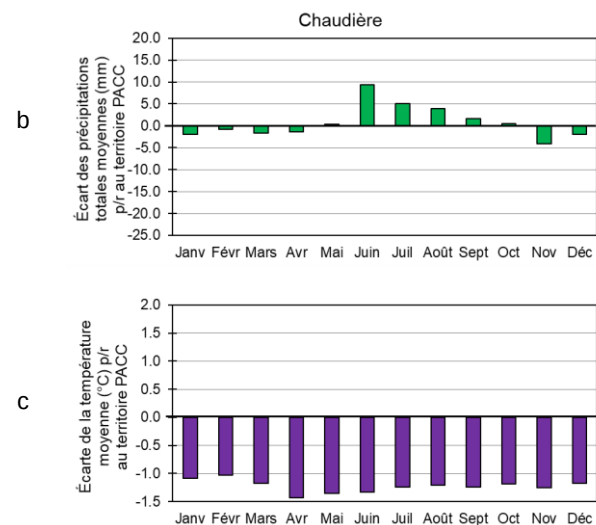
ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat
1	Chaudière	6711 (18.7 %)	78

Stations de suivi	Nombre de stations actives	Altitude (m/MMM)		
Puits d'observation du RSESQ	8	Min	Max	Moy
Stations météorologiques	10	0	1178	367

Normales climatiques de 1981 à 2010	Min	Q1	Méd	Q3	Max	Moy
Précipitations totales annuelles (mm/an)	999	1059	1103	1171	1306	1112
Températures moyennes annuelles (°C)	2.1	3.6	4.0	4.2	4.9	3.9



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)



Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

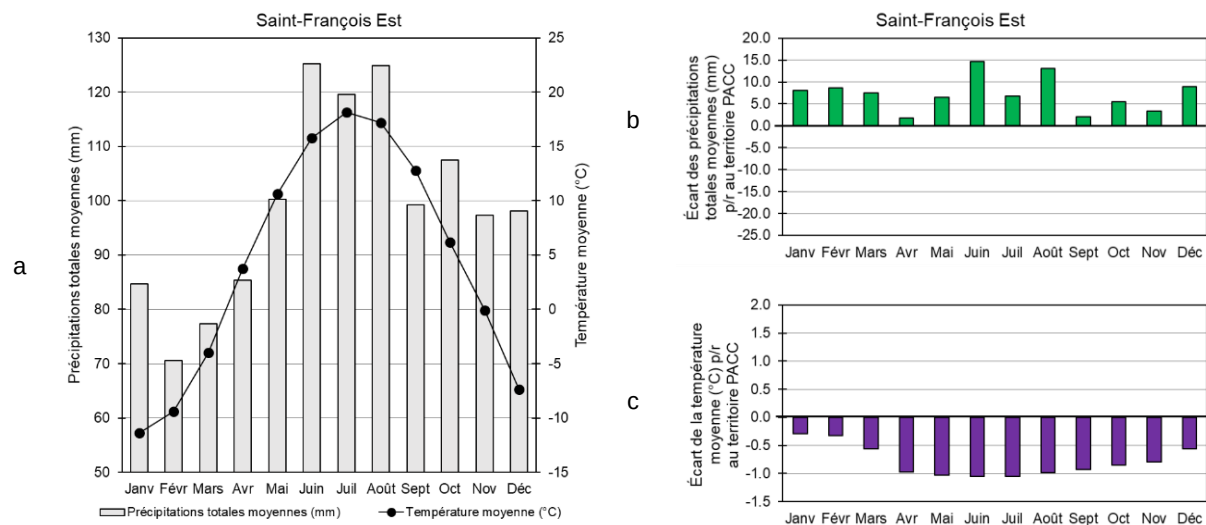
Description du secteur hydroclimatique

Le secteur hydroclimatique #1 (Chaudière) s'étend du fleuve Saint-Laurent au nord à la frontière américaine au sud et inclut l'ensemble du bassin versant de la rivière Chaudière sur un territoire étendu couvrant 6 711 km². Une bonne partie de bassin versant est située à une altitude supérieure à 200 m/MMM pour une moyenne sur l'ensemble de la région de l'ordre de 367 m/MMM. Ainsi, l'amont du bassin versant est marqué par des reliefs importants pouvant atteindre 1 178 m/MMM tandis que l'aval, en bordure sud du fleuve Saint-Laurent, est peu escarpé avec des élévations allant de 0 à 200 m/MMM. Comme le secteur hydroclimatique s'étend sur une large zone, il est logique de retrouver des variations spatiales importantes pour les normales climatiques calculées entre 1981 et 2010. Ainsi, les précipitations totales les plus faibles (< 1 050 mm/an) sont localisées au sud-est du secteur, entre la ville de Saint-Georges et la frontière américaine, tandis que les plus élevées (> 1 150 mm/an) sont retrouvées à l'amont du bassin versant entre le lac Mégantic et les contreforts du mont Mégantic (carte 1). Ce secteur est défini par des températures moyennes plutôt froides (3.9 °C) particulièrement au cœur de la vallée de la rivière Chaudière (< 4.0 °C) et encore plus basses (< 3.5 °C) sur les reliefs à l'est et au sud du bassin versant où le minimum de 2.1 °C est enregistré à proximité du mont Gosford à la limite avec les États-Unis tandis que les températures maximales (> 4.5 °C) se trouvent proche de l'exutoire de la rivière Chaudière (carte 2). En s'intéressant aux variations des normales climatiques mensuelles (figure a), les précipitations totales les plus élevées (> 116 mm/mois) se produisent durant l'été (juin, juillet et août) et dans une moindre mesure en octobre (102 mm/mois) alors que les plus faibles (< 82 mm/mois) sont enregistrées entre janvier et avril. Quant aux températures, les mois les plus chauds (> 15.5 °C) sont juin, juillet août alors que les mois les plus froids (< - 8.0 °C) sont décembre, janvier et février. Ce secteur affiche globalement des précipitations semblables aux moyennes calculées sur l'ensemble du sud du Québec (figure b) hormis en juin et juillet où l'écart devient assez significatif (> + 5.0 mm). Par contre, ce secteur est caractérisé par des températures généralement fraîches (figure c) toujours bien inférieures (< - 1.0 °C) à ce qui est normalement rencontré au sud du Québec.

ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat
2	Saint-François Est	4240 (11.8 %)	48

Stations de suivi	Nombre de stations actives	Altitude (m/NMM)		
Puits d'observation du RSESQ	8	Min	Max	Moy
Stations météorologiques	3	197	1103	407

Normales climatiques de 1981 à 2010	Min	Q1	Méd	Q3	Max	Moy
Précipitations totales annuelles (mm/an)	1083	1162	1184	1216	1293	1190
Températures moyennes annuelles (°C)	3.6	4.2	4.4	4.6	5.0	4.3



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)

Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

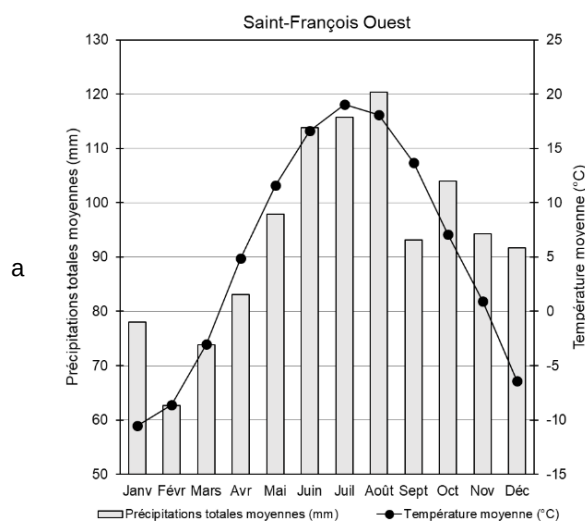
Description du secteur hydroclimatique

Le secteur hydroclimatique #2 (Saint-François Est) correspond à la partie amont du bassin versant de la rivière Saint-François et couvre un territoire de 4 240 km² depuis les lacs Aylmer et Saint-François au nord jusqu'à la frontière américaine au sud entre les monts Mégantic et Hereford. La quasi-totalité de ce secteur est située à une altitude supérieure à 200 m/NMM tout en affichant une moyenne plutôt élevée à 407 m/NMM pour un maximum à 1 103 m/NMM correspondant au sommet du mont Mégantic. Puisque ce secteur est caractérisé par une élévation moyenne importante et plusieurs reliefs marqués, il est normal d'y retrouver des températures annuelles moyennes plutôt faibles (4.3 °C) et une pluviométrie importante (> 1 083 mm/an) selon les normales climatiques déterminées entre 1981 et 2010. Ainsi, les précipitations totales les plus élevées (> 1 200 mm/an) sont localisées autour du mont Mégantic tandis que les plus faibles (< 1 150 mm/an) sont concentrées sur une zone restreinte à l'est du bassin versant (carte 1). Ce secteur est caractérisé par des températures moyennes plutôt fraîches (4.3 °C) surtout dans les zones de plus hauts reliefs à l'amont du bassin versant (< 4.0 °C). À l'inverse, les températures les plus douces (> 4.5 °C) se trouvent essentiellement sur une bande allant du lac Aylmer à l'est de Coaticook, exception faite du mont Hereford où la température avoisine les 4.2 °C (carte 2). Selon les variations mensuelles des normales climatiques (figure a), les mois enregistrant le plus de précipitations (> 120 mm/mois) sont juin, juillet et août bien qu'octobre soit aussi marqué par une pluviométrie relativement importante (107 mm/mois). Les mois avec le moins de précipitations totales (< 85 mm/mois) sont ceux du début de l'année (janvier à avril). Au regard des températures mensuelles moyennes, les mois les plus chauds (> 15.8 °C) sont juin, juillet et août tandis que les plus froids (< - 7.4 °C) sont décembre, janvier et février. Ce secteur est défini par des précipitations élevées lorsque comparé aux normales sur l'ensemble du sud du Québec (figure b) et ce pour tous les mois de l'année. Généralement, l'écart est assez important (> + 5.0 mm) excepté pour les mois d'avril, septembre et novembre. À l'inverse, les températures mensuelles moyennes sont toujours inférieures à ce qui est normalement rencontré au sud du Québec (figure c), particulièrement entre mars et décembre où l'écart devient significatif (< - 0.5 °C).

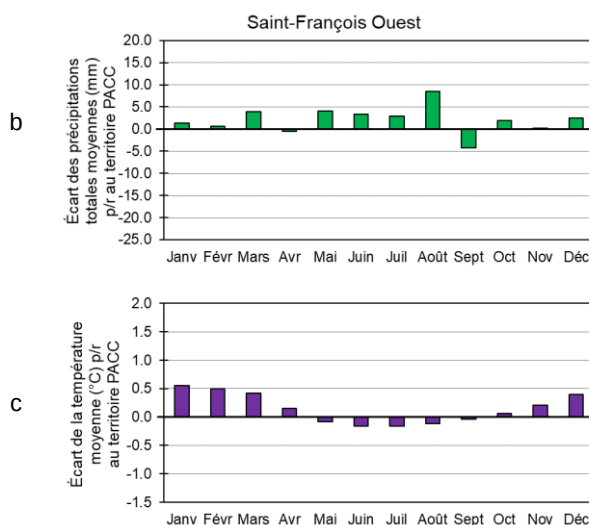
ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat
3	Saint-François Ouest	3791 (10.6 %)	42

Stations de suivi	Nombre de stations actives	Altitude (m/NMM)		
Puits d'observation du RSESQ	8	Min	Max	Moy
Stations météorologiques	9	112	836	277

Normales climatiques de 1981 à 2010	Min	Q1	Méd	Q3	Max	Moy
Précipitations totales annuelles (mm/an)	1016	1098	1142	1165	1214	1128
Températures moyennes annuelles (°C)	4.2	5.1	5.3	5.5	6.0	5.3



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)



Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

Description du secteur hydroclimatique

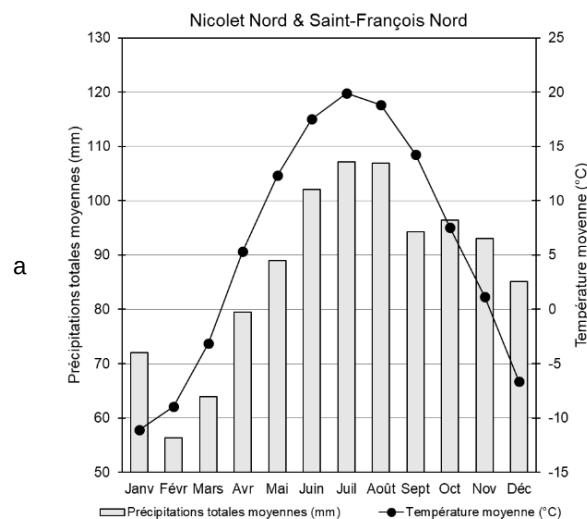
Le secteur hydroclimatique #3 (Saint-François Ouest) correspond à la portion intermédiaire du bassin versant de la rivière Saint-François de 3 791 km², incluant notamment les villes de Sherbrooke et de Magog ainsi que des lacs importants au sud (Memphrémagog, Magog et Massawippi). Ce secteur affiche une altitude moyenne plutôt élevée de 277 m/NMM où la vallée de la rivière Saint-François représente la zone de plus basse altitude (< 200 m/NMM). Les monts Stoke au nord-est de la ville Sherbrooke, les reliefs à la frontière américaine au sud, dont le mont Pinacle, ainsi que le mont Orford à l'ouest (836 m/NMM) constituent les zones de plus haute altitude (> 500 m/NMM). Ce secteur présente des précipitations moyennes relativement importantes (1 128 mm/an) concentrées sur les zones de plus haute altitude à l'ouest du bassin versant où les apports verticaux sont supérieurs à 1 150 mm/an (carte 1). À l'inverse, les précipitations les plus faibles (< 1 050 mm/an) se concentrent sur une zone s'étendant à l'est de Sherbrooke au cœur de la vallée de la rivière Saint-François. Ce secteur affiche également des températures moyennes plutôt élevées (5.3 °C) où les zones de plus haute température (> 5.5 °C) sont essentiellement retrouvées entre Sherbrooke et le lac Memphrémagog et plus localement à l'aval du bassin versant (carte 2). À l'inverse, la région affichant les températures les plus basses (< 4.5 °C) correspond aux monts Stoke situés au nord-est de la ville de Sherbrooke. Au regard des variations mensuelles des normales climatiques (figure a), les mois de juin à août sont ceux avec la pluviométrie la plus importante (> 114 mm/mois) et aussi octobre (104 mm/mois) alors que les mois de janvier à avril correspondent à la période de l'année avec le moins de précipitations totales (< 83 mm/mois). Juin, juillet et août sont les mois les plus chauds (> 16.6 °C) tandis que décembre, janvier et février correspondent aux mois les plus froids (< - 6.4 °C) sur ce secteur. Lorsque comparé à l'ensemble du sud du Québec (figure b), seuls les mois d'avril et de septembre présentent des précipitations plus faibles et c'est en août que l'écart est le plus marqué (> + 5.0 mm). Quant aux températures (figure c), elles sont souvent proches de ce qui a été calculé pour le sud du Québec bien que légèrement en dessous entre mai et août et supérieures le reste de l'année avec un écart non négligeable en janvier et février (> + 0.5 °C).

Fiche A.6.3 : Secteur #3 – Saint-François Ouest

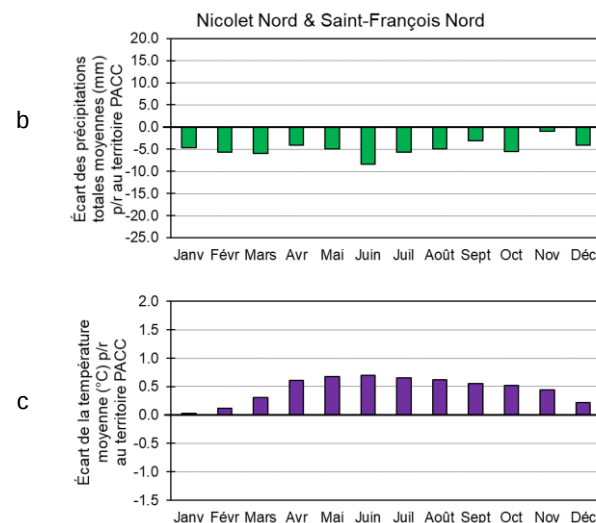
ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat
4	Nicolet Nord & Saint-François Nord	3111 (8.7 %)	39

Stations de suivi	Nombre de stations actives		Altitude (m/MMM)		
Puits d'observation du RSESQ	7		Min	Max	Moy
Stations météorologiques	6		0	371	101

Normales climatiques de 1981 à 2010	Min	Q1	Méd	Q3	Max	Moy
Précipitations totales annuelles (mm/an)	937	1000	1061	1084	1138	1046
Températures moyennes annuelles (°C)	4.8	5.4	5.6	5.8	5.9	5.6



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)



Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

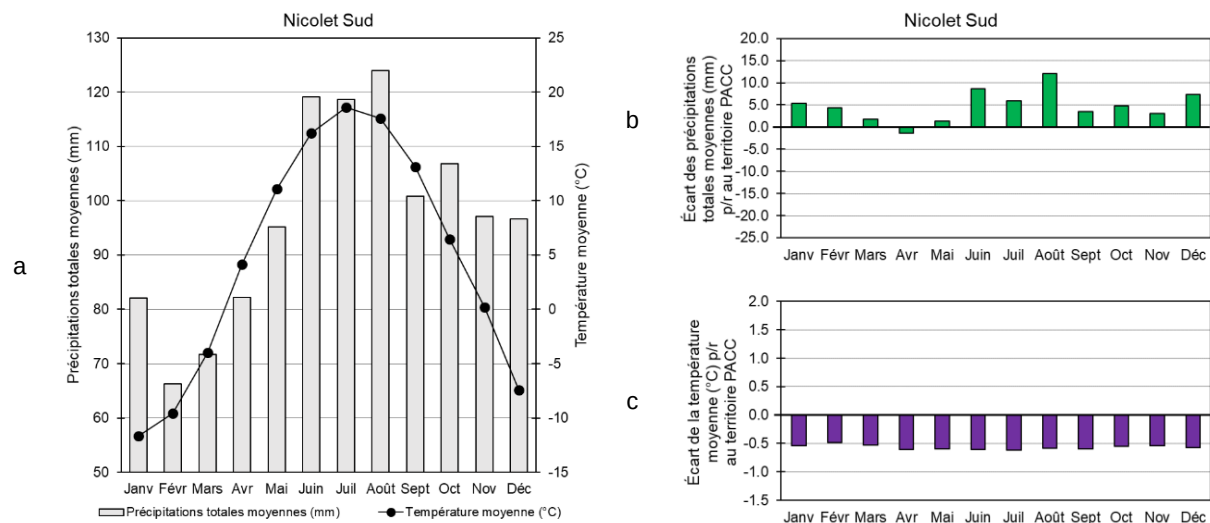
Description du secteur hydroclimatique

Le secteur hydroclimatique #4 (Nicolet Nord & Saint-François Nord) combine les portions aval des bassins versants des rivières Nicolet (Nicolet Nord) et Saint-François (Saint-François Nord) et inclut les villes de taille importante de Drummondville et de Victoriaville. Il s'étend sur un territoire couvrant une superficie de 3 111 km² allant du fleuve Saint-Laurent au nord aux montagnes des Smith au sud et à la ville de Victoriaville à l'est. Comme il s'agit d'un secteur incluant l'aval de deux bassins versants, son altitude moyenne est plutôt basse (101 m/MMM) et la grande majorité de cette zone est située sous les 200 m/MMM avec seulement quelques reliefs à la limite amont atteignant les 371 m/MMM au maximum (montagnes des Smith). Ce secteur est caractérisé par des précipitations totales moyennes faibles (1 046 mm/an) et les zones les plus sèches (< 1 050 mm/an) se retrouvent à l'aval, soit au nord d'une limite allant de la ville de Drummondville et celle de Victoriaville (carte 1). La vaste majorité de cette région présente des températures plutôt élevées (> 5.5 °C) avec une moyenne de 5.6 °C et un gradient positif peu marqué d'est en ouest (carte 2). Les températures les plus faibles (< 5.0 °C) sont quant à elles localisées sur un secteur de taille modeste à l'est de la ville de Victoriaville. En se focalisant sur les variations mensuelles des normales climatiques (figure a), la pluviométrie est plus importante (> 102 mm/mois) durant la période estivale, soit pendant les mois de juin, juillet et août. Les précipitations totales les plus faibles (< 80 mm/mois) sont enregistrées entre les mois de janvier et avril et plus spécifiquement en janvier, février et mars (< 72 mm/mois). Les températures les plus élevées (> 17.5 °C) sont typiques des mois de juin, juillet et août tandis que les plus basses (< - 6.6 °C) sont constatées durant l'hiver, et plus particulièrement entre décembre et février. Les précipitations totales sont, tout au long de l'année, inférieures à ce qui est typiquement observé pour le sud du Québec (figure b) et ce, plus spécifiquement pour les mois de février, mars, juin, juillet et octobre où l'écart est le plus important (< - 5.0 mm). Quant aux températures moyennes mensuelles (figure c), elles sont toujours au-dessus de ce qui a été calculé pour le Québec au sud du fleuve Saint-Laurent et ce, surtout entre les mois d'avril et octobre où l'écart est le plus significatif (> + 0.5 °C).

ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat
5	Nicolet Sud	1517 (4.2 %)	18

Stations de suivi	Nombre de stations actives	Altitude (m/NNM)		
Puits d'observation du RSESQ	3	Min	Max	Moy
Stations météorologiques	1	-171	688	307

Normales climatiques de 1981 à 2010	Min	Q1	Méd	Q3	Max	Moy
Précipitations totales annuelles (mm/an)	1076	1123	1154	1192	1299	1160
Températures moyennes annuelles (°C)	3.7	4.3	4.6	4.9	5.3	4.6



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)

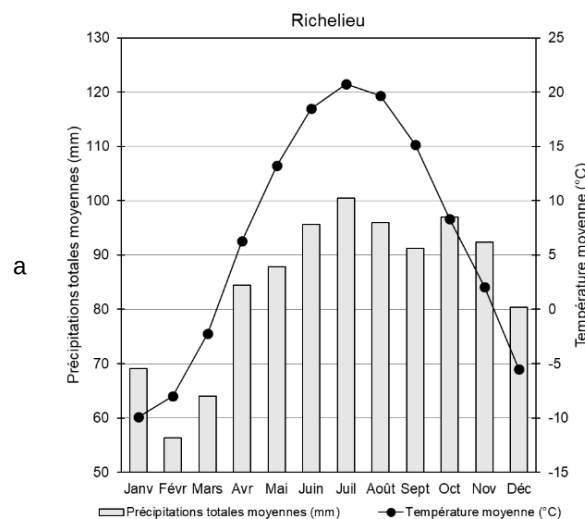
Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

Description du secteur hydroclimatique

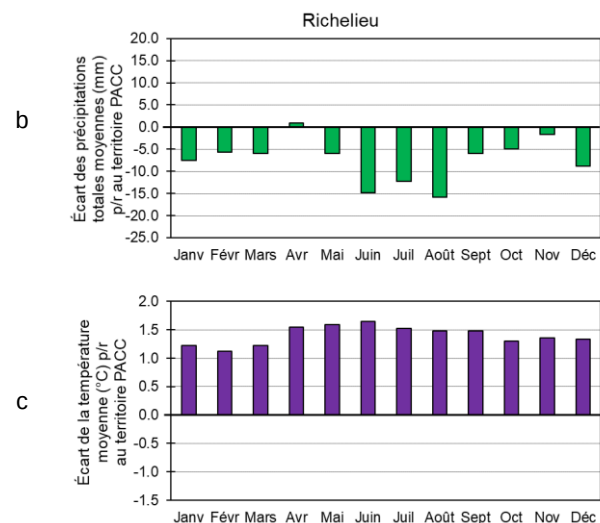
Le secteur hydroclimatique #5 (Nicolet Sud) correspond à la portion amont du bassin versant de la rivière Nicolet et s'étend sur un territoire de 1 517 km² globalement peu urbanisé. L'altitude moyenne y est plutôt élevée (307 m/NNM) et les plus hauts reliefs (> 500 m/NNM) sont concentrés à l'est et au sud-est du secteur avec un maximum de 688 m/NNM correspondant au sommet du mont Ham. L'altitude minimale de -171 m/NNM traduit la présence de la mine à ciel ouvert de Jeffrey située sur le territoire de la ville d'Asbestos. Ce secteur est notamment défini par des précipitations totales élevées dont la moyenne est égale à 1 160 mm/an. Aux zones de plus hautes altitudes à l'est de ce secteur hydroclimatique sont associées les quantités de précipitations les plus importantes (> 1 200 mm/an) tandis que les zones avec le moins de précipitations totales (< 1 100 mm/an) sont concentrées à l'ouest de ce secteur hydroclimatique (carte 1). Tout comme dans le cas des précipitations, la présence des reliefs influence grandement la distribution des températures (carte 2). Ainsi, la partie est de cette région, marquée par plusieurs secteurs montagneux, est caractérisée par des températures assez basses (< 4.5 °C) tandis qu'à l'ouest sont enregistrées les températures les plus douces (> 5.0 °C). Les variations mensuelles des normales climatiques (figure a) indiquent, entre autres, que les mois les plus humides (> 101 mm/mois) sont ceux de juin à octobre avec d'importantes précipitations (> 119 mm/mois) observées durant la période estivale (juin, juillet et août). À l'inverse, les périodes les plus sèches (< 82 mm/an) correspondent essentiellement à la période hivernale et concernent donc les mois de janvier, février, mars et avril. Quant aux mois les plus chauds (> 16.2 °C), ils correspondent à juin, juillet et août alors que les périodes les plus froides (< -7.4 °C) sont associées aux mois de décembre, janvier et février. Exception faite du mois d'avril, les précipitations totales déterminées sur ce secteur sont toujours supérieures à ce qui est normalement calculé sur l'ensemble du sud du Québec (figure b) ; cela est particulièrement vrai pour les mois de janvier, juin, juillet, août et décembre où l'écart est le plus important (> + 5.0 mm). Au contraire, les températures mensuelles moyennes sont généralement inférieures (de l'ordre de -0.5 °C) à celles déterminées au sud du fleuve Saint-Laurent (figure c).

Fiche A.6.5 : Secteur #5 – Nicolet Sud

ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat			
6	Richelieu	2868 (8 %)	34			
Stations de suivi		Nombre de stations actives		Altitude (m/MMM)		
Puits d'observation du RSESQ		10		Min	Max	Moy
Stations météorologiques		6		-14	398	34
Normales climatiques de 1981 à 2010		Min	Q1	Méd	Q3	Max
Précipitations totales annuelles (mm/an)		960	986	1011	1034	1090
Températures moyennes annuelles (°C)		6.2	6.4	6.6	6.6	7.0
		Moy				



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)



Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

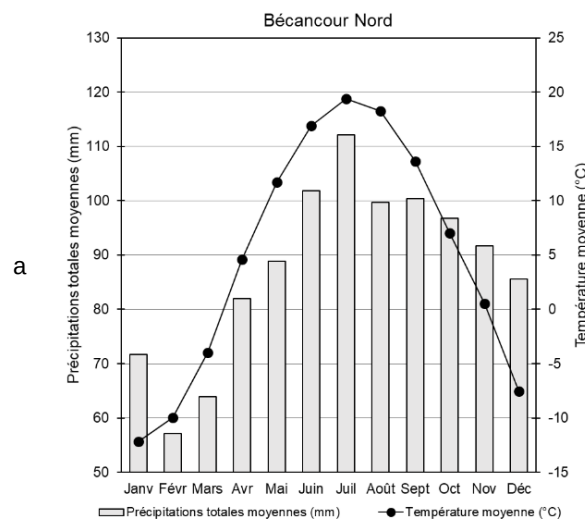
Description du secteur hydroclimatique

Le secteur hydroclimatique #6 (Richelieu) correspond à l'ensemble du bassin versant de la rivière Richelieu et inclut quelques bassins secondaires situés le long du fleuve associés à la zone Saint-Laurent. Il couvre un territoire de 2 868 km² allant du fleuve Saint-Laurent au nord à la frontière américaine au sud et traverse plusieurs zones urbaines importantes correspondantes aux villes suivantes : Saint-Jean-sur-Richelieu, Chambly, Boucherville et Brossard. Cette région affiche une altitude moyenne très basse (34 m/MMM) et présente très peu de reliefs. Les quelques escarpements rocheux présents sur ce territoire correspondent à trois collines Montérégienues, avec d'est en ouest, le mont Rougemont, le mont Saint-Hilaire et le mont Saint-Bruno. L'altitude maximale de 398 m/MMM correspond d'ailleurs au mont Saint-Hilaire. L'altitude minimale de - 14 m/MMM est reliée à deux carrières à ciel ouvert situées à l'ouest de la ville de Saint-Jean-sur-Richelieu. Sur ce secteur, les précipitations totales moyennes sont faibles (1 015 mm/an) avec un gradient d'orientation est-ouest toutefois peu marqué. Les précipitations les plus importantes (> 1 050 mm/an) sont localisées sur une zone circonscrite à l'est des villes de Chambly et de Saint-Jean-sur-Richelieu (carte 1). Quant aux températures moyennes, elles sont élevées (6.5 °C) sans gradient significatif bien que le nord du secteur soit légèrement plus frais que le sud (carte 2). Les fluctuations mensuelles des précipitations totales apparaissent moins marquées que sur d'autres secteurs hydroclimatiques (figure a). Les mois de mai à novembre sont ceux avec le plus de précipitations (> 88 mm/mois) tandis que les plus secs (< 69 mm/mois) sont les mois de janvier, février et mars. Les mois estivaux (juin, juillet et août) sont les plus chauds (> 18.5 °C) alors que les mois les plus frais (< - 5.5 °C) sont décembre, janvier et février. Globalement, ce secteur présente des précipitations totales bien en dessous de ce qui a été calculé pour l'ensemble du sud du Québec (figure b), et ce peu importe le mois, excepté en avril. L'écart des précipitations avec le territoire global du sud du Québec est même généralement non négligeable (> - 5.0 mm), hormis en novembre où il est un peu plus faible. Les températures moyennes mensuelles sont, quant à elles, significativement supérieures aux normales mensuelles calculées pour le sud du Québec (figure c) puisque l'écart mensuel est très marqué (> + 1.0 °C).

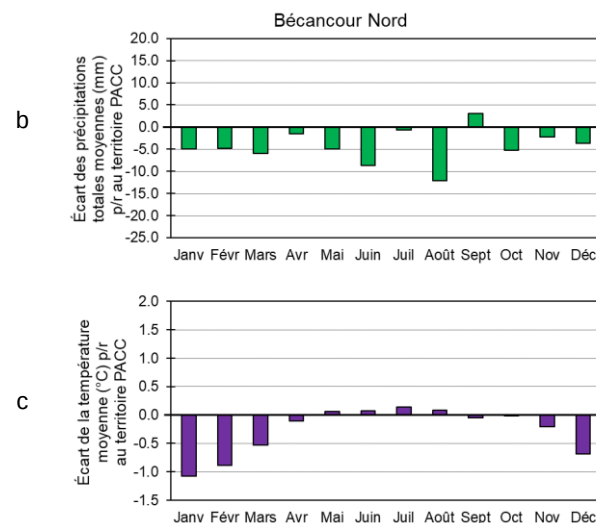
ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat
7	Bécancour Nord	2348 (6.5 %)	26

Stations de suivi	Nombre de stations actives	Altitude (m/NMM)		
Puits d'observation du RSESQ	9	Min	Max	Moy
Stations météorologiques	3	0	232	86

Normales climatiques de 1981 à 2010	Min	Q1	Méd	Q3	Max	Moy
Précipitations totales annuelles (mm/an)	954	1006	1052	1091	1176	1052
Températures moyennes annuelles (°C)	4.5	4.7	4.8	5.0	5.5	4.9



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)



Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

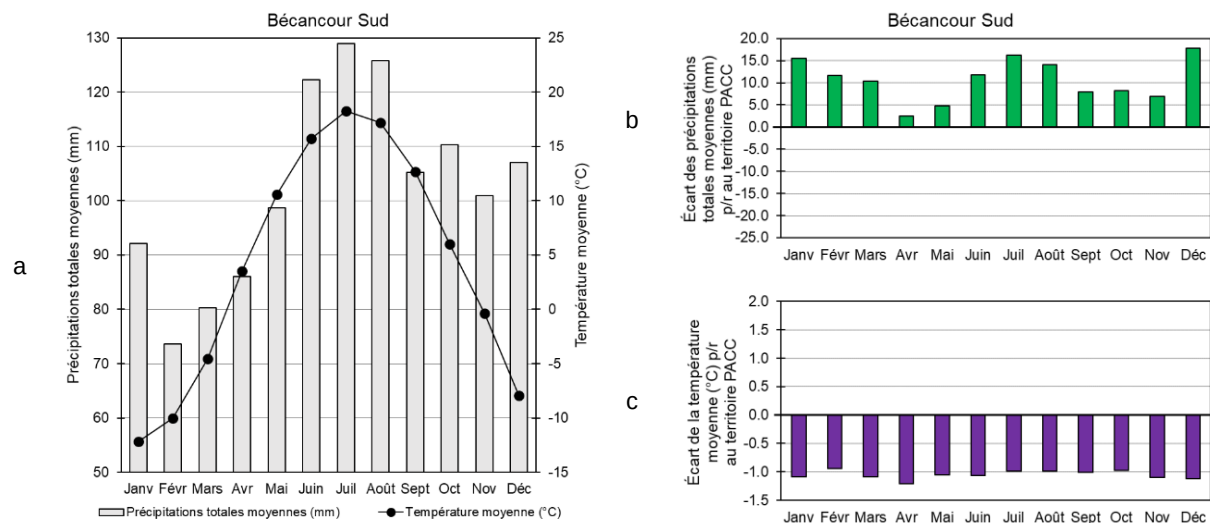
Description du secteur hydroclimatique

Le secteur hydroclimatique #7 (Bécancour Nord) correspond à un territoire de 2 348 km² couvrant l'aval du bassin versant de la rivière Bécancour et des rivières associées. Il est limité par le fleuve Saint-Laurent au nord-ouest et s'étend, au sud, jusqu'à la limite nord de la ville de Victoriaville, sans l'atteindre. Le seuil d'élévation fixé à 200 m/NMM marque la limite sud-est de ce secteur qui est donc caractérisé par peu de reliefs, une faible élévation moyenne (86 m/NMM) et une altitude minimale (0 m/NMM) qui est atteinte en bordure du fleuve Saint-Laurent. C'est l'unique secteur au sud de la province avec à la fois des précipitations totales moyennes relativement faibles (1 052 mm/an) et des températures moyennes également peu importantes (4.9 °C). La carte des précipitations totales (carte 1) montre un gradient d'orientation est-ouest avec à l'est, les zones aux plus fortes précipitations (> 1 100 mm/an) et, à l'ouest, celles avec des précipitations moindres (< 1 000 mm/an). Bien que moins évident, le gradient des températures moyennes suit globalement l'orientation est-ouest du gradient des précipitations avec des températures plus basses à l'est (< 5.0 °C) qu'à l'ouest (> 5.0 °C) mais toujours comprises entre 4.5 et 5.5 °C (carte 2). Au regard des variations mensuelles des normales climatiques de ce secteur (figure a), les précipitations totales sont plutôt importantes entre juin et novembre (> 92 mm/mois) avec un mois de juillet à forte pluviométrie (112 mm/mois) et, à l'inverse, assez basses entre janvier et avril (< 82 mm/an) avec un mois de février plutôt sec (57 mm/mois). À propos des températures, ces dernières sont toujours assez élevées (> 16.9 °C) entre juin et août et généralement basses de décembre à février (< - 7.5 °C). En comparant les précipitations totales mensuelles avec ce qui est normalement rencontré au sud du Québec (figure b), le secteur se caractérise par des apports verticaux généralement en deçà de ce qui est observé au sud du fleuve Saint-Laurent, excepté en septembre. L'écart est d'ailleurs significatif (< - 5.0 mm) aux mois de mars, juin, août et octobre. Quant aux températures (figure c), elles sont la plupart du temps en dessous des moyennes mensuelles observées au sud de la province, hormis entre mai et août où l'écart est légèrement positif. C'est entre les mois de mars et décembre que l'écart avec ce qui a été enregistré au sud du Québec devient particulièrement important (< - 0.5 °C).

ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat
8	Bécancour Sud	1491 (4.2 %)	17

Stations de suivi	Nombre de stations actives	Altitude (m/NNM)		
Puits d'observation du RSESQ	5	Min	Max	Moy
Stations météorologiques	2	-46	685	346

Normales climatiques de 1981 à 2010	Min	Q1	Méd	Q3	Max	Moy
Précipitations totales annuelles (mm/an)	1168	1206	1242	1252	1281	1231
Températures moyennes annuelles (°C)	3.4	3.9	4.2	4.3	4.6	4.1



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)

Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

Description du secteur hydroclimatique

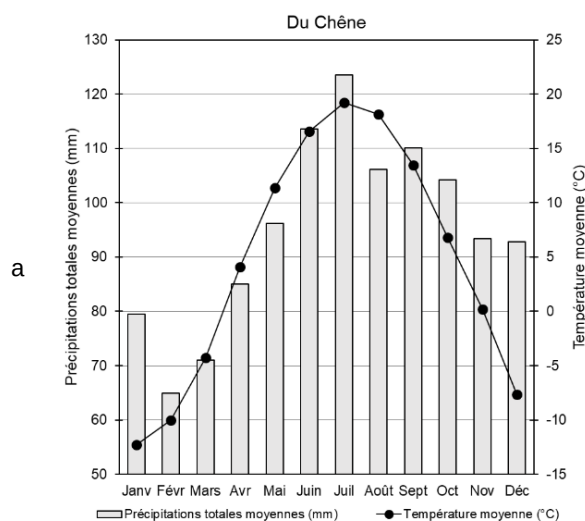
Le secteur hydroclimatique #8 (Bécancour Sud) correspond à l'amont du bassin versant de la rivière Bécancour et des rivières associées et couvre une zone de 1 491 km². Hormis au nord, où la limite de ce secteur correspond au seuil physique fixé à 200 m/NNM, le territoire est bordé par plusieurs reliefs importants dont le mont Caribou au sud-ouest de la ville de Thetford Mines. Il présente ainsi une altitude moyenne plutôt importante de 346 m/NNM pouvant atteindre un maximum de 685 m/NNM dans les zones de hauts reliefs situées au nord de la ville de Thetford Mines. C'est d'ailleurs au sud-ouest de cette ville que sont retrouvés les sites des anciennes mines King-Beaver-Bell associées à l'altitude minimale (- 46 m/NNM). La présence de hauts reliefs locaux est notamment traduite par une moyenne de précipitations totales très élevée (346 mm/an), la plus haute des secteurs hydroclimatiques définis au sud de la province, et par l'existence d'une zone de précipitations importantes (> 1 250 mm/an) à l'ouest du secteur et donc de la ville de Thetford Mines (carte 1). Une zone de précipitations moins importantes (< 1 200 mm/an) est cependant située à l'aval du territoire, soit sur la bordure du secteur, là où les élévations sont les plus basses. Quant aux températures, elles sont les plus élevées (> 4.5 °C) essentiellement au nord de la région. Les températures les plus fraîches (< 4.0 °C) sont associées aux reliefs montagneux situés au nord de la ville de Thetford Mines ainsi que ceux bordant l'ouest de la région (carte 2). Les normales climatiques mensuelles (figure a) révèlent que les mois avec le volume de pluie le plus important (> 122 mm/mois) sont ceux de juin à août et dans une moindre mesure octobre et décembre (> 107 mm/mois) ; tandis que la période la plus sèche (> 99 mm/mois) s'étend de janvier à mai. La phase estivale (juin à août) marque également la période la plus chaude l'année (> 15.7 °C). À l'inverse, les températures sont plus froides (< - 7.9 °C) entre décembre et février. Sur ce secteur, les précipitations moyennes mensuelles sont toujours supérieures à ce qui est retrouvé au sud du Québec (figure b) et les écarts sont significatifs (> + 5.0 mm) pendant toute l'année, hormis en avril et mai. En janvier, juillet et décembre, les écarts sont supérieurs à + 15.0 mm. Quant aux températures moyennes mensuelles (figure c), elles sont au contraire toujours bien inférieures (de l'ordre de - 1.0 °C) à ce qui a été calculé pour tout le territoire situé au sud du fleuve Saint-Laurent.

Fiche A.6.8 : Secteur #8 – Bécancour Sud

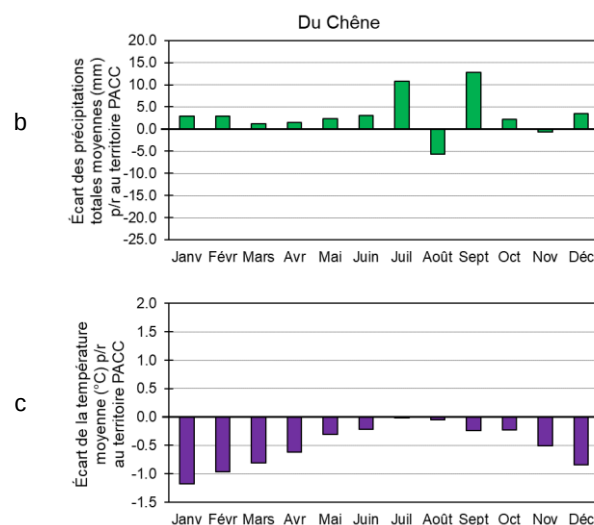
ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat
9	Du Chêne	1175 (3.3 %)	15

Stations de suivi	Nombre de stations actives	Altitude (m/NMM)		
Puits d'observation du RSESQ	3	Min	Max	Moy
Stations météorologiques	0	-1	256	107

Normales climatiques de 1981 à 2010	Min	Q1	Méd	Q3	Max	Moy
Précipitations totales annuelles (mm/an)	1111	1130	1135	1155	1171	1140
Températures moyennes annuelles (°C)	4.4	4.6	4.6	4.7	5.0	4.6



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)

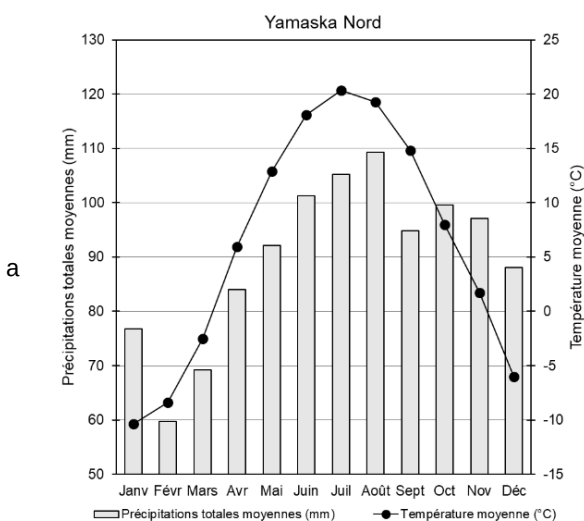


Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

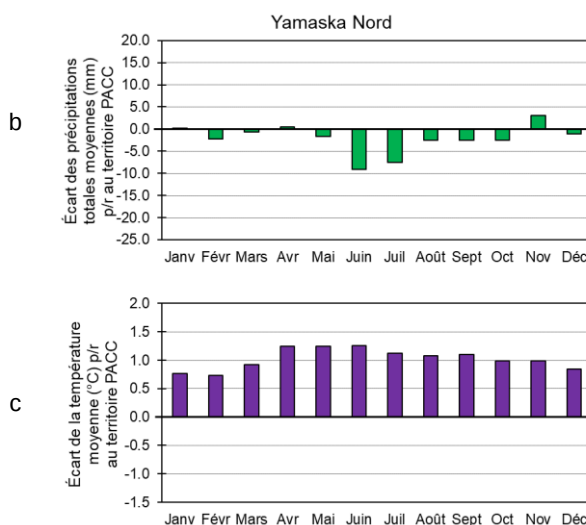
Description du secteur hydroclimatique

Le secteur hydroclimatique #9 (Du Chêne) correspond aux bassins versants de la rivière du Chêne et de plusieurs rivières secondaires. Ce secteur, de taille modeste (1 175 km²), est limité au nord par le fleuve Saint-Laurent et au sud, en partie par le seuil fixé à 200 m/NMM. Par conséquent, l'altitude moyenne y est assez faible (107 m/NMM) et les élévations les plus importantes (> 200 m/NMM) sont localisées uniquement à l'amont du bassin versant. Du fait de sa proximité avec le fleuve Saint-Laurent et en raison de l'absence de reliefs importants, ce secteur devrait être caractérisé par des précipitations totales plutôt faibles. Toutefois, l'existence d'une zone montagneuse dans la continuité du massif du Sud et localisée au nord de la ville de Thetford Mines sur le secteur adjacent induit une anomalie amenant des précipitations importantes (> 1 150 mm/an) à l'est et au sud-est du bassin versant (carte 1). Globalement, ce secteur hydroclimatique est donc défini par des précipitations moyennes assez élevées (1 140 mm/an). Quant aux températures moyennes (carte 2), elles sont plutôt faibles (4.6 °C). Le gradient est-ouest est peu marqué avec les températures les plus hautes (> 4.5 °C) sur la majeure partie du secteur hydroclimatique, hormis une zone plus fraîche (< 4.5 °C) localisée à l'est du territoire. Les mois de juillet à octobre constituent la période avec la pluviométrie la plus importante (> 104 mm/mois) selon les normales climatiques remises sur une base mensuelle (figure a). À l'inverse, les précipitations sont les plus faibles (< 85 mm/mois) entre les mois de janvier et avril. Les mois les plus chauds (> 16.6 °C) sont juin, juillet août alors que la période froide correspond aux mois de décembre, janvier et février et (< - 7.7 °C). En se référant aux écarts mensuels des précipitations par rapport à l'ensemble du territoire situé au sud du fleuve Saint-Laurent (figure b), ce secteur est caractérisé par des précipitations toujours légèrement supérieures à ce qui est normalement observé au sud du Québec, excepté en août, et ce particulièrement en juillet et septembre où l'écart devient non négligeable (> + 10.0 mm). En comparant ensuite les écarts avec les températures mensuelles moyennes (figure c), le constat est inverse. En effet, les températures sont, tout au long de l'année, en dessous de ce qui est typiquement observé au sud de la province, et ce, particulièrement sur une période couvrant les mois de novembre à avril (< - 0.5 °C).

ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat			
10	Yamaska Nord	3915 (10.9 %)	42			
Stations de suivi		Nombre de stations actives		Altitude (m/NMM)		
Puits d'observation du RSESQ		18		Min	Max	Moy
Stations météorologiques		6		-2	541	77
Normales climatiques de 1981 à 2010		Min	Q1	Méd	Q3	Max
Précipitations totales annuelles (mm/an)		972	1016	1056	1139	1247
Températures moyennes annuelles (°C)		5.5	5.9	6.1	6.4	6.6



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)



Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

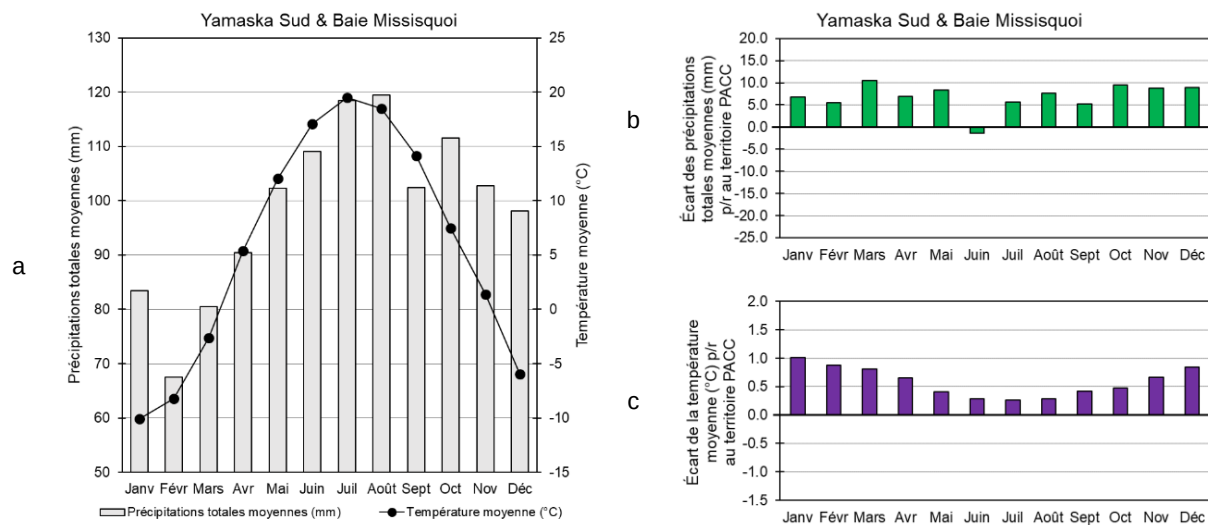
Description du secteur hydroclimatique

Le secteur hydroclimatique #10 (Yamaska Nord) correspond à la portion aval du bassin versant de la rivière Yamaska qui s'étend sur une superficie totale de 3 915 km². Ce secteur est limité au nord par le fleuve Saint-Laurent et au sud-est par les contreforts de la chaîne des Appalaches et inclut plusieurs villes de taille moyenne dont Sainte-Hyacinthe et Granby. Plusieurs collines montégériennes sont entièrement contenues dans cette région à savoir : le mont Yamaska, le mont Shefford et le mont Brome. Ce dernier constitue d'ailleurs le relief le plus haut du territoire avec une altitude proche des 541 m/NMM. Hormis ces quelques reliefs ponctuels, le secteur présente une élévation globalement assez basse égale à 77 m/NMM. Le nord du secteur est marqué par une faible quantité de précipitations (< 1 050 mm) alors que le sud-est est concerné par des précipitations totales plus importantes (> 1 150 mm) en lien avec la présence de reliefs (carte 1). Le gradient des températures moyennes étant nord-est/sud-ouest, les zones les plus chaudes (> 6.5 °C) se trouvent donc entre les villes de Sainte-Hyacinthe et Granby ainsi qu'au sud-ouest du secteur (carte 2). À l'inverse, la limite est du bassin versant forme une zone relativement plus fraîche (< 6.0 °C). Au niveau mensuel (figure a), les périodes avec le plus de précipitations correspondent aux mois de juin, juillet et août (> 101 mm/mois) ainsi qu'à octobre et novembre (> 97 mm/mois) tandis que les mois de janvier, février et mars sont les mois les plus secs (< 77 mm/mois). Quant aux températures, elles sont élevées (> 18.1 °C) entre juin et août et, à l'inverse, plutôt basses (< - 6.0 °C) entre décembre et février. Selon les écarts mensuels des précipitations totales calculés par rapport au sud du Québec (figure b), les quantités de précipitations totales sont proches quoique presque toujours légèrement inférieures aux moyennes mensuelles déterminées au sud du fleuve Saint-Laurent. L'écart est le plus important (< - 5.0 mm) pour les mois de juin et juillet tandis que l'écart, bien que non significatif, est positif durant les mois de janvier, avril et novembre. Les températures mensuelles moyennes de ce secteur (figure c) sont tout au long de l'année au-dessus (> + 0.5 °C) des températures mensuelles moyennes calculées au sud de la province. C'est spécifiquement le cas entre avril et novembre où cet écart de températures devient même significatif (> + 1.0 °C).

ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat
11	Yamaska Sud & Baie Missisquoi	2297 (6.4 %)	23

Stations de suivi	Nombre de stations actives	Altitude (m/NMM)		
Puits d'observation du RSESQ	9	Min	Max	Moy
Stations météorologiques	3	-14	947	225

Normales climatiques de 1981 à 2010	Min	Q1	Méd	Q3	Max	Moy
Précipitations totales annuelles (mm/an)	1036	1148	1191	1248	1281	1186
Températures moyennes annuelles (°C)	3.8	5.3	5.6	6.3	6.9	5.7



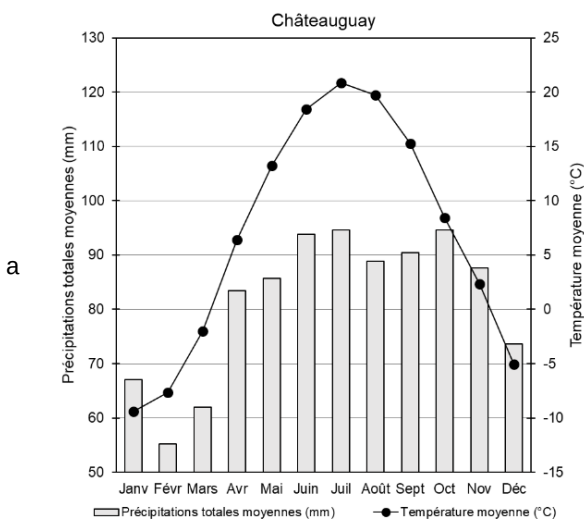
Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)

Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

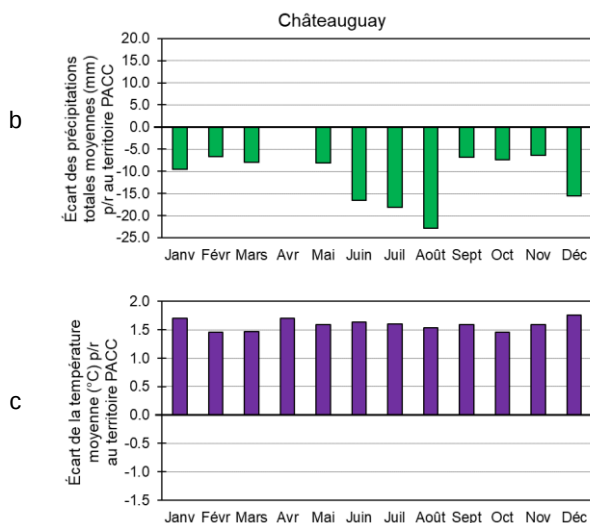
Description du secteur hydroclimatique

Le secteur hydroclimatique #11 (Yamaska Sud & Baie Missisquoi) rassemble la portion amont du bassin versant de la rivière Yamaska (Yamaska Sud) et le territoire couvert par la baie Missisquoi (Baie Missisquoi). Il couvre donc un territoire de plutôt faible élévation (< 200 m/NMM) à l'ouest, incluant la partie nord du lac Champlain localisée au Québec, appelée baie Missisquoi. La partie est de cette région est, au contraire, marquée par des reliefs plus importants, associées aux Appalaches, dont l'altitude est généralement supérieure au seuil de 200 m/NMM. L'altitude maximale (947 m/NMM) est d'ailleurs attribuée aux monts Sutton au sud-est du secteur. À noter que le lac Brome est également inclus au sein de ce secteur hydroclimatique dont l'altitude moyenne avoisine les 225 m/NMM. La présence des monts Sutton influence fortement la distribution des précipitations sur ce secteur (carte 1) qui présente des précipitations totales importantes (1 186 mm/an). Ainsi, les endroits les plus humides (> 1 250 mm/an) sont localisés au sud-est de cette région tandis que les moins humides (< 1 150 mm/an) sont concentrés à l'ouest du secteur et essentiellement autour de la baie Missisquoi (< 1 050 mm/an). L'influence des monts Sutton se fait également ressentir sur les températures moyennes (carte 2) qui sont assez basses (< 5.0 °C) au sud-est du secteur et au contraire, plutôt élevées (> 6.5 °C), vers la baie Missisquoi à l'ouest. Dans l'ensemble, le territoire affiche une température moyenne assez haute approchant les 5.7 °C. En se fiant aux variations mensuelles des normales climatiques (figure a), les mois de juin, juillet, août mais aussi d'octobre constituent les périodes de l'année les plus humides (> 109 mm/mois) tandis que les mois les plus secs (< 90 mm/mois) sont ceux de janvier à avril. De la même façon, les températures sont habituellement élevées (> 17.1 °C) entre juin et août et faibles (< - 6.0 °C) pendant l'hiver de décembre à février. Ce secteur est défini par des précipitations qui sont la plupart du temps supérieures (> + 5.0 mm) à ce qui a été calculé pour l'ensemble du territoire couvrant le sud de la province, hormis pour juin où l'écart est négatif (figure b). De la même façon, au cours de l'année, les températures moyennes mensuelles sont toujours au-dessus des moyennes mensuelles observées au sud du Québec (figure c) et plus particulièrement entre novembre et avril (entre + 0.5 °C et + 1.0 °C).

ID	Secteur hydroclimatique	Aire (km ² % p/r au PACC)	Mailles de la grille Info-Climat			
12	Châteauguay	2411 (6.7 %)	30			
Stations de suivi		Nombre de stations actives		Altitude (m/NNM)		
Puits d'observation du RSESQ		35		Min	Max	Moy
Stations météorologiques		7		-56	342	57
Normales climatiques de 1981 à 2010		Min	Q1	Méd	Q3	Max
Précipitations totales annuelles (mm/an)		954	965	973	989	1004
Températures moyennes annuelles (°C)		6.3	6.7	6.7	6.8	7.0



Précipitations totales et températures mensuelles moyennes sur le secteur hydroclimatique (a)



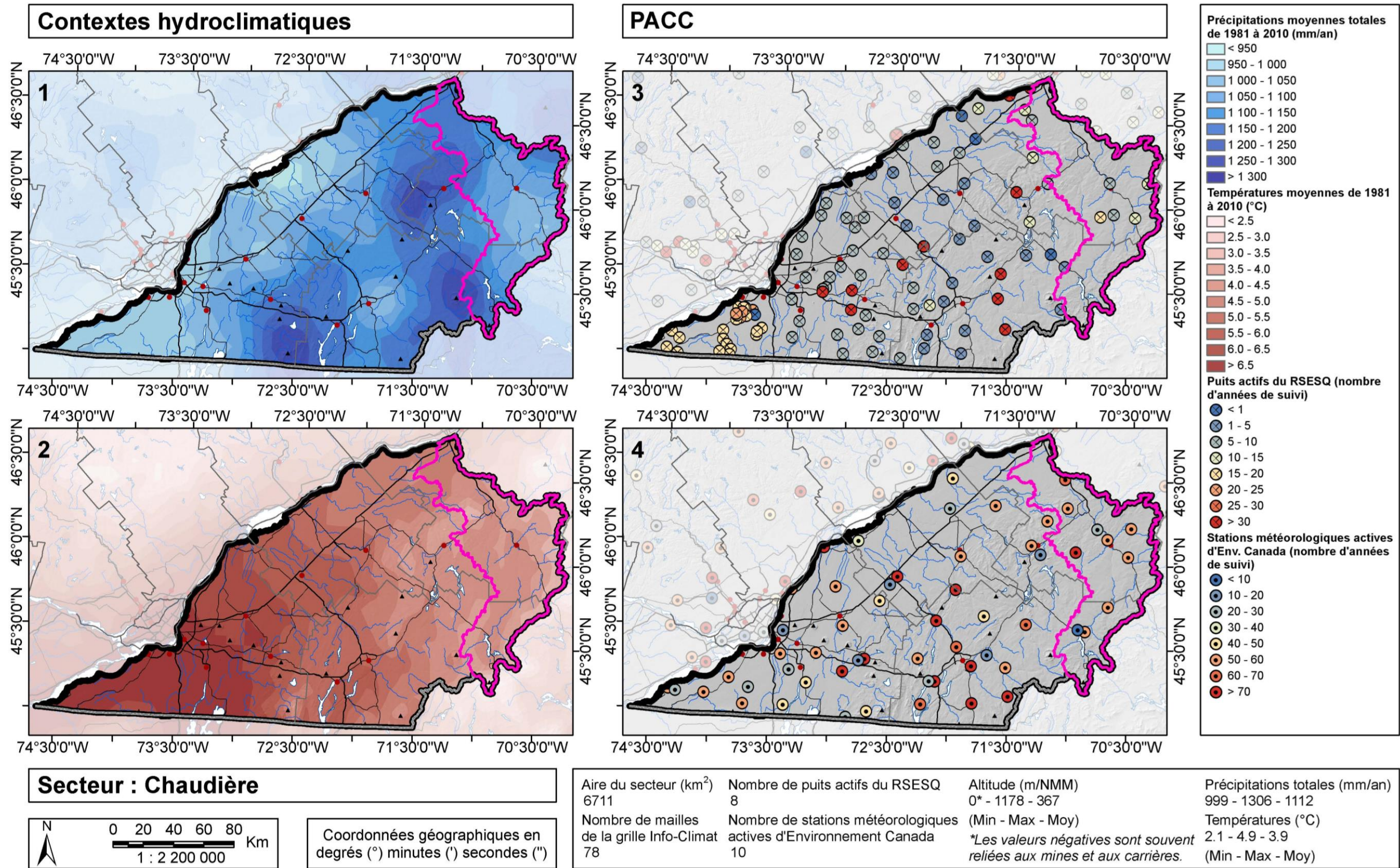
Écart mensuel des précipitations totales (b) et des températures (c) par rapport au territoire PACC

Description du secteur hydroclimatique

Le secteur hydroclimatique #12 (Châteauguay) correspond à l'intégralité du territoire de la zone Châteauguay de 2 411 km² couvrant le bassin versant de la rivière Châteauguay et également les bassins versants d'autres cours d'eau mineurs situés sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent au sud de l'agglomération montréalaise et s'étendant jusqu'à la frontière américaine au sud. Il inclut notamment deux villes de taille moyenne : Châteauguay et Saint-Constant, au nord. Cette région affiche une faible élévation moyenne (57 m/NNM) avec quasiment aucun relief marqué hormis une zone de haute altitude (> 200 m/NNM) au sud correspondant à la portion la plus septentrionale du massif des Adirondacks. En l'occurrence, le mont Covey Hill représente le point culminant du secteur (342 m/NNM). L'élévation minimale de - 56 m/NNM est associée à plusieurs exploitations de granulats localisées au sud de la ville de Saint-Constant. Au sud du Québec, c'est ce secteur hydroclimatique qui présente les précipitations totales moyennes les plus faibles (977 mm/an) et qui affiche les températures moyennes les plus élevées (6.7 °C). Les précipitations totales y sont d'ailleurs assez uniformes hormis deux zones un peu plus humides (> 1 000 mm/an) au sud et à l'est de la région (carte 1). Sur la majorité du territoire (carte 2), les températures moyennes sont très élevées (> 6.5 °C), hormis une zone spécifique au sud reliée à la chaîne montagneuse des Adirondacks où les températures sont légèrement plus faibles (< 6.5 °C). Selon les variations mensuelles des précipitations totales (figure a), la période avec le plus de pluie correspond aux mois de juin, juillet et octobre (> 94 mm/mois) tandis que la période la moins pluvieuse est associée aux mois de décembre à mars (< 74 mm/mois). Les températures les plus chaudes (> 18.4 °C) sont observées entre juin et août alors que les mois les plus frais (< 5.1 °C) correspondent à la période hivernale (décembre à février). Les précipitations moyennes mensuelles sont tout le temps inférieures (< - 5.0 mm) aux normales calculées pour l'ensemble du territoire du sud du Québec (figure b), à l'exception du mois d'avril. Les mois de juin, juillet, août et décembre sont particulièrement secs (< - 15.0 mm) par rapport à l'ensemble du sud du Québec. Quant aux températures mensuelles moyennes (figure c), elles sont, tout au long de l'année, largement supérieures (> + 1.5 °C) à ce qui a été enregistré pour le sud de la province.

Annexe 7

Planches cartographiques élaborées pour chaque secteur hydroclimatique



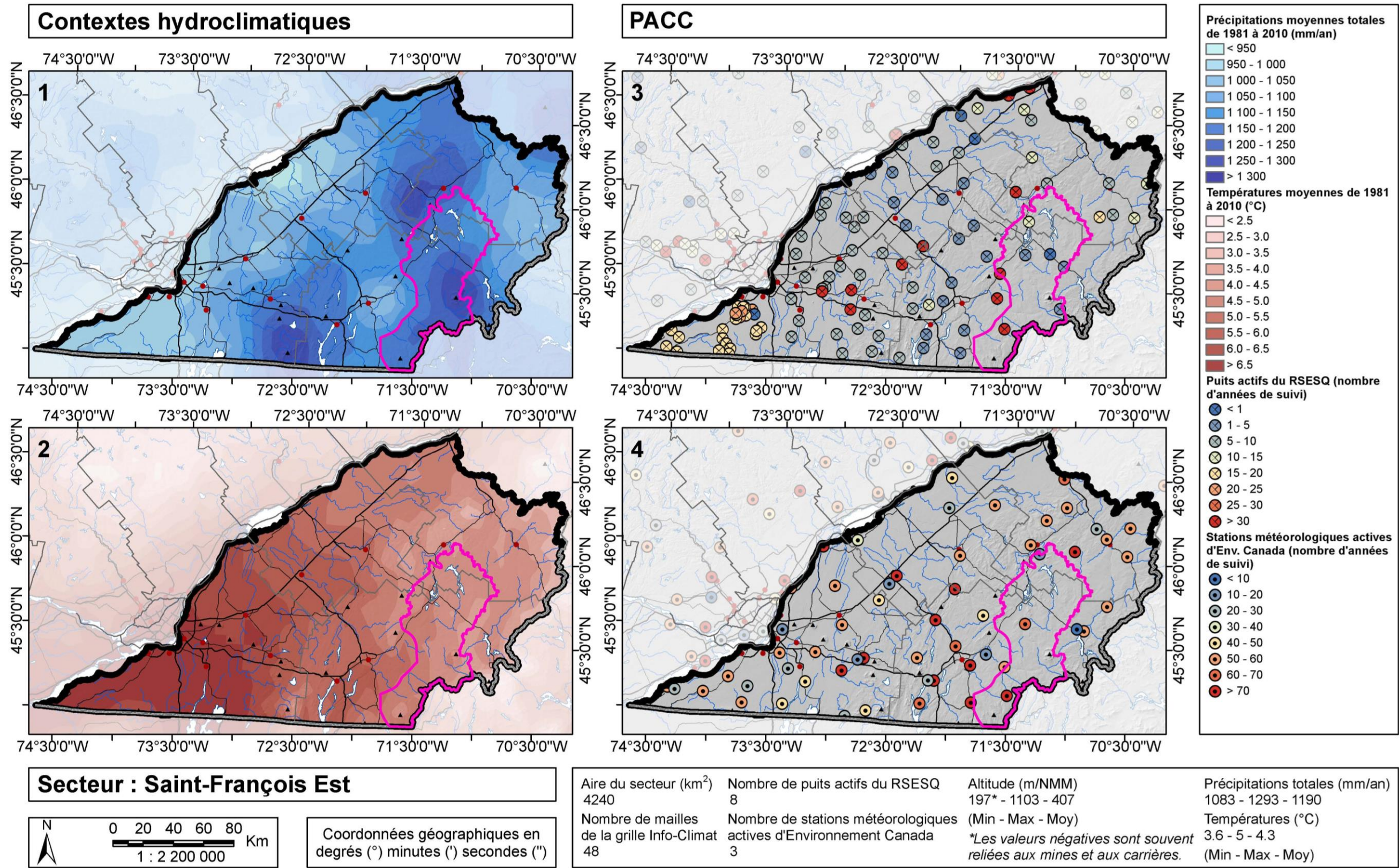
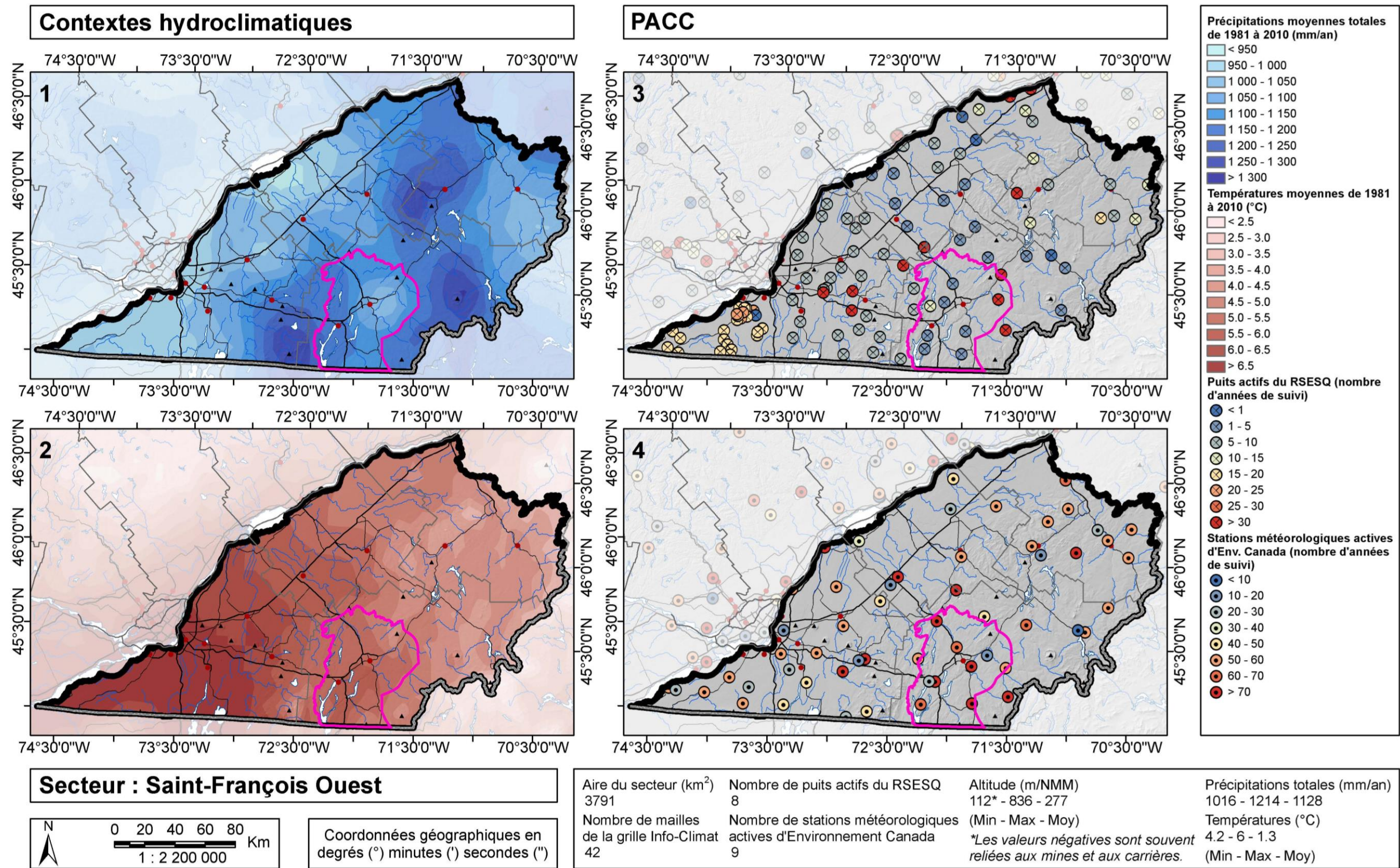


Planche A.7.2 : Secteur #2 – Saint-François Est



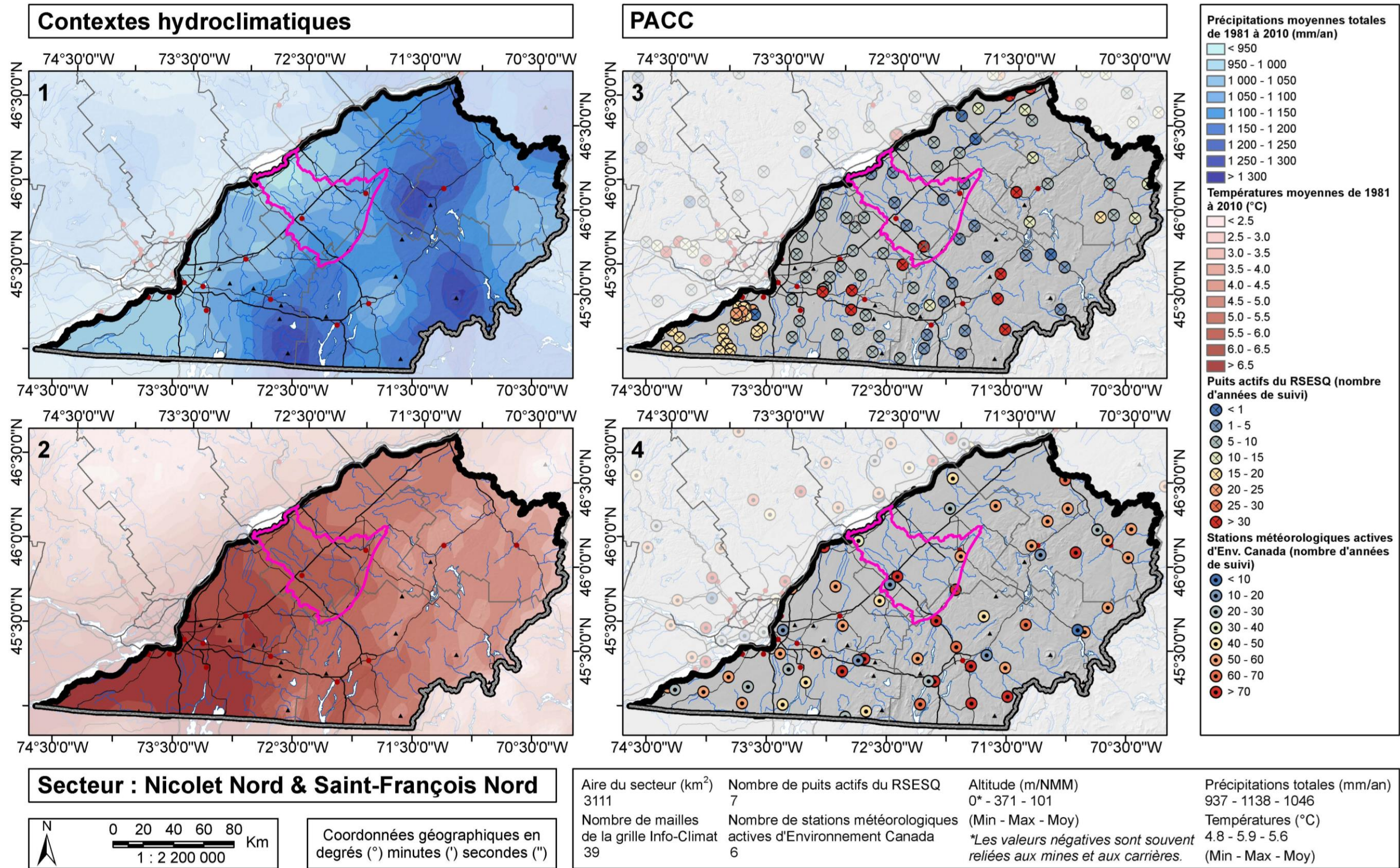


Planche A.7.4 : Secteur #4 – Nicolet Nord & Saint-François Nord

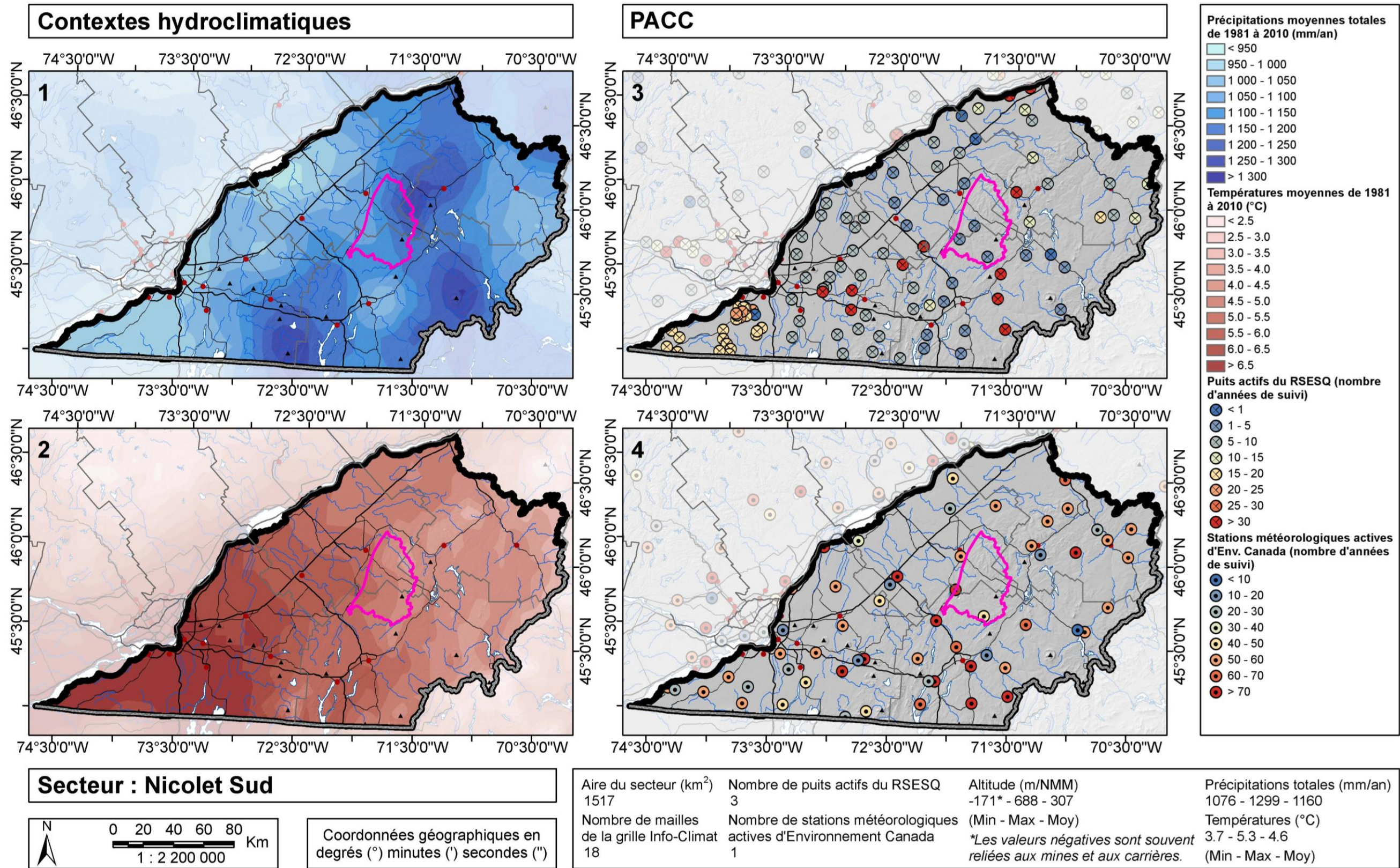


Planche A.7.5 : Secteur #5 – Nicolet Sud

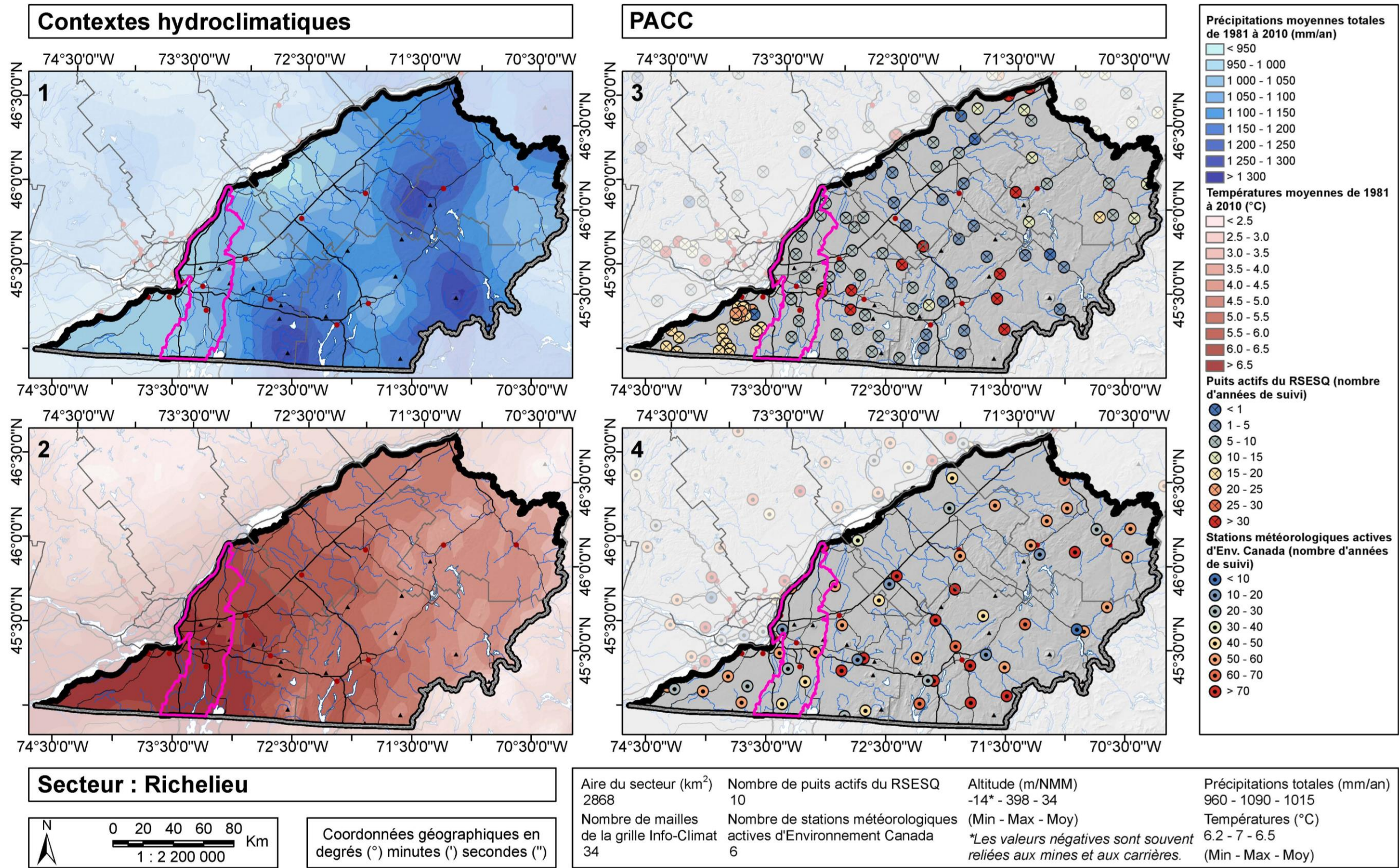
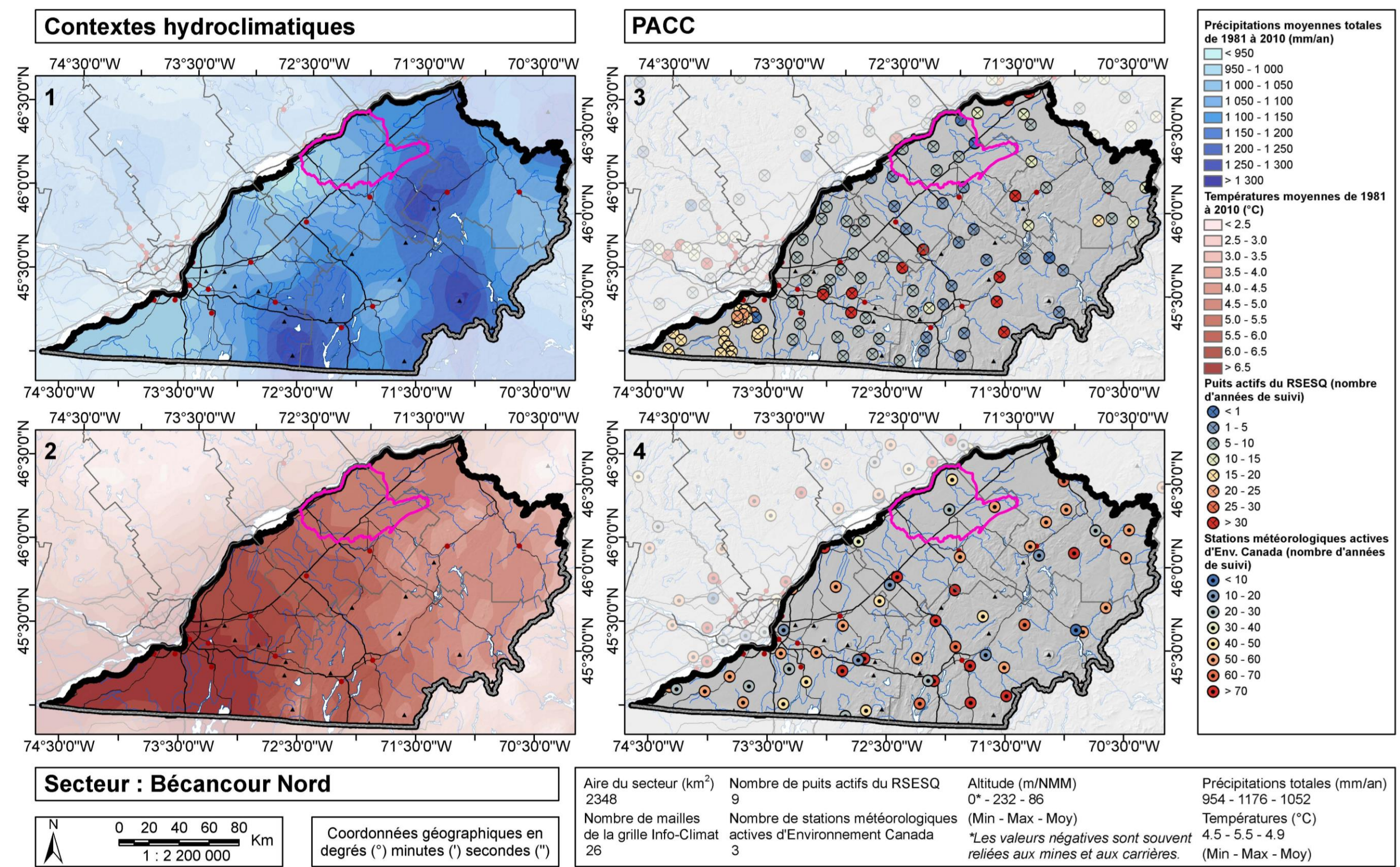


Planche A.7.6 : Secteur #6 – Richelieu



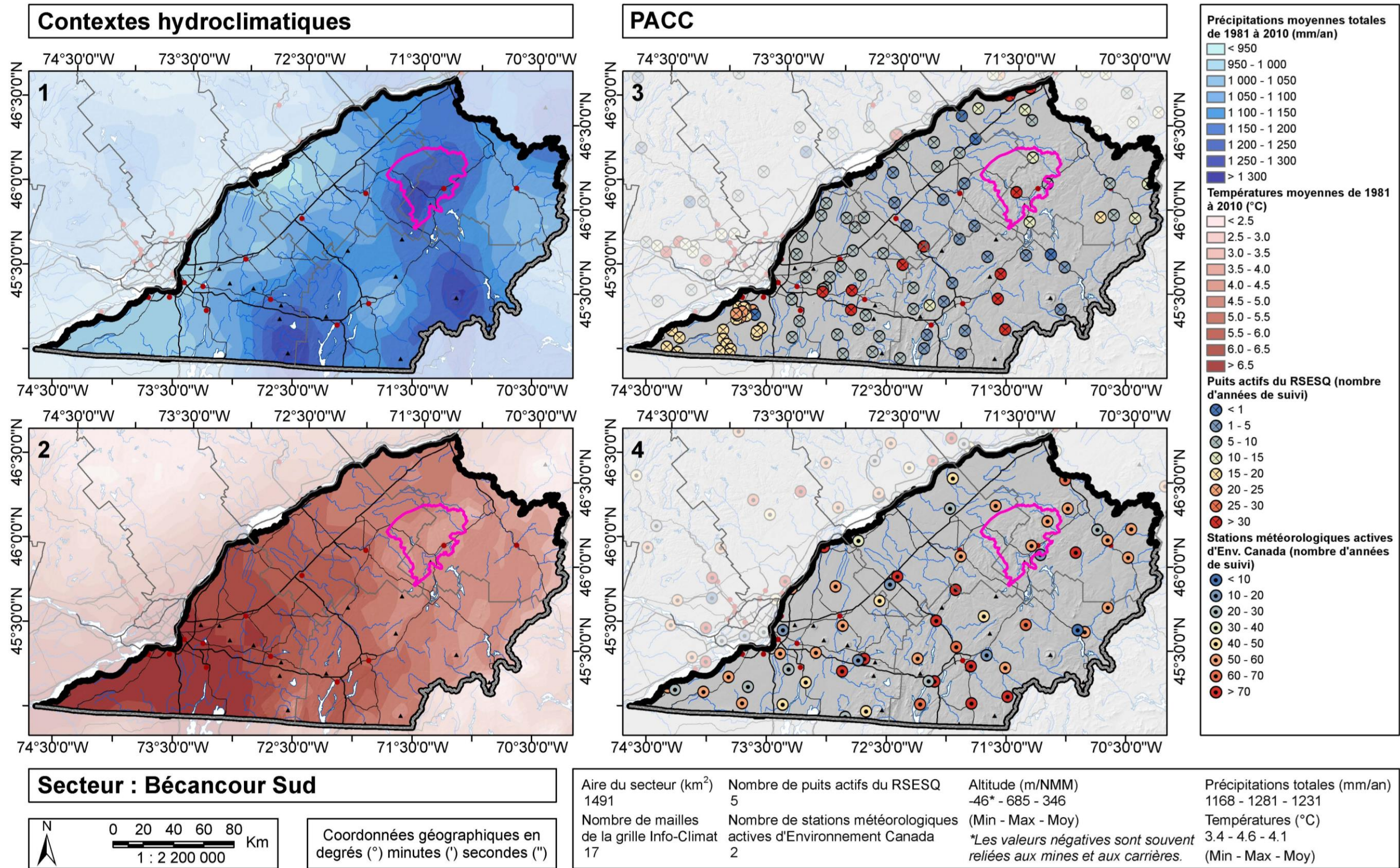
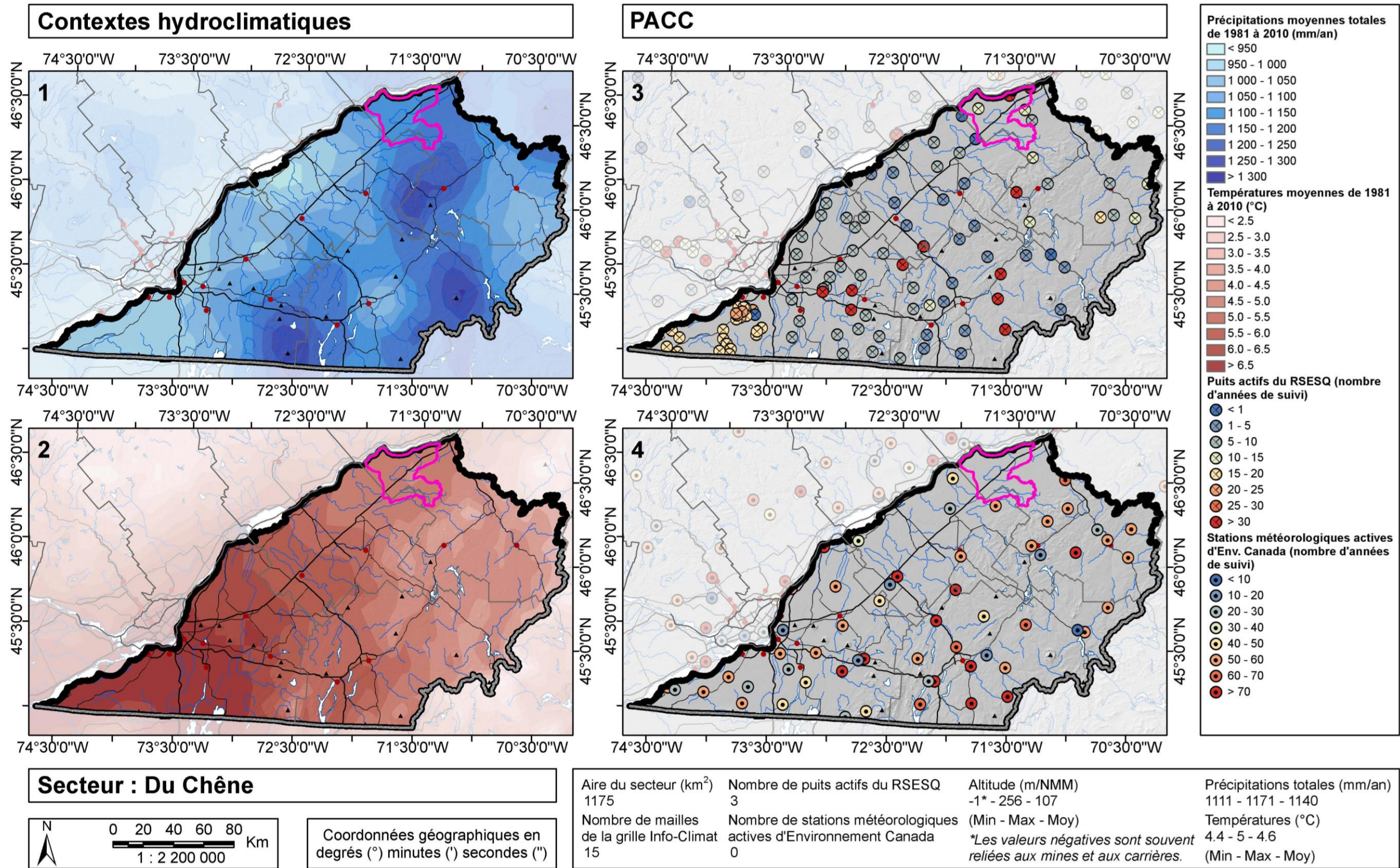


Planche A.7.8 : Secteur #8 – Bécancour Sud



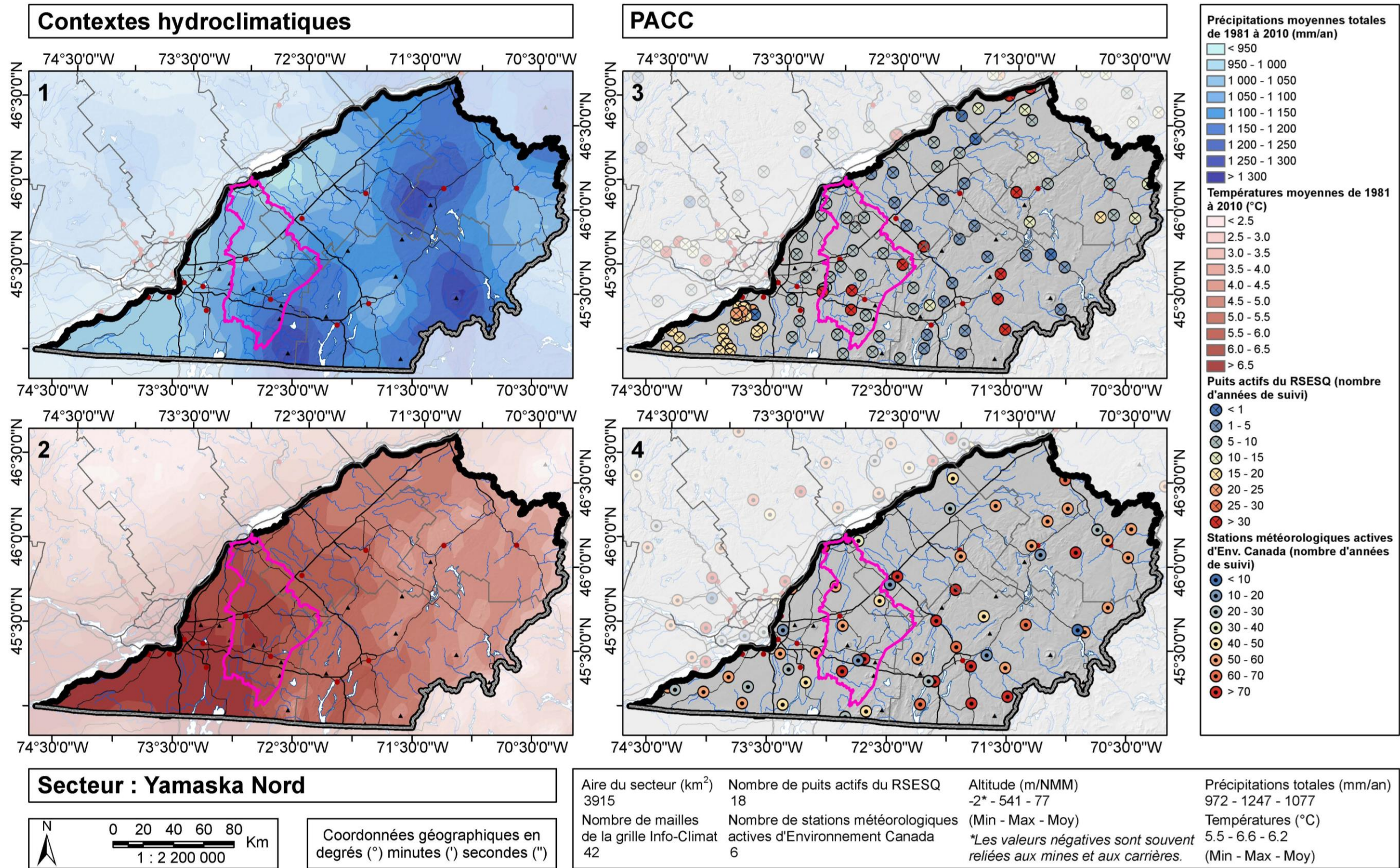


Planche A.7.10 : Secteur #10 – Yamaska Nord

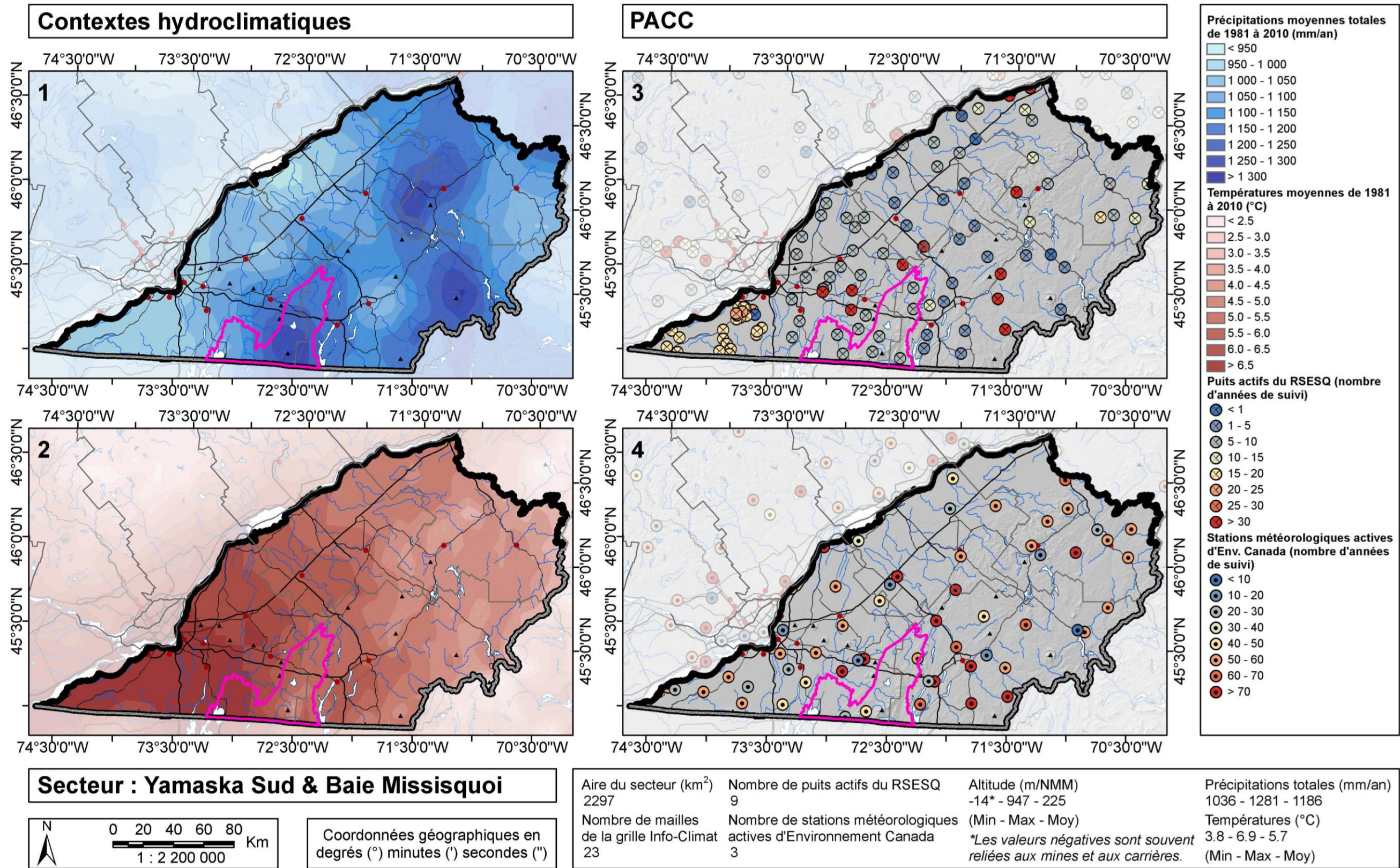


Planche A.7.11 : Secteur #11 – Yamaska Sud & Baie Missisquoi

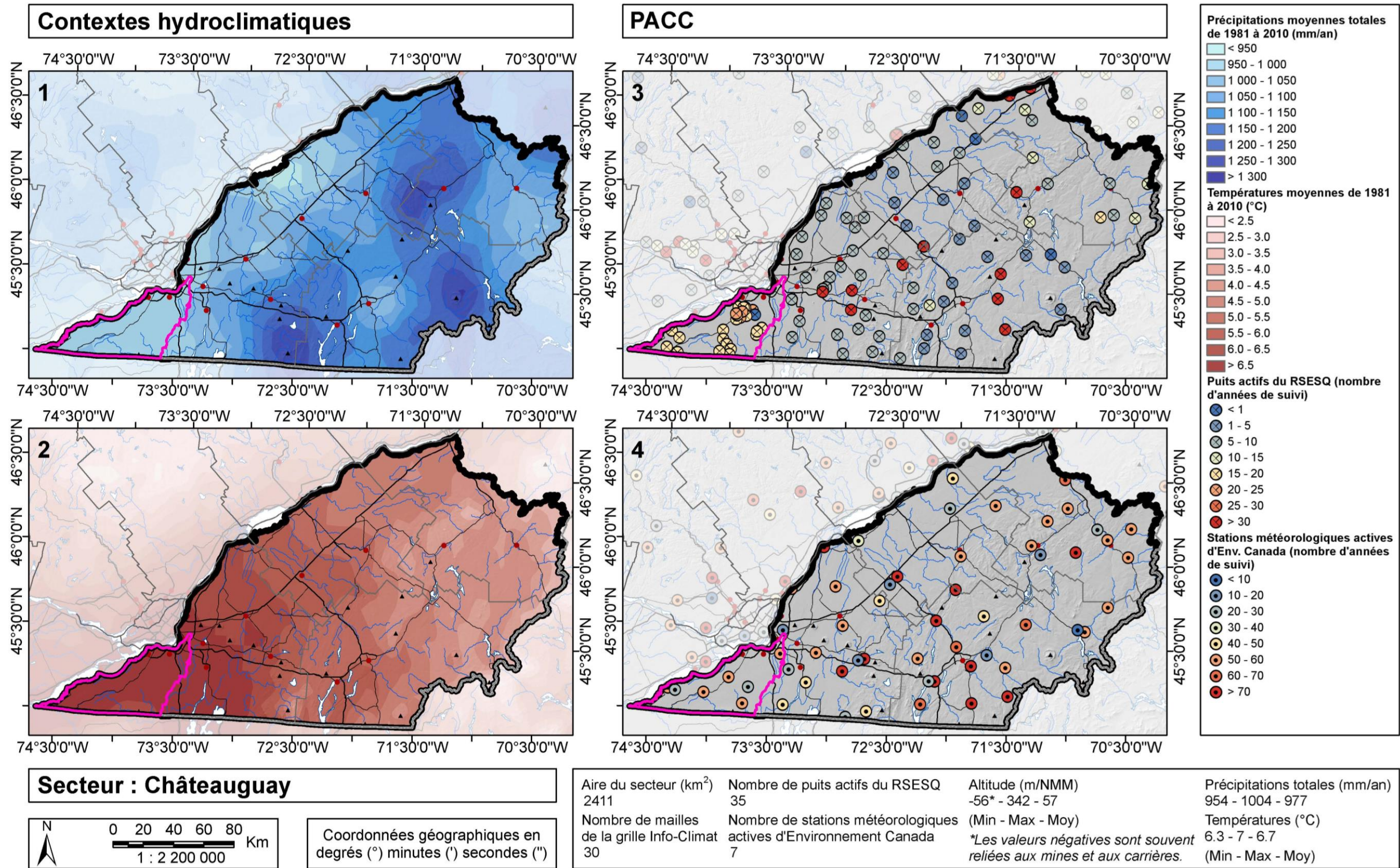


Planche A.7.12 : Secteur #12 – Châteauguay

Annexe 8

Traitement de la base de données des grands préleveurs d'eau

Source et format des données

Les données issues des déclarations des grands préleveurs d'eau (GPE), ont été récupérées auprès du MELCC depuis le lancement des projets PACES. Les fichiers transmis couvrent l'ensemble du Québec et les années suivantes : 2009, 2010 et 2011 puis 2015, 2016, 2017, 2018 et 2019. Ils ont été fournis aux formats Excel ou texte :

- **GPE_déclarations_lieux_sites_2009** (format texte) ;
- **GPE_déclarations_lieux_sites_2010** (format texte) ;
- **GPE-déclarations-lieux-sites-volumes-2011** (format Excel) ;
- **GPE Volume pour projet PACES-2015-2017** (format Excel) ;
- **GPE Volume pour projet PACES-2018-V2020-10-23** (format Excel) ;
- **GPE Volume pour projet PACES-2019-V2020-10-23** (format Excel).

Les métadonnées associées à ces fichiers fournissent un complément d'intérêt pour la compréhension des informations contenues. Depuis 2015, les fichiers sont formatés de façon similaire (tableau A.8.1).

Tableau A.8.1 : Description des champs de la base de données des grands préleveurs d'eau

Champ	Description du champ
Numéro de l'intervenant	Numéro de l'intervenant (SAGO)
Numéro du lieu	Numéro du lieu (SAGO)
Nom légal du lieu ou de la personne physique	Nom légal du lieu ou de la personne physique (SAGO)
Code SCIAN	Code SCIAN 2002
Secteur d'activité	Description du code SCIAN 2002
Date de début exploitation	Date de début de la période d'exploitation
Date de fin exploitation	Date de fin de la période d'exploitation
Numéro du site de prélèvement	Numéro du site de prélèvement
Nom du site de prélèvement	Nom du site de prélèvement
Longitude DD Nad83	Coordonnée en degré décimal NAD 83
Latitude DD Nad83	Coordonnée en degré décimal NAD 83
Source du prélèvement (code)	Code de la source du prélèvement
Source du prélèvement (description)	Description de la source du prélèvement
Nombre de mois de prélèvement	Nombre de mois de prélèvement qui correspond à la période d'exploitation déclarée
Mois de prélèvement	Le mois que le prélèvement a été effectué
Nombre de jour de prélèvement	Nombre de jours de prélèvement (durant la période d'exploitation)
Nombre de jour non fiable	Nombre de jours où la lecture n'a pas été fiable durant le mois
Volume total prélèvement par mois	Volume total prélevé par mois, par site, par code SCIAN du lieu en litre
Méthode de mesure	Méthode de mesure du prélèvement
Méthode d'estimation	Méthode de l'estimation quand c'est "estimé"
Type d'équipement de mesure	Type d'équipement de mesure quand la méthode de mesure est "mesuré"
Raison du bris	Raison du bris de l'appareil quand il y a des jours de prélèvement non fiables
Année de la déclaration	Année déclarée de la période d'exploitation

Pour les tableaux fournis entre 2009 et 2011, les champs sont généralement les mêmes que ceux inclus dans les déclarations récentes. Seuls quelques champs diffèrent : (a) en 2009 et 2010, le volume total prélevé est sur une base annuelle tandis que depuis 2011, il est déclaré sur une base mensuelle ; (b) le nom et la profession de la personne ayant rempli la déclaration n'est plus indiqué dans les déclarations récentes (2015-2019) et (c) depuis 2015, plusieurs changements ont été apportés : (i) un numéro est associé au site de prélèvement, (ii) un code est attribué en plus de la source de prélèvement, (iii) les mois de prélèvement sont également précisés et enfin (iv) l'année de la déclaration. Dans tous les cas, il est important de mentionner que les volumes sont indiqués en litre dans les fichiers originaux.

Note : afin de conserver la confidentialité des déclarants, la localisation des sites de prélèvement ne sera pas indiquée directement dans cette annexe. Lorsqu'elle est indiquée, il s'agit de coordonnées « fictives ».

Traitement préliminaire des déclarations originales et création d'un numéro unique

Les fichiers des années récentes ont été simplifiés et homogénéisés en trois fichiers distincts avant d'être traités :

- **GPE_Volume_2015-2016-2017** (format Excel) ;
- **GPE_Volume_2018** (format Excel) ;
- **GPE_Volume_2019** (format Excel).

Ensuite, un fichier Excel préliminaire (**GPE_Volume_2015-2016-2017_2018_2019**) a été produit dans le but de regrouper les informations des déclarations récentes (2015-2019) dans plusieurs onglets (en bordure) « *Volume XXXX* » (« XXXX » faisant référence à l'année de déclaration). Dans ce tableau Excel, le premier élément important est la création d'un numéro unique par site de prélèvement. En effet, plusieurs sites de prélèvement peuvent être associés à un lieu unique identifié par le champ « *Numéro du lieu* » qui réfère au Système d'aide à la gestion des opérations (SAGO). Dans l'exemple de la figure A.8.1, des divergences entre les années de déclarations ont été observées pour un même lieu (ici fictif bien que rencontré dans la base de données des GPE). Le « *Nom légal du lieu ou de la personne physique* » a été modifié en 2019 par rapport aux années précédentes, il est donc nécessaire d'utiliser le « *Numéro du lieu* » pour s'assurer de tenir compte du même lieu d'année en année. De plus, selon les années, le nombre de sites de prélèvement varie (ainsi que le « *Nom du site de prélèvement* ») ; il faut donc intégrer les coordonnées des sites de prélèvement dans le numéro unique créé pour associer un site de prélèvement au volume déclaré.

	Numéro unique	Numéro du lieu	Nom légal du lieu ou de la personne physique	Nom du site de prélèvement	Longitude DD Nad83	Latitude DD Nad83	
2015	X2009892-73.56755555649.6958888889	X2009892	Campement Eastmain 1	Captage d'eau souterraine (puits PP-1)	-73.56755556	49.69588889	4 sites
	X2009892-73.56716666749.6946944444	X2009892	Campement Eastmain 1	Captage d'eau souterraine (puits PP-2)	-73.56716667	49.69469444	
	X2009892-73.56863888949.6936111111	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-4	-73.56863889	49.69361111	
	X2009892-73.56902777849.6946666667	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-5	-73.56902778	49.69466667	
2016	X2009892-73.56755555649.6958888889	X2009892	Campement Eastmain 1	Captage d'eau souterraine (puits PP-1)	-73.56755556	49.69588889	4 sites
	X2009892-73.56716666749.6946944444	X2009892	Campement Eastmain 1	Captage d'eau souterraine (puits PP-2)	-73.56716667	49.69469444	
	X2009892-73.56863888949.6936111111	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-4	-73.56863889	49.69361111	
	X2009892-73.56902777849.6946666667	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-5	-73.56902778	49.69466667	
2017	X2009892-73.56755555649.6958888889	X2009892	Campement Eastmain 1	Captage d'eau souterraine (puits PP-1)	-73.56755556	49.69588889	3 sites
	X2009892-73.56863888949.6936111111	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-4	-73.56863889	49.69361111	
	X2009892-73.56902777849.6946666667	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-5	-73.56902778	49.69466667	
	X2009892-73.56755555649.6958888889	X2009892	Campement Eastmain 1	Captage d'eau souterraine (puits PP-1)	-73.56755556	49.69588889	
2018	X2009892-73.56863888949.6936111111	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-4	-73.56863889	49.69361111	3 sites
	X2009892-73.56902777849.6946666667	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-5	-73.56902778	49.69466667	
	X2009892-73.56755555649.6958888889	X2009892	Campement Eastmain 1	Captage d'eau souterraine (puits PP-1)	-73.56755556	49.69588889	
	X2009892-73.56863888949.6936111111	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-4	-73.56863889	49.69361111	
2019	X2009892-73.56902777849.6946666667	X2009892	Campement Eastmain 1	PP-5	-73.56902778	49.69466667	3 sites
	X2009892-73.56755555649.6958888889	X2009892	Hydro-Québec - Campement Eastmain 1	PP-1 (captage d'eau souterraine)	-73.56755556	49.69588889	

Note : Afin d'assurer la confidentialité des déclarants de l'exemple, les coordonnées des sites de prélèvement d'eau ont été modifiées.

Figure A.8.1 : Exemple de lieu (fictif) avec plusieurs sites de prélèvement et des divergences dans les données déclarées selon l'année

L'exemple de la figure A.8.1 montre ainsi l'utilité de créer un nouveau champ « *Numéro unique* » qui reprend le numéro du lieu et les coordonnées du site de prélèvement (champs « *Longitude DD Nad83* » et « *Latitude DD Nad83* »). Ce numéro unique est créé dans cinq onglets « *GPE_XXXX* » (onglets rouges). Une rencontre entre le MELCC et l'INRS le 24 février 2021 a permis d'apprendre qu'un identifiant unique a effectivement été assigné aux GPE mais que cet identifiant n'a pas été intégré aux données extraites de la base de données des GPE qui ont été transmises à l'INRS. L'exploitation des données sur les GPE pourrait ainsi se faire éventuellement sans réaliser la procédure de création d'un identifiant unique.

Donnée	Numéro unique	
Colonne	Nom	Calcul
A	Numéro unique	C2&K2&L2

Un onglet épuré (orange) « *Num_Uniques_GPE_15-16-17-18-19* » regroupe les 3 658 sites de prélèvement du Québec et leur numéro unique. Selon cet onglet simplifié, un autre (jaune) « *GPE_Calcul* » a été créé.

Dans ce nouvel onglet, un champ « *ID GPE Projet* » allant de « *GPE_0001* » à « *GPE_3658* » est créé pour le projet actuel afin d'éviter les erreurs lors d'opération sur Excel comme par exemple les tris de colonnes. Dans les colonnes M et N, les longitudes et latitudes ont été converties en coordonnées X et Y en NAD 83 Québec Lambert en exportant les données vers ArcGIS puis en se fiant à l'étape 2 de l'annexe 1. Plusieurs champs n'ont pas été conservés dans cet onglet afin de ne pas alourdir le fichier de calcul : « *Date de début exploitation* », « *Date de fin exploitation* », « *Nombre de mois de prélèvement* », « *Mois de prélèvement* », « *Nombre de jour de prélèvement* », « *Nombre de jour non fiable* » et « *Volume total prélevé par mois* ».

Les champs conservés ont été réorganisés et de nouveaux champs ont été ajoutés. Dans les colonnes T à X sont indiqués les années de déclaration (entre 2015 et 2019) sous la forme « *Déclaration en XXXX* » où « *XXXX* » réfère à l'année de la déclaration tandis que la colonne Y détermine le « *Nombre d'années de déclaration* » qui peut prendre les valeurs 1 à 5.

Donnée	Numéro unique	
Colonne	Nom	Calcul
Y	Nombre d'année de déclaration	NB.SI(T2:X2;"Oui")

Les colonnes Z à AD calculent les volumes annuels déclarés par site de prélèvement en litre selon l'année. La formule implique ici l'usage du numéro unique précédemment créé afin de faire seulement la somme des prélèvements d'eau associé à chaque site pour une année donnée.

Donnée	Volume annuel en litre	
Colonnes	Nom	Calcul
Z à AD	Volume XXXX (en L) Le « XXXX » référant à l'année	SOMME.SI(GPE_2015!A:A;GPE_Calcul!B:B;GPE_2015!S:S)

Les volumes annuels sont convertis en m³ dans les colonnes AE à AI. Lorsque la déclaration n'a pas été faite, « *#N/A* » est indiqué dans la cellule pour ne pas obtenir de valeurs nulles lors du calcul des statistiques.

Donnée	Volume annuel en m ³	
Colonnes	Nom	Calcul
AE à AI	Volume XXXX (en m ³) Le « XXXX » référant à l'année	SI(T2="Oui";Z2/1000;"#N/A")

Pour chaque site, le volume total en m³ sur les années déclarées est indiqué dans la colonne AJ.

Donnée	Volume total annuel en m ³	
Colonne	Nom	Calcul
AJ	Volume total (en m ³)	NB.SI(T2:X2;"Oui")

De même, les volumes annuels minimum, maximum et moyen, toujours en m³, ont été calculés dans les colonnes respectives : AK, AL et AM. La moyenne est seulement calculée sur le nombre d'année déclarées.

Donnée	Volumes annuels minimum, maximum et moyen en m ³	
Colonne	Nom	Calcul
AK	Volume minimum (en m ³)	MIN(SI(AE2:AI2<>"#N/A";AE2:AI2))
AL	Volume maximum (en m ³)	MAX(SI(AE2:AI2<>"#N/A";AE2:AI2))
AM	Volume moyen (en m ³)	MOYENNE(SI(AE2:AI2<>"#N/A";AE2:AI2))

Finalement, un champ « *Catégorie d'usage de l'eau* » est ajouté dans la colonne AN. Ce dernier champ réfère à l'une des trois catégories d'usage de l'eau : agricole, ICI ou municipal. Il a été établi en se fiant au « *Code SCIAN* » du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord de 2002 (Statistiques Canada, 2021) indiqué dans la colonne F. Même si l'attribution des codes SCIAN semble problématique dans plusieurs cas (section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), il a été décidé de les conserver tel quel pour cette étape. Un tri sera fait uniquement sur le territoire de la Montérégie Est par la suite. L'association des catégories d'usage de l'eau selon les codes SCIAN est indiquée dans le tableau A.8.2. La procédure a consisté à classer tous les codes SCIAN dans la catégorie ICI à l'exception des codes commençant par 11 classés en agricole. La catégorie d'usage de l'eau a été attribuée manuellement pour les sites de prélèvement d'eau avec le code SCIAN 22131 puisqu'il regroupe diverses catégories d'usage de l'eau : des réseaux d'aqueduc municipaux associés à un usage municipal et des systèmes d'irrigation (golf, station de ski ou camping) reliés à un usage ICI.

Tableau A.8.2 : Association des codes SCIAN avec la catégorie d'usage correspondante

Code SCIAN	Secteur		Catégorie d'usage de l'eau
11	Agriculture, foresterie, pêche et chasse		Agricole
22131	Services publics : réseaux d'aqueduc & systèmes d'irrigation	Réseaux d'aqueduc municipaux	Municipal
		Systèmes d'irrigation : golf, station de ski, camping	ICI

Autres	Toutes autres industries	ICI
--------	--------------------------	-----

Dans la BD des GPE, le code SCIAN attribué à un GPE peut changer d'une année sur l'autre alors qu'il ne devrait pas être modifié (sauf exception). Un exemple a notamment été répertorié où un même GPE (avec un même numéro unique) avait le code SCIAN 22131 (réseaux d'aqueduc et systèmes d'irrigation) en 2018 puis le code SCIAN 238210 (entrepreneurs en travaux d'électricité et en installation de câblage) en 2019. Cette incohérence est peut-être dû à un changement de personne remplissant le formulaire de déclaration.

Finalement, deux derniers onglets sont ajoutés au fichier « **GPE_Volume_2015-2016-2017-2018-2019** » : (1) un premier (vert clair), nommé « *GPE_Quebec* », correspond à une copie de l'onglet « *GPE_Calcul* » puis (2) un deuxième (vert foncé), nommé « *GPE_Quebec_SIG* », avec des noms de champs conformes (i.e. sans accent ni espace) permet l'export vers ArcGIS et dont les champs sont décrits dans le tableau A.8.3.

Tableau A.8.3 : Description des champs de la table des GPE du Québec (*GPE_Quebec_SIG*) après la phase de traitement préliminaire des données (**GPE_Volume_2015-2016-2017-2018-2019**)

Champ	Description du champ
ID_GPE_Projet	Identifiant unique pour le projet actuel
ID_Unique	Identifiant unique du site de prélèvement d'eau
ID_Intervenant	Numéro de l'intervenant (SAGO)
ID_Lieu	Numéro du lieu (SAGO)
Nom_Legal	Nom légal du lieu ou de la personne physique (SAGO)
Code_Scian	Code SCIAN 2002
Sect_Activite	Description du code SCIAN 2002
Num_Site	Numéro du site de prélèvement
Nom_Site	Nom du site de prélèvement
Long	Coordonnée en degré décimal NAD 83
Lat	Coordonnée en degré décimal NAD 83
X	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
Code_Source_Prelevement	Code de la source du prélèvement
Desc_Source_Prelevement	Description de la source du prélèvement
Methode_Mesure	Méthode de mesure du prélèvement
Methode_Estimation	Méthode de l'estimation quand c'est "estimé"
Type_Equipement_Mesure	Type d'équipement de mesure quand la méthode de mesure est "mesuré"
Raison_Bris	Raison du bris de l'appareil quand il y a des jours de prélèvement non fiables
Decla_2015	GPE déclaré en 2015 (Oui / Non)
Decla_2016	GPE déclaré en 2016 (Oui / Non)
Decla_2017	GPE déclaré en 2017 (Oui / Non)
Decla_2018	GPE déclaré en 2018 (Oui / Non)
Decla_2019	GPE déclaré en 2019 (Oui / Non)
Nb_An_Decla	Nombre d'années déclarées sur les 5 ans disponibles (2015-2019)
Vol_2015_L	Volume d'eau prélevé en 2015 (L)
Vol_2016_L	Volume d'eau prélevé en 2016 (L)
Vol_2017_L	Volume d'eau prélevé en 2017 (L)
Vol_2018_L	Volume d'eau prélevé en 2018 (L)
Vol_2019_L	Volume d'eau prélevé en 2019 (L)
Vol_2015_m3	Volume d'eau prélevé en 2015 (m ³)
Vol_2016_m3	Volume d'eau prélevé en 2016 (m ³)
Vol_2017_m3	Volume d'eau prélevé en 2017 (m ³)
Vol_2018_m3	Volume d'eau prélevé en 2018 (m ³)
Vol_2019_m3	Volume d'eau prélevé en 2019 (m ³)
Vol_Tot_m3	Volume total d'eau prélevé sur la période 2015-2019 (m ³)
Vol_Min_m3	Volume minimal d'eau prélevé sur la période 2015-2019 (m ³)
Vol_Max_m3	Volume maximal d'eau prélevé sur la période 2015-2019 (m ³)

Vol_Moy_m3	Volume moyen d'eau prélevé sur la période déclarée (m ³)
Cat_Usage_Eau	Catégorie d'usage de l'eau

Sur l'ensemble de la province, il y a donc 3 658 sites uniques de grands préleveurs d'eau, qu'elle soit souterraine ou de surface. Hormis les deux prochaines sections de l'annexe 8, les prochaines étapes ont nécessité un travail plus spécifique et ont donc seulement concernées la région de la Montérégie Est.

Définition des GPE permanents

Une comparaison des GPE déclarés sur la période récente (2015-2019) a été faite avec une période plus ancienne (2009-2011) afin de définir les GPE « permanents », soit ceux enregistrés à la fois sur les périodes ancienne (2009-2011) et récente (2015-2019). La procédure est présentée ici à titre indicatif même si les résultats suggèrent l'intérêt d'utiliser uniquement les déclarations récentes (2015-2019) (section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Un premier fichier Excel (**GPE_Volume_2009-2010-2011**) est créé dans le but de regrouper les GPE déclarés entre 2009 et 2011. Trois onglets (en bordeaux), intitulés « *Volume_XXXX* » (le « XXXX » correspondant à l'année en question), reprennent les données transmises par le ministère avec l'ajout d'un champ « *Année de déclaration* » dans la colonne W. À chacun de ces onglets est associé un autre onglet « *GPE XXXX* » (en rouge) dans lequel est ajouté le « *Numéro unique* » (colonne A) décrit précédemment. Comme la précision des données de latitude et de longitude ne sont pas constantes, deux autres champs sont ajoutés dans les colonnes B et C : « *Longitude (arrondie à la 5^{ème} décimale)* » et « *Latitude (arrondie à la 5^{ème} décimale)* ». Ceci permet d'obtenir un numéro unique uniformisé entre les années et les déclarants.

Donnée	Numéro unique uniformisé	
Colonne	Nom	Calcul
A	Numéro unique	E2&B2&C2
B	Longitude (arrondie à la 5 ^{ème} décimale)	ARRONDI(M2;5)
C	Latitude (arrondie à la 5 ^{ème} décimale)	ARRONDI(N2;5)

Un dernier onglet (orange) épuré « *Num_Uniques_GPE_09-10-11* » répertorie les 2 976 sites de prélèvement déclarés entre 2009 et 2011 au Québec. Cet onglet est ensuite copié (en bordeaux) vers un fichier Excel (**GPE_Comparatif_2009-2011_2015-2019**). Dans ce classeur est ajouté l'onglet (en rouge) « *Num_Uniques_GPE_15-16-17-18-19* » issu du fichier « **GPE_Volume_2015-2016-2017-2018-2019** ».

Un onglet « *Comparatif* » (en orange) est alors créé dans ce nouveau tableur Excel. Cet onglet regroupe les 2 976 numéros uniques recensés entre 2009 et 2011 (colonne A) et les 3 658 répertoriés entre 2015 et 2019 (colonne B). La colonne C (*Numéro unique commun*) recherche les numéros uniques en commun sur les deux périodes de recensement tandis que la colonne D (*Nombre valeur commune*) permet de calculer le nombre total de GPE en commun sur tout le territoire québécois, soit uniquement 1 760. La figure A.8.2 montre bien que la procédure détaillée ici élimine un nombre trop important de GPE (section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Néanmoins, un onglet « *GPE_Conserve* » (jaune) détaille les informations des 1 760 GPE communs puis l'export vers ArcGIS est rendu possible en se référant à l'onglet « *GPE_Conserve_SIG* » (vert clair).

Donnée	Numéro unique commun sur les deux périodes de temps
--------	---

Colonnes	Nom	Calcul
C	Numéro unique commun	RECHERCHEV(B2;\$A\$2:\$A\$2977;1;0)

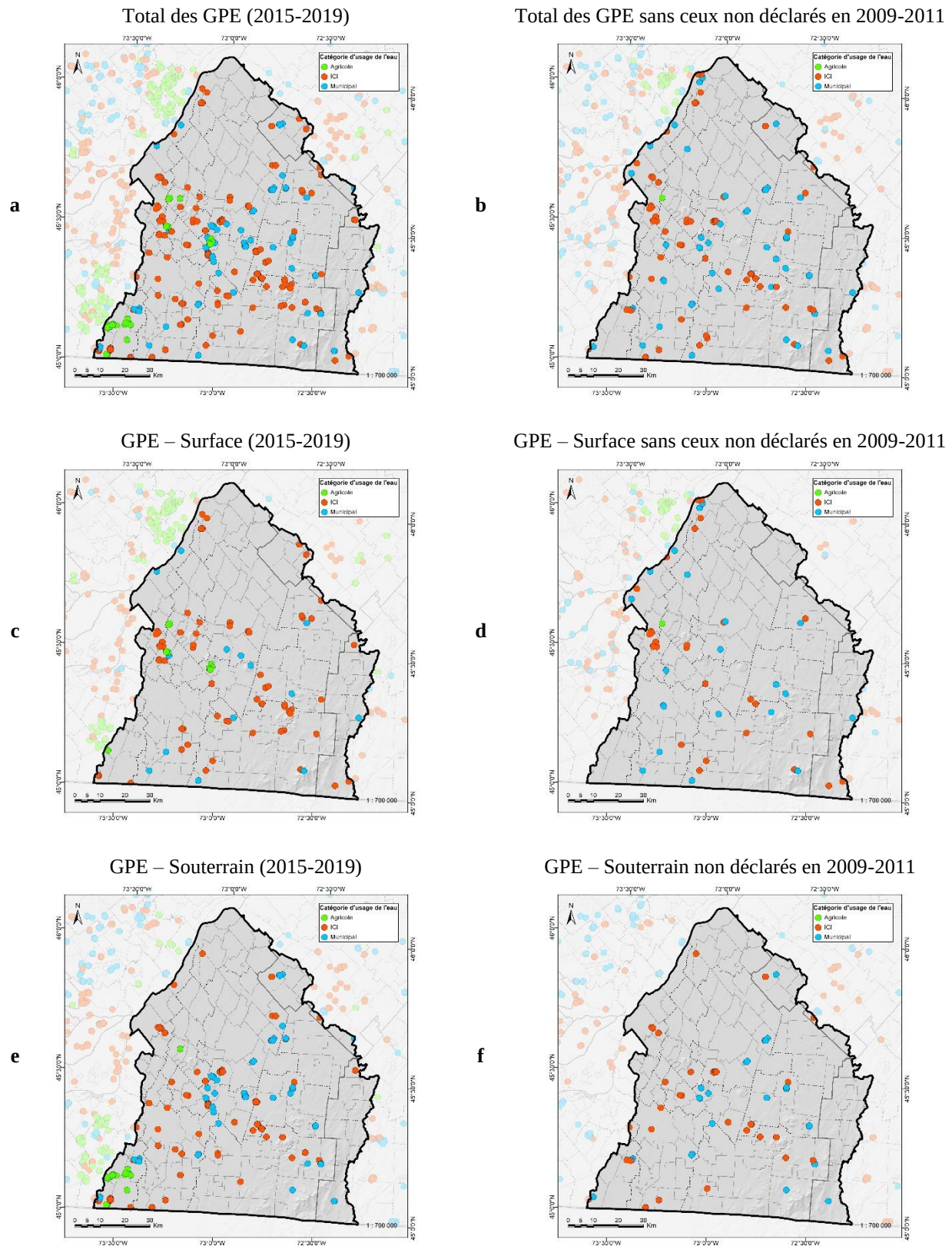


Figure A.8.2 : Estimation des GPE « permanents » en comparant l'ensemble des GPE de la Montérégie Est déclarés au moins une fois entre 2015 et 2019 (a, c et e) avec ceux uniquement déclarés sur les deux périodes de temps : 2009-2011 à 2015-2019 (b, d et f)

Définition des volumes représentatifs

Comme les volumes déclarés pour un même GPE peuvent fortement varier entre les années, l'objectif est ici de déterminer quel serait le volume d'eau prélevée annuellement le plus « représentatif » pour un site de prélèvement donné. De la même façon que pour la définition des GPE permanents précédemment décrite, la procédure est présentée ici à titre indicatif. En effet, le processus détaillé ici a montré que ce sont les volumes moyens calculés sur le nombre d'années déclarées qui seraient les plus représentatifs (section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Le fichier de calcul créé (**GPE_Comparatif_Volume_Moy_Max**) est tout d'abord agrémenté de l'onglet « *GPE_Quebec* » (en bordeaux) extrait du fichier Excel « **GPE_Volume_2015-2016-2017-2018-2019** ». Ces données sont simplifiées dans un nouvel onglet « *GPE_Quebec_Simplifie* » pour servir de base aux calculs des statistiques descriptives pour l'ensemble du Québec. Cet onglet regroupe notamment les volumes moyen (colonne D) et maximum (colonne E) en m³ de chaque site de prélèvement ainsi qu'un champ permettant d'identifier le prélèvement « *ID GPE Projet* » (colonne A). Les colonnes B et C indiquent respectivement la « *Source du prélèvement (description)* » et la « *Catégorie d'usage de l'eau* » nécessaires à l'élaboration des statistiques. Les colonnes F à O permettent le calcul des volumes moyen et maximum par catégorie d'usage (agricole, ICI ou municipal) et par source de prélèvement (eau souterraine ou eau de surface).

Donnée	Volumes moyen et maximum	
Colonne	Nom	Calcul
F	Volume moyen Surface (en m3)	SI(B2="Surface";D2;0)
G	Volume maximum Surface (en m3)	SI(B2="Surface";E2;0)
H	Volume moyen Souterrain (en m3)	SI(B2="Souterrain";D2;0)
I	Volume maximum Souterrain (en m3)	SI(B2="Souterrain";E2;0)
J	Volume moyen Agricole (en m3)	SI(C2="Agricole";D2;0)
K	Volume maximum Agricole (en m3)	SI(C2="Agricole";E2;0)
L	Volume moyen ICI (en m3)	SI(C2="ICI";D2;0)
M	Volume maximum ICI (en m3)	SI(C2="ICI";E2;0)
N	Volume moyen Municipal (en m3)	SI(C2="Municipal";D2;0)
O	Volume maximum Municipal (en m3)	SI(C2="Municipal";E2;0)

Il est également possible de faire le même travail en se concentrant uniquement sur la Montérégie Est. Pour cela, l'onglet « *GPE_Quebec_SIG* » du fichier Excel « **GPE_Volume_2015-2016-2017-2018-2019** » est tout d'abord exporté en csv sous l'intitulé « **GPE_Quebec** ». Les 3659 points sont ensuite importés sur ArcGIS avec l'outil Add XY Data accessible depuis l'onglet File de la barre d'outils. Lors de l'importation, il est nécessaire de préciser le système de projection de la grille soit NAD 1983 Québec Lambert.

Puis, cette couche d'entités ponctuelles est enregistrée au format shapefile (**GPE_Quebec**) grâce à l'outil Export Data. L'onglet Selection (Selection by Attributes) de la barre d'outils d'ArcGIS permet ensuite de sélectionner uniquement les GPE situés en Montérégie Est en utilisant la couche « **Zone_Etude_PACES_ME** ». Enfin, les 338 GPE sélectionnés sont ensuite exportés en txt via l'outil Export (Selected records) de la table attributaire. Le fichier exporté (**Quebec_ME**) est ensuite ajouté dans un nouvel onglet (**GPE_ME**) du fichier Excel « **GPE_Comparatif_Volume_Moy_Max** ». Le fichier texte créé « **GPE_ME** » est ensuite supprimé pour le bien du présent projet afin de ne pas interférer avec les autres fichiers créés dans la suite du traitement des GPE.

L'onglet « *GPE_ME* » (bordeaux) est formaté de façon similaire à l'onglet « *GPE_Quebec* » puis un autre onglet « *GPE_ME_Simplifie* » (rouge) est ajouté également et contenant les différents calculs. Les cinq derniers onglets (en orange) contiennent tous les résultats des statistiques descriptives. Ils sont organisés en deux sections : la première réfère à l'ensemble des GPE de la province tandis que la deuxième traite des GPE uniquement localisés en Montérégie Est. Le contenu de ces onglets est détaillé ci-dessous :

- *Total GPE_Stats* : ensemble des GPE du Québec et la Montérégie Est ;
- *GPE_Surf_Stats* : GPE du Québec et de la Montérégie Est exploitant l'eau de surface ;
- *GPE_Sout_Stats* : GPE du Québec et de la Montérégie Est exploitant l'eau souterraine ;
- *GPE_Agricole_Stats* : GPE du Québec et de la Montérégie Est de la catégorie agricole ;
- *GPE_ICI_Stats* : GPE du Québec et de la Montérégie Est de la catégorie ICI ;
- *GPE_Municipal_Stats* : GPE du Québec et de la Montérégie Est de la catégorie municipale.

Dans chaque onglet, les statistiques descriptives (minimum, maximum, moyenne, 1^{er} quartile, 3^e quartile et médiane) sont calculées dans la colonne B, intitulée « *Total GPE (vol. moy.)* », et la colonne C, nommée « *Total GPE (vol. max.)* » pour l'ensemble des GPE du Québec. Les statistiques de la colonne B utilisent les valeurs moyennes des volumes déclarés tandis que la colonne C considère les volumes maximaux. Ensuite, le champ « *Hausse (absolue)* » (colonne D) et le champ « *Hausse (ratio)* » (colonne E) rendent compte de l'augmentation des volumes lorsque la valeur maximale est considérée. Les mêmes calculs sont effectués dans les colonnes N à Q pour les GPE de la Montérégie Est. Quand le volume déclaré était nul, la valeur n'était pas prise en compte dans les statistiques (le volume minimal rencontré est donc restreint à 1 m³/an afin de pouvoir être affiché convenablement sur une échelle logarithmique – voir figures A.8.3 et A.8.4).

Dans ces mêmes onglets, des graphiques (sous forme de *box-plot*) présentent un comparatif des volumes annuels prélevés (en m³/an) en utilisant (1) le volume moyen et (2) le volume maximal. L'ensemble de ces graphiques est également fourni pour l'ensemble du Québec et uniquement pour la Montérégie Est dans les figures A.8.3 et A.8.4.

Il est important de noter que les calculs décrits ici ne tiennent pas compte du reclassement potentiel de certaines carrières vers l'usage souterrain. En effet, l'attribution de la source du prélèvement peut, dans certains cas, être erronée. Ce constat est évoqué dans la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et détaillé un peu plus loin dans la présente annexe.

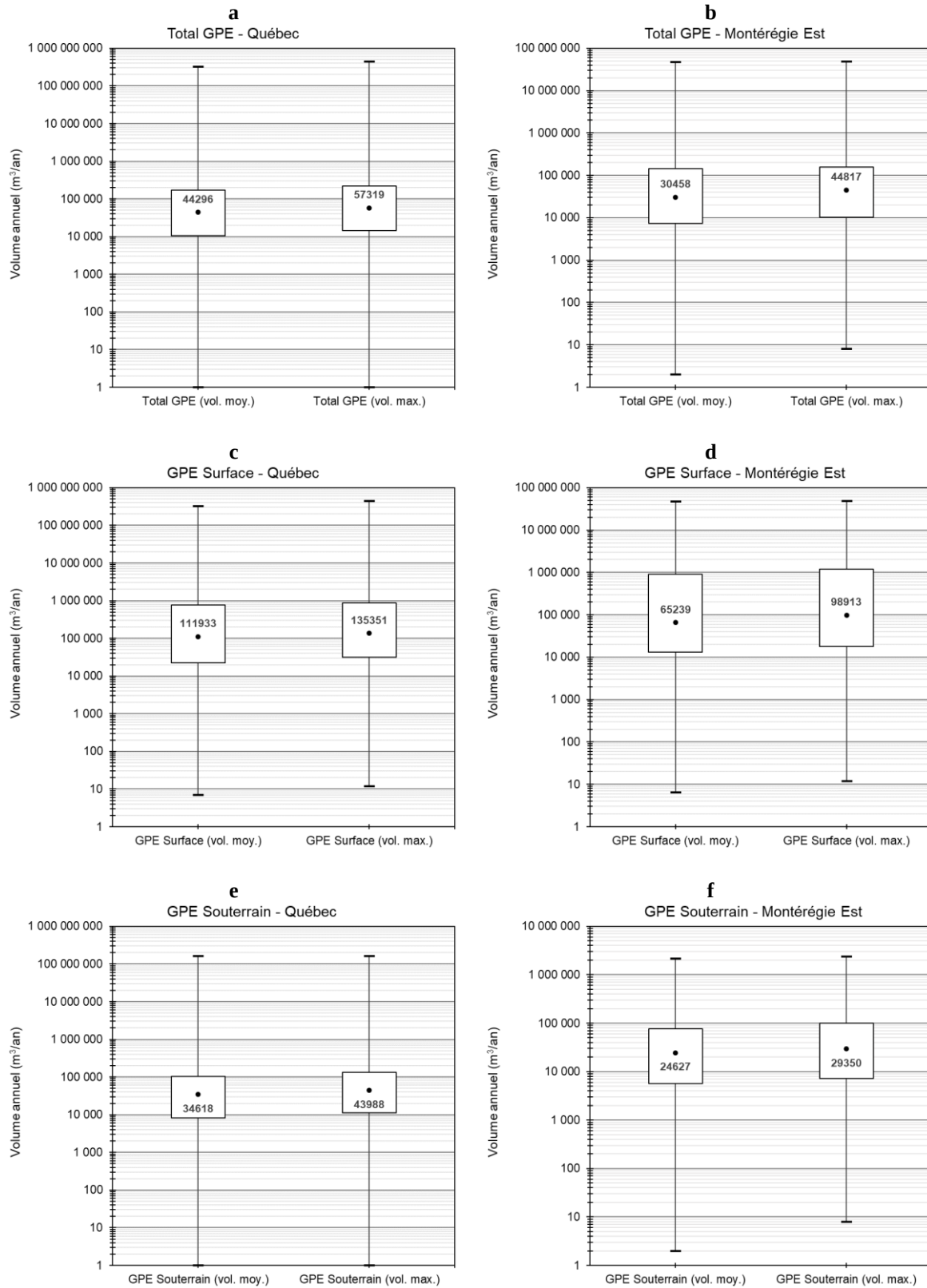


Figure A.8.3 : Estimation du volume « représentatif » en comparant les volumes annuels moyens et maximaux pour l'ensemble des GPE du Québec (a, c et e) et de la Montérégie Est (b, d et f) selon la source de prélèvement (eau souterraine ou eau de surface)

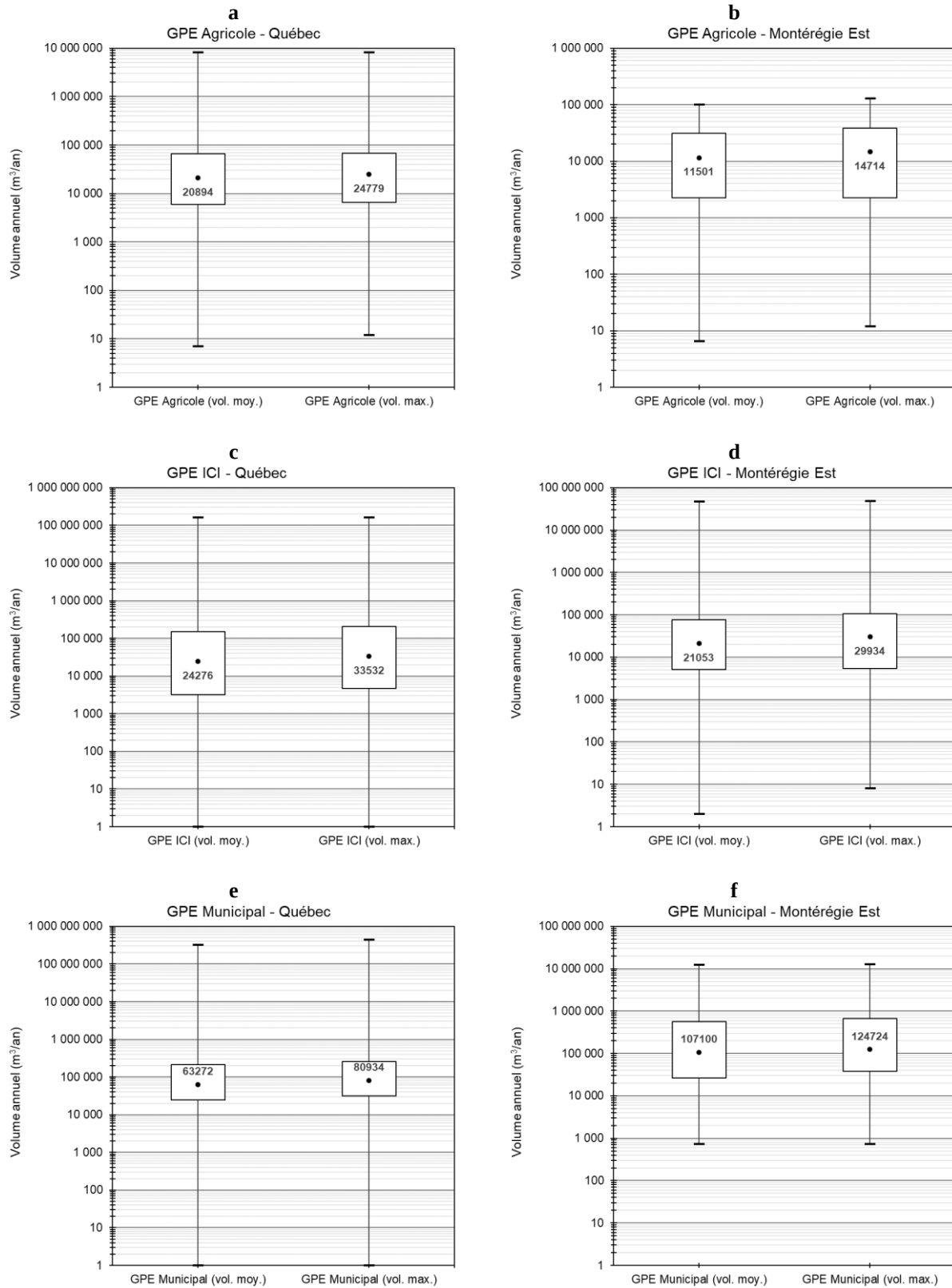


Figure A.8.4 : Estimation du volume « représentatif » en comparant les volumes annuels moyens et maximaux pour l'ensemble des GPE du Québec (a, c et e) et de la Montérégie Est (b, d et f) selon la catégorie d'usage de l'eau (agricole, ICI ou municipal)

Sélection des GPE pour la Montérégie Est

Les onglets « *GPE_Quebec* » et « *GPE_Quebec_SIG* » du fichier Excel « **GPE_Volume_2015-2016-2017-2018-2019** » sont tout d'abord extraits dans un fichier final (**GPE_Quebec**) regroupant l'ensemble des GPE de la province, soit 3 658 sites. L'onglet « *GPE_Quebec_SIG* » est ensuite exporté au format csv (**GPE_Quebec**) pour être importé vers ArcGIS en utilisant l'outil Add XY Data accessible depuis l'onglet File de la barre d'outils d'ArcGIS. Lors de l'importation, il est nécessaire de préciser le système de projection de la grille soit NAD 1983 Québec Lambert.

But	Importer les GPE du Québec		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
1	GPE_Quebec.csv	Add XY Data	GPE_Quebec (event)

Le fichier est ensuite enregistré au format shapefile compatible avec ArcGIS grâce à l'outil Export Data.

But	Convertir le fichier au format SIG compatible		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
2	GPE_Quebec (event)	Export Data	GPE_Quebec.shp

Une sélection est ensuite faite pour conserver seulement les GPE situés en Montérégie Est. Pour cela, le shapefile « **Zone_Etude_PACES_ME** » est utilisé dans l'outil Selection (Select By Location). La sélection est exportée via la table attributaire sous un nouveau fichier texte (**GPE_ME_Initial**) qui contient 338 sites de prélèvement d'eau uniques.

But	Sélectionner les GPE de la Montérégie Est		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
3	GPE_Quebec.shp	Selection (Select By Location)	GPE_ME_Initial.txt
	Zone_Etude_PACES_ME.shp		

Traitement spécifique de la BD des GPE pour la Montérégie Est

Les opérations suivantes nécessitent un regard au cas par cas, elles ont donc été appliquées uniquement en Montérégie Est mais seraient reproductibles sur toute autre région d'étude. Un premier tableur Excel (**GPE_Monteregie_Est**) est créé à partir du fichier texte (**GPE_ME_Initial**) qui est ajouté dans un premier onglet (en bordeaux) : « *GPE_ME_Initial* ». Un autre onglet « *GPE_ME_Initial_SIG* » (en rouge) est ajouté avec des champs sans accents, ni espaces ou caractères spéciaux pour être exporté puis utilisé uniquement sur ArcGIS pour effectuer des vérifications sur la BD des GPE. Ces deux onglets contiennent notamment des champs faisant référence à l'identifiant produit dans le cadre du projet actuel (colonne A) et au numéro unique du site de prélèvement d'eau (colonne B). C'est dans ce nouveau fichier Excel que va être appliqué le traitement des 338 GPE initiaux de la Montérégie Est.

Un premier onglet (orange) relatif au traitement est ajouté (*GPE_ME_Categorie_Usage*) afin de corriger certaines erreurs associées à l'attribution d'un code SCIAN inadéquat qui renvoie par la suite au mauvais secteur d'activité et finalement à une catégorie d'usage de l'eau erronée. Comme cette erreur a été rencontrée pour un seul cas (figure A.8.5), la correction a ensuite été appliquée directement dans tous les autres onglets du tableur Excel. Le correctif est apporté dans la colonne AN (*Catégorie d'usage de l'eau*).

	Numéro unique	Numéro du lieu	Nom légal du lieu ou de la personne physique	Code Scian	Secteur d'activité	Nom du site de prélèvement	Catégorie d'usage de l'eau
Site #1	X2074005-70.783305555648.0946111111	X2074005	Le Club de golf de la Vallée du Richelieu inc.	11199	Toutes les autres cultures agricoles	Lac artificiel (principal)	Agricole
Site #2	X2074005-70.7276194444448.0949166667	X2074005	Le Club de golf de la Vallée du Richelieu inc.	11199	Toutes les autres cultures agricoles	Lac artificiel (secondaire 1)	Agricole
Site #3	X2074005-70.783138888948.08975	X2074005	Le Club de golf de la Vallée du Richelieu inc.	11199	Toutes les autres cultures agricoles	Lac artificiel (secondaire 2)	Agricole

Note : Afin d'assurer la confidentialité du déclarant de l'exemple, les numéros uniques des divers sites de prélèvement d'eau (basés sur les coordonnées) ont été modifiés.

Annotations :
 - Site #1 : Mauvais secteur d'activité (pointe vers le code SCIAN 11199)
 - Site #2 : ICI (pointe vers la catégorie d'usage Agricole)
 - Site #3 : Code SCIAN inadéquat (pointe vers le code SCIAN 11199)

Figure A.8.5 : Exemple d'erreur associée à l'attribution de la catégorie d'usage de l'eau

Un second onglet (jaune) permet de vérifier et corriger le cas échéant la source du prélèvement (eau souterraine ou eau de surface) : « *GPE_ME_Source_Prelèvement* ». La source du prélèvement initiale est indiquée dans les colonnes J et K puis la source du prélèvement est corrigée dans les colonnes N et O. En s'aidant du champ « *Catégorie d'usage de l'eau* » (colonne L), la procédure de traitement est la suivante :

1. Si la « *Catégorie d'usage de l'eau* » est « *Municipal* », la source du prélèvement est conservée ;
2. Si la « *Catégorie d'usage de l'eau* » est « *Agricole* », plusieurs options sont possibles :
 - a. Si la source du prélèvement initiale est l'eau souterraine, elle est préservée ;
 - b. Si la source du prélèvement initiale est l'eau de surface, le site est vérifié au cas par cas par imagerie aérienne sur ArcGIS (voire Google Maps) puis la source du prélèvement est maintenue ou corrigée selon le jugement de l'opérateur ;
3. Si la « *Catégorie d'usage de l'eau* » est « *ICI* », plusieurs options sont possibles :
 - a. Si la source du prélèvement initiale est l'eau souterraine, elle est maintenue ;
 - b. Si la source du prélèvement initiale est l'eau de surface, chaque site est vérifié individuellement toujours par imagerie aérienne puis la source du prélèvement est conservée ou modifiée au besoin par l'opérateur.

La figure A.8.6 présente quelques exemples de cas rencontrés en Montérégie Est. Un indice de confiance est ajouté dans la colonne O (*indice de confiance de la source de prélèvement*). Cet indice est en partie basé sur le jugement professionnel de l'opérateur effectuant les vérifications ; il est ajouté à titre indicatif selon la description du tableau A.8.4. Toutefois, lorsque la source de prélèvement initialement indiquée est l'eau souterraine, l'indice de confiance est considéré comme élevé (SPa). C'est aussi le cas quand un usage municipal est associé à un prélèvement de surface. Pour le reste des cas de figure, le jugement professionnel est appliqué et si un changement est apporté, un « x » est ajouté à la fin de l'indice (SPax, SPbx ou SPcx).

Tableau A.8.4 : Description de l'indice de confiance attribué à la source de prélèvement

Indice	Classe	Critères d'attribution
SPa	Élevé	« Source de prélèvement » = « Souterrain »
		« Source de prélèvement » = « Surface » et « Catégorie d'usage de l'eau » = « Municipal »
SPb	Moyen	Jugement professionnel de l'opérateur dans les autres cas
SPc	Faible	
x	-	Un « x » est ajouté à la fin de l'indice lorsque la source de prélèvement est modifiée.

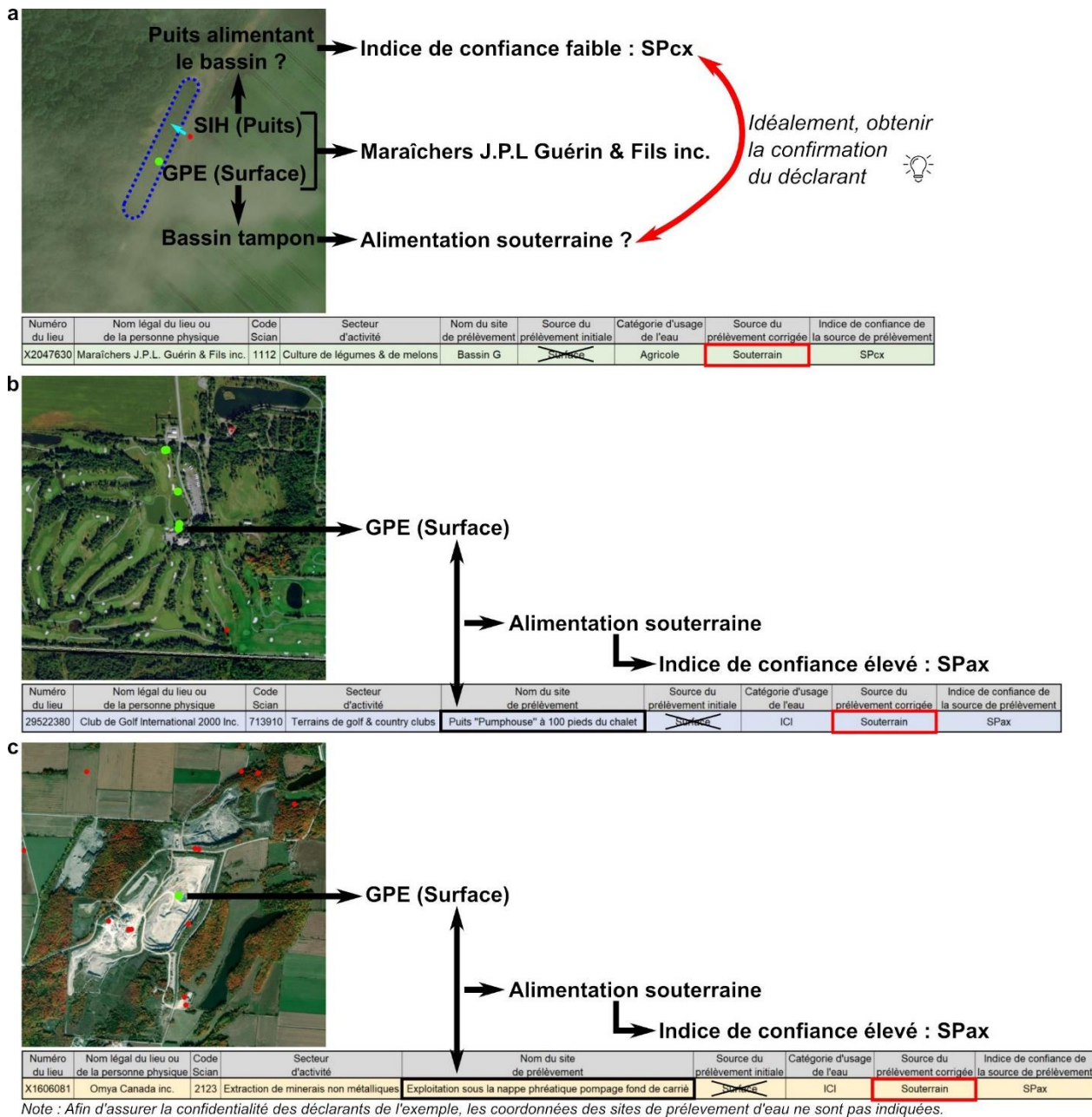


Figure A.8.6 : Exemples d'erreurs associées à l'attribution d'une source de prélèvement inadéquate dans la déclaration initiale : (a) cas d'un bassin tampon en milieu agricole, (b) cas d'un golf avec un puits et (c) cas d'une carrière pompant les eaux souterraines

Un troisième onglet (vert clair), intitulé « *GPE_ME_Methode_Mesure* », permet d'affilier à la méthode de mesure du débit ou du volume déclaré un indice de confiance sur la méthode employée. La colonne O indique la « *Précision de la méthode de mesure* » (mesurée, estimée ou non précisée selon les cas) tandis qu'un « *Indice de confiance de la méthode de mesure* » est précisé dans la colonne P. L'attribution de cet indice est décrite dans le tableau A.8.5. Si un bris est rapporté dans la colonne M (*Raison du bris*), un « x » est ajouté à la fin de l'indice (MMax). Quand la « *Méthode de mesure* » (colonne J) est un « *Équipement de mesure* », alors la confiance est considérée comme élevée (MMa). Dans le cas d'une « *Méthode d'estimation* », elle est dite moyenne (MMb) et finalement faible (MMc) quand la « *Méthode de mesure* » n'est pas précisée (« #N/A » dans la colonne J).

Tableau A.8.5 : Description de l'indice de confiance attribué à la méthode de mesure

Indice	Classe	Critères d'attribution
MMa	Élevé	« Méthode de mesure » = « Équipement de mesure »
MMb	Moyen	« Méthode de mesure » = « Méthode d'estimation »
MMc	Faible	« Méthode de mesure » = « #N/A »
x	-	Un « x » est ajouté à la fin de l'indice lorsqu'il y a un bris d'équipement.

Un quatrième onglet (vert foncé) traite des erreurs potentielles reliées à des localisations erronées : « *GPE_ME_Localisation_Site* ». Pour ce faire, les sites ont été vérifiées un à un par vue aérienne sur ArcGIS. L'emploi de Google Maps a également permis de s'assurer de la concordance entre le « Nom légal du lieu ou de la personne physique » et l'adresse réelle du site en question. Cette étape a été nécessaire puisque plusieurs erreurs ont été recensées (figure A.8.7) et notamment un golf localisé au droit d'un autre golf portant un nom différent et localisé à plus de 30 km de distance.

Cet onglet indique la localisation initiale issue de la déclaration dans les colonnes L et M, respectivement nommée « *X initiale (Québec Lambert Nad83)* » et « *Y initiale (Québec Lambert Nad83)* ». La colonne O précise si la « *Localisation du site* » est conservée, modifiée ou bien rejetée (dans le cas où le site est finalement en dehors de la Montérégie Est). Les colonnes P et Q indiquent ensuite les coordonnées finalement retenues tandis que la colonne R affiche un « *Indice de confiance de la localisation du site* » essentiellement basé sur le jugement professionnel de l'opérateur du tableau A.8.6. Ce jugement peut être appuyé par la collecte d'informations qui permettent de préciser la localisation du site : informations complémentaires dans la table des GPE, confirmation de l'emplacement du site grâce à la vue aérienne (ArcGIS ou Google Maps), vérification de l'adresse postale du site ou encore utilisation de Google Street View. Lorsque la position du site a été modifiée, un « x » est ajouté à la fin de l'indice de confiance (LSax, LSbx ou LScx).

Tableau A.8.6 : Description de l'indice de confiance attribué à la localisation du site

Indice	Classe	Critères d'attribution
LSa	Élevé	Jugement professionnel de l'opérateur
LSb	Moyen	
LSc	Faible	
x	-	Un « x » est ajouté à la fin de l'indice lorsque la position du site a été modifiée.

L'onglet (bleu clair) « *GPE_ME_Final* » regroupe toutes les informations de l'onglet « *GPE_ME_Initial* », corrigées de l'onglet « *GPE_ME_Categorie_Usage* » et agrémentées des informations extraites des trois onglets précédemment détaillés : « *GPE_ME_Source_Prelevement* », « *GPE_ME_Methode_Mesure* » et « *GPE_ME_Localisation_Site* ». Puis, les quelques GPE rejetés car en dehors de la zone d'étude ne sont pas conservés dans l'onglet « *GPE_ME* » (bleu) qui totalise 330 GPE. Finalement, un dernier onglet (bleu foncé) est ajouté pour l'export vers ArcGIS (*GPE_ME_SIG*) dont les champs sont décrits dans le tableau A.8.7.

Les deux derniers onglets du fichier « **GPE_Monteregie_Est** » sont copiés vers un nouveau tableur Excel « **GPE_ME** » regroupant l'intégralité des GPE de la Montérégie Est après traitement. En utilisant le champ « *Source du prélèvement (description)* » (colonne O), deux nouveaux onglets sont créés spécifiquement pour les 238 GPE prélevant dans les eaux souterraines : « *GPE_ME_Sout* » (orange) et « *GPE_ME_Sout_SIG* » (jaune). Similairement, deux autres onglets regroupant les 92 GPE prélevant l'eau de surface sont ajoutés ; « *GPE_ME_Surf* » (vert clair) et « *GPE_ME_Surf_SIG* » (vert foncé).

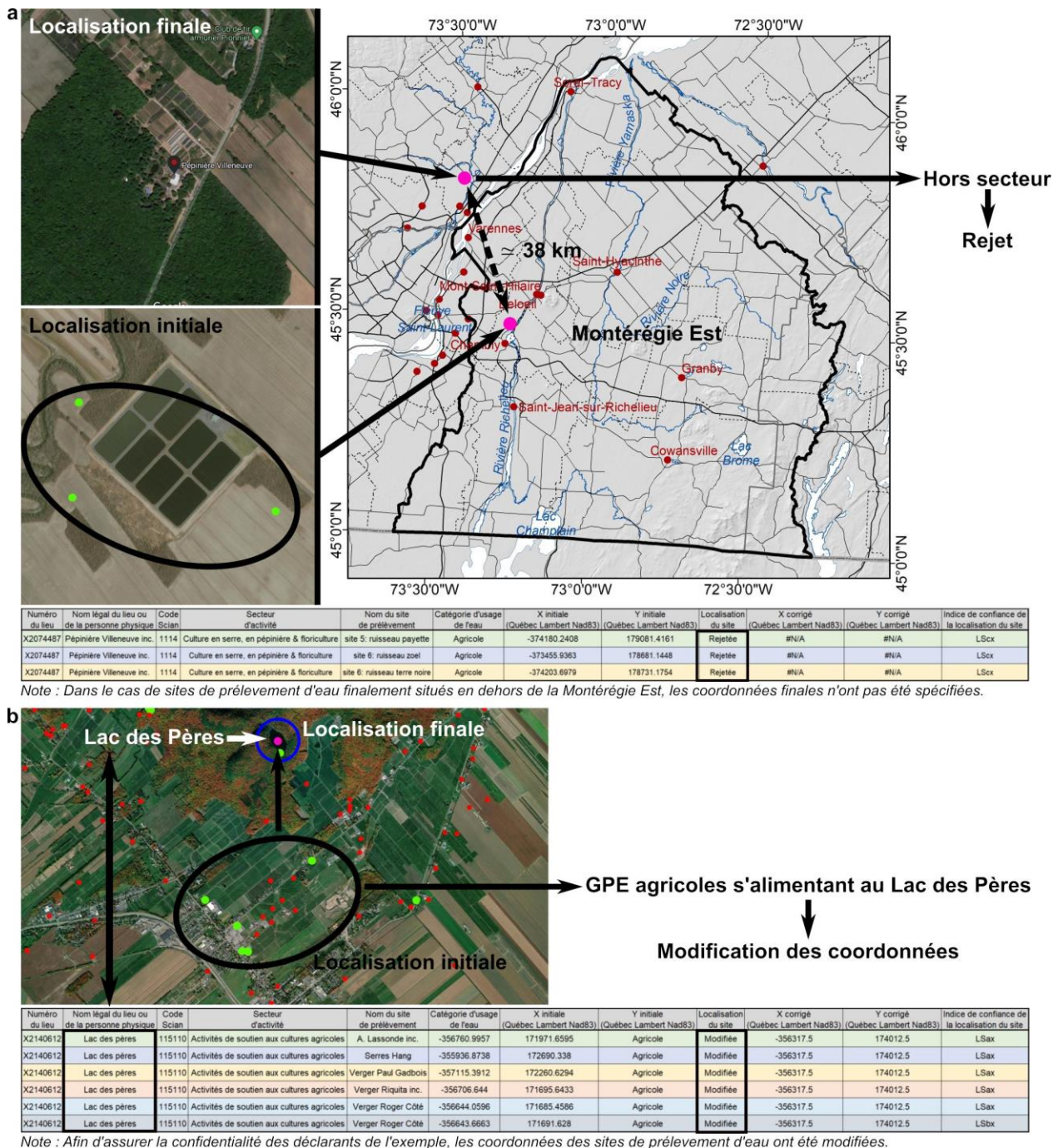


Figure A.8.7 : Exemples d'erreurs associées à une localisation inexacte des sites de prélèvement dans la déclaration initiale : (a) cas d'un site mal positionné (initialement en rive sud du fleuve mais réellement sur la rive nord) et (b) cas de plusieurs GPE agricoles pompant l'eau de surface dans un lac à proximité

Les onglets « *GPE_ME_SIG* », « *GPE_ME_Sout_SIG* » et « *GPE_ME_Surf_SIG* » sont ensuite enregistrés au format csv sous les intitulés respectifs suivants : « *GPE_ME* », « *GPE_ME_Sout* » et « *GPE_ME_Surf* ».

Tableau A.8.7 : Description des champs de la table des GPE de la Montérégie Est (*GPE_ME_SIG*) après la phase de traitement spécifique des données (**GPE_Monteregie_Est**)

Champ	Description du champ
ID_GPE_Projet	Identifiant unique pour le projet actuel
ID_Unique	Identifiant unique du site de prélèvement d'eau
ID_Intervenant	Numéro de l'intervenant (SAGO)
ID_Lieu	Numéro du lieu (SAGO)
Nom_Legal	Nom légal du lieu ou de la personne physique (SAGO)
Code_Scian	Code SCIAN 2002
Sect_Activite	Description du code SCIAN 2002
Num_Site	Numéro du site de prélèvement
Nom_Site	Nom du site de prélèvement
Cat_Usage_Eau	Catégorie d'usage de l'eau
Loc_Site	Précision par rapport à la localisation initiale
X	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
Conf_Loc_Site	Indice de confiance sur la localisation du site
Code_Source_Prelevement	Code de la source du prélèvement
Desc_Source_Prelevement	Description de la source du prélèvement
Conf_Source_Prelevement	Indice de confiance sur la source de prélèvement
Methode_Mesure	Méthode de mesure du prélèvement
Methode_Estimation	Méthode de l'estimation quand c'est "estimé"
Type_Equipement_Mesure	Type d'équipement de mesure quand la méthode de mesure est "mesuré"
Raison_Bris	Raison du bris de l'appareil quand il y a des jours de prélèvement non fiables
Prec_Methode_Mesure	Précision par rapport à la méthode de mesure
Conf_Methode_Mesure	Indice de confiance sur la méthode de mesure
Decla_2015	GPE déclaré en 2015 (Oui / Non)
Decla_2016	GPE déclaré en 2016 (Oui / Non)
Decla_2017	GPE déclaré en 2017 (Oui / Non)
Decla_2018	GPE déclaré en 2018 (Oui / Non)
Decla_2019	GPE déclaré en 2019 (Oui / Non)
Nb_An_Decla	Nombre d'années déclarées sur les 5 ans disponibles (2015-2019)
Vol_2015_L	Volume d'eau prélevé en 2015 (L)
Vol_2016_L	Volume d'eau prélevé en 2016 (L)
Vol_2017_L	Volume d'eau prélevé en 2017 (L)
Vol_2018_L	Volume d'eau prélevé en 2018 (L)
Vol_2019_L	Volume d'eau prélevé en 2019 (L)
Vol_2015_m3	Volume d'eau prélevé en 2015 (m ³)
Vol_2016_m3	Volume d'eau prélevé en 2016 (m ³)
Vol_2017_m3	Volume d'eau prélevé en 2017 (m ³)
Vol_2018_m3	Volume d'eau prélevé en 2018 (m ³)
Vol_2019_m3	Volume d'eau prélevé en 2019 (m ³)
Vol_Tot_m3	Volume total d'eau prélevé sur la période 2015-2019 (m ³)
Vol_Min_m3	Volume minimal d'eau prélevé sur la période 2015-2019 (m ³)
Vol_Max_m3	Volume maximal d'eau prélevé sur la période 2015-2019 (m ³)
Vol_Moy_m3	Volume moyen d'eau prélevé sur la période déclarée (m ³)

Dans ArcGIS, l'importation de ces trois fichiers est effectuée avec l'outil Add XY Data accessible depuis l'onglet Fille de la barre d'outils du logiciel. Lors de l'importation, il est nécessaire de préciser le système de projection de la grille soit NAD 1983 Québec Lambert.

But	Importer les GPE du Québec		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
4	GPE_ME.csv	Add XY Data	GPE_ME (event)
	GPE_ME_Sout.csv		GPE_ME_Sout (event)
	GPE_ME_Surf.csv		GPE_ME_Surf (event)

Chaque fichier est ensuite enregistré au format shapefile grâce à l'outil Export Data.

But	Convertir le fichier au format SIG compatible		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
5	GPE_ME (event)	Export Data	GPE_ME.shp
	GPE_ME_Sout (event)		GPE_ME_Sout.shp
	GPE_ME_Surf (event)		GPE_ME_Surf.shp

Comparaison des volumes d'eau souterraine prélevés par les GPE récents (2015-2019) avec ceux prélevés par les GPE compilés lors du PACES de Montérégie Est (2013)

Afin de vérifier si les volumes d'eau souterraine prélevés par les GPE compilés sur la période récente (2015-2019) ne divergeaient pas trop des données d'usage des GPE du PACES de Montérégie Est (2013), une comparaison a été faite dans un tableur Excel « **GPE_Sout_Comparatif_Volumes_2013_2015-2019** ».

Afin de savoir au sein de quelle municipalité se situe chaque GPE, une jointure a été faite avec la couche des limites municipales (**Mun_ME**) en utilisant l'outil *Join and Relates - Join data from another layer based on spatial location*. La nouvelle couche produite est nommée « **GPE_ME_Sout_Municipalites** ».

But	Obtenir les informations des municipalités pour chaque GPE		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
6	GPE_ME_Sout.shp	Joins and Relates	GPE_ME_Sout_Municipalites.shp
	Mun_ME.shp		

Cette nouvelle couche (**GPE_ME_Sout_Municipalites**) est ensuite exportée en texte via l'outil Export accessible depuis la table attributaire.

But	Exporter les données des GPE souterrains avec les informations sur les municipalités		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
7	GPE_ME_Sout_Municipalites.shp	Export	GPE_ME_Sout_Municipalites.txt

Dans le fichier Excel (**GPE_Sout_Comparatif_Volumes_2013_2015-2019**), les données précédentes du fichier texte sont d'abord importées dans un nouvel onglet (bordeaux) intitulé « *GPE_ME_Sout_Municipalites* ». Ensuite, trois autres onglets compilent les GPE par catégorie d'usage :

- *GPE_ME_Sout_Municipalites_Agr* (en rouge) : GPE agricoles (n = 23) puisant dans les eaux souterraines ;
- *GPE_ME_Sout_Municipalites_ICI* (en orange) : GPE ICI (n = 134) puisant dans les eaux souterraines ;
- *GPE_ME_Sout_Municipalites_Mun* (en jaune) : GPE municipaux (n = 81) puisant dans les eaux souterraines.

Les données d'usage de l'eau souterraine par municipalité extraites de l'annexe du PACES de Montérégie Est (**Annexe06_EstimationUtilisationEau_ProjetPACESMonteregieEst**), plus particulièrement de l'onglet « *UtilisationEau* », sont ensuite importées dans un nouvel onglet « *Usage_Eau_Sout_Mun* » (en vert clair). C'est à partir de cet onglet que la comparaison est réalisée par la production de deux graphiques (figure A.8.8).

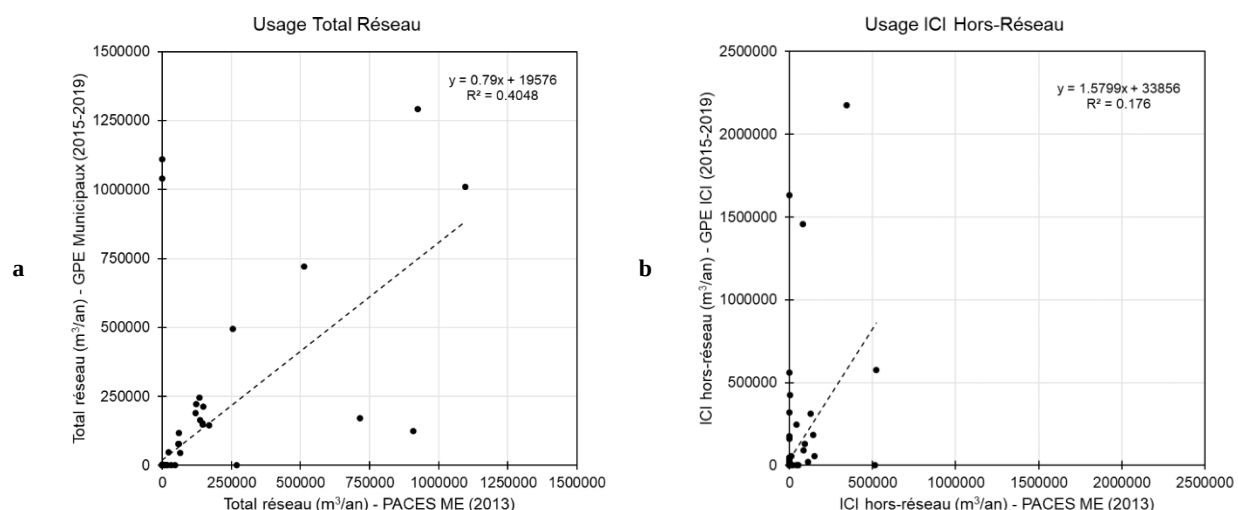


Figure A.8.8 : Comparaison (a) de l'usage total réseau (PACES de Montérégie Est – 2013) avec les GPE municipaux (2015-2019) et (b) de l'usage ICI hors-réseau (PACES de Montérégie Est – 2013) avec les GPE ICI (2015-2019)

Note : les GPE agricoles (2015-2019) n'ont pas été comparés avec l'usage agricole hors-réseau du PACES de Montérégie Est (2013) puisqu'ils ne seront pas intégrés dans les calculs d'usage mais seulement affichés sur les cartes de l'indicateur intramunicipal. Ce point est justifié par le fait que les volumes prélevés peuvent grandement varier entre les années (selon les déclarations).

Annexe 9

Production de l'indicateur intramunicipal d'usage de l'eau souterraine

Simplification de la carte d'utilisation du territoire

Les données d'utilisation du territoire du Québec de 2017, produites par le MELCC (2017), ont été téléchargées sur le site suivant : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/utilisation-du-territoire>. La fréquence de mise à jour est annuelle et les données sont produites avec une résolution de 30 m. Le raster « **utilisation_territoire** » de la GDB (**utilisation_territoire**) est ouvert sur ArcGIS.

Un premier fichier Excel (**Utilisation_Territoire**) est produit dans le but de générer une grille simplifiée avec les informations d'utilisation du territoire. L'objectif est ici de convertir les mailles de 30 m de résolution vers la grille au 250 m. Le premier onglet « *MELCC_Uti_Ter_Classes* » (bordeaux) recense l'ensemble des codes et des classes d'utilisation du territoire du ministère. La valeur de référence est dans la colonne A (*VALUE*) tandis que la colonne D (*DESC_CAT*) présente les regroupements en 8 grands catégories : agricole, aquatique, forestier, humide, anthropique, coupes et régénérations, sols nus et landes et non classifié. Le champ d'intérêt lors de la production de l'indicateur intramunicipal correspond à la colonne L (*DESC_PESTICIDES*) puisqu'il renferme les classes « *Maraîcher* » et « *Fourrage* ».

En parallèle, un autre fichier Excel « **Grille_ME** » est créé sur la base de la « *Grille_Indicateur* » (onglet bordeaux) produite dans le cadre de l'élaboration d'une base de données sur grille (annexe 1) et de l'indicateur de stress sur l'eau souterraine (annexe 3). Cet onglet est aussi exporté au format csv (**MELL_Uti_Ter_Classes**).

Un onglet « *Grille_Indicateur_SIG* » (rouge) est ajouté afin de répondre aux exigences de l'outil SIG. Ensuite, cette grille est simplifiée dans un nouvel onglet « *Grille_ME* » (orange) pour conserver uniquement les 11 champs pertinents pour la production de l'indicateur intramunicipal (colonnes A à K) : « *ID* », « *X_QL83* », « *Y_QL83* », « *X_Long* », « *Y_Lat* », « *Nom_PACES* », « *Nom_Reg* », « *ID_Reg* », « *Nom_Mun* », « *ID_Mun* », « *Aire_Tot_Mun_km2* », « *Aire_Zone_Mun_km2* », « *Ratio_Zone_Mun* » et « *Nb_Pts_Mun* ». Un « *#N/A* » a été ajouté dans les cellules vides pour éviter les erreurs lors du tri des données. Le dernier onglet « *Grille_ME_SIG* » (jaune) est ensuite exporté au format csv sous le nom « **Grille_ME** » puis importé sur ArcGIS avec l'outil *Add XY*.

But	Importer la grille de points finale		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
1	Grille_ME.csv	Add XY Data	Grille_ME (event)

Cette grille de 144 647 points composée de mailles de 250 m par 250 m est ensuite enregistrée au format shapefile (**Grille_ME**) grâce à l'outil *Export Data*.

But	Convertir la grille finale au format SIG compatible		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
2	Grille_ME (event)	Export Data	Grille_ME.shp

Grâce à cette grille, l'outil *Extract Values to Points* est utilisé pour extraire les données du champ « *VALUE* » à partir de la grille initiale d'utilisation du territoire (**utilisation_territoire**) avec la grille d'extraction de la Montérégie Est (**Grille_ME**). Le nouveau shapefile créé est appelé « **Utilisation_Territoire_Pts** ».

But	Extraire les données de l'utilisation du territoire sur la grille au 250 m		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
3	Grille_ME.shp	Extract Values to Points	Utilisation_Territoire_Pts.shp
	utilisation_territoire		

Ensuite, pour avoir l'ensemble des colonnes du raster initial, il est nécessaire de procéder à une jointure entre le champ « *RASTERVALUE* » du shapefile « **Utilisation_Territoire_Pts** » et le champ « *VALUE* » du raster initial « **utilisation_territoire** ». Cette étape est effectuée grâce à la jointure selon les attributs d'une table (*Joins and Relates – Join*) accessible depuis la couche d'entités ponctuelles (**Utilisation_Territoire_Pts**).

But	Obtenir l'ensemble des champs du raster d'utilisation du territoire		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
4	Utilisation_Territoire_Pts.shp	Joins and Relates	Utilisation_Territoire_Pts.shp
	utilisation_territoire		

La grille d'utilisation du territoire (**Utilisation_Territoire_Pts**) est ensuite exportée en texte via l'outil *Export* accessible depuis la table attributaire.

But	Exporter les données de la grille d'utilisation du territoire		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
5	Utilisation_Territoire_Pts.shp	Export	Utilisation_Territoire_Pts.txt

Ce fichier texte est alors ajouté dans un onglet (rouge) du tableur Excel « **Utilisation_Territoire** » qui est agrémenté d'un nouvel onglet « *Grille_ME_Uti_Ter* » (en orange) qui regroupe uniquement les champs utiles soient ceux référant aux classes détaillées, aux catégories générales et aux classes du projet « pesticides ».

A noter que 83 des 144 647 mailles de cette grille, situées en bordure du projet, tombaient en dehors de limites de la couche d'utilisation du territoire du MELCC. Pour ces dernières, il a été décidé d'appliquer la classe détaillée « *Territoire non photo-interprété* » (colonne M) associé au code « 9999 » (colonne L) afin de ne pas influencer l'indicateur intramunicipal défini par la suite.

Le dernier onglet (en jaune), intitulé « *Grille_ME_Uti_Ter_SIG* », est alors formaté pour l'export vers ArcGIS. Pour ce faire, un dernier fichier au format csv (**Grille_ME_Uti_Ter**) est créé à partir de cet onglet. Il est ensuite importé sur ArcGIS avec l'outil Add XY Data en précisant le système de projection de la grille, soit NAD 1983 Québec Lambert, ainsi que les deux champs contenant les coordonnées : « *X_QL83* » et « *Y_QL83* ».

But	Importer la grille d'utilisation du territoire simplifiée		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
6	Grille_ME_Uti_Ter.csv	Add XY Data	Grille_ME_Uti_Ter (event)

Pour être compatible sur ArcGIS, la grille est convertie au format shapefile (**Grille_ME_Uti_Ter**) avec l'outil Export Data disponible dans la table attributaire en s'assurant de conserver les 144 647 points de données.

But	Convertir la grille simplifiée au format SIG compatible		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
7	Grille_ME_Uti_Ter (event)	Export Data	Grille_ME_Uti_Ter.shp

La description des 17 champs de cette nouvelle couche d'information est fournie en détails dans le tableau A.9.1.

Tableau A.9.1 : Description des champs de la grille d'utilisation du territoire de la Montérégie Est (*Grille_ME_Uti_Ter_SIG*) après la phase de simplification (**Utilisation_Territoire**)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant de la maille
X_QL83	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y_QL83	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
X_Long	Longitude
Y_Lat	Latitude
Nom_Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Aire_Tot_Mun_km2	Superficie de la municipalité (km ²)
Aire_Zone_Mun_Km2	Superficie de la municipalité dans la zone d'étude (km ²)
Ratio_Zone_Mun	Proportion de la municipalité incluse dans la zone d'étude (%)
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de la grille inclus dans la municipalité
Code	Code de l'utilisation du territoire détaillée
Classe_Det	Classe de l'utilisation du territoire détaillée
Code_Cat	Code de l'utilisation du territoire générale
Desc_Cat	Classe de l'utilisation du territoire générale
Code_Pest	Code de l'utilisation du territoire du projet « pesticides »
Desc_Pest	Classe de l'utilisation du territoire du projet « pesticides »

Puis, l'outil *Point to Raster* est utilisé pour convertir la couche d'entités ponctuelles en raster (**Uti_Ter**) avec précisant la taille des mailles (250 m) et en se basant sur le champ « *Code* » tout en indiquant « *MOST_FREQUENT* ».

But	Convertir la grille en raster		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
8	Grille_ME_Uti_Ter.shp	Point to raster	Uti_Ter

Une jointure est ensuite faite avec le champ « *VALUE* » du fichier csv « **MELCC_Uti_Ter_Classes** », créé à partir du fichier Excel « **Utilisation_Territoire** » au début de l'annexe 9, en se basant également sur le champ « *VALUE* » du raster « **Uti_Ter** ».

But	Obtenir l'ensemble des champs d'utilisation du territoire du raster simplifié		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
9	Uti_Ter	Joins and Relates	Uti_Ter
	MELCC_Uti_Ter_Classes.csv		

Afin de conserver la jointure précédente, le raster (**Uti_Ter**) est finalement converti au format TIFF en utilisant l'outil *Export Raster Data* en s'assurant d'attribuer la bonne taille pour les cellules, soit 250 m par 250 m.

But	Convertir le raster au format adéquat		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
10	Uti_Ter	Export Raster Data	Uti_Ter.tif

La figure A.9.1 présente les différences observées suite à la simplification de la grille d'utilisation du territoire initiale. Le passage d'une résolution au 30 m à une grille au 250 m était nécessaire pour pouvoir ensuite répartir les différents usages agricoles fournis par le MAPAQ en se basant sur les classes définies pour le projet « pesticides » et disponibles dans le champ « *DESC_PESTI* » du raster d'utilisation du territoire simplifiée (**Uti_Ter**).

Dans les étapes suivantes de la présente annexe, les prélèvements d'eau annuels du milieu agricole de la catégorie « Animal » seront ainsi répartis sur les surfaces de la classe « *Fourrage* » et les prélèvements d'eau agricoles de la catégorie « Végétal » pourront être distribués sur les surfaces de la classe « Maraîcher ».

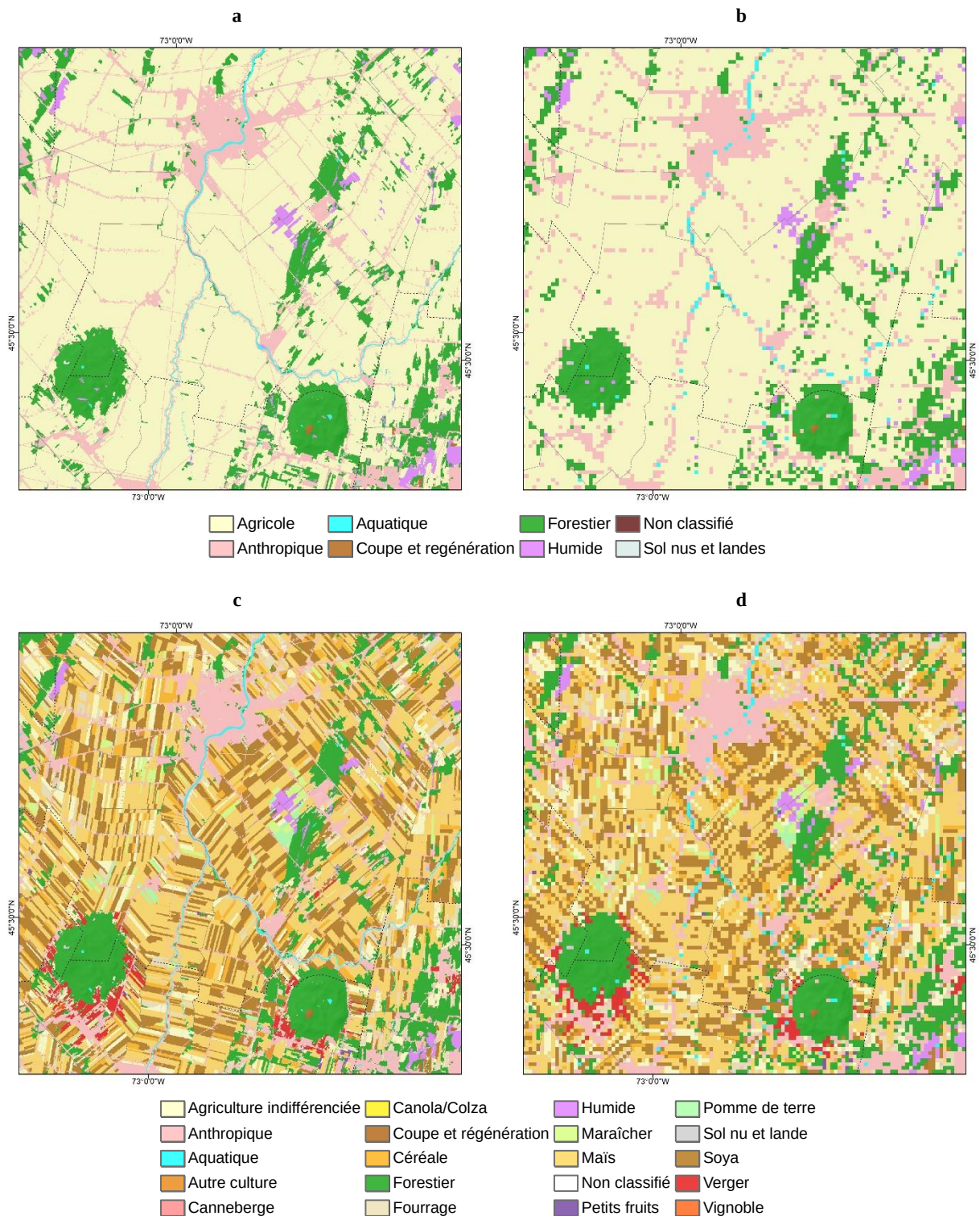


Figure A.9.1 : Comparaison de la grille d'utilisation du sol avec la résolution initiale au 30 m (a et c) puis après simplification sur une grille au 250 m (b et d) selon les classes générales (a et b) et les classes définies dans le cadre du projet « pesticides » (c et d)

Élaboration de la carte de densité des puits résidentiels

La carte de densité des puits est produite afin de pouvoir distribuer l'usage résidentiel hors-réseau. Pour ce faire, la BD du SIH fournie par le MELCC dans le cadre des projets de l'INRS et mise à jour quotidiennement est utilisée comme donnée d'entrée. Cette base de données est un inventaire des puits de captage déclarés au Québec. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une banque de données exhaustive, les données sont utilisées telles quelles dans le présent projet. Le shapefile « **Puits_et_Forages** » est tout d'abord extrait de la géodatabase « **Puits_SIH** » pour être visualisé sur ArcGIS. Lors de la réalisation de la présente annexe, le SIH contenait 231 157 puits sur l'ensemble de la province.

La première étape consiste à extraire les puits résidentiels localisés sur le territoire de la Montérégie Est. L'outil *Clip* est utilisé en spécifiant la couche d'entrée (**Puits_et_Forages**) et la couche qui sert au découpage correspondant ici aux limites du projet (**Zone_Etude_PACES_ME**). Le nouveau fichier créé est nommé « **SIH_ME** » et rassemble 30 526 puits individuels.

But	Extraire les puits du SIH sur la Montérégie Est		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
11	Puits_et_Forages.shp	Clip	SIH_ME.shp
	Zone_Etude_PACES_ME.shp		

Un quadrillage est ensuite créé avec l'outil *Create Fishnet* afin d'extraire le nombre puits résidentiels dans chaque maille de 0.0625 km². Dans cet outil, il est nécessaire d'indiquer le type de géométrie en sortie, en l'occurrence des polygones, ainsi que la taille des mailles, soit 250 m par 250 m. De même, comme la grille initiale est basée sur les travaux de recharge du PACES Montérégie Est, l'extension est fixée en important le raster « **L28_Recharge_Distribuee_HELP** » extrait des cartes finales du PACES en question. La couche surfacique créée (**Grille_Poly**) contient 231 999 polygones.

But	Créer un quadrillage		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
12	L28_Recharge_Distribuee_HELP	Create Fishnet	Grille_ME_Poly.shp

Afin de sélectionner uniquement les mailles correspondant à la grille du projet (**Grille_ME**). Une jointure est faite avec cette grille en utilisant l'outil *Join and Relates - Join data from another layer based on spatial location*. La nouvelle couche produite est nommée « **Grille_Poly_ME** ».

But	Extraire les identifiants de la grille vers le quadrillage		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
13	Grille_Poly.shp	Joins and Relates	Grille_ME_Poly.shp
	Grille_ME.shp		

Un champ « *Count_* » est automatiquement ajouté à cette étape dans la table de la couche « **Grille_ME_Poly** ». Dans ce champ, la valeur « 1 » réfère aux 144647 polygones inclus dans la zone d'étude qui sont donc sélectionnés puis exportés avec l'outil *Export Data – Selected features* dans un nouveau fichier (**Mailles_ME**).

But	Exporter les mailles de la grille incluses en Montérégie Est		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
14	Grille_ME_Poly.shp	Export Data	Mailles_ME.shp

Une nouvelle jointure est faite entre le fichier « **Mailles_ME** » et la couche « **SIH_ME** » afin d'obtenir le nombre de puits du SIH contenu dans chacune des mailles de 0.0625 km².

But	Extraire le nombre de puits résidentiels par maille de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
15	Mailles_ME.shp	Joins and Relates	Mailles_Nb_SIH.shp
	SIH_ME.shp		

Dans le fichier créé (**Mailles_Nb_SIH**), la colonne « *Count_* » recense le nombre de puits résidentiels par maille. Il est alors nécessaire de créer un autre champ (*SIH_Nbkm2*) pour obtenir la densité de puits par maille. Ce nouveau champ est ajouté avec l'outil *Add Field* en précisant le type de champ : « LONG ».

But	Ajouter un champ pour le calcul de la densité de puits résidentiels par maille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
14	Mailles_Nb_SIH.shp	Add Field	Mailles_Nb_SIH.shp

Dans ce nouveau champ, l'outil *Field Calculator* permet ensuite de calculer la densité en spécifiant l'équation suivante :

$$SIH_Nbkm2 = !Count_!/0.0625$$

But	Calculer la densité de puits résidentiels par maille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
15	Mailles_Nb_SIH.shp	Field Calculator	Mailles_Nb_SIH.shp

Afin de produire la carte de densité finale (**Densite_SIH**), le fichier contenant les polygones (**Mailles_Nb_SIH**) est ensuite converti en raster avec l'outil *Polygon to Raster*. La valeur à considérer dans les paramètres est le champ « *SIH_Nbkm2* » et la taille des cellules à indiquer correspond à 250 m.

But	Création d'un raster de densité des puits résidentiels		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
16	Mailles_Nb_SIH.shp	Polygon to Raster	Densite_SIH

Finalement, une jointure spatiale est faite à partir du fichier « **Grille_ME** » pour obtenir le nombre de puits par maille dans un nouveau tableur Excel intitulé « **Grille_ME_Nb_Puits_Residentiels** ». La jointure est faite avec la couche « **Mailles_Nb_SIH** » et la nouvelle couche créée s'intitule « **Grille_ME_Nb_SIH** ».

But	Obtenir le nombre de puits résidentiels en chaque point de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
17	Grille_ME.shp	Joins and Relates	Grille_ME_Nb_SIH.shp
	Mailles_Nb_SIH.shp		

Elle est ensuite exportée au format txt (**Grille_ME_Nb_SIH**) via l'outil Export accessible depuis la table attributaire.

But	Exporter les données de la grille		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
18	Grille_ME_Nb_SIH.shp	Export	Grille_ME_Nb_SIH.txt

Le fichier texte est importé dans un onglet (bordeaux) du nouveau fichier Excel produit (**Grille_ME_Nb_Puits_Residentiels**). Les champs de la grille sont ensuite renommés (tableau A.9.2) pour un éventuel export vers un logiciel SIG dans un onglet « *Grille_ME_Nb_Puits_Residentiels* » (en rouge).

Tableau A.9.2 : Description des champs de la grille de densité des puits résidentiels de la Montérégie Est (*Grille_ME_Nb_Puits_Residentiels*) après calculs (**Grille_ME_Nb_Puits_Residentiels**)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant de la maille
X_QL83	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y_QL83	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
X_Long	Longitude
Y_Lat	Latitude
Nom_Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Aire_Tot_Mun_km2	Superficie de la municipalité (km ²)
Aire_Zone_Mun_km2	Superficie de la municipalité dans la zone d'étude (km ²)
Ratio_Zone_Mun	Proportion de la municipalité incluse dans la zone d'étude (%)
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de la grille inclus dans la municipalité
Nb_SIH	Nombre de puits résidentiels dans la maille
Nb_SIH_km2	Densité de puits résidentiels dans la maille (puits/km ²)

Traitement des données d'usage de l'eau par municipalité

Afin de produire les cartes d'usage de l'eau par catégorie à l'intérieur des municipalités, les données d'usage estimées par municipalité ont été reprises à partir des livrables du PACES de Montérégie Est et plus précisément du fichier « **Annexe06_EstimationUtilisationEau_ProjetPACESMonteregieEst** ».

Un premier tableur Excel (**Usage_Eau_Municipalites**) est créé avec deux onglets extraits de l'annexe du PACES de Montérégie Est : « *UtilisationEau* » (en bordeaux) et « *ListeCaptageEau* » (en rouge). L'onglet (orange) « *Usage_Eau_Mun* » est alors ajouté en conservant uniquement les données d'usage de l'eau souterraine par municipalité. Toutefois, deux champs d'importance sont ajoutés à cet onglet. Dans la colonne B est intégré le code géographique de la municipalité (*ID Municipalité*) afin d'éviter les erreurs de tri dans le cas de municipalités, de ville, de canton, de paroisse ou encore de village ayant le même nom (Bedford, Hemmingford ou Valcourt par exemple). La colonne D (*Nombre Points Municipalité*) recense le nombre de points de grille inclus dans chaque municipalité. Cette information est notamment disponible dans le tableur « **Grille_ME** ».

Un autre onglet (jaune) est ensuite créé (*Usage_Eau_Sout_Mun*) en ne gardant que les champs utiles pour la suite et en simplifiant leur intitulé. Il comprend les données d'usage de l'eau souterraine en m³/an de 148 municipalités pour les diverses catégories (agricole, ICI et municipal), que ce soit sur le réseau ou hors-réseau. L'onglet final (en vert clair) pour l'export vers ArcGIS, nommé « *Usage_Eau_Sout_Mun_SIG* », reprend ces champs (tableau A.9.3). Cet onglet est ensuite exporté en csv sous le nom « **Usage_Eau_Sout_Mun** ».

Tableau A.9.3 : Description des champs de la table d'usage de l'eau par municipalité de la Montérégie Est (*Usage_Eau_Sout_Mun_SIG*) après formatage (**Usage_Eau_Municipalites**)

Champs de la table	Description des champs	
Mun	Nom de la municipalité	
ID_Mun	Code géographique de la municipalité (identifiant unique)	
MRC	Nom de la MRC	
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de grille inclus dans la municipalité	
Aire_Tot_Mun_km2	Aire totale de la municipalité (km ²)	
Aire_Zone_Mun_km2	Aire de la municipalité incluse sur le territoire d'étude (km ²)	
Ratio_Zone_Mun	Ratio de l'aire municipale incluse sur le territoire d'étude (%)	
GW_R_AgrV	Réseau - Agricole (production végétale)	Usage annuel de l'eau souterraine (m ³ /an)
GW_R_AgrA	Réseau - Agricole (production animale)	
GW_R_AgrT	Réseau - Agricole (total)	
GW_R_ICI	Réseau - ICI	
GW_R_Res	Réseau - Résidentiel	
GW_R_T	Réseau - Total	
GW_HR_AgrV	Hors réseau - Agricole (production végétale)	
GW_HR_AgrA	Hors réseau - Agricole (production animale)	
GW_HR_AgrT	Hors réseau - Agricole (total)	
GW_HR_ICI	Hors réseau - ICI	
GW_HR_Res	Hors réseau - Résidentiel	
GW_HR_T	Hors réseau - Total	
GW_T_AgrV	Total - Agricole (production végétale)	
GW_T_AgrA	Total - Agricole (production animale)	
GW_T_AgrT	Total - Agricole (total)	
GW_T_ICI	Total - ICI	
GW_T_Res	Total - Résidentiel	
GW_T	Total	

Sur ArcGIS, les limites des municipalités du Québec ont été découpées pour la Montérégie Est à partir du shapefile (**munic_s**) du SDA disponible à l'échelle 1 : 20 000 et téléchargé sur le site suivant : <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/decoupages-administratifs>. L'usage de l'outil Clip a permis le découpage en utilisant le polygone des limites du projet (**Zone_Etude_PACES_ME**).

But	Extraire les municipalités de la Montérégie Est		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
19	Munic_s.shp	Clip	Mun_ME.shp
	Zone_Etude_PACES_ME.shp		

Le nouveau fichier créé (**Mun_ME**) contient 158 polygones municipaux. Seules les 148 municipalités où l'usage a été calculé lors du PACES de Montérégie Est ont ensuite retenues par sélection puis en les exportant avec l'outil Export Data – Selected features dans un nouveau fichier (**Mun_PACES_ME**).

But	Conserver uniquement les municipalités avec des données d'usage de l'eau		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
20	Mun_ME.shp	Export Data	Mun_PACES_ME.shp

Les 10 polygones exclus sont indiqués dans le tableau A.9.4.

Tableau A.9.4 : Municipalités supprimées dans le fichier « **Mun_ME** »

Indicatif	Code géographique	Désignation	Nom
Territoire non organisé	46990	G	TNO aquatique de la MRC de Brome-Missisquoi
Territoire autochtone	50802	R	Odanak
Municipalité	52007	V	Lavaltrie
Municipalité	52017	M	Lanoraie
Municipalité	52040	M	Sainte-Geneviève-de-Berthier
Municipalité	52045	M	Saint-Ignace-de-Loyola
Territoire non organisé	53990	G	TNO aquatique de la MRC Pierre-De Saurel
Municipalité	60013	V	Repentigny
Municipalité	60020	P	Saint-Sulpice
Municipalité	66023	V	Montréal

Par la suite, un nouveau champ (**ID_Mun**) au format adapté est ajouté au fichier « **Mun_PACES_ME** » pour procéder à la jointure. L'outil Add Field est alors utilisé en précisant « LONG » pour le type de champ.

But	Ajouter une colonne à la table		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
21	Mun_PACES_ME.shp	Add Field	Mun_PACES_ME.shp

Avec l'outil *Field Calculator* accessible directement dans la table du fichier « **Mun_PACES_ME** », les informations du nouveau champ créé sont ajoutées en appliquant l'équation suivante :

$$ID_Mun = !MUS_CO_GEO!$$

But	Ajouter le code géographique des municipalités dans le format adéquat pour la jointure		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
22	Mun_PACES_ME.shp	Field Calculator	Mun_PACES_ME.shp

La jointure est faite entre le fichier « **Usage_Eau_Sout_Mun** » et la couche « **Mun_PACES_ME** » afin d'affilier les données d'usage à la couche d'information. Le champ « *ID_Mun* » est utilisé pour joindre les deux fichiers afin de donner un nouveau fichier « **Usage_Eau_Sout_Mun** » au format shapefile.

But	Affilier les données d'usage à la couche d'information		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
23	Mun_PACES_ME.shp	Joins and Relates	Usage_Eau_Sout_Mun.shp
	Usage_Eau_Sout_Mun.csv		

Détermination de l'aire d'influence potentielle des captages importants

Afin de déterminer une aire d'influence potentielle pour les prélèvements d'eau les plus importants, dont les GPE, l'outil *Buffer* d'ArcGIS est appliqué sur l'une des couches précédemment créées, en l'occurrence « **GPE_ME_Sout** ». À ce shapefile de 238 points est appliquée une zone tampon de 500 m de rayon, considérée ; en première approche, comme représentative de l'aire d'influence de ces captages d'eau souterraine.

But	Délimiter une zone tampon autour des GPE souterrains		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
24	GPE_ME_Sout.shp	Buffer	GPE_ME_Sout_Tampon.shp

En visualisant le nouveau fichier « **GPE_ME_Sout_Tampon** », il est normal de constater que plusieurs zones tampons peuvent se superposer (ex. dans le cas de puits proches situés à moins de 1 000 m l'un de l'autre). Il est donc nécessaire de déterminer quelle maille de 250 m par 250 m de la grille (**Grille_ME**) est associée telle ou telle zone tampon (une maille pouvant être au droit de plusieurs zones tampons). Pour ce faire, l'outil *Intersect* est appliqué pour obtenir un shapefile de point final nommé « **Grille_GPE_ME_Sout_Tampon** » et qui contient, pour les 2 976 mailles influencées, l'identifiant (ou les identifiants) du (ou des) GPE exerçant leur influence lors des phases de pompage. Cet identifiant unique est indiqué dans le champ « *ID_Unique* ».

But	Attribuer à chaque maille de la grille la zone d'influence de chaque GPE souterrain		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
25	Grille_ME.shp	Intersect	Grille_GPE_ME_Sout_Tampon.shp
	GPE_ME_Sout_Tampon.shp		

Ce fichier de 2 976 points (ou mailles) est ensuite exporté au format txt sous le nom « **Grille_GPE_ME_Sout_Tampon** » via l'outil Export accessible depuis la table attributaire de la grille.

But	Exporter les données de la grille avec les mailles incluses dans les aires d'influence des GPE souterrains		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
26	Grille_GPE_ME_Sout_Tampon.shp	Export	Grille_GPE_ME_Sout_Tampon.txt

Estimation de l'usage des eaux souterraines par les GPE sur la grille

Un nouveau tableur Excel est produit (**Grille_GPE_ME**) afin de déterminer l'usage de chaque GPE au sein de son aire d'influence. Il contient initialement deux premiers onglets référant à la grille elle-même avec les 144 647 mailles de la Montérégie Est : « Grille_ME » (en bordeaux) et « Grille_ME_SIG » (en rouge).

La grille créée à l'étape précédente (**Grille_GPE_ME_Sout_Tampon**) est ajoutée telle quelle dans l'onglet « *Grille_GPE_ME_Sout_Tampon* » (orange). Ensuite, les mailles contenues dans les aires d'influence sont réparties selon la catégorie d'usage du GPE (colonne W) en trois nouveaux onglets (orange également) :

- *Grille_GPE_ME_Sout_Tampon_Agr* : mailles (n = 291) dans la zone d'influence de GPE agricoles ;
- *Grille_GPE_ME_Sout_Tampon_ICI* : mailles (n = 1 674) dans la zone d'influence de GPE ICI ;
- *Grille_GPE_ME_Sout_Tampon_Mun* : mailles (n = 1 011) dans la zone d'influence de GPE municipaux.

Dans ces trois onglets, un premier champ (« *Comptage GPE XXX* » où « XXX » correspond à la catégorie d'usage de l'eau selon l'onglet) est ajouté dans la colonne BG afin de calculer le nombre de fois où la zone d'influence d'un GPE donnée recoupe une maille de la grille.

Donnée	Comptage des mailles de la grille incluses dans la zone d'influence de chaque GPE	
Colonne	Nom	Calcul
BG	Comptage GPE XXX Le « XXXX » référant à la catégorie d'usage de l'eau	NB.SI(\$N\$2:\$N\$292;N2)

De même, dans la colonne BH (« *Volume Annuel Total Maille – GPE XXX (m³/an)* » où « XXX » réfère à la catégorie d'usage de l'eau selon l'onglet), le volume annuel d'eau souterraine prélevé dans chaque maille par les GPE est aussi calculé.

Donnée	Volume annuel d'eau souterraine prélevé par les GPE dans chaque maille de la grille	
Colonne	Nom	Calcul
BH	Volume Annuel Total Maille – GPE XXX (m^3/an) Le « XXXX » référant à la catégorie d'usage de l'eau	BD2/BG2

L'onglet « *Grille_ME_GPE_Calcul* » (en jaune) permet le calcul des volumes d'eau prélevés par catégorie de GPE (agricole, ICI ou municipal) dans chacune des mailles de la grille de la Montérégie Est. Les colonnes L, M et N traitent des données des GPE agricoles : la colonne L calcule le nombre de GPE agricoles par maille (*Nombre GPE Agr*) ; la colonne M, intitulée « *Volume Annuel Total - GPE Agr (m^3/an)* », détermine le volume annuel d'eau souterraine prélevé par maille en m^3/an tandis que la colonne N, nommée « *Volume Annuel Total Maille - GPE Agr ($m^3/an/km^2$)* », le calcule en $m^3/an/km^2$.

Donnée	Nombre de GPE agricoles par maille	
Colonne	Nom	Calcul
L	Nombre GPE Agr	NB.SI(Grille_GPE_ME_Sout_Tampon_Agr! \$B\$2:\$B\$292;Grille_ME_GPE_Calcul!A2)

Donnée	Volume annuel d'eau souterraine prélevé par les GPE agricoles par maille de la grille	
Colonne	Nom	Calcul
M	Volume Annuel Total – GPE Agr (m^3/an)	SOMME.SI(Grille_GPE_ME_Sout_Tampon_Agr! \$B\$2:\$B\$292;Grille_ME_GPE_Calcul!A2; Grille_GPE_ME_Sout_Tampon_Agr!\$BH\$2:\$BH\$292)

Donnée	Volume annuel d'eau souterraine prélevé par les GPE agricoles par maille de la grille par km^2	
Colonne	Nom	Calcul
N	Volume Annuel Total Maille – GPE Agr ($m^3/an/km^2$)	M2/0.0625

Les colonnes O (*Nombre GPE ICI*), P (*Volume Annuel Total - GPE ICI (m^3/an)*) et Q (*Volume Annuel Total Maille - GPE ICI ($m^3/an/km^2$)*) permettent de déterminer les mêmes valeurs pour les GPE ICI tandis que les colonnes R (*Nombre GPE Mun*), S (*Volume Annuel Total - GPE Mun (m^3/an)*) et T (*Volume Annuel Total Maille - GPE Mun ($m^3/an/km^2$)*) le font pour les GPE Municipaux. Finalement, dans les colonnes U (*Nombre GPE Total*), V (*Volume Annuel Total - GPE Total (m^3/an)*) et W (*Volume Annuel Total Maille - GPE Total ($m^3/an/km^2$)*) sont compilées les mêmes données pour l'ensemble des GPE.

Donnée	Nombre de GPE par maille	
Colonne	Nom	Calcul
U	Nombre GPE Total	R2+O2+L2

Donnée	Volume annuel d'eau souterraine prélevé par l'ensemble des GPE par maille de la grille	
Colonne	Nom	Calcul
V	Volume Annuel Total – GPE Total (m3/an)	S2+P2+M2

Donnée	Volume annuel d'eau souterraine prélevé par l'ensemble des GPE par maille de la grille par km ²	
Colonne	Nom	Calcul
W	Volume Annuel Total Maille – GPE Total (m3/an/km ²)	T2+Q2+N2

Un dernier onglet « *Grille_ME_GPE* » (vert clair) correspond à une copie de l'onglet précédent mais exempté de formules. Les champs sont détaillés dans le tableau A.9.5.

Tableau A.9.5 : Description des champs de la grille traitant des volumes d'eau souterraine prélevés par GPE de la Montérégie Est (*Grille_GPE_ME*) après estimation (**Grille_GPE_ME**)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant de la maille
X_QL83	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y_QL83	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
X_Long	Longitude
Y_Lat	Latitude
Nom_Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Aire_Tot_Mun_km2	Superficie de la municipalité (km ²)
Aire_Zone_Mun_km2	Superficie de la municipalité dans la zone d'étude (km ²)
Ratio_Zone_Mun	Proportion de la municipalité incluse dans la zone d'étude (%)
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de la grille inclus dans la municipalité
Nb_GPE_Agr	Nombre de GPE agricoles dans la maille
Vol_GPE_Agr_m3an	Vol. annuel d'eau sout. prélevé par maille par les GPE agricoles (m ³ /an)
Vol_GPE_Agr_Maille_m3ankm2	Vol. annuel d'eau sout. prélevé par maille par les GPE agricoles (m ³ /an/km ²)
Nb_GPE_ICI	Nombre de GPE ICI dans la maille
Vol_GPE_ICI_m3an	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les GPE ICI (m ³ /an)
Vol_GPE_ICI_Maille_m3ankm2	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les GPE ICI (m ³ /an/km ²)
Nb_GPE_Mun	Nombre de GPE municipaux dans la maille
Vol_GPE_Mun_m3an	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les GPE municipaux (m ³ /an)
Vol_GPE_Mun_Maille_m3ankm2	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les GPE municipaux (m ³ /an/km ²)
Nb_GPE_Tot	Nombre de GPE dans la maille
Vol_GPE_Tot_m3an	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par l'ensemble des GPE (m ³ /an)
Vol_GPE_Tot_Maille_m3ankm2	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par l'ensemble des GPE (m ³ /an/km ²)

Ajout des captages municipaux non déclarés comme GPE

Afin de ne manquer aucun réseau d'aqueduc municipal, il a été décidé de comparer les données des GPE municipaux (2015-2019) avec les données du shapefile « **INRS_CaptagesMunicipaux** » extraite du PACES de Montérégie Est. Une sélection est donc faite sur ArcGIS avec l'outil *Selection (Select By Location)* pour conserver uniquement les captages municipaux localisés en Montérégie Est qui sont enregistrés dans un fichier texte intitulé « **Autres_Captages_Municipaux** ».

But	Sélectionner les captages municipaux localisés en Montérégie Est		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
27	INRS_CaptagesMunicipaux.shp	Selection (Select By Location)	Autres_Captages_Municipaux.txt
	Zone_Etude_PACES_ME.shp		

Un fichier Excel est créé (**Autres_Captages_Municipaux**) dans lequel le fichier texte est copié dans l'onglet « *Captages_Municipaux_ME* » (bordeaux). L'onglet « *Comparatif_2013-2015-2019* » (rouge) issu du fichier « **GPE_Sout_Comparatif_Volumes_2013_2015-2019** » est ajouté pour identifier les puits qui ne sont pas recensés dans les GPE municipaux récents (2015-2019). L'onglet (orange) « *ListeCaptageEau* », issu de l'annexe « **Annexe06_EstimationUtilisationEau_ProjetPACESMontérégieEst** » du PACES de Montérégie Est, est aussi ajouté afin d'identifier correctement les puits en se fiant à leur identifiant.

Initialement, neuf municipalités ont été identifiées manuellement dans l'onglet « *Liste_Mun_Autres_Captages* » (jaune). Toutefois, les captages municipaux de quatre d'entre-elles (Canton d'Orford, Saint-Germain-de-Grantham, Saint-Pie-de-Guire et Wickham) sont localisés en dehors de la Montérégie Est et n'ont donc pas été retenus pour la production de l'indicateur intramunicipal. Finalement, 14 captages situés dans cinq municipalités (Abercorn, Brigham, Frelighsburg, Stukely-Sud et Warden) avec un réseau d'eau souterraine (ou mixte) et sans déclaration de GPE municipal ont été retenus.

L'onglet « *Autres_Captages_Mun_ME* » (vert clair) recense les informations des 14 captages identifiés. Pour les quatre municipalités ayant un seul captage (Abercorn, Brigham, Frelighsburg et Stukely-Sud), l'usage par puits a été attribué à partir des données sur le réseau du PACES de Montérégie Est. Pour la municipalité de Warden, le volume d'eau distribué sur le réseau municipal a été uniformément répartie sur les 10 captages dans la colonne I (*Total réseau par puits (m³/an) - PACES ME (2013)*).

Donnée	Volume annuel d'eau souterraine prélevé par captage municipal	
Colonne	Nom	Calcul
I	Total réseau par puits (m ³ /an) - PACES ME (2013)	H2/G2

L'onglet « *Autres_Captages_Mun_ME_SIG* » (vert foncé) permet l'export vers ArcGIS (tableau A.9.6).

Tableau A.9.6 : Description des champs des captages municipaux non déclarés comme GPE en Montérégie Est (*Autres_Captages_Mun_ME_SIG*) après sélection (**Autres_Captages_Mun_ME**)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant du captage créé pour le projet
Nom	Nom
X	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Nb_Puits	Nom de captages municipaux dans la municipalité
GW_R_T	Usage total annuel sur le réseau par municipalité issu du PACES de Montérégie Est (m ³ /an)
GW_R_T_Puits	Usage total annuel par captage municipal (m ³ /an)

Ce dernier onglet est ensuite exporté en csv (**Autres_Captages_Mun_ME**) pour être ensuite importé sur ArcGIS via l'outil Add XY Data en précisant le système de projection de la grille, soit NAD 1983 Québec Lambert des champs « X » et « Y ».

But	Importer les quelques captages municipaux non déclarés comme GPE		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
28	Autres_Captages_Mun_ME.csv	Add XY Data	Autres_Captages_Mun_ME (event)

Cette couche est ensuite convertie au format shapefile (**Autres_Captages_Mun_ME**) avec l'outil Export Data disponible dans la table attributaire.

But	Convertir la couche en shapefile		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
29	Autres_Captages_Mun_ME (event)	Export Data	Autres_Captages_Mun_ME.shp

Estimation de l'usage des eaux souterraines des quelques captages municipaux sur la grille

Comme pour les GPE, il est nécessaire de définir une zone d'influence pour déterminer les mailles de la grille qui vont être potentiellement influencées par ces 14 captages municipaux. L'outil Buffer d'ArcGIS est appliqué sur le shapefile « **Autres_Captages_Mun_ME** » avec une zone tampon de 250 m en considérant que leur impact est moindre que les GPE (où la zone tampon avait été fixée à 500 m de rayon).

But	Délimiter une zone tampon autour des captages municipaux		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
30	Autres_Captages_Mun_ME.shp	Buffer	Autres_Captages_Mun_ME_Tampon.shp

Pour avoir toutes les mailles incluses dans chaque zone tampon, il est primordial de déterminer quelle maille de la grille (**Grille_ME**) est associées à la zone tampon de tel ou tel captage municipal (**Autres_Captages_Mun_ME_Tampon**). Cette étape est faite avec l'outil Intersect dont le résultat est enregistré dans la couche « **Grille_Autres_Captages_Mun_ME_Tampon** » qui contient 47 points.

But	Attribuer à chaque maille de la grille la zone d'influence de chaque captage municipal		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
31	Grille_ME.shp	Intersect	Grille_Autres_Captages_Mun_ME_Tampon.shp
	Autres_Captages_Mun_ME_Tampon.shp		

Ce fichier est ensuite exporté au format txt sous le nom « **Grille_Autres_Captages_Mun_ME_Tampon** » via l'outil Export accessible depuis la table attributaire de la grille.

But	Exporter les données de la grille avec les mailles incluses dans les aires d'influence des puits municipaux		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
32	Grille_Autres_Captages_Mun_ME_Tampon.shp	Export	Grille_Autres_Captages_Mun_ME_Tampon.txt

Un nouveau fichier Excel (**Grille_Autres_Captages_Municipaux_ME**) est produit avec la même structure que le fichier « **GPE_ME** ». Les onglets « *Grille_ME* » (bordeaux) et « *Grille_ME_SIG* » (rouge) sont suivis de l'onglet « *Grille_Aut_Cap_Mun_Sout_Tam* » (orange) qui correspond à une copie du fichier txt « **Grille_Autres-Captages_Mun_ME_Tampon** ». À la suite, dans un autre onglet (en orange également), intitulé « *Grille_Aut_Cap_Mun_Sout_Tam_Bis* », le nombre de maille de la grille incluse dans chaque zone d'influence est indiqué dans la colonne Y (*Comptage Autres Captages Municipaux*).

Donnée	Comptage des mailles de la grille incluses dans la zone d'influence de chaque captage municipal	
Colonne	Nom	Calcul
Y	Comptage Autres Captages Municipaux	NB.SI(\$N\$2:\$N\$48;N2)

Dans ce même onglet, le volume annuel d'eau souterraine prélevé dans chaque maille par ces captages est calculé dans la colonne Z (*Volume Annuel Total Maille - Autres Captages Municipaux (m³/an)*)

Donnée	Volume annuel d'eau souterraine prélevé par les puits municipaux dans chaque maille de la grille	
Colonne	Nom	Calcul
Z	Volume Annuel Total Maille – Autres Captages Municipaux (m ³ /an)	V2/Y2

L'onglet « *Grille_ME_Aut_Cap_Mun_Calcul* » (jaune) assure le calcul des volumes d'eau prélevés par captage municipal dans chaque maille de la grille. La colonne L calcule le nombre de captages municipaux par maille (*Nombre Autres Captages Mun*).

Donnée	Nombre de captages municipaux par maille	
Colonne	Nom	Calcul
L	Nombre Autres Captages Mun	NB.SI(Grille_Aut_Cap_Mun_Sout_Tam_Bis!\$B\$2:\$B\$48; Grille_ME_Aut_Cap_Mun_Calcul!A2)

La colonne M, intitulée « *Volume Annuel Total – Autres Captages Mun (m³/an)* », estime le volume annuel d'eau souterraine prélevé par maille en m³/an tandis que la colonne N (*Volume Annuel Total Maille – Autres Captages Mun (m³/an/km²)*) le calcule en m³/an/km².

Donnée	Volume annuel d'eau souterraine prélevé par les captages municipaux par maille de la grille	
Colonne	Nom	Calcul
M	Volume Annuel Total – Autres Captages Mun (m ³ /an)	SOMME.SI(Grille_Aut_Cap_Mun_Sout_Tam_Bis!\$B\$2:\$B\$48;Grille_ME_Aut_Cap_Mun_Calcul!A2;Grille_Aut_Cap_Mun_Sout_Tam_Bis!\$Z\$2:\$Z\$48)

Donnée	Volume annuel d'eau souterraine prélevé par les captages municipaux par maille de la grille par km ²	
Colonne	Nom	Calcul
N	Volume Annuel Total Maille – GPE Agr (m ³ /an/km ²)	M2/0.0625

Finalement, un onglet « Grille_ME_Aut_Cap_Mun » (vert clair) correspond à une copie de l'onglet précédent mais exempté de formules. Les champs de cet onglet sont décrits dans le tableau A.9.7.

Tableau A.9.7 : Description des champs de la grille traitant des volumes d'eau souterraine prélevés par les quelques captages municipaux non déclarés comme GPE en Montérégie Est
(Grille_ME_Aut_Cap_Mun_Calcul) après estimation (**Grille_Autres_Captages_Municipaux_ME**)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant de la maille
X_QL83	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y_QL83	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
X_Long	Longitude
Y_Lat	Latitude
Nom_Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Aire_Tot_Mun_km2	Superficie de la municipalité (km ²)
Aire_Zone_Mun_km2	Superficie de la municipalité dans la zone d'étude (km ²)
Ratio_Zone_Mun	Proportion de la municipalité incluse dans la zone d'étude (%)
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de la grille inclus dans la municipalité
Nb_Aut_Cap_Mun	Nombre de captages municipaux dans la maille
Vol_Aut_Capt_Mun_m3an	Vol. annuel d'eau sout. prélevé par maille par les captages (m ³ /an)
Vol_Aut_Capt_Mun_Maille_m3ankm2	Vol. annuel d'eau sout. prélevé par maille par les captages (m ³ /an/km ²)

Élaboration de la grille de l'usage agricole hors-réseau

Un nouveau classeur est créé (**Usage_Eau_Agricole_Hors-Reseau**) afin de calculer l'usage de l'eau par les activités agricoles en dehors des réseaux d'aqueduc. Pour ce faire, l'onglet « Grille_ME_Uti_Ter_SIG » du tableur « **Utilisation_Territoire** » y est copié (en bordeaux) de même que l'onglet « Usage_Eau_Sout_Mun_SIG » (rouge) du fichier Excel « **Usage_Eau_Municipalites** ». Finalement, un autre onglet (en orange), intitulé « Grille_ME_SIG » et extrait du fichier « **Grille_ME** », est aussi ajouté. C'est sur cette grille composée de 144 647 mailles de 250 m par 250 m que sera estimé l'ensemble des usages de l'eau souterraine pour la Montérégie Est.

Un onglet (jaune), intitulé « Grille_ME_GW_HR_Agr_Calcul », est alors créé pour le calcul de l'usage agricole hors-réseau. Les colonnes A à K renvoient aux informations de la grille (onglet « Grille_ME_SIG ») tandis que les colonnes L à Q réfèrent aux informations sur l'utilisation du territoire (onglet « Grille_ME_Uti_Ter_SIG »).

La procédure consiste à répartir l'usage agricole végétal calculé dans chaque municipalité (onglet « *Usage_Eau_Sout_Mun_SIG* ») sur les mailles situées au droit des surfaces maraîchères. Ainsi, la colonne R (*Maraîcher*) renvoie au chiffre « 1 » lorsque la colonne Q (*Desc_Pest*) indique la valeur « *Maraîcher* ». Dans plusieurs cas, un usage agricole végétal avait été estimé sur des municipalités n'ayant aucune surface maraîchère selon l'utilisation du territoire de 2017 du MELCC (tableau A.9.8). Pour ces 63 municipalités, la répartition des usages agricoles hors-réseau a été faite sur les 10 autres classes de surfaces végétales, soit « *Agriculture indifférenciée* », « *Autre culture* », « *Canola/Colza* », « *Céréales* », « *Maïs* », « *Petits fruits* », « *Pomme de terre* », « *Soya* », « *Verger* » et « *Vignoble* ».

Tableau A.9.8 : Municipalités avec de l'usage agricole végétal hors-réseau mais aucune surface maraîchère selon la couche d'utilisation du territoire du MELCC produite de 2017

Code	Désignation	Nom	Code	Désignation	Nom
42032	M	Racine	48038	M	Upton
42045	VL	Lawrenceville	48045	M	Saint-Théodore-d'Acton
42050	M	Sainte-Anne-de-la-Rochelle	49015	M	Durham-Sud
42060	CT	Valcourt	49040	M	Wickham
42065	M	Maricourt	49095	P	Saint-Majorique-de-Grantham
45030	CT	Potton	49130	P	Saint-Pie-de-Guire
45093	M	Eastman	53025	M	Sainte-Victoire-de-Sorel
45095	M	Bolton-Est	54072	M	Saint-Liboire
45105	VL	Stukely-Sud	54090	M	Saint-Simon
46005	VL	Abercorn	55057	V	Richelieu
46017	M	Saint-Armand	55065	M	Saint-Mathias-sur-Richelieu
46025	M	Pike River	56005	M	Venise-en-Québec
46030	M	Stanbridge Station	56010	M	Saint-Georges-de-Clarenceville
46035	V	Bedford	56015	M	Noyan
46045	M	Stanbridge East	56023	M	Lacolle
46058	V	Sutton	56042	M	Henryville
46070	VL	Brome	56050	M	Saint-Sébastien
46075	V	Lac-Brome	56055	M	Saint-Alexandre
46078	V	Bromont	56060	P	Sainte-Anne-de-Sabrevois
46080	V	Cowansville	56105	M	Sainte-Brigide-d'Iberville
46085	M	East Farnham	57020	V	Saint-Basile-le-Grand
46090	M	Brigham	57025	M	McMasterville
46100	M	Notre-Dame-de-Stanbridge	57035	V	Mont-Saint-Hilaire
47010	M	Saint-Alphonse-de-Granby	58007	V	Brossard
47035	CT	Shefford	58033	V	Boucherville
47040	M	Saint-Joachim-de-Shefford	58037	V	Saint-Bruno-de-Montarville
47047	M	Roxton Pond	58227	V	Longueuil
47055	M	Sainte-Cécile-de-Milton	59010	V	Sainte-Julie
48005	M	Béthanie	59030	M	Calixa-Lavallée
48015	CT	Roxton	68010	VL	Hemmingford
48020	P	Sainte-Christine	68040	M	Saint-Jacques-le-Mineur
48028	V	Acton Vale			

La colonne S (*Présence Maraîcher*) indique ainsi si la municipalité possède au moins une surface maraîchère sur son territoire et la colonne T (*Autre Surface Végétale*) mentionne si la maille est au droit d'une des 10 autres classes végétales. Les colonnes V (*Nombre Mailles Maraîcher Par Municipalité*) et W (*Nombre Mailles Autre Surface Végétale Par Municipalité*) dénombrent respectivement la somme des mailles au droit des surfaces maraîchères et des autres surfaces végétales dans chaque municipalité.

À partir de ces deux colonnes et de la colonne Y (*GW_HR_AgrV*) issue de l'onglet « *Usage_Eau_Sout_Mun_SIG* », le calcul de l'usage agricole végétal (en m³/an) est ensuite fait dans chaque maille dans la colonne AA (*GW_HR_AgrV_Maille*) selon l'équation :

$$\text{Usage agricole végétal hors réseau par maille} = \frac{\text{Usage agricole végétal hors réseau par municipalité}}{\text{Nombre de mailles au droit des surfaces maraîchères}}$$

Dans le cas des municipalités avec une portion d'usage agricole végétal mais aucune surface maraîchère, le calcul se base sur l'équation suivante :

$$\text{Usage agricole végétal hors réseau par maille} = \frac{\text{Usage agricole végétal hors réseau par municipalité}}{\text{Nombre de mailles au droit des surfaces maraîchères}}$$

Quant à l'usage agricole animal indiqué dans la colonne Z (*GW_HR_AgrA*), la procédure est semblable mais cet usage est ici réparti sur les mailles situées au droit des surfaces fourragères (i.e. destinées à l'alimentation des animaux) indiquées par la valeur « 1 » dans la colonne U (*Fourrage*). La colonne X (*Nombre Mailles Fourrage Par Municipalité*) fait la somme des mailles en « *Fourrage* » dans chaque municipalité. L'usage agricole animal est calculé dans la colonne AB (*GW_HR_AgrA_Maille*) en se fiant à l'équation suivante :

$$\text{Usage agricole animal hors réseau par maille} = \frac{\text{Usage agricole animal hors réseau par municipalité}}{\text{Nombre de mailles au droit des surfaces fourragères}}$$

Tableau A.9.9 : Description des champs de la grille d'usage agricole hors-réseau en Montérégie Est (*Grille_ME_GW_HR_Agr_SIG*) après traitement des données (**Usage_Eau_Agricole_Hors-Reseau**)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant de la maille
X_QL83	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y_QL83	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
X_Long	Longitude
Y_Lat	Latitude
Nom_Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Aire_Tot_Mun_km2	Superficie de la municipalité (km ²)
Aire_Zone_Mun_Km2	Superficie de la municipalité dans la zone d'étude (km ²)
Ratio_Zone_Mun	Proportion de la municipalité incluse dans la zone d'étude (%)
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de la grille inclus dans la municipalité
Code	Code de l'utilisation du territoire détaillée
Classe_Det	Classe de l'utilisation du territoire détaillée
Code_Cat	Code de l'utilisation du territoire générale
Desc_Cat	Classe de l'utilisation du territoire générale
Code_Pest	Code de l'utilisation du territoire du projet « pesticides »
Desc_Pest	Classe de l'utilisation du territoire du projet « pesticides »
Mar	Identification des mailles au droit des surfaces maraîchères
Pres_Mar	Identification des municipalités avec des surfaces maraîchères
Aut_Surf_Veg	Identification des mailles au droit des autres surfaces végétales
Fou	Identification des mailles au droit des surfaces fourragères
Nb_Maille_Mar_Mun	Nb de mailles au droit des surfaces maraîchères par municipalité
Nb_Maille_Aut_Surf_Veg_Mun	Nb de mailles au droit des autres surfaces végétales par municipalité
Nb_Maille_Fou_Mun	Nb de mailles au droit des surfaces fourragères par municipalité
GW_HR_AgrV	Usage agricole végétal hors-réseau par municipalité (m ³ /an)
GW_HR_AgrA	Usage agricole animal hors-réseau par municipalité (m ³ /an)
GW_HR_AgrV_Maille	Usage agricole végétal hors-réseau par maille (m ³ /an)
GW_HR_AgrA_Maille	Usage agricole animal hors-réseau par maille (m ³ /an)
GW_HR_AgrT_Maille	Usage agricole total hors-réseau par maille (m ³ /an)

L'usage agricole total hors-réseau par maille est ensuite simplement estimé dans la colonne AC (*GW_HR_AgrT_Maille*) en combinant les deux usages :

$$\text{Usage agricole total hors réseau par maille} = \text{Usage agricole végétal hors réseau par maille} + \text{Usage agricole animal hors réseau par maille}$$

L'onglet final (en vert clair), appelé « *Grille_ME_GW_HR_Agr* », correspond à une copie de l'onglet précédent tandis que l'onglet (vert foncé), intitulé « *Grille_ME_GW_HR_Agr_SIG* », présente également les mêmes données mais avec des champs épurés (tableau A.9.9) pour pouvoir être exporté au besoin vers ArcGIS.

Notes : les volumes d'eau souterraine prélevés par les 23 GPE agricoles n'ont pas été considérés dans le calcul de l'usage agricole hors-réseau. Ils seront toutefois ajoutés sur la carte finale comme point de repère.

Élaboration de la grille de l'usage résidentiel hors-réseau

Le fichier « **Usage_Eau_Residentiel_Hors-Reseau** » est créé afin de déterminer l'usage résidentiel hors-réseau par maille de la grille. Le premier (bordeaux), intitulé « *Grille_ME_Nb_Puits_Residentiels* » est issu du fichier « **Grille_ME_Nb_Puits_Residentiels** ». L'onglet (rouge) « *Usage_Eau_Sout_Mun_SIG* », extrait du fichier Excel « **Usage_Eau_Municipalites** », est aussi ajouté.

Le fichier Excel est ensuite agrémenté d'un onglet (orange), intitulé « *Grille_ME_GW_HR_Res_Calcul* », dans lequel est estimé l'usage résidentiel hors-réseau par maille. Les colonnes A à K renvoient à la grille et les informations des colonnes L (*Nb_SIH*) et M (*Nb_SIH_km2*) réfèrent aux éléments du premier onglet (*Grille_ME_Nb_Puits_Residentiels*), à savoir : le nombre de puits résidentiels par maille et la densité de puits résidentiels. La colonne N (*Nombre Puits Résidentiels Par Municipalité*) calcule la somme des puits résidentiels identifiés dans le SIH pour chaque municipalité. La colonne O (*GW_HR_Res*) est extraite de l'onglet « *Usage_Eau_Sout_Mun_SIG* » et indique l'usage résidentiel hors-réseau par municipalité.

La procédure consiste ensuite à déterminer l'usage résidentiel hors-réseau pour chaque maille en se basant sur l'usage résidentiel hors-réseau calculé dans la municipalité et sur le ratio du nombre de puits résidentiels par maille vis-à-vis du nombre de puits résidentiels dans l'ensemble de la municipalité. Cet usage est ainsi déterminé dans la colonne P (*GW_HR_Res_Maille*) selon l'équation suivante :

$$\text{Usage résidentiel hors réseau par maille} = \text{Usage résidentiel hors réseau par municipalité} * \frac{\text{Nombre de puits résidentiels dans la maille}}{\text{Nombre de puits résidentiels dans la municipalité}}$$

Tableau A.9.10 : Description des champs de la grille d'usage résidentiel hors-réseau en Montérégie Est (*Grille_ME_GW_HR_Res_SIG*) après traitement des données (**Usage_Eau_Residentiel_Hors-Reseau**)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant de la maille
X_QL83	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y_QL83	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
X_Long	Longitude
Y_Lat	Latitude
Nom_Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Aire_Tot_Mun_km2	Superficie de la municipalité (km ²)
Aire_Zone_Mun_Km2	Superficie de la municipalité dans la zone d'étude (km ²)
Ratio_Zone_Mun	Proportion de la municipalité incluse dans la zone d'étude (%)
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de la grille inclus dans la municipalité
Nb_SIH	Nombre de puits résidentiels dans la maille
Nb_SIH_km2	Densité de puits résidentiels dans la maille (puits/km ²)
Nb_SIH_Mun	Nombre de puits résidentiels par municipalité
GW_HR_Res	Usage résidentiel hors-réseau par municipalité (m ³ /an)
GW_HR_Res_Maille	Usage résidentiel hors-réseau par maille (m ³ /an)

Comme la municipalité de Saint-Philippe n'avait pas de puits résidentiels (selon le SIH) mais qu'un usage résidentiel hors-réseau avait été estimé lors du PACES de Montérégie Est, il a été décidé de mettre cet usage comme nul pour cette municipalité. Ce choix est justifié par le fait que cet usage résidentiel hors-réseau est vraisemblablement lié à la présence du puits résidentiels dans la portion de la municipalité de Saint-Philippe qui est en dehors du territoire d'étude.

Finalement, on onglet (vert clair), nommé « *Grille_ME_GW_HR_Res* », est ensuite créé. Il correspond à une copie de l'onglet précédent. Le dernier onglet (vert foncé), intitulé « *Grille_ME_GW_HR_Res_SIG* », est alors ajouté pour un éventuel export vers ArcGIS. Les champs de cet onglet sont décrits dans le tableau A.9.10.

Élaboration de la grille de l'usage ICI hors-réseau

Tout d'abord, un tableur Excel « *Usage_Eau_ICI_Hors-Reseau* » est produit dans le but de définir l'usage ICI hors réseau par maille de la grille en Montérégie Est. Les données de la grille de l'usage de l'eau souterraine par les GPE, issues du fichier « *Grille_GPE_ME* », sont copiées dans un premier onglet (bordeaux), intitulé « *Grille_GPE_ME* ». Les informations relatives aux GPE identifiés en Montérégie Est sont aussi ajoutées dans un nouvel onglet (rouge), dénommé « *GPE_ME_Sout_SIG* » puis l'onglet « *GPE_ME_Sout_ICI_SIG* » (en orange) reprend les mêmes données uniquement pour les 134 GPE ICI.

L'usage ICI hors-réseau est ensuite calculé dans l'onglet « *Grille_ME_GW_HR_ICI_Calcul* » (en jaune). Les colonnes A à K font référence aux informations de la grille puis les colonnes L à N renvoient aux données de l'onglet « *Grille_ME_GPE* ». La colonne L (*Nb_GPE_ICI*) présente le nombre de GPE ICI présents au droit de chaque maille. Ce chiffre ne se base pas uniquement sur l'emplacement du GPE mais aussi sur la zone d'influence de 500 m de rayon estimée précédemment pour chaque GPE. La colonne M (*Vol_GPE_ICI_m3an*) reprend les données d'usage annuel par GPE ICI en m³/an réparties par maille tandis que la colonne N (*Vol_GPE_ICI_Maille_m3ankm2*) calcule ce volume par km² pour chacune des mailles.

La procédure d'estimation de l'usage ICI hors-réseau se base uniquement sur les données de la BD des GPE sur la période récente (2015-2019) et ne tient pas compte des calculs de l'usage ICI hors-réseau du PACES de Montérégie Est (2013). Ainsi, pour des questions de formatage et de cohérence avec tous les autres tableurs Excel où sont calculées les divers usages de l'eau souterraine, les colonnes O (*GW_HR_ICI*) et P (*GW_HR_ICI_Maille*) reprennent directement les données de la colonne M.

Tableau A.9.11 : Description des champs de la grille d'usage ICI hors-réseau en Montérégie Est (*Grille_ME_GW_HR_ICI_SIG*) après traitement des données (*Usage_Eau_ICI_Hors-Reseau*)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant de la maille
X_QL83	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y_QL83	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
X_Long	Longitude
Y_Lat	Latitude
Nom_Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Aire_Tot_Mun_km2	Superficie de la municipalité (km ²)
Aire_Zone_Mun_Km2	Superficie de la municipalité dans la zone d'étude (km ²)
Ratio_Zone_Mun	Proportion de la municipalité incluse dans la zone d'étude (%)
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de la grille inclus dans la municipalité
Nb_GPE_ICI	Nombre de GPE ICI dans la maille
Vol_GPE_ICI_m3an	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les GPE ICI (m ³ /an)
Vol_GPE_ICI_Maille_m3ankm2	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les GPE ICI (m ³ /an/km ²)
GW_HR_ICI	Usage ICI hors-réseau par maille (m ³ /an)
GW_HR_ICI_Maille	Usage ICI hors-réseau par maille (m ³ /an)

Finalement, l'onglet « *Grille_ME_GW_HR_ICI* » (vert clair) est ajouté en copiant l'onglet précédent puis un dernier onglet « *Grille_ME_GW_HR_ICI_SIG* » (vert foncé) pour l'export éventuel vers ArcGIS est créé avec des champs répondant aux normes du SIG (tableau A.9.11)

Élaboration de la grille de l'usage total réseau

Un tableur Excel (**Usage_Eau_Total_Reseau**) est créé pour estimer l'usage total sur le réseau pour chaque maille de la grille en Montérégie Est. Le premier onglet (bordeaux), intitulé « *Grille_ME_GPE* », est ajouté à partir du fichier « **Grille_GPE_ME** ». L'onglet « *GPE_ME_Sout_SIG* » (en rouge) provient du tableur Excel « **GPE_ME** ». L'onglet suivant (en orange), nommé « *GPE_ME_Sout_Mun_SIG* », regroupe uniquement les informations reliées aux 81 GPE municipaux. Un autre onglet (jaune) est aussi ajouté afin de considérer les prélèvements des 14 autres captages municipaux non déclarés comme GPE et plus particulièrement des 22 mailles incluses dans l'aire d'influence de ces captages (*Grille_ME_aut_Cap_Mun*).

L'usage total réseau est ensuite calculé dans l'onglet « *Grille_ME_GW_R_T_Calcul* » (vert clair) où les colonnes A à K réfèrent aux informations de la grille. Les colonnes L à N renvoient aux données de l'onglet « *Grille_ME_GPE* ». Le nombre de GPE municipaux situés au droit de chaque maille (en considérant la zone d'influence potentielle de 500 m de rayon établie précédemment) est calculé dans la colonne L (*Nb_GPE_Mun*). La colonne M (*Vol_GPE_Mun_m3an*) calcule le volume annuel d'eau prélevé par maille par les GPE municipaux en m³/an et la colonne N (*Vol_GPE_mun_Maille_m3ankm2*) l'estime par km² pour chaque maille. Les colonnes O à Q renvoient aux données de l'onglet « *Grille_ME_Aut_Cap_Mun* » et considèrent les mêmes variables que les colonnes L à N mais pour les 14 captages municipaux considérés.

La procédure d'estimation de l'usage total réseau se base donc sur deux sources de données : (1) les volumes des GPE déclarés récemment (2015-2019) et (2) l'usage de quelques captages municipaux non déclarés comme GPE et dont les données d'usage datent du PACES de Montérégie Est (2013). La colonne R (*GW_R_T*) correspond donc à l'usage ICI hors-réseau par maille, pouvant provenir soit des données des GPE ICI ou des données des autres captages municipaux d'importance. Toujours pour des raisons d'homogénéisation des fichiers, la colonne S (*GW_R_T_Maille*) reprend les données de la colonne précédente (i.e. les données d'usage total réseau de l'eau souterraine par maille en m³/an).

Tableau A.9.12 : Description des champs de la grille d'usage total réseau en Montérégie Est (*Grille_ME_GW_R_T_SIG*) après traitement des données (**Usage_Eau_Total_Reseau**)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant de la maille
X_QL83	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y_QL83	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
X_Long	Longitude
Y_Lat	Latitude
Nom_Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Aire_Tot_Mun_km2	Superficie de la municipalité (km ²)
Aire_Zone_Mun_Km2	Superficie de la municipalité dans la zone d'étude (km ²)
Ratio_Zone_Mun	Proportion de la municipalité incluse dans la zone d'étude (%)
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de la grille inclus dans la municipalité
Nb_GPE_Mun	Nombre de GPE mun. dans la maille
Vol_GPE_Mun_m3an	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les GPE mun. (m ³ /an)
Vol_GPE_Mun_Maille_m3ankm2	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les GPE mun. (m ³ /an/km ²)
Nb_Aut_Cap_Mun	Nombre d'aut puits mun. dans la maille
Vol_Aut_Cap_Mun_m3an	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les aut. puits mun. (m ³ /an)
Vol_Aut_Cap_Mun_Maille_m3ankm2	Vol. an. d'eau sout. prélevé par maille par les aut. puits mun. (m ³ /an/km ²)
GW_HR_T	Usage total réseau par maille (m ³ /an)
GW_HR_T_Maille	Usage total réseau par maille (m ³ /an)

Enfin, un onglet (vert foncé), intitulé « *Grille_ME_GW_R_T* », reprend les données de l'onglet précédent. Le dernier onglet (bleu clair), appelé « *Grille_ME_GW_R_T_SIG* », correspond aux données finales avec des champs épurés (tableau A.9.12) pour l'export vers ArcGIS.

Combinaison des grilles d'usage et élaboration de la grille finale de l'usage total

Enfin, la grille finale (**Usage_Eau_Total**) est produite en combinant les données des quatre grilles précédemment créées :

1. **Usage_Eau_Total_Reseau :**
 - a. *Grille_ME_GW_R_T* (onglet bordeaux) ;
 - b. *Grille_ME_GW_R_T_SIG* (onglet rouge) ;
2. **Usage_Eau_Agricole_Hors-Reseau :**
 - a. *Grille_ME_GW_HR_Agr* (onglet bordeaux) ;
 - b. *Grille_ME_GW_HR_Agr_SIG* (onglet rouge) ;
3. **Usage_Eau_ICI_Hors-Reseau :**
 - a. *Grille_ME_GW_HR_ICI* (onglet bordeaux) ;
 - b. *Grille_ME_GW_HR_ICI_SIG* (onglet rouge) ;
4. **Usage_Eau_Residentiel_Hors-Reseau :**
 - a. *Grille_ME_GW_HR_Res* (onglet bordeaux) ;
 - b. *Grille_ME_GW_HR_Res_SIG* (onglet rouge).

Un neuvième onglet (orange), dénommé « *Grille_ME_GW_T_Calcul* », est alors ajouté. Il reprend les données de la grille (colonnes A à K), c'est-à-dire des 144 647 mailles de 250 m par 250 m définies en Montérégie Est. Les colonnes L à Q reprennent les données d'usage de l'eau souterraine par maille (m³/an) pour les catégories suivantes : usage total réseau (colonne L), usage agricole végétal hors-réseau (colonne M), usage agricole animal hors-réseau (colonne N), usage agricole total hors-réseau (colonne O), usage ICI hors-réseau (colonne P) et usage résidentiel hors-réseau (colonne Q). Dans la colonne R (*T_m3an*) est alors calculé l'usage total dans chaque maille en m³/an selon l'équation suivante :

$$T_m3an = R_T_m3an + HR_AgrT_m3an + HR_ICI_m3an + HR_Res_m3an$$

Où

- T_m3an* : usage total de l'eau souterraine par maille (m³/an) ;
- R_T_m3an* : usage total réseau de l'eau souterraine par maille (m³/an) ;
- HR_AgrT_m3an* : usage agricole hors-réseau de l'eau souterraine par maille (m³/an) ;
- HR_ICI_m3an* : usage ICI hors-réseau de l'eau souterraine par maille (m³/an) ;
- HR_Res_m3an* : usage résidentiel hors-réseau de l'eau souterraine par maille (m³/an) ;

Les colonnes S à Y reprennent les données des colonnes L à R mais estiment cet usage de l'eau souterraine en m³/an/km² en appliquant l'équation suivante :

$$Usage\ par\ maille\ (en\ m^3/an/km^2) = \frac{Usage\ par\ maille\ (en\ m^3/an)}{Aire\ de\ chaque\ maille\ (0.0625\ km^2)}$$

Un onglet (jaune), intitulé « *Grille_ME_GW_T* », reprend directement les données d'usage calculées dans l'onglet « *Grille_ME_GW_T_Calcul* ». Finalement, un dernier onglet (vert clair), nommé « *Grille_ME_GW_T_SIG* », est ajouté en identifiant les colonnes par des champs adaptés à l'outil SIG (tableau A.9.13). Cet onglet est ensuite converti au format csv sous le nom « **Grille_ME_GW_T** » pour l'export vers ArcGIS.

Tableau A.9.13 : Description des champs de la grille d'usage total en Montérégie Est
(Grille_ME_GW_T_SIG) après assemblage des données des grilles d'usage (Usage_Eau_Total)

Champ	Description du champ
ID	Identifiant de la maille
X_QL83	Coordonnée X en NAD 83 Québec Lambert (m)
Y_QL83	Coordonnée Y en NAD 83 Québec Lambert (m)
X_Long	Longitude
Y_Lat	Latitude
Nom_Mun	Nom de la municipalité
ID_Mun	Code géographique de la municipalité
Aire_Tot_Mun_km2	Superficie de la municipalité (km ²)
Aire_Zone_Mun_Km2	Superficie de la municipalité dans la zone d'étude (km ²)
Ratio_Zone_Mun	Proportion de la municipalité incluse dans la zone d'étude (%)
Nb_Pts_Mun	Nombre de points de la grille inclus dans la municipalité
R_T_m3an	Usage total réseau par maille (m ³ /an)
HR_AgrV_m3an	Usage agricole végétal hors-réseau par maille (m ³ /an)
HR_AgrA_m3an	Usage agricole animal hors-réseau par maille (m ³ /an)
HR_AgrT_m3an	Usage agricole total hors-réseau par maille (m ³ /an)
HR_ICI_m3an	Usage ICI hors-réseau par maille (m ³ /an)
HR_Res_m3an	Usage résidentiel hors-réseau par maille (m ³ /an)
T_m3an	Usage total par maille (m ³ /an)
R_T_m3ankm2	Usage total réseau par maille (m ³ /an/km ²)
HR_AgrV_m3ankm2	Usage agricole végétal hors-réseau par maille (m ³ /an/km ²)
HR_AgrA_m3ankm2	Usage agricole animal hors-réseau par maille (m ³ /an/km ²)
HR_AgrT_m3ankm2	Usage agricole total hors-réseau par maille (m ³ /an/km ²)
HR_ICI_m3ankm2	Usage ICI hors-réseau par maille (m ³ /an/km ²)
HR_Res_m3ankm2	Usage résidentiel hors-réseau par maille (m ³ /an/km ²)
T_m3ankm2	Usage total par maille (m ³ /an/km ²)

Traitement final pour affichage de l'indicateur intramunicipal

Le fichier csv « Grille_ME_GW_T » est importé sur ArcGIS via l'outil Add XY Data accessible depuis l'onglet File de la barre d'outils d'ArcGIS. Lors de l'importation, il est nécessaire de préciser le système de projection de la grille soit NAD 1983 Québec Lambert.

But	Importer la grille d'usage finale		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
33	Grille_ME_GW_T.csv	Add XY Data	Grille_ME_GW_T (event)

Finalement, cette grille d'entités ponctuelles est enregistrée au format shapefile (Grille_ME_GW_T) compatible avec ArcGIS grâce à l'outil Export Data.

But	Convertir la grille d'usage finale au format SIG compatible		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
34	Grille_ME_GW_T (event)	Export Data	Grille_ME_GW_T.shp

L'outil *Point to Raster* est utilisé pour convertir la couche de points en raster, intitulé « **T_m3ankm2** », en indiquant « *MOST_FREQUENT* » dans le type d'assignement de cellule et une taille de cellule de 250 m. Selon le raster d'usage souhaité, il est nécessaire de choisir le champ adéquat (voir tableau A.9.14), en l'occurrence « *T_m3ankm2* » dans le cas de l'usage total, qui sera aussi utilisé comme champ prioritaire.

But	Convertir la grille d'entités ponctuelles au format matriciel		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
35	Grille_ME_GW_T.shp	Point to Raster	T_m3ankm2

Afin de lisser les usages, l'outil *Focal Statistics* est appliqué sur le raster précédent (*T_m3ankm2*). Cet outil calcule les statistiques moyennes dans un environnement donné autour de chaque cellule du raster d'entrée. Après plusieurs essais, l'outil est finalement appliqué en calculant la moyenne (*MEAN*) de l'onglet *Statistics type* au sein d'un cercle de recherche (*Circle*) dans le voisinage (*Neighborhood*) ayant un rayon (*Radius*) de 5 selon les unités de la cellule (*Cell*). Le raster intermédiaire produit est nommé « **T_m3ankm2F** ».

But	Lissage du raster d'usage		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
36	T_m3ankm2	Focal Statistics	T_m3ankm2F

Comme ce lissage est fait sur plusieurs mailles avoisinantes, le résultat (**T_m3ankm2F**) peut déborder des limites du projet. Ainsi, l'outil *Extract by Mask* est utilisé avec la couche des limites de la Montérégie Est (**Zone_Etude_PACES_ME**) pour obtenir un raster totalement inclus sur le territoire (**T_m3ankm2C**).

But	Découpage du raster d'usage pour obtenir le raster final		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
37	T_m3ankm2F	Extract by Mask	T_m3ankm2C

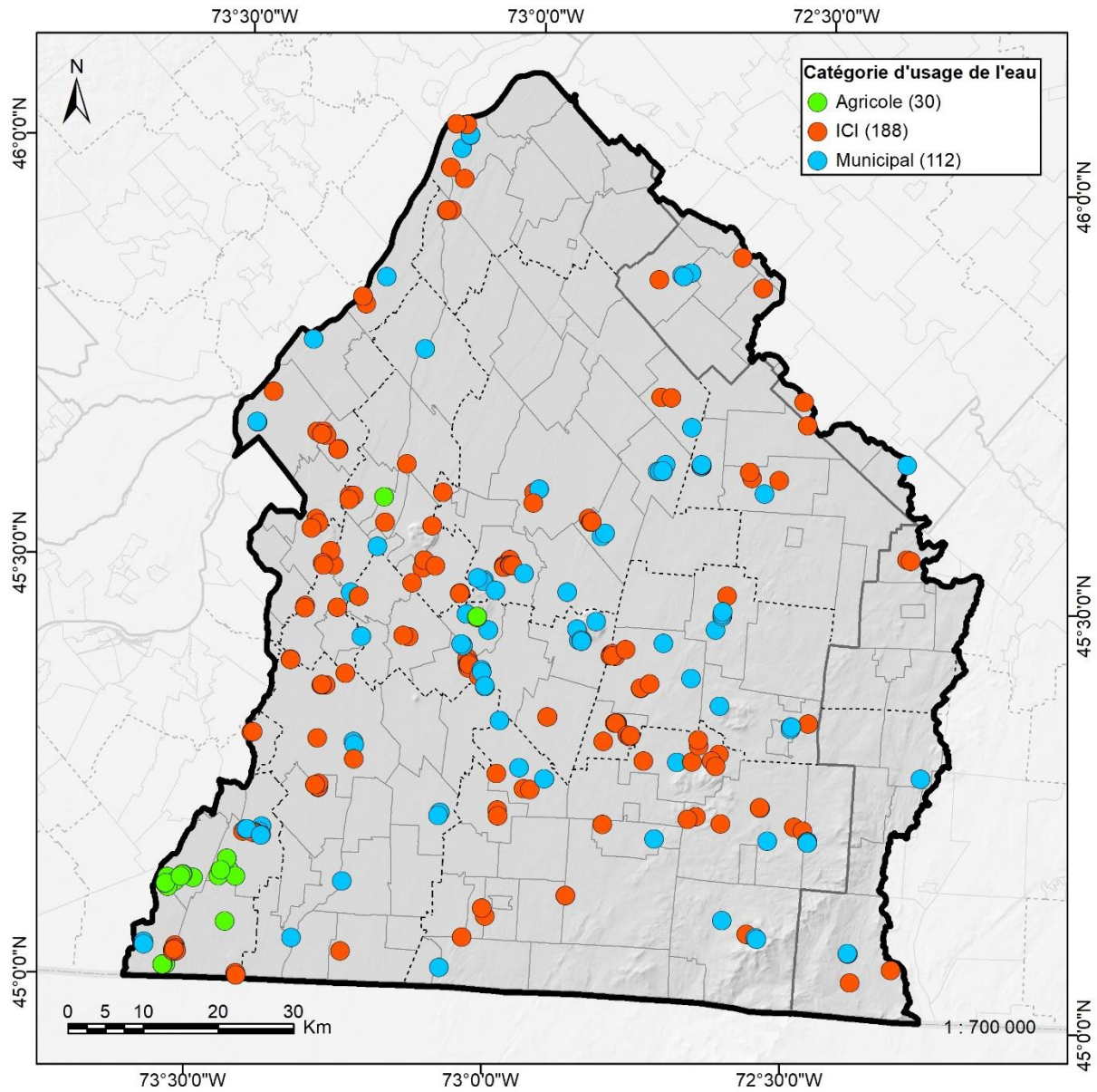
Le travail est reproduit pour les différents types d'usage de l'eau souterraine. Pour ce faire, le détail des champs et des rasters en sortie est indiqué dans le tableau (tableau A.9.14).

Tableau A.9.14 : Champs du fichier « **Grille_ME_GW_T** » utilisés pour la production des rasters d'usage

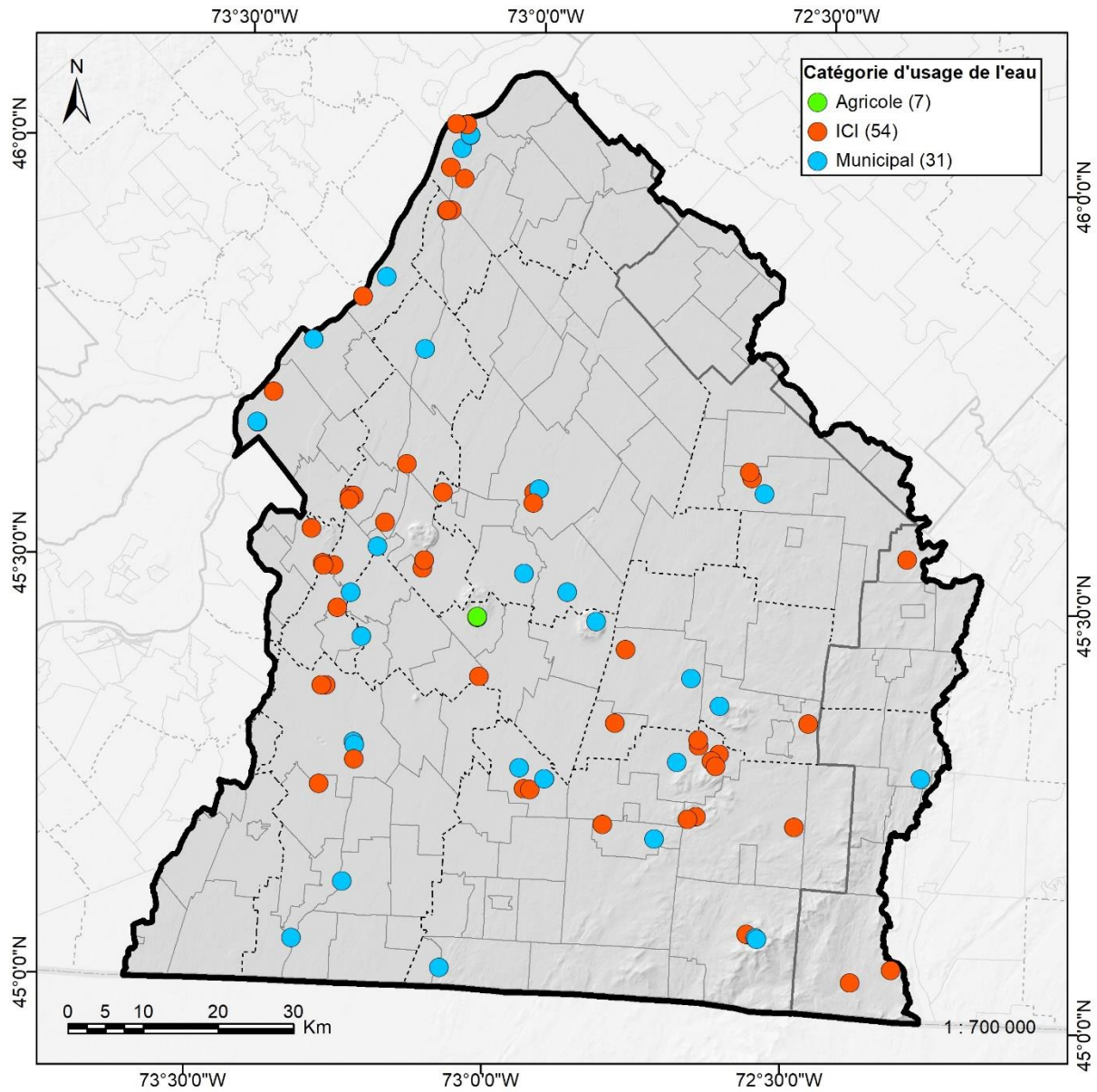
Champ en entrée	Raster original	Raster intermédiaire	Raster final
Outil	Point to Raster	Focal Statistics	Extract by Mask
R_T_m3ankm2	RT_m3ankm2	RT_m3ankm2F	RT_m3ankm2C
HR_AgrV_m3ankm2	HRAV_m3ankm2	HRAV_m3ankm2F	HRAV_m3ankm2C
HR_AgrA_m3ankm2	HRAA_m3ankm2	HRAA_m3ankm2F	HRAA_m3ankm2C
HR_AgrT_m3ankm2	HRAT_m3ankm2	HRAT_m3ankm2F	HRAT_m3ankm2C
HR_ICI_m3ankm2	HRI_m3ankm2	HRI_m3ankm2F	HRI_m3ankm2C
HR_Res_m3ankm2	HRR_m3ankm2	HRR_m3ankm2F	HRR_m3ankm2C
T_m3ankm2	T_m3ankm2	T_m3ankm2F	T_m3ankm2C

Annexe 10

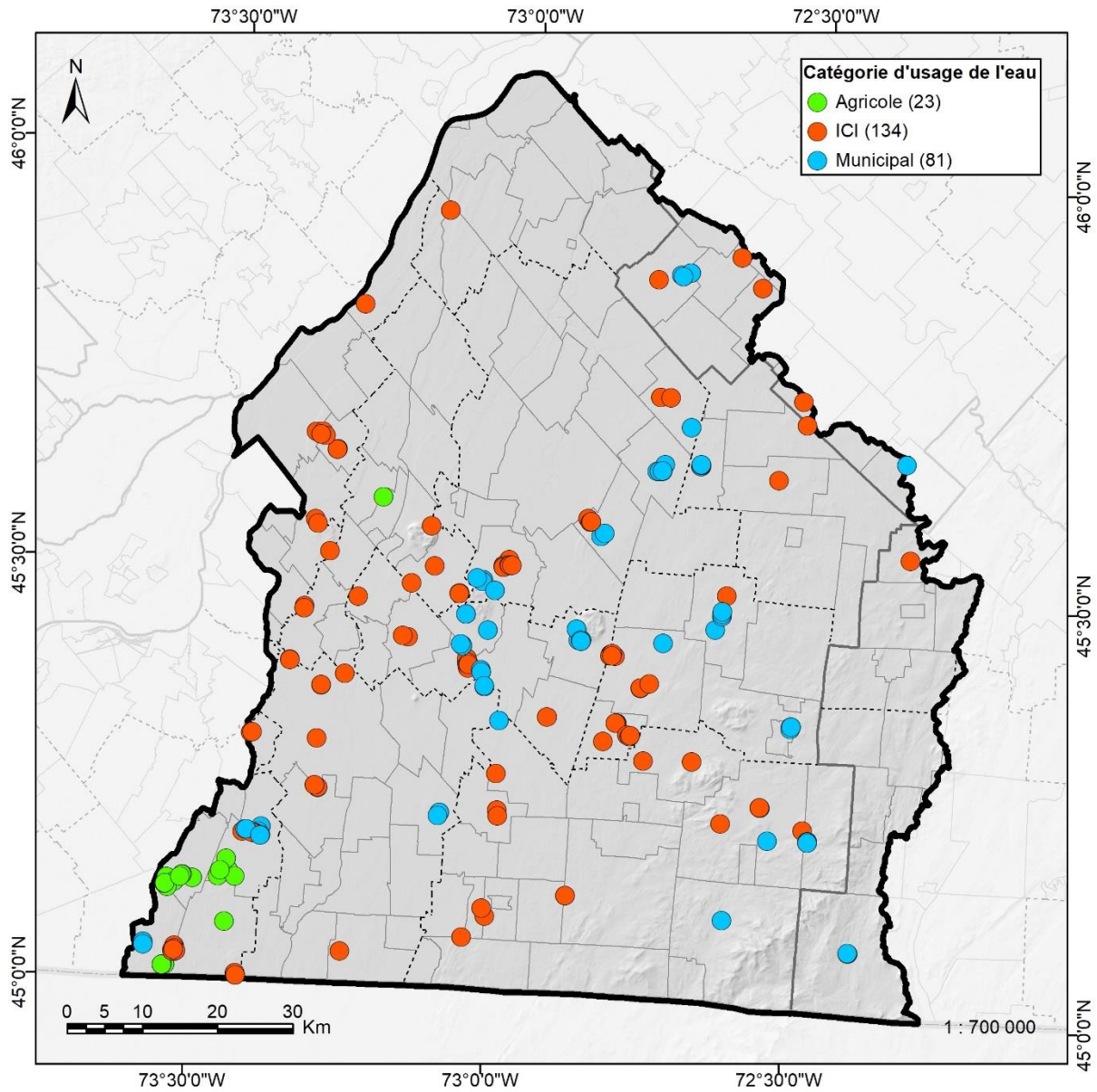
Cartes produites lors de l'élaboration de l'indicateur intramunicipal d'usage de l'eau souterraine



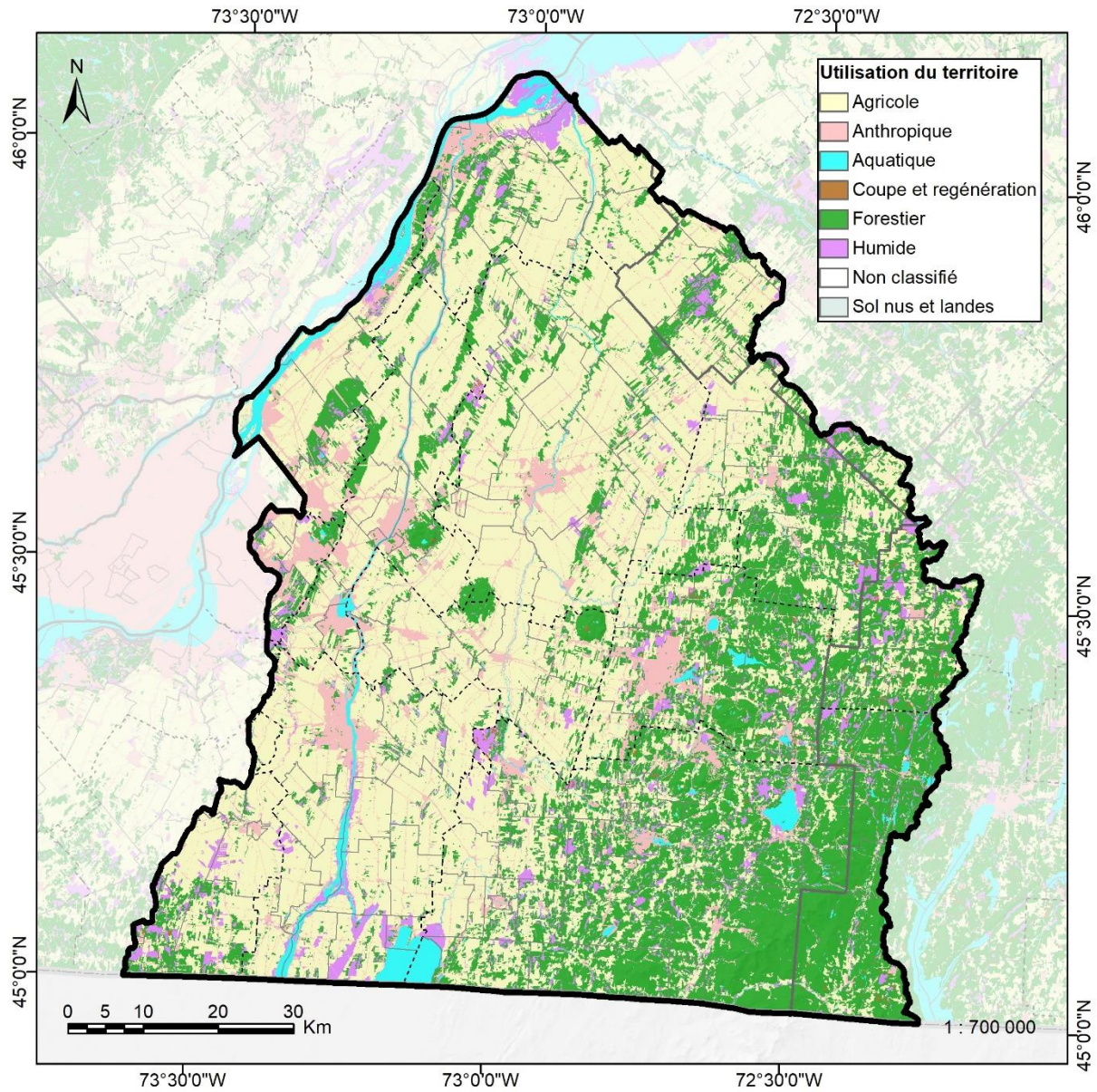
Carte A.10.1 : Ensemble des GPE de la Montérégie Est (n = 330)



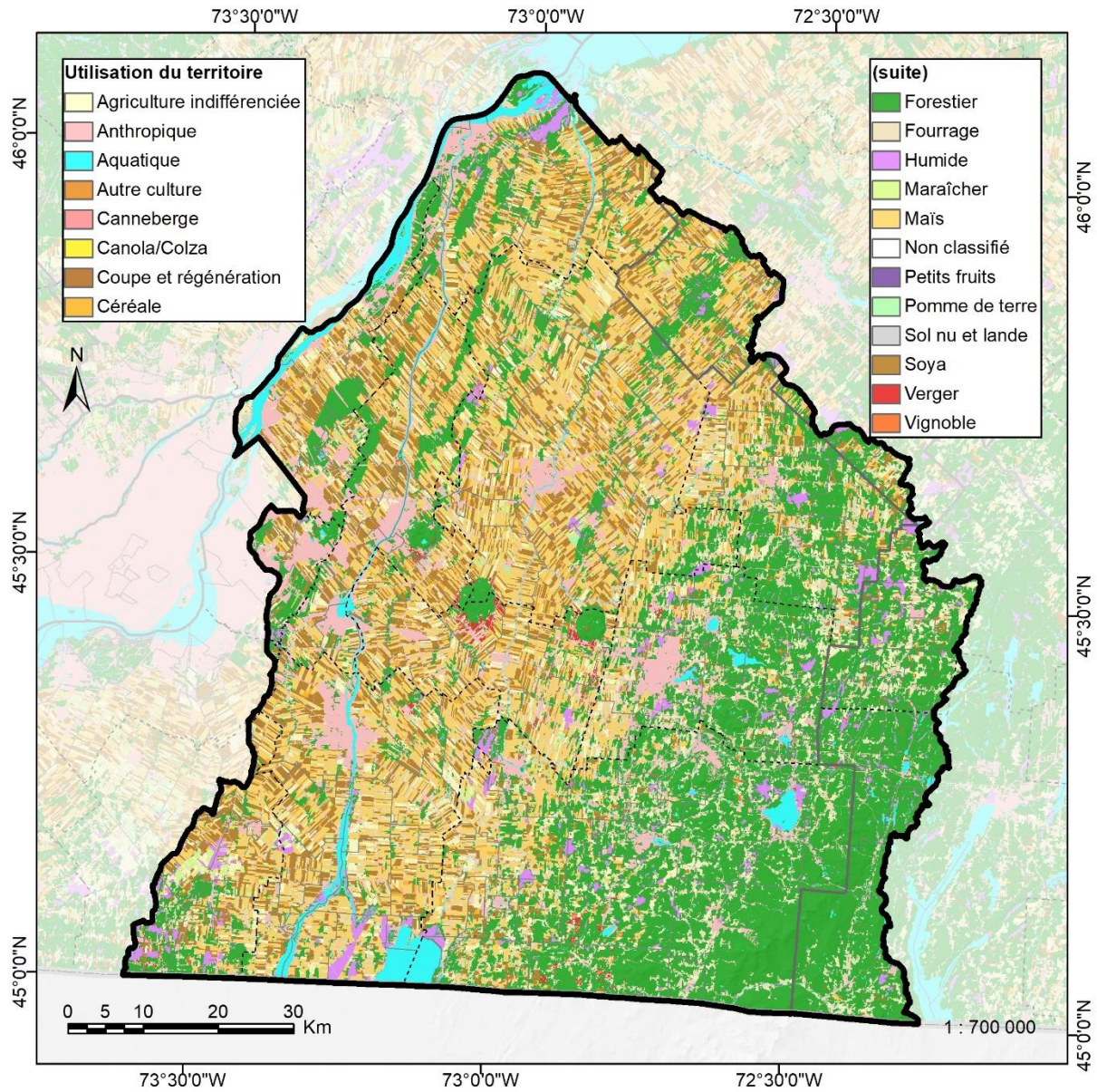
Carte A.10.2 : Ensemble des GPE de la Montérégie Est prélevant les eaux de surface (n = 92)



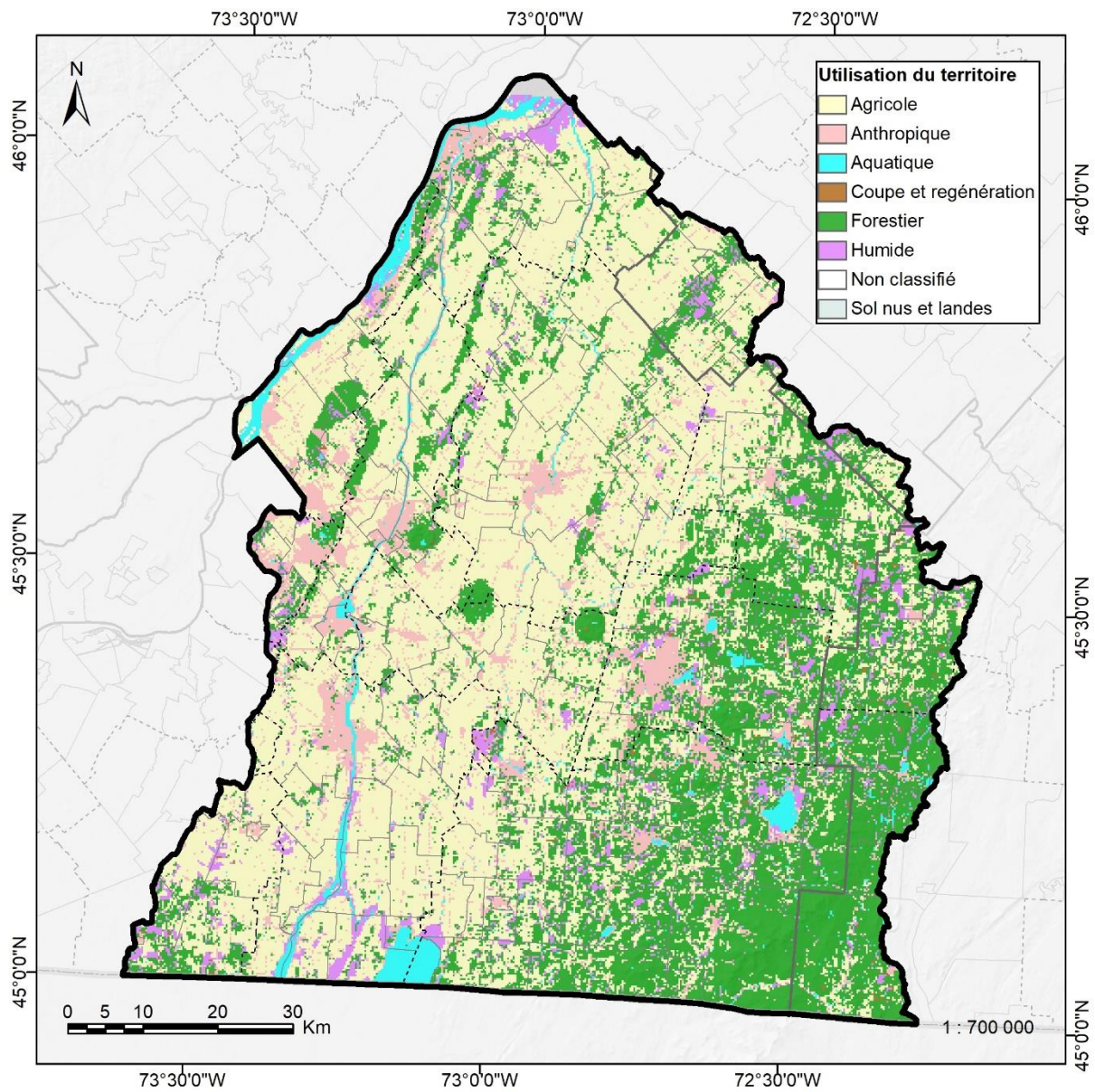
Carte A.10.3 : Ensemble des GPE de la Montérégie Est prélevant les eaux souterraines (n = 238)



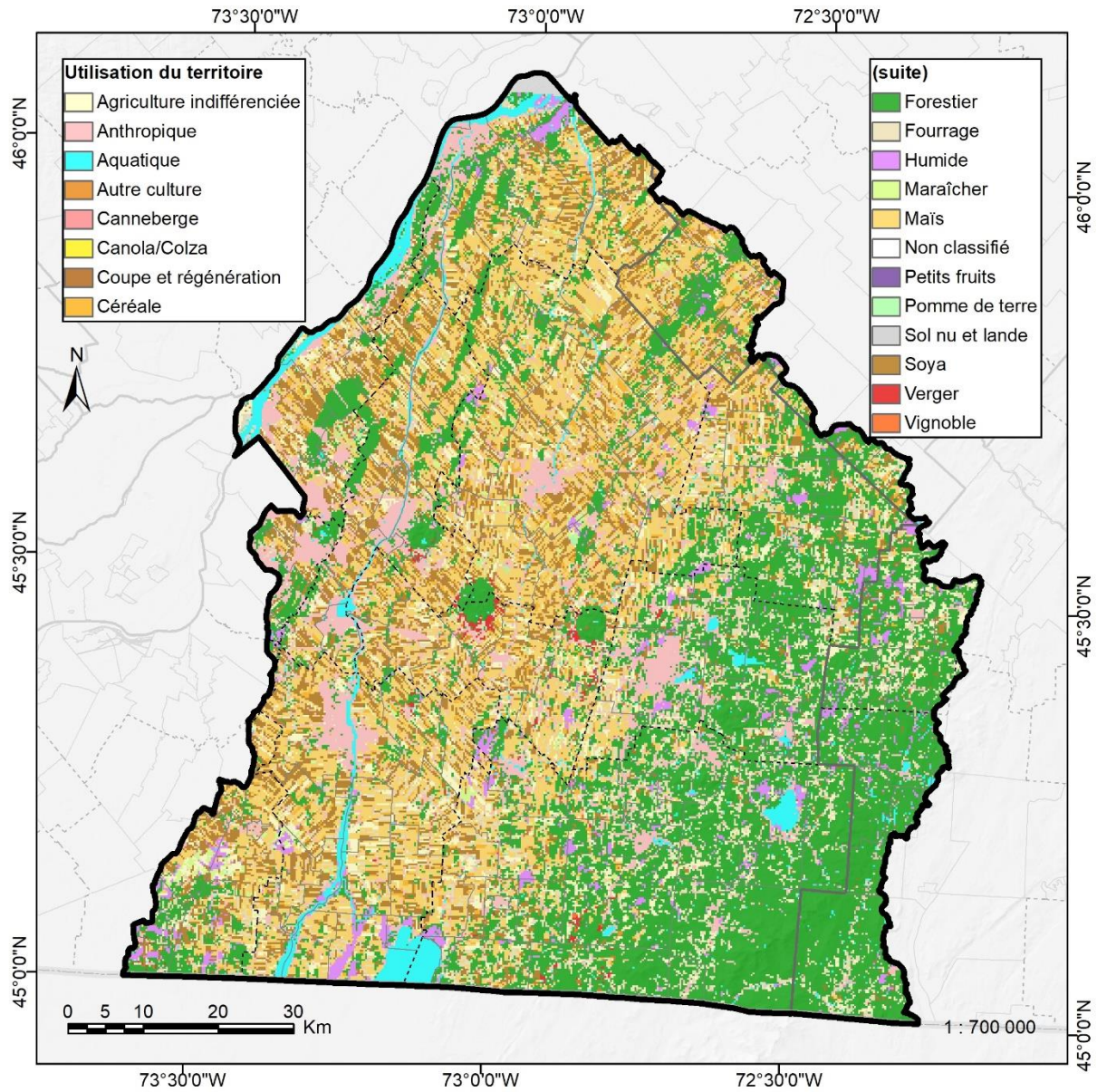
Carte A.10.4 : Utilisation du territoire initiale selon les classes de catégories générales en Montérégie Est



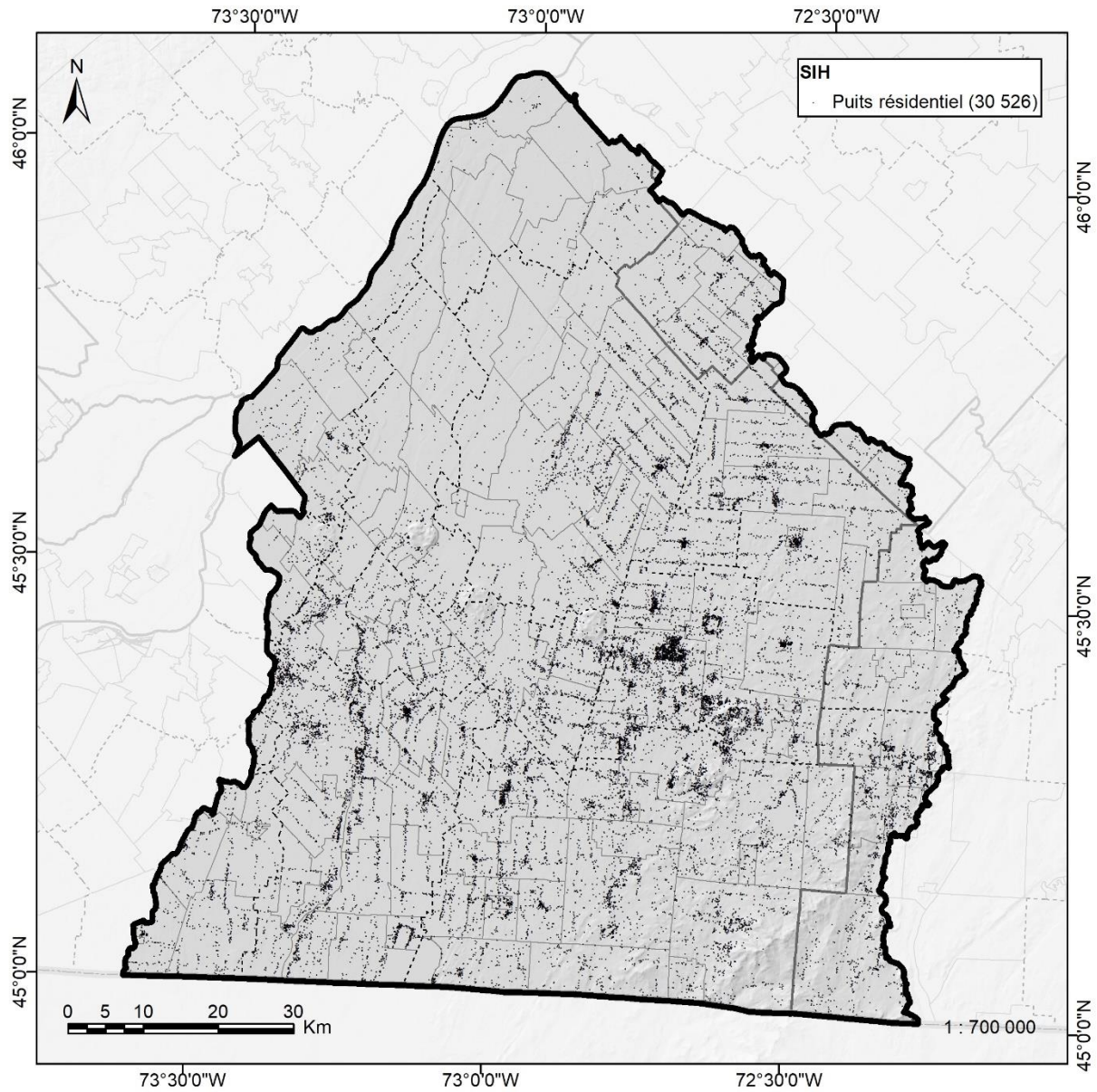
Carte A.10.5 : Utilisation du territoire initiale selon les classes du projet « pesticides » en Montérégie Est



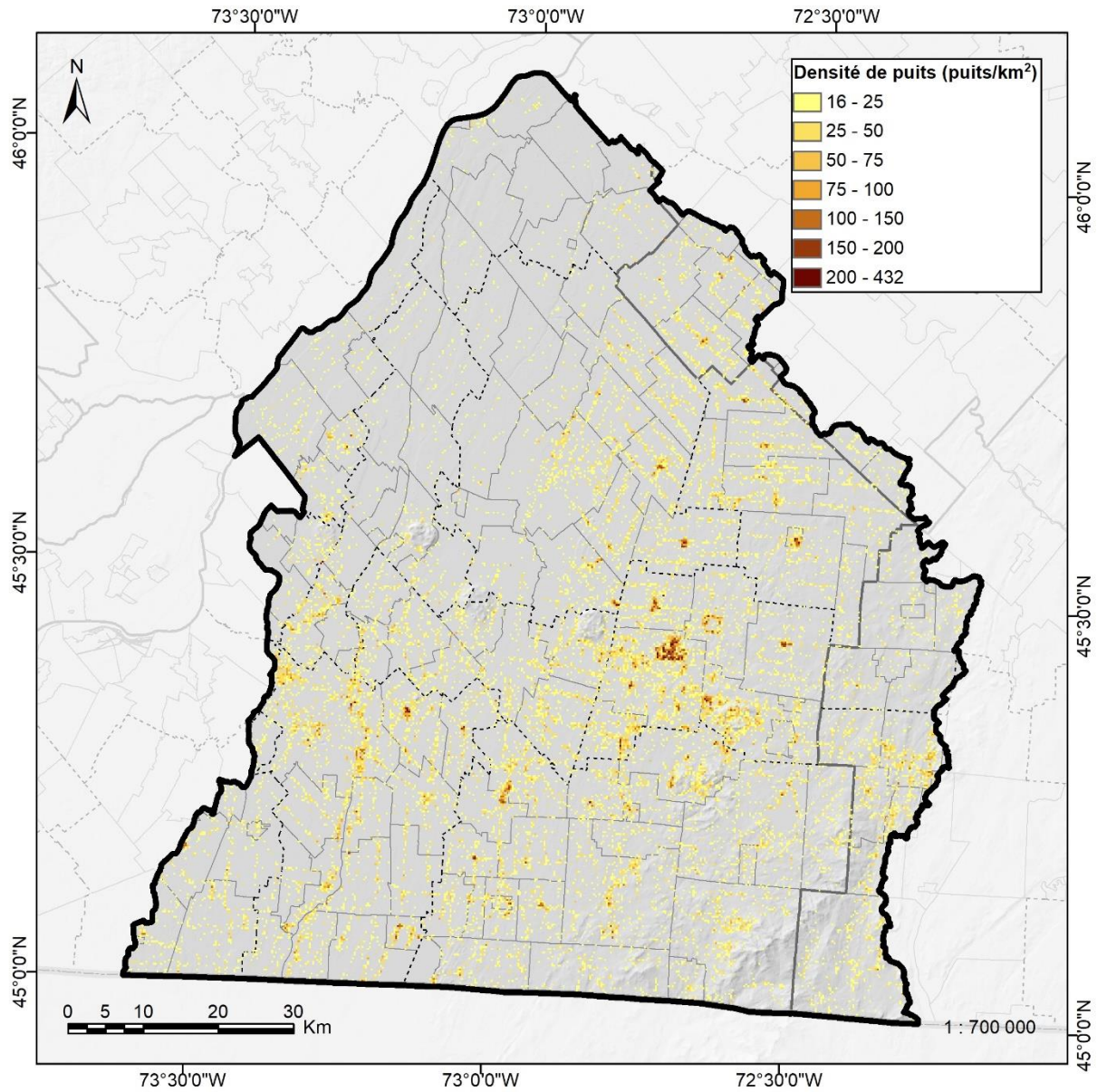
Carte A.10.6 : Utilisation du territoire simplifiée selon les classes de catégories générales en Montérégie Est



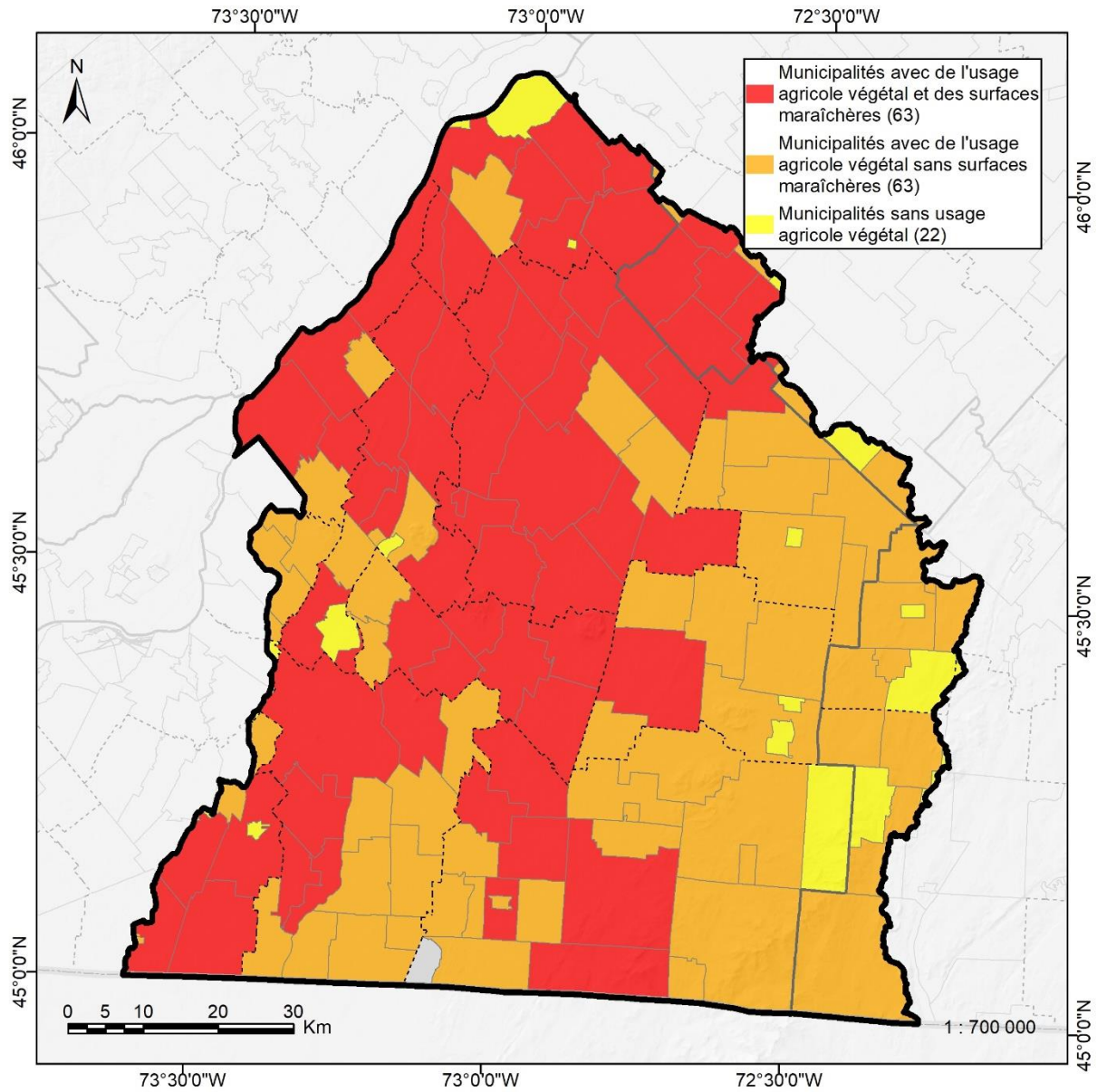
Carte A.10.7 : Utilisation du territoire simplifiée selon les classes du projet « pesticides » en Montérégie Est



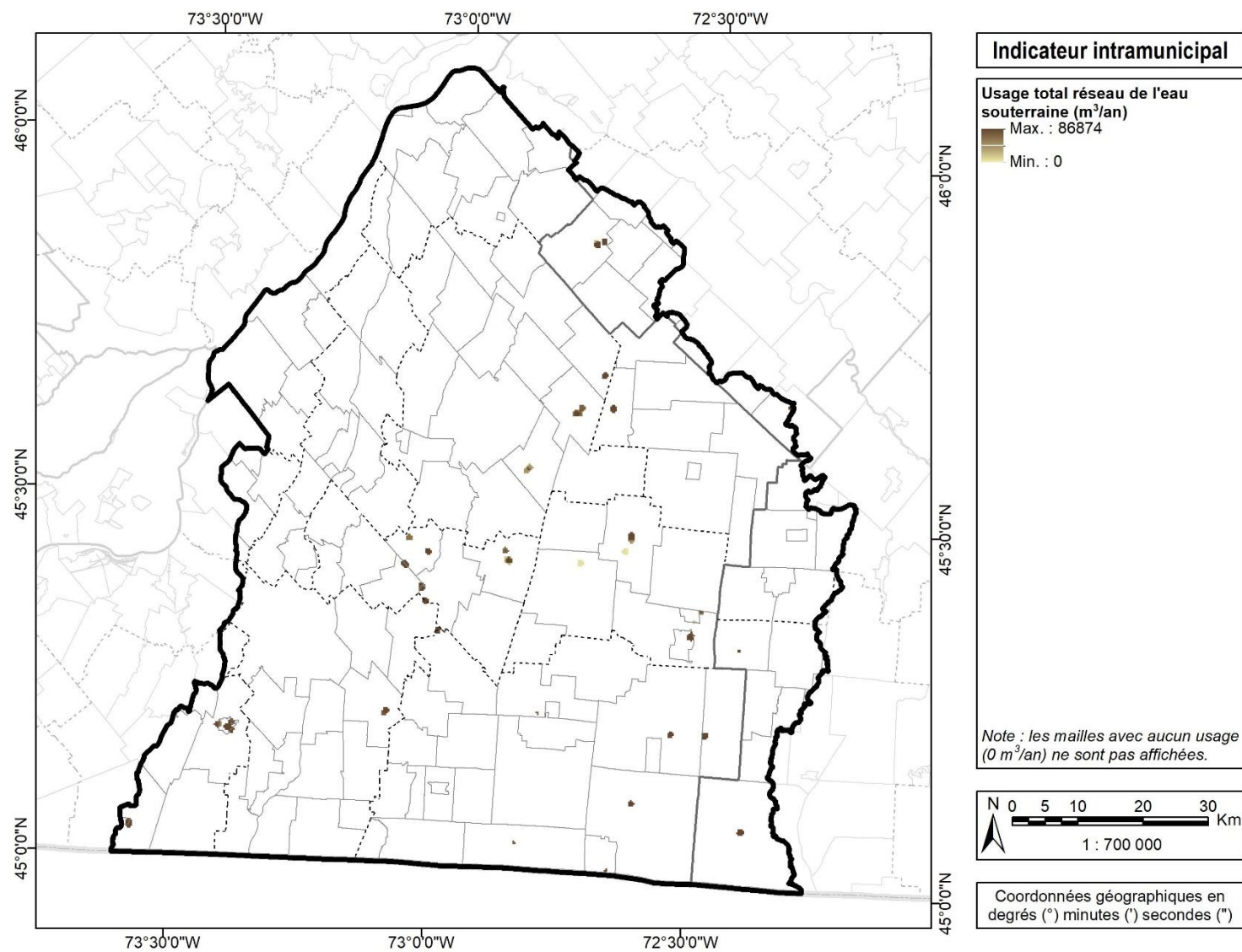
Carte A.10.8 : Ensemble des puits résidentiels extraits du SIH en Montréal Est (n = 30 526)



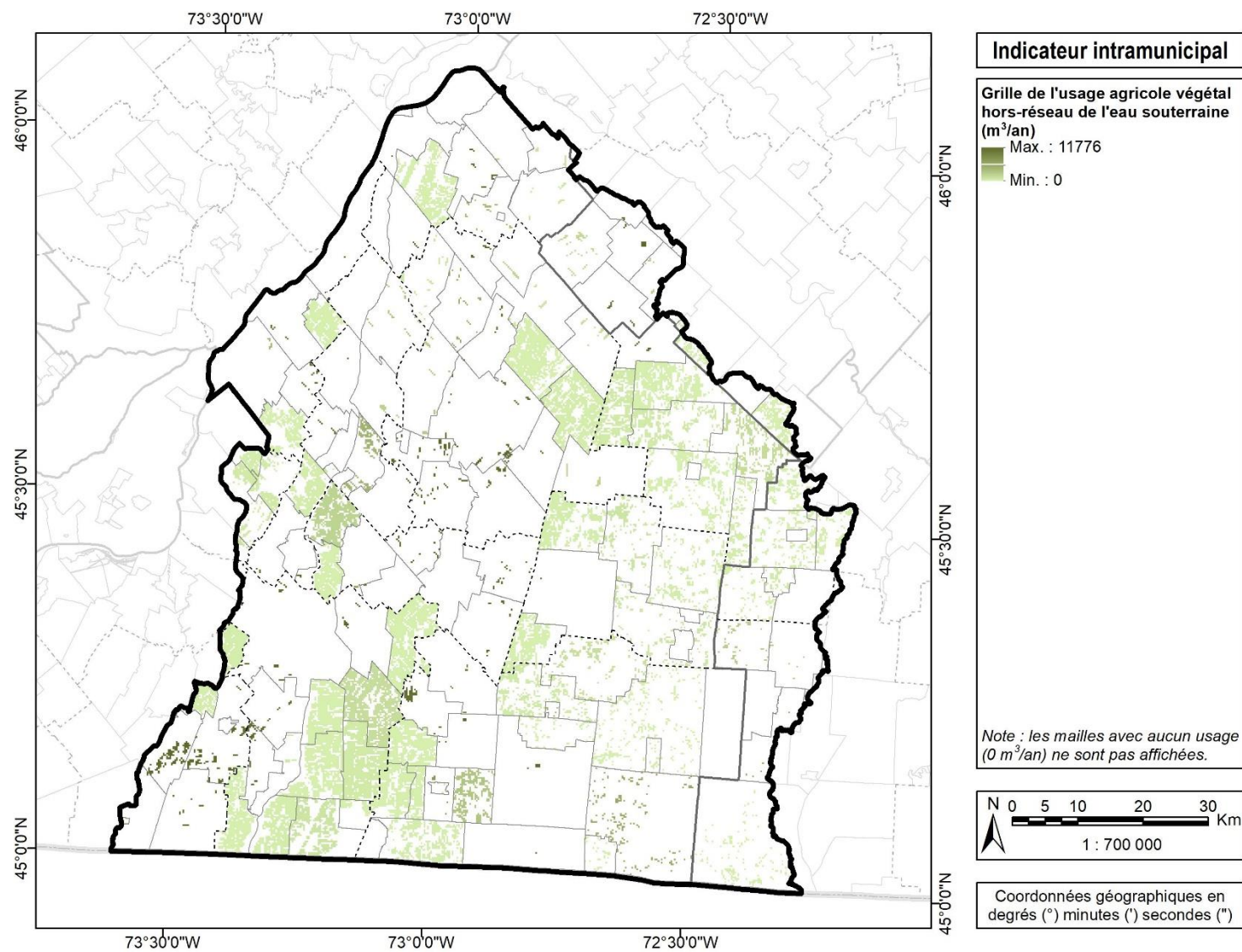
Carte A.10.9 : Densité de puits résidentiels en Montérégie Est



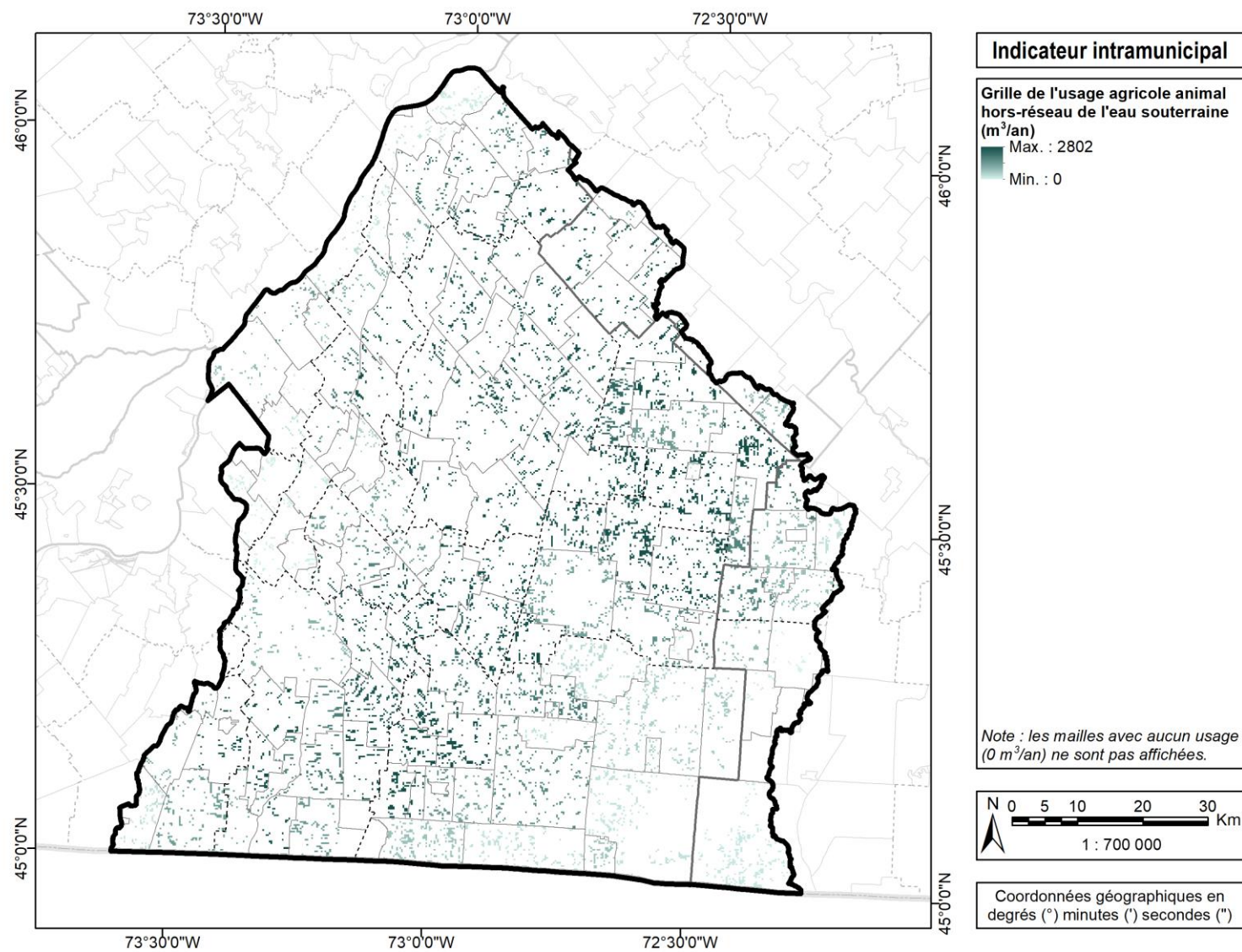
Carte A.10.10 : Distribution des municipalités au regard de l'usage agricole végétal et des surfaces maraîchères en Montérégie Est



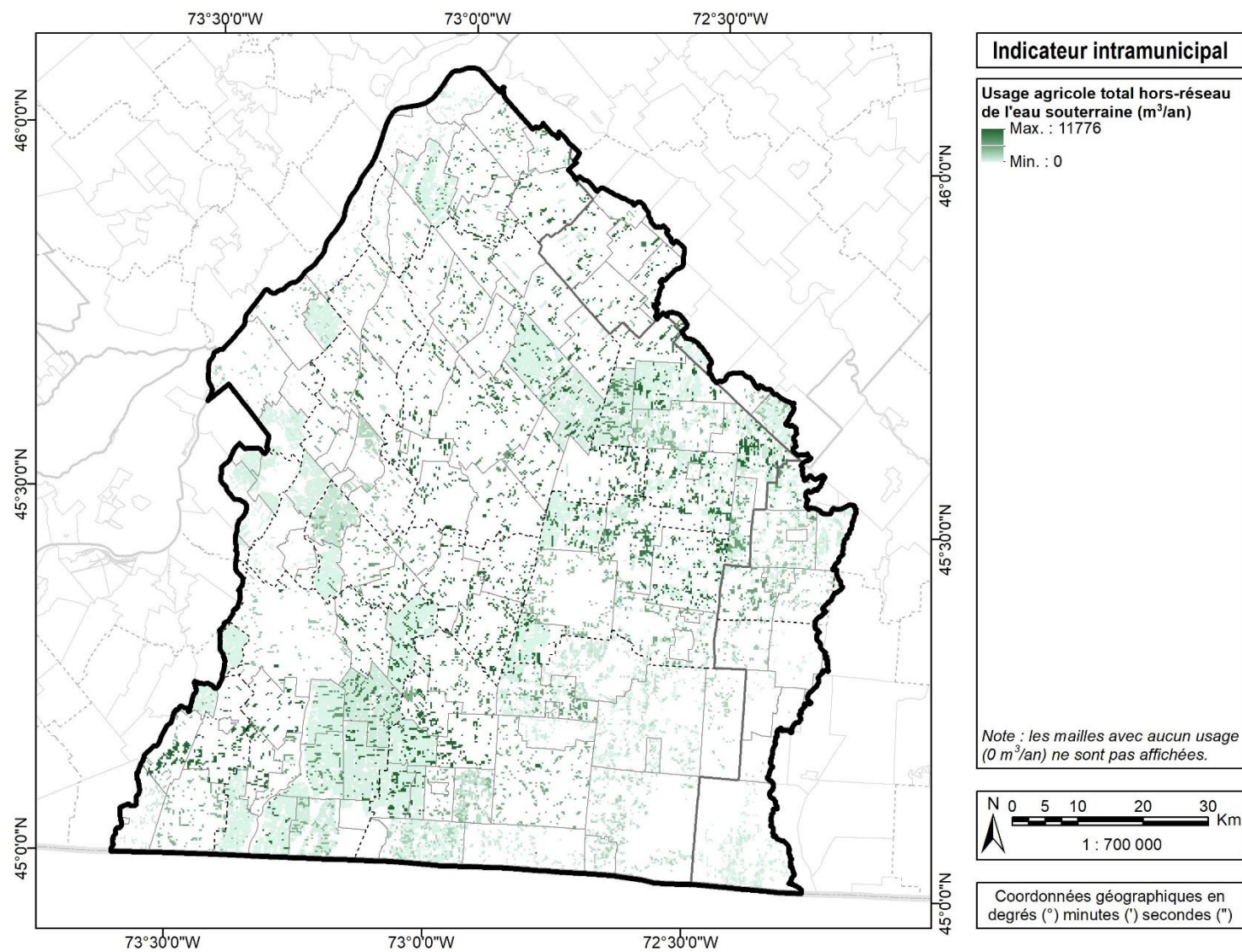
Carte A.10.11 : Grille de l'usage total réseau de l'eau souterraine en Montérégie Est



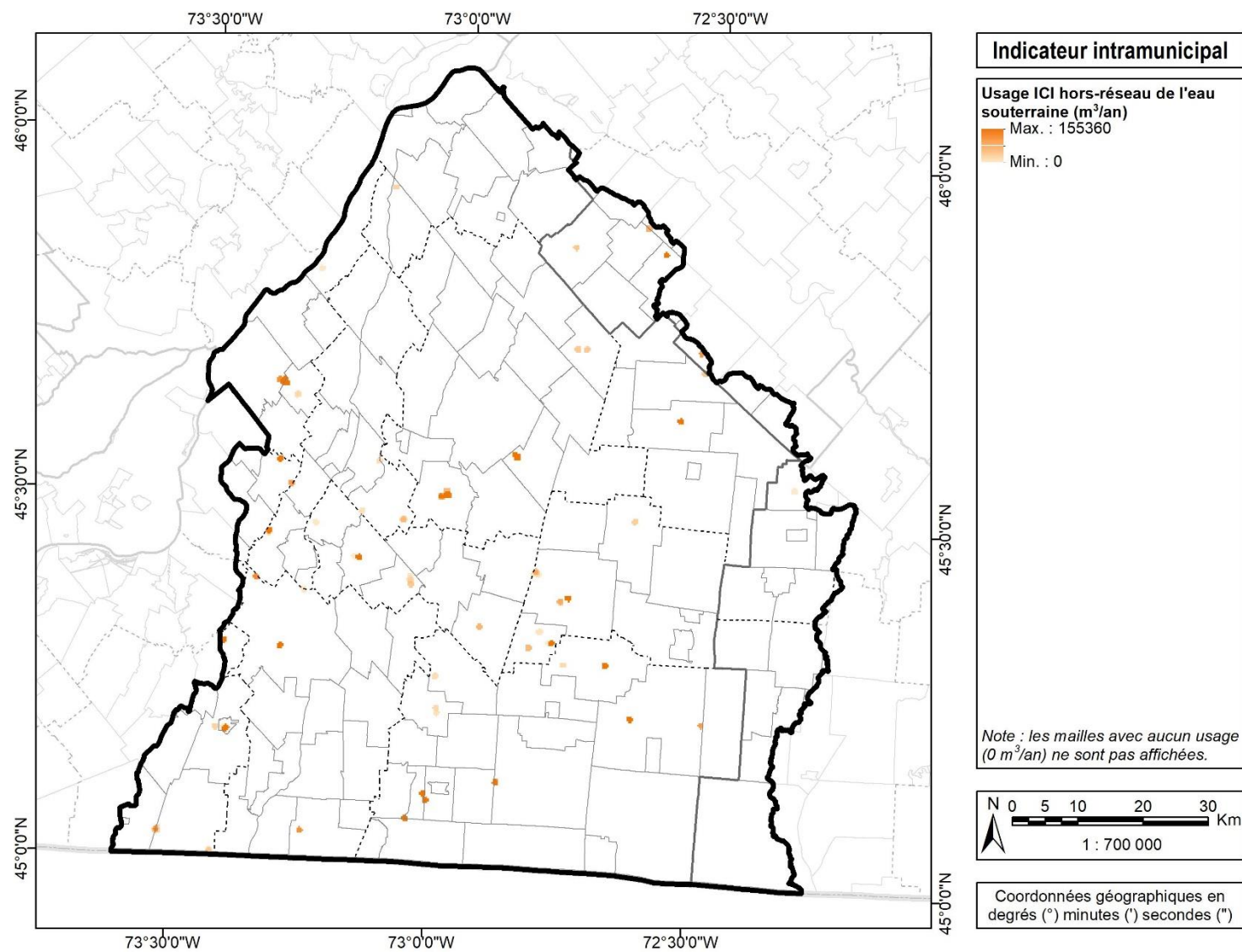
Carte A.10.12 : Grille de l'usage agricole végétal hors-réseau de l'eau souterraine en Montérégie Est



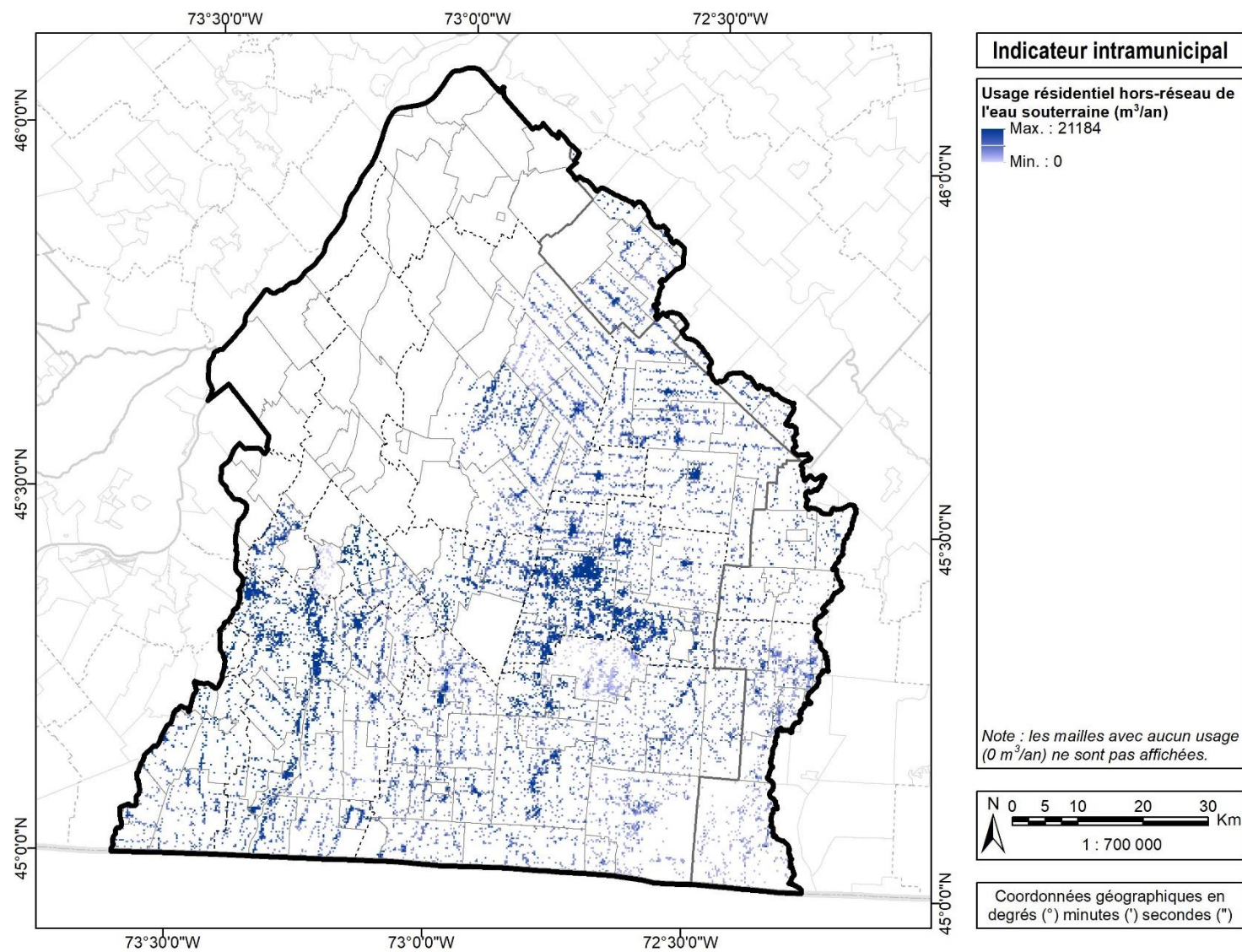
Carte A.10.13 : Grille de l'usage agricole animal hors-réseau de l'eau souterraine en Montérégie Est



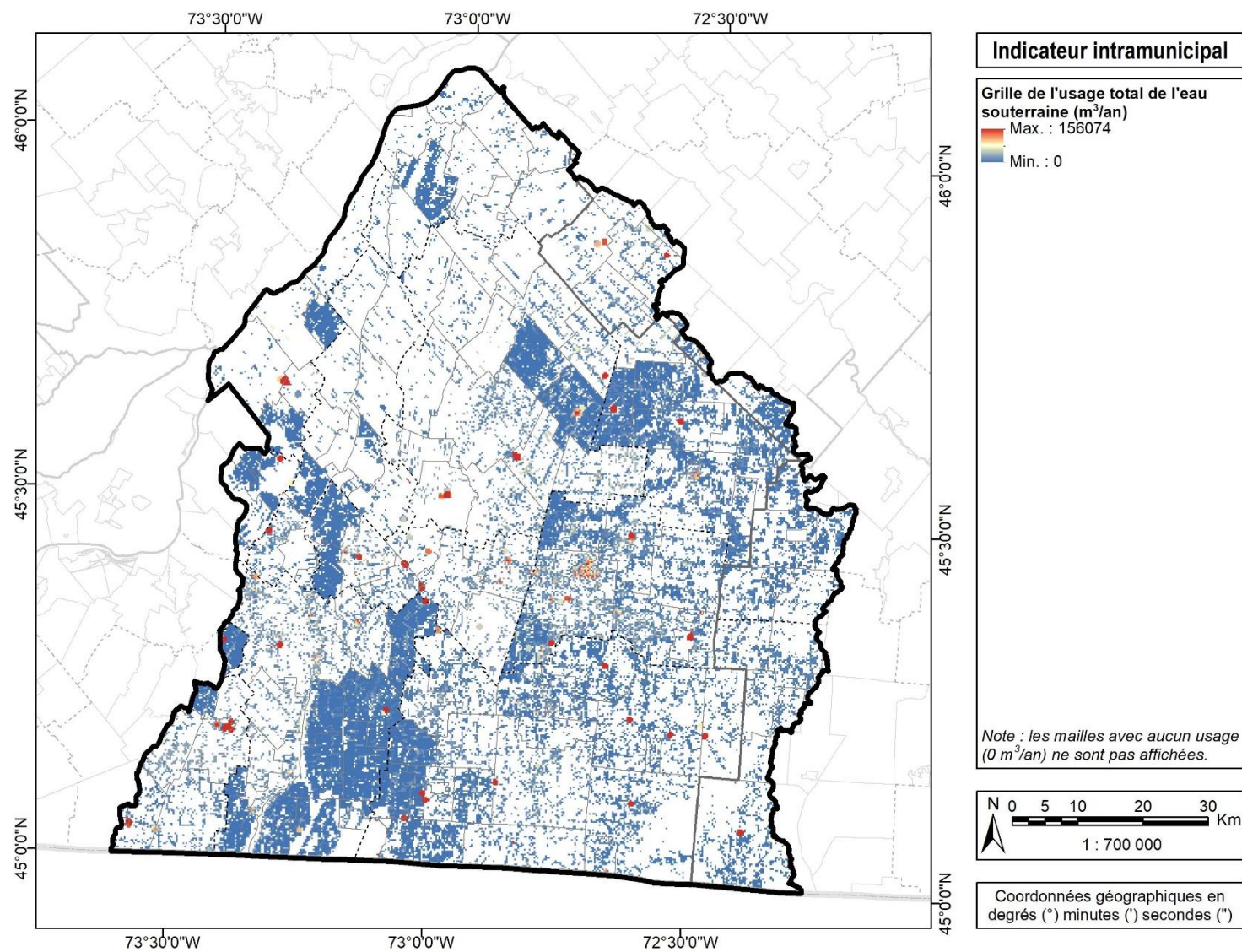
Carte A.10.14 : Grille de l'usage agricole total hors-réseau de l'eau souterraine en Montérégie Est



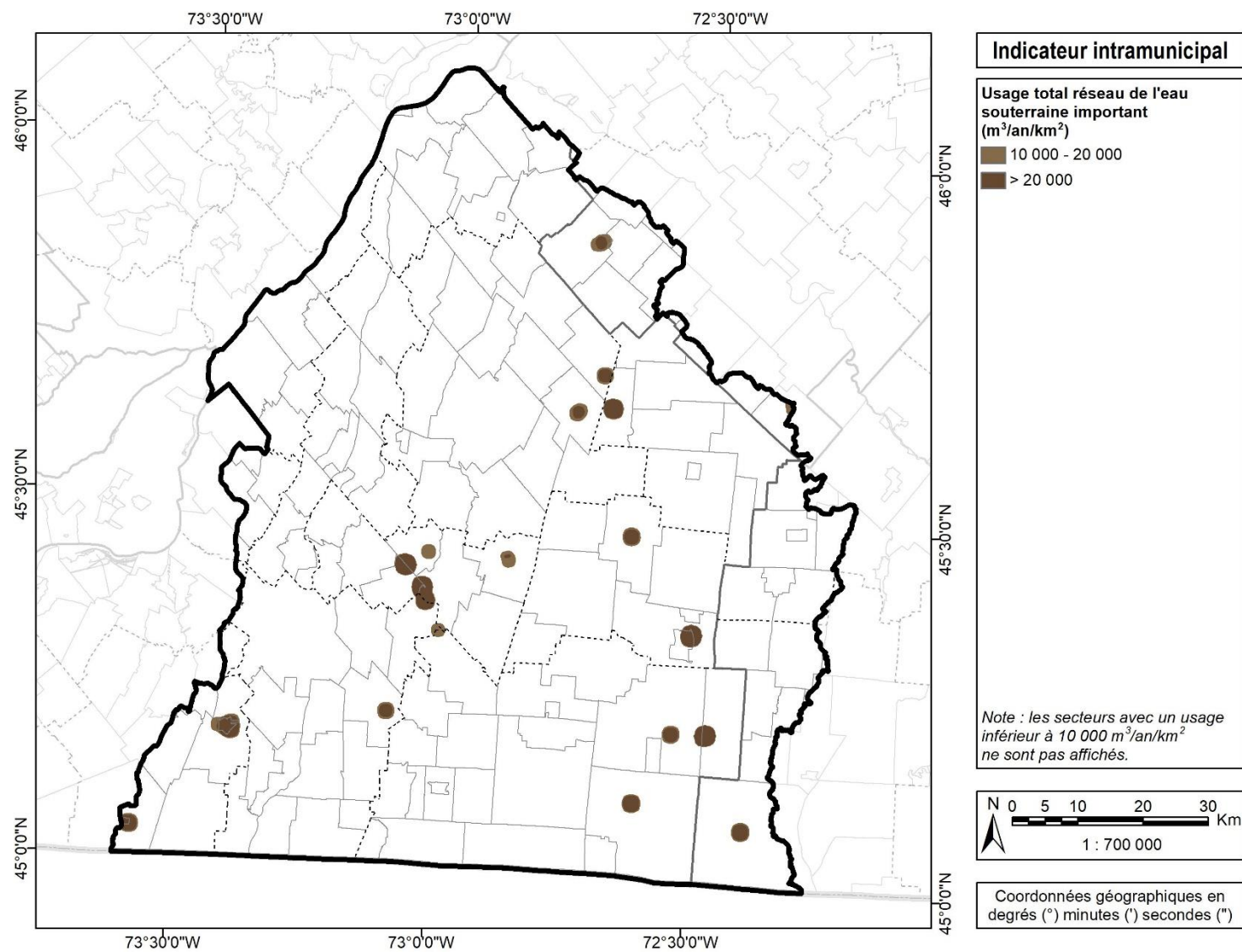
Carte A.10.15 : Grille de l'usage ICI hors-réseau de l'eau souterraine en Montérégie Est



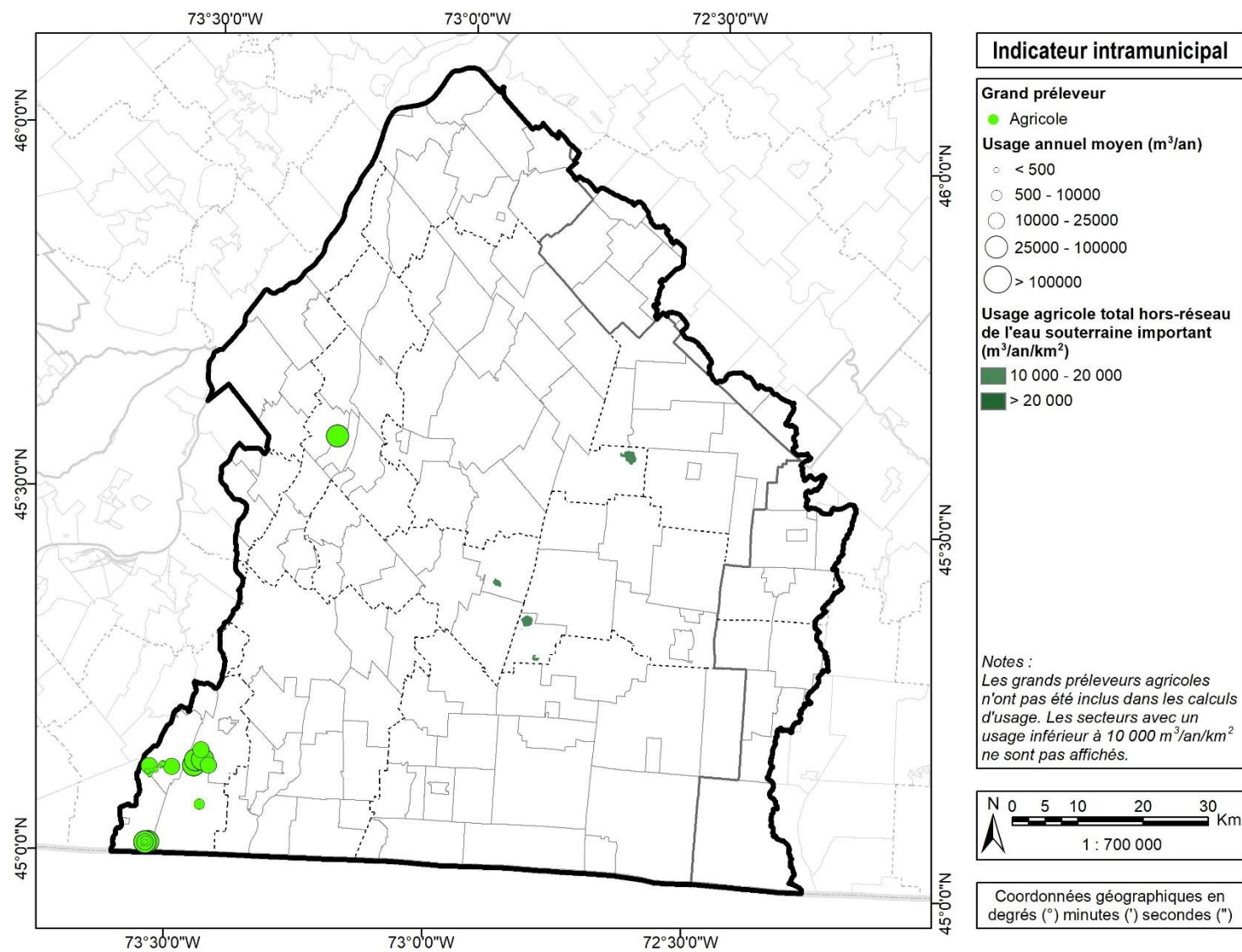
Carte A.10.16 : Grille de l'usage résidentiel hors-réseau de l'eau souterraine en Montérégie Est



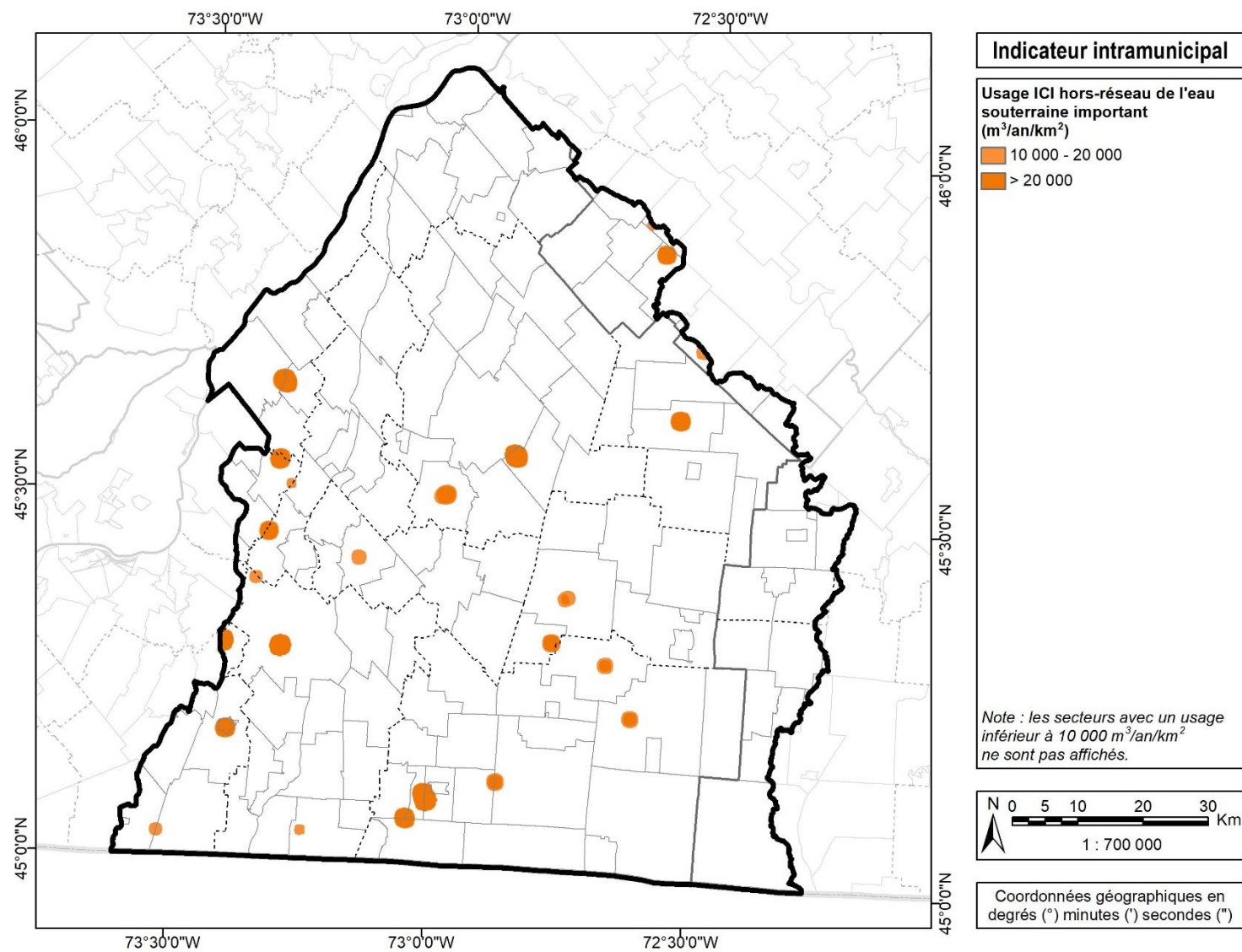
Carte A.10.17 : Grille de l'usage total de l'eau souterraine en Montérégie Est



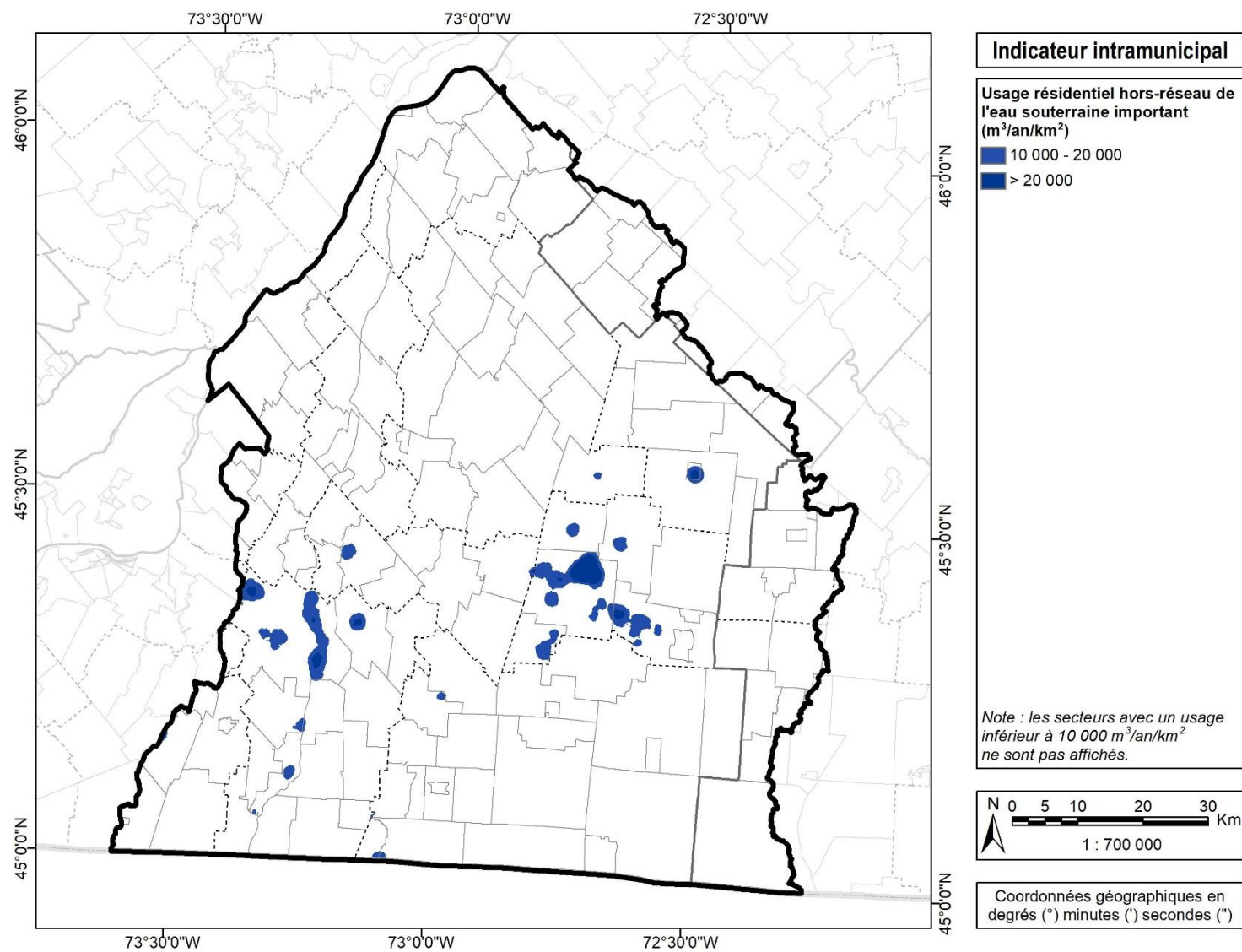
Carte A.10.18 : Secteurs d'usage total réseau de l'eau souterraine importants en Montérégie Est



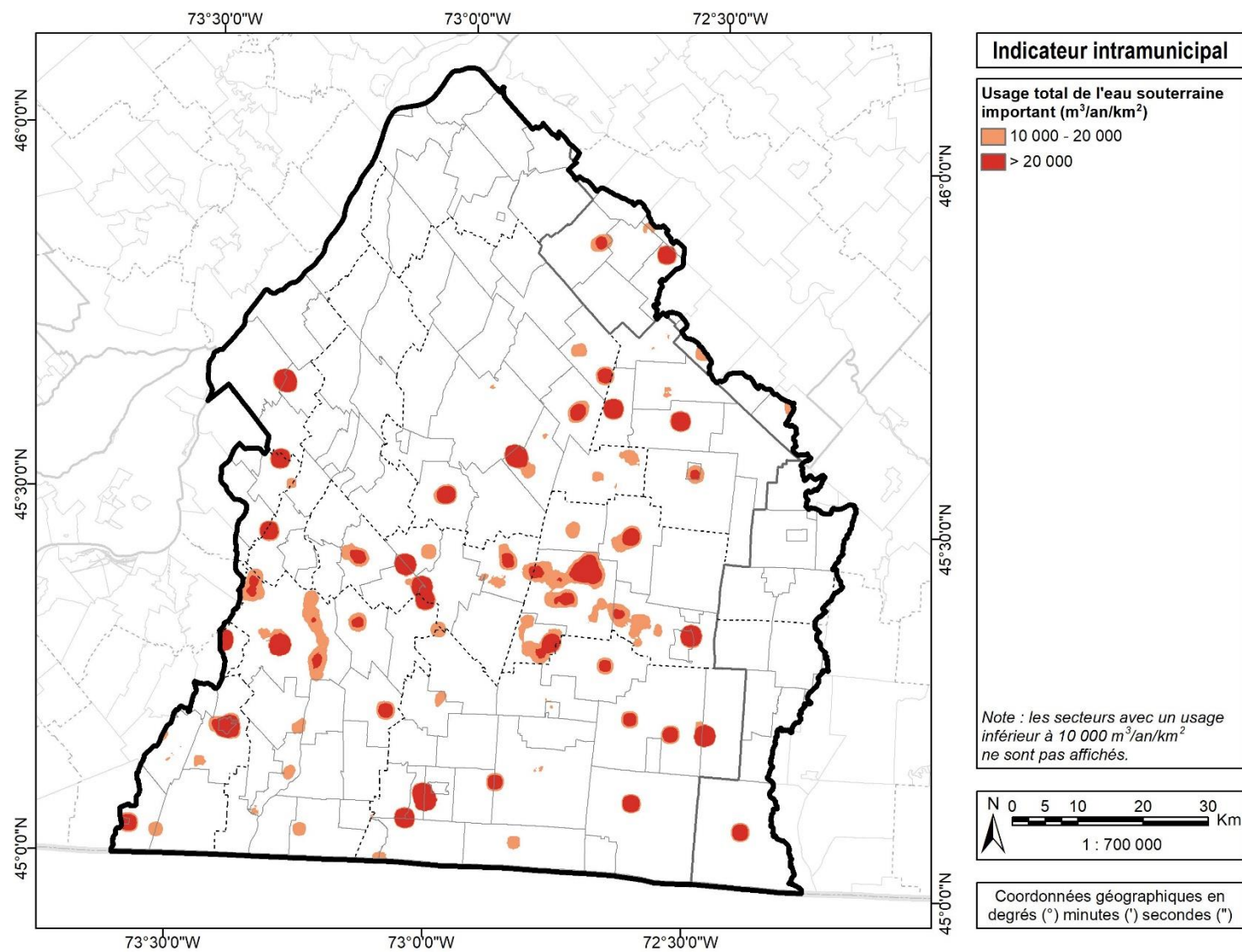
Carte A.10.19 : Secteurs d'usage agricole hors-réseau de l'eau souterraine importants et GPE agricoles en Montérégie Est



Carte A.10.20 : Secteurs d'usage ICI hors-réseau de l'eau souterraine importants en Montérégie Est



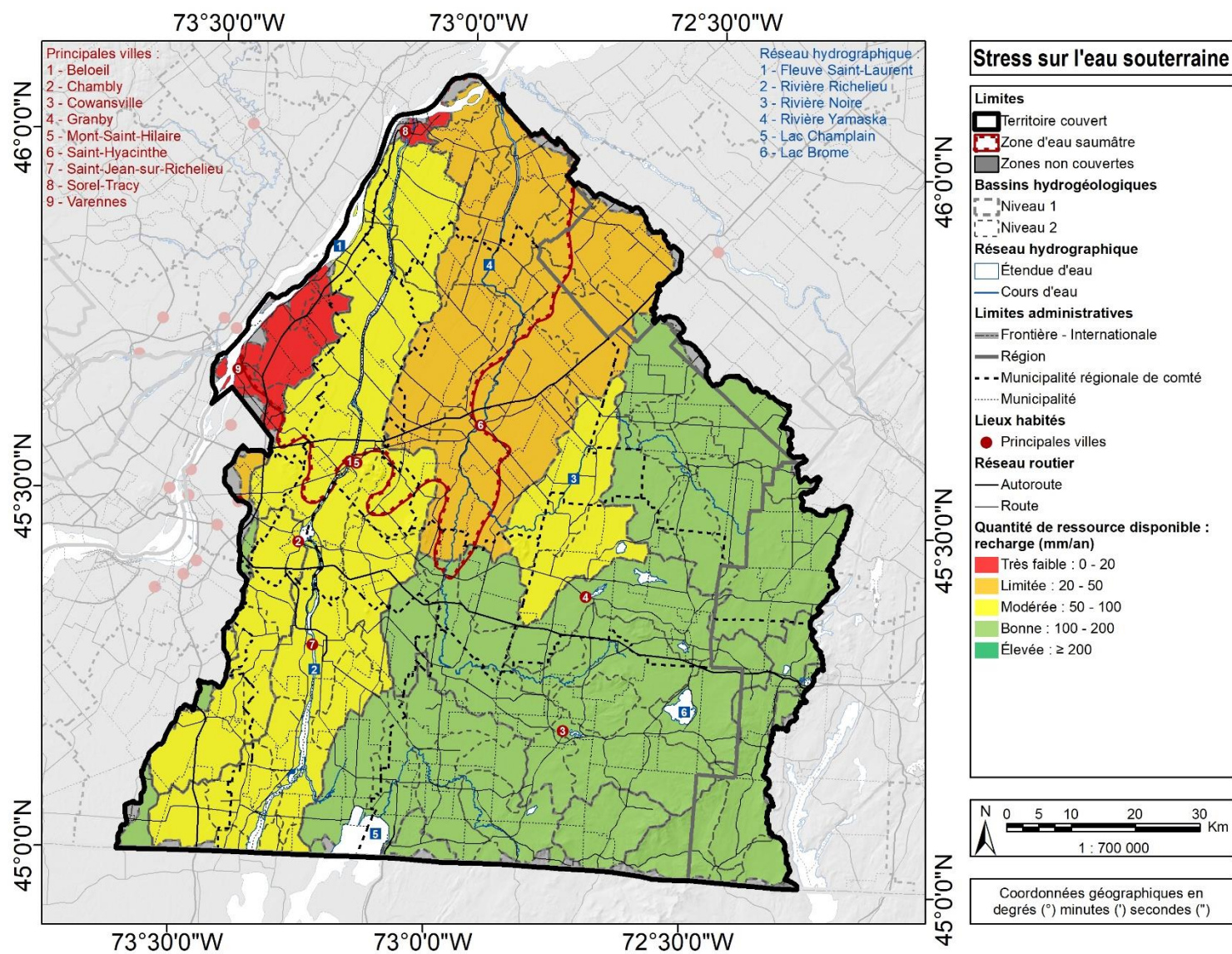
Carte A.10.21 : Secteurs d'usage résidentiel hors-réseau de l'eau souterraine importants en Montérégie Est



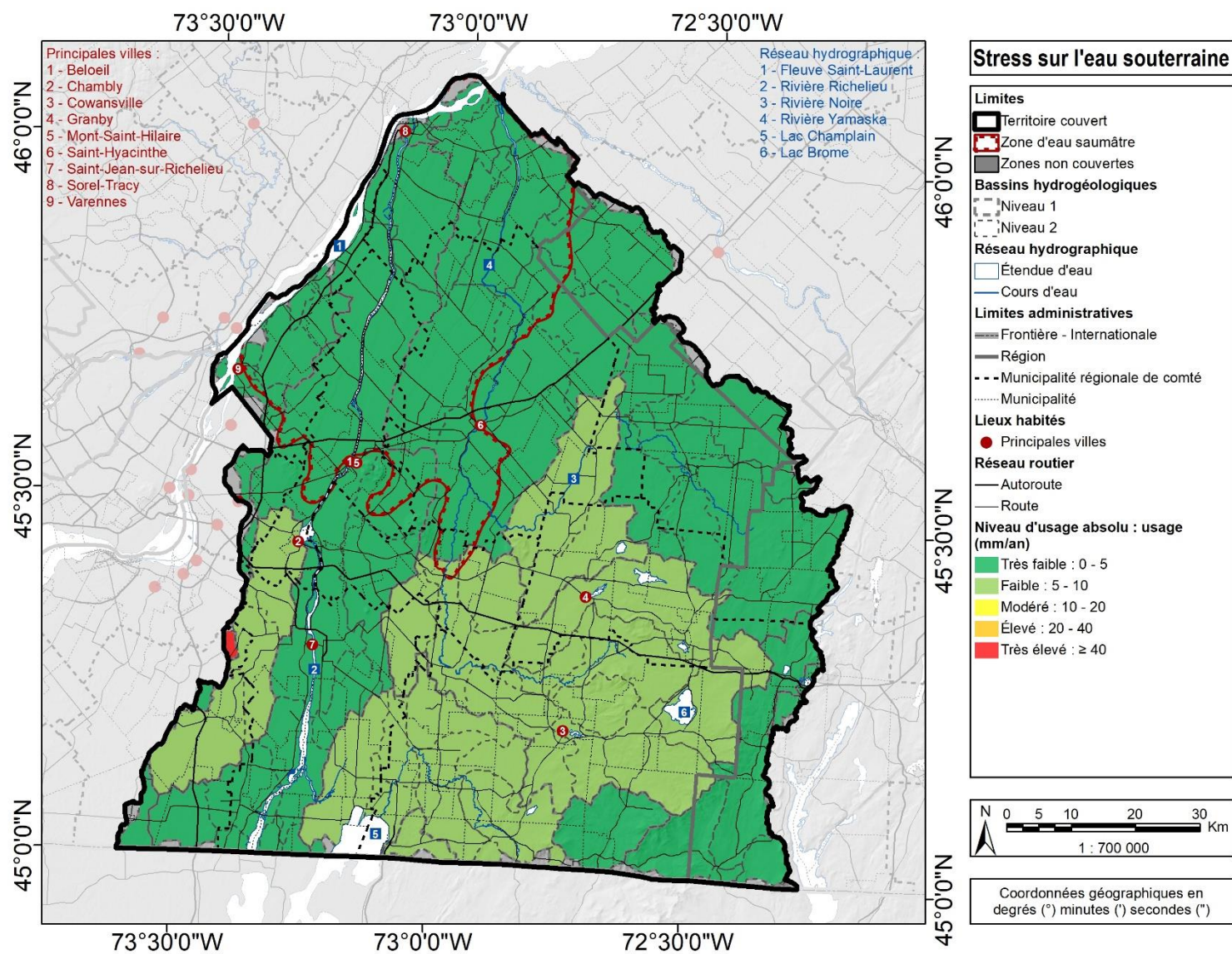
Carte A.10.22 : Secteurs d'usage total de l'eau souterraine importants en Montérégie Est

Annexe 11

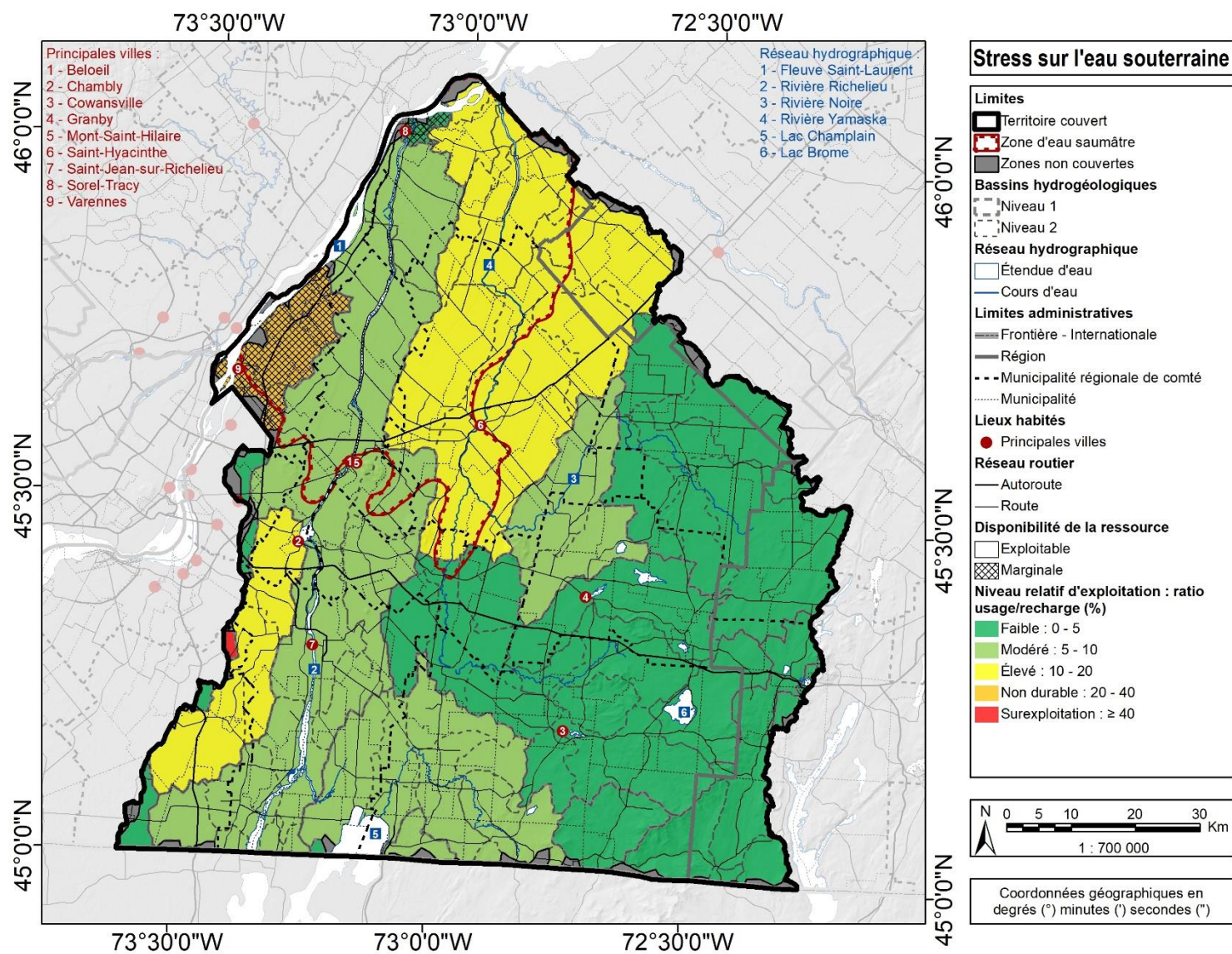
Cartes des indicateurs de stress sur l'eau souterraine appliqués sur les limites naturelles (bassins hydrogéologiques de niveau 1)



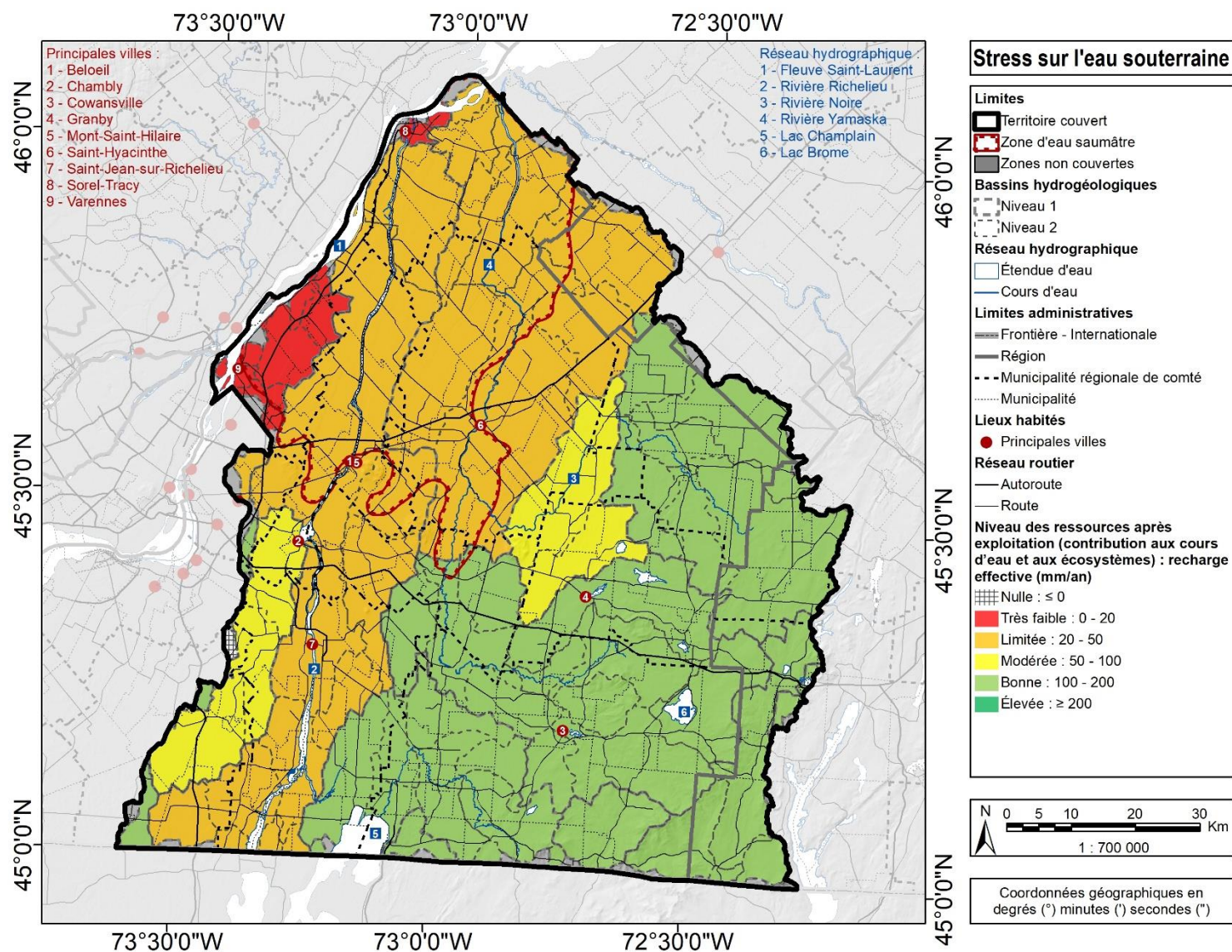
Carte A.11.1 : Quantité de ressource disponible (recharge) par bassin hydrogéologique de niveau 1 en Montérégie Est



Carte A.11.2 : Niveau d'usage absolu (usage) par bassin hydrogéologique de niveau 1 en Montérégie Est



Carte A.11.3 : Niveau relatif d'exploitation (ratio usage/recharge) par bassin hydrogéologique de niveau 1 en Montérégie Est



Carte A.11.4 : Niveau des ressources après exploitation (recharge effective) par bassin hydrogéologique de niveau 1 en Montérégie Est

Annexe 12

Statistiques descriptives et bilan des bassins hydrogéologiques de niveau 2 en Montérégie Est

Tableau A.12.1 : Statistiques descriptives (aire, points de prélèvement et indicateurs de stress sur l’eau souterraine) des bassins hydrogéologiques de niveau 2 en Montérégie Est (1/5)

ID	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 2	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 1	Aire			Points de prélèvement des eaux souterraines						Recharge		Usage		Ratio usage/recharge		Disponibilité D<de la ressource	Recharge effective	
			Totale	Zone d'eau saumâtre	Ratio (%) ⁽²⁾	Captages municipaux		GPE souterrains		Puits résidentiels										
			km ²	km ²⁽¹⁾		Nombre	Densité (nb/km ²)	Nombre	Densité (nb/km ²)	Nombre	Densité (nb/km ²) ⁽³⁾	mm/an	Indice	mm/an	Indice	%	Indice		mm/an ⁽⁴⁾	Indice ⁽⁵⁾
34	Acadie (a)	Acadie	127	0	0.0	0	0.00	6	0.05	851	6.69	54	Modérée	7	Faible	13.5	Élevé	Exploitable	47	Limitée
51	Acadie (b)	Acadie	105	0	0.0	0	0.00	0	0.00	342	3.26	73	Modérée	6	Faible	8.4	Modéré	Exploitable	67	Modérée
57	Acadie (c)	Acadie	167	0	0.0	4	0.02	26	0.16	350	2.10	100	Modérée	11	Modéré	10.9	Élevé	Exploitable	89	Modérée
49	Aux Brochets (a)	Aux Brochets	103	0	0.0	0	0.00	2	0.02	328	3.17	178	Bonne	3	Très faible	1.9	Faible	Exploitable	174	Bonne
52	Aux Brochets (b)	Aux Brochets	61	0	0.0	0	0.00	0	0.00	192	3.17	105	Bonne	4	Très faible	3.8	Faible	Exploitable	101	Bonne
56	Aux Brochets (c)	Aux Brochets	61	0	0.0	0	0.00	0	0.00	106	1.73	193	Bonne	2	Très faible	1.1	Faible	Exploitable	191	Bonne
59	Aux Brochets (d)	Aux Brochets	137	0	0.0	1	0.01	2	0.01	353	2.58	152	Bonne	3	Très faible	2.1	Faible	Exploitable	149	Bonne
70	Aux Brochets (Du Sud)	Aux Brochets	178	0	0.0	3	0.02	4	0.02	624	3.51	97	Modérée	3	Très faible	2.6	Faible	Exploitable	95	Modérée
60	Aux Brochets (e)	Aux Brochets	7	0	0.0	0	0.00	0	0.00	4	0.54	217	Élevée	0	Très faible	0.1	Faible	Exploitable	216	Élevée
63	Aux Brochets (f)	Aux Brochets	11	0	0.0	0	0.00	0	0.00	6	0.57	158	Bonne	0	Très faible	0.2	Faible	Exploitable	158	Bonne
67	Aux Brochets (g)	Aux Brochets	129	0	0.0	0	0.00	2	0.02	550	4.28	125	Bonne	23	Élevé	18.7	Élevé	Exploitable	101	Bonne
68	Aux Brochets (h)	Aux Brochets	71	0	0.0	0	0.00	1	0.01	170	2.39	73	Modérée	8	Faible	11.2	Élevé	Exploitable	65	Modérée
55	Châteauguay (a)	Châteauguay	3	0	0.0	0	0.00	0	0.00	20	5.81	112	Bonne	3	Très faible	2.7	Faible	Exploitable	109	Bonne
77	Châteauguay (b)	Châteauguay	30	0	0.0	0	0.00	6	0.20	51	1.67	126	Bonne	5	Très faible	3.6	Faible	Exploitable	121	Bonne
69	De la Roche	De la Roche	41	0	0.0	0	0.00	0	0.00	119	2.87	146	Bonne	8	Faible	5.2	Modéré	Exploitable	138	Bonne
2	Fleuve (section 01 - a)	Fleuve (section 01)	13	12	96.4	0	0.00	0	0.00	4	0.32	6	Très faible	0	Très faible	0.6	Faible	Marginale	6	Très faible
3	Fleuve (section 01 - b)	Fleuve (section 01)	15	15	99.4	0	0.00	0	0.00	12	0.78	6	Très faible	0	Très faible	0.5	Faible	Marginale	6	Très faible

1 : lorsqu'il y a présence d'eau saumâtre, la case est grisée et la valeur est affichée en italiques ;
2 : lorsque la proportion d'eau saumâtre est supérieure à 10%, la case est grise et la valeur affichée en italiques ;
3 : lorsque la densité de puits est supérieure à 5 par km², la case est grisée et si la densité est supérieure à 10 puits par km², alors la valeur est affichée en italiques.
4 : lorsque la recharge effective est inférieure à 0, la case est grisée et la valeur affichée en italiques ;
5 : lorsque qu'il y a une différence entre la classe de ressource disponible initialement (recharge) et la ressource disponible après usage (recharge effective), la valeur est soulignée.
Note : il est possible de convertir les données ici en mm/an vers les m³/an/km² et les m³/an en appliquant les formules suivantes : [m³/an/km²] = [mm/an] * 1 000 et [m³/an] = [mm/an] * Superficie totale en km² * 1 000

Tableau A.12.2 : Statistiques descriptives (aire, points de prélèvement et indicateurs de stress sur l’eau souterraine) des bassins hydrogéologiques de niveau 2 en Montérégie Est (2/5)

ID	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 2	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 1	Aire			Points de prélèvement des eaux souterraines						Recharge		Usage		Ratio usage/recharge		Disponibilité de la ressource	Recharge effective	
			Totale	Zone d'eau saumâtre		Captages municipaux		GPE souterrains		Puits résidentiels										
			km ²	km ²⁽¹⁾	Ratio (%) ⁽²⁾	Nombre	Densité (nb/km ²)	Nombre	Densité (nb/km ²)	Nombre	Densité (nb/km ²) ⁽³⁾	mm/an	Indice	mm/an	Indice	%	Indice		mm/an ⁽⁴⁾	Indice ⁽⁵⁾
10	Fleuve (section 02 - a)	Fleuve (section 02)	9	9	97.7	0	0.00	1	0.11	7	0.74	10	Très faible	0	Très faible	3.2	Faible	Marginale	10	Très faible
12	Fleuve (section 02 - b)	Fleuve (section 02)	17	16	97.0	0	0.00	0	0.00	14	0.83	6	Très faible	0	Très faible	4.3	Faible	Marginale	6	Très faible
13	Fleuve (section 02 - c)	Fleuve (section 02)	7	6	96.2	0	0.00	0	0.00	3	0.45	3	Très faible	0	Très faible	4.5	Faible	Marginale	3	Très faible
14	Fleuve (section 02 - d)	Fleuve (section 02)	46	46	99.1	0	0.00	0	0.00	48	1.03	15	Très faible	0	Très faible	1.5	Faible	Marginale	15	Très faible
15	Fleuve (section 02 - e)	Fleuve (section 02)	16	11	64.4	0	0.00	0	0.00	16	0.97	7	Très faible	0	Très faible	0.5	Faible	Marginale	7	Très faible
17	Fleuve (section 02 - f)	Fleuve (section 02)	83	83	100.0	0	0.00	5	0.06	104	1.25	9	Très faible	9	Faible	100.9	Surexploitation	Exploitable	0	Nulle
19	Fleuve (section 02 - g)	Fleuve (section 02)	21	4	17.7	0	0.00	0	0.00	26	1.27	5	Très faible	0	Très faible	3.6	Faible	Marginale	5	Très faible
20	Fleuve (section 02 - h)	Fleuve (section 02)	31	14	44.2	0	0.00	0	0.00	60	1.95	33	Limitée	5	Très faible	14.1	Élevé	Exploitable	29	Limitée
71	Lac Champlain	Lac Champlain	4	0	0.0	0	0.00	0	0.00	26	6.08	113	Bonne	2	Très faible	2.0	Faible	Exploitable	111	Bonne
58	Missisquoi (a)	Missisquoi	243	0	0.0	1	0.00	3	0.01	637	2.63	172	Bonne	2	Très faible	1.0	Faible	Exploitable	170	Bonne
64	Missisquoi (b)	Missisquoi	127	0	0.0	0	0.00	0	0.00	87	0.68	197	Bonne	0	Très faible	0.1	Faible	Exploitable	197	Bonne
65	Missisquoi (c)	Missisquoi	11	0	0.0	0	0.00	0	0.00	15	1.42	77	Modérée	0	Très faible	0.5	Faible	Exploitable	77	Modérée
66	Missisquoi (d)	Missisquoi	44	0	0.0	0	0.00	0	0.00	56	1.28	165	Bonne	0	Très faible	0.2	Faible	Exploitable	165	Bonne
28	Noire (basse - a)	Noire (basse)	251	0	0.0	6	0.02	11	0.04	1137	4.52	65	Modérée	6	Faible	9.0	Modéré	Exploitable	59	Modérée
32	Noire (basse - b)	Noire (basse)	151	0	0.0	1	0.01	13	0.09	1954	12.91	131	Bonne	11	Modéré	8.2	Modéré	Exploitable	121	Bonne

1 : lorsqu'il y a présence d'eau saumâtre, la case est grisée et la valeur est affichée en italiques ;
2 : lorsque la proportion d'eau saumâtre est supérieure à 10%, la case est grise et la valeur affichée en italiques ;
3 : lorsque la densité de puits est supérieure à 5 par km², la case est grisée et si la densité est supérieure à 10 puits par km², alors la valeur est affichée en italiques.
4 : lorsque la recharge effective est inférieure à 0, la case est grisée et la valeur affichée en italiques ;
5 : lorsque qu'il y a une différence entre la classe de ressource disponible initialement (recharge) et la ressource disponible après usage (recharge effective), la valeur est soulignée.
Note : il est possible de convertir les données ici en mm/an vers les m³/an/km² et les m³/an en appliquant les formules suivantes : [m³/an/km²] = [mm/an] * 1 000 et [m³/an] = [mm/an] * Superficie totale en km² * 1 000

Tableau A.12.3 : Statistiques descriptives (aire, points de prélèvement et indicateurs de stress sur l’eau souterraine) des bassins hydrogéologiques de niveau 2 en Montérégie Est (3/5)

ID	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 2	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 1	Aire			Points de prélèvement des eaux souterraines						Recharge		Usage		Ratio usage/recharge		Disponibilité de la ressource	Recharge effective	
			Totale	Zone d'eau saumâtre		Captages municipaux		GPE souterrains		Puits résidentiels									mm/an	Indice
				km²	km² ⁽¹⁾	Ratio (%) ⁽²⁾	Nombre	Densité (nb/km²)	Nombre	Densité (nb/km²)	Nombre	Densité (nb/km²) ⁽³⁾								
16	Noire (haute - a)	Noire (haute)	122	0	0.0	0	0.00	0	0.00	380	3.12	75	Modérée	4	Très faible	5.3	Modéré	Exploitable	71	Modérée
21	Noire (haute - b)	Noire (haute)	77	0	0.0	0	0.00	0	0.00	236	3.05	98	Modérée	4	Très faible	4.6	Faible	Exploitable	93	Modérée
23	Noire (haute - c)	Noire (haute)	209	0	0.0	1	0.00	4	0.02	474	2.26	96	Modérée	4	Très faible	3.8	Faible	Exploitable	92	Modérée
25	Noire (haute - d)	Noire (haute)	140	0	0.0	2	0.01	2	0.01	366	2.62	152	Bonne	4	Très faible	2.9	Faible	Exploitable	148	Bonne
29	Noire (haute - e)	Noire (haute)	114	0	0.0	0	0.00	0	0.00	273	2.40	167	Bonne	3	Très faible	1.5	Faible	Exploitable	164	Bonne
31	Noire (haute - f)	Noire (haute)	412	0	0.0	0	0.00	0	0.00	483	1.17	153	Bonne	1	Très faible	0.9	Faible	Exploitable	151	Bonne
8	Richelieu (a)	Richelieu	226	226	100.0	0	0.00	1	0.00	57	0.25	8	Très faible	0	Très faible	4.8	Faible	Marginale	8	Très faible
40	Richelieu (b)	Richelieu	166	0	0.0	5	0.03	8	0.05	700	4.21	85	Modérée	11	Modéré	13.2	Élevé	Exploitable	74	Modérée
45	Richelieu (c)	Richelieu	902	518	57.4	0	0.00	15	0.02	2284	2.53	31	Limitée	4	Très faible	11.5	Élevé	Exploitable	28	Limitée
50	Richelieu (d)	Richelieu	79	0	0.0	0	0.00	0	0.00	230	2.90	116	Bonne	3	Très faible	2.4	Faible	Exploitable	113	Bonne
62	Richelieu (e)	Richelieu	130	0	0.0	0	0.00	0	0.00	436	3.35	68	Modérée	3	Très faible	5.0	Faible	Exploitable	64	Modérée
72	Richelieu (f)	Richelieu	15	0	0.0	0	0.00	0	0.00	49	3.34	162	Bonne	3	Très faible	2.2	Faible	Exploitable	159	Bonne
73	Richelieu (g)	Richelieu	12	0	0.0	0	0.00	0	0.00	7	0.58	142	Bonne	3	Très faible	2.1	Faible	Exploitable	139	Bonne
74	Richelieu (h)	Richelieu	123	0	0.0	0	0.00	0	0.00	375	3.05	94	Modérée	3	Très faible	3.3	Faible	Exploitable	91	Modérée
26	Richelieu (Hurons)	Richelieu	139	63	45.2	0	0.00	9	0.06	200	1.44	31	Limitée	2	Très faible	5.0	Faible	Exploitable	29	Limitée
75	Richelieu (i)	Richelieu	16	0	0.0	0	0.00	0	0.00	21	1.30	102	Bonne	2	Très faible	1.6	Faible	Exploitable	101	Bonne
76	Richelieu (Lacolle)	Richelieu	79	0	0.0	0	0.00	19	0.24	138	1.74	138	Bonne	2	Très faible	1.6	Faible	Exploitable	135	Bonne

1 : lorsqu'il y a présence d'eau saumâtre, la case est grisée et la valeur est affichée en italiques ;
2 : lorsque la proportion d'eau saumâtre est supérieure à 10%, la case est grise et la valeur affichée en italiques ;
3 : lorsque la densité de puits est supérieure à 5 par km², la case est grisée et si la densité est supérieure à 10 puits par km², alors la valeur est affichée en italiques.
4 : lorsque la recharge effective est inférieure à 0, la case est grisée et la valeur affichée en italiques ;
5 : lorsque qu'il y a une différence entre la classe de ressource disponible initialement (recharge) et la ressource disponible après usage (recharge effective), la valeur est soulignée.
Note : il est possible de convertir les données ici en mm/an vers les m³/an/km² et les m³/an en appliquant les formules suivantes : [m³/an/km²] = [mm/an] * 1 000 et [m³/an] = [mm/an] * Superficie totale en km² * 1 000

Tableau A.12.4 : Statistiques descriptives (aire, points de prélèvement et indicateurs de stress sur l’eau souterraine) des bassins hydrogéologiques de niveau 2 en Montérégie Est (4/5)

ID	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 2	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 1	Aire			Points de prélèvement des eaux souterraines						Recharge		Usage		Ratio usage/recharge		Disponibilité de la ressource	Recharge effective	
			Totale	Zone d'eau saumâtre		Captages municipaux		GPE souterrains		Puits résidentiels										
			km ²	km ²⁽¹⁾	Ratio (%) ⁽²⁾	Nombre	Densité (nb/km ²)	Nombre	Densité (nb/km ²)	Nombre	Densité (nb/km ²) ⁽³⁾	mm/an	Indice	mm/an	Indice	%	Indice		mm/an ⁽⁴⁾	Indice ⁽⁵⁾
41	Saint-François (section 01)	Saint-François (section 01)	15	0	0.0	0	0.00	0	0.00	71	4.78	191	Bonne	1	Très faible	0.6	Faible	Exploitable	190	Bonne
35	Saint-François (section 02)	Saint-François (section 02)	8	0	0.0	0	0.00	0	0.00	49	6.44	169	Bonne	2	Très faible	1.3	Faible	Exploitable	167	Bonne
46	Saint-Jacques (section 01)	Saint-Jacques (section 01)	11	0	0.0	0	0.00	0	0.00	16	1.50	165	Bonne	2	Très faible	1.4	Faible	Exploitable	162	Bonne
37	Saint-Jacques (section 02)	Saint-Jacques (section 02)	8	0	0.0	0	0.00	2	0.25	33	4.14	93	Modérée	164	Très élevé	176.6	Surexploitation	Exploitable	-71	Nulle
30	Saint-Jacques (section 03)	Saint-Jacques (section 03)	14	0	0.0	0	0.00	0	0.00	22	1.63	101	Bonne	1	Très faible	0.5	Faible	Exploitable	101	Bonne
24	Saint-Jacques (section 04)	Saint-Jacques (section 04)	20	0	0.0	0	0.00	0	0.00	17	0.85	48	Limitée	0	Très faible	0.2	Faible	Exploitable	48	Limitée
61	Sutton	Sutton	150	0	0.0	2	0.01	1	0.01	322	2.15	181	Bonne	3	Très faible	1.5	Faible	Exploitable	179	Bonne
1	Yamaska (basse - a)	Yamaska (basse)	25	25	100.0	0	0.00	0	0.00	17	0.67	3	Très faible	0	Très faible	1.7	Faible	Marginale	3	Très faible
4	Yamaska (basse - b)	Yamaska (basse)	80	80	99.8	0	0.00	0	0.00	2	0.02	7	Très faible	0	Très faible	4.1	Faible	Marginale	7	Très faible
5	Yamaska (basse - c)	Yamaska (basse)	34	34	100.0	0	0.00	0	0.00	3	0.09	1	Très faible	1	Très faible	57.1	Surexploitation	Marginale	1	Très faible
18	Yamaska (basse - Chibouet)	Yamaska (basse)	180	11	6.2	7	0.04	5	0.03	663	3.69	63	Modérée	4	Très faible	6.1	Modéré	Exploitable	59	Modérée
6	Yamaska (basse - d)	Yamaska (basse)	24	14	58.6	0	0.00	0	0.00	15	0.63	11	Très faible	0	Très faible	4.4	Faible	Marginale	11	Très faible
9	Yamaska (basse - David)	Yamaska (basse)	224	35	15.6	2	0.01	8	0.04	430	1.92	47	Limitée	4	Très faible	7.9	Modéré	Exploitable	44	Limitée
7	Yamaska (basse - e)	Yamaska (basse)	219	219	100.0	0	0.00	0	0.00	165	0.75	8	Très faible	1	Très faible	7.8	Modéré	Marginale	7	Très faible
11	Yamaska (basse - f)	Yamaska (basse)	75	75	100.0	0	0.00	0	0.00	9	0.12	7	Très faible	1	Très faible	9.4	Modéré	Marginale	7	Très faible
27	Yamaska (basse - g)	Yamaska (basse)	614	279	45.5	5	0.01	19	0.03	1428	2.33	41	Limitée	6	Faible	13.6	Élevé	Exploitable	36	Limitée
22	Yamaska (basse - Salvail)	Yamaska (basse)	264	264	100.0	0	0.00	0	0.00	121	0.46	6	Très faible	1	Très faible	11.7	Élevé	Marginale	6	Très faible

1 : lorsqu'il y a présence d'eau saumâtre, la case est grisée et la valeur est affichée en italiques ;
2 : lorsque la proportion d'eau saumâtre est supérieure à 10%, la case est grise et la valeur affichée en italiques ;
3 : lorsque la densité de puits est supérieure à 5 par km², la case est grisée et si la densité est supérieure à 10 puits par km², alors la valeur est affichée en italiques.
4 : lorsque la recharge effective est inférieure à 0, la case est grisée et la valeur affichée en italiques ;
5 : lorsque qu'il y a une différence entre la classe de ressource disponible initialement (recharge) et la ressource disponible après usage (recharge effective), la valeur est soulignée.
Note : il est possible de convertir les données ici en mm/an vers les m³/an/km² et les m³/an en appliquant les formules suivantes : [m³/an/km²] = [mm/an] * 1 000 et [m³/an] = [mm/an] * Superficie totale en km² * 1 000

Tableau A.12.5 : Statistiques descriptives (aire, points de prélèvement et indicateurs de stress sur l’eau souterraine) des bassins hydrogéologiques de niveau 2 en Montérégie Est (5/5)

ID	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 2	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 1	Aire			Points de prélèvement des eaux souterraines						Recharge		Usage		Ratio usage/recharge		Disponibilité de la ressource	Recharge effective	
			Totale	Zone d'eau saumâtre		Captages municipaux		GPE souterrains		Puits résidentiels										
			km²	km² ⁽¹⁾	Ratio (%) ⁽²⁾	Nombre	Densité (nb/km²)	Nombre	Densité (nb/km²)	Nombre	Densité (nb/km²) ⁽³⁾	mm/an	Indice	mm/an	Indice	%	Indice		mm/an ⁽⁴⁾	Indice ⁽⁵⁾
33	Yamaska (haute - À la Barbue)	Yamaska (haute)	106	3	3.3	4	0.04	9	0.08	545	5.12	102	Bonne	5	Faible	5.3	Modéré	Exploitable	97	Modérée
38	Yamaska (haute - a)	Yamaska (haute)	44	0	0.0	0	0.00	1	0.02	163	3.74	152	Bonne	3	Très faible	1.7	Faible	Exploitable	150	Bonne
39	Yamaska (haute - b)	Yamaska (haute)	177	0	0.0	0	0.00	1	0.01	867	4.89	154	Bonne	4	Très faible	2.6	Faible	Exploitable	150	Bonne
42	Yamaska (haute - c)	Yamaska (haute)	114	0	0.0	3	0.03	10	0.09	367	3.23	112	Bonne	15	Modéré	13.2	Élevé	Exploitable	97	Modérée
43	Yamaska (haute - d)	Yamaska (haute)	160	8	4.8	1	0.01	2	0.01	733	4.59	122	Bonne	3	Très faible	2.6	Faible	Exploitable	119	Bonne
44	Yamaska (haute - e)	Yamaska (haute)	82	0	0.0	0	0.00	0	0.00	194	2.35	160	Bonne	2	Très faible	1.2	Faible	Exploitable	158	Bonne
48	Yamaska (haute - f)	Yamaska (haute)	194	0	0.0	3	0.02	11	0.06	478	2.46	180	Bonne	8	Faible	4.5	Faible	Exploitable	172	Bonne
47	Yamaska (haute - Yamaska Sud-Est - a)	Yamaska (haute)	94	0	0.0	1	0.01	0	0.00	331	3.53	140	Bonne	3	Très faible	1.9	Faible	Exploitable	138	Bonne
53	Yamaska (haute - Yamaska Sud-Est - b)	Yamaska (haute)	232	0	0.0	0	0.00	1	0.00	380	1.64	183	Bonne	1	Très faible	0.8	Faible	Exploitable	181	Bonne
54	Yamaska (haute - Yamaska Sud-Est - c)	Yamaska (haute)	73	0	0.0	0	0.00	0	0.00	302	4.14	167	Bonne	3	Très faible	1.7	Faible	Exploitable	165	Bonne
36	Yamaska Nord	Yamaska (haute)	298	0	0.0	12	0.04	19	0.06	1655	5.56	158	Bonne	10	Faible	6.3	Modéré	Exploitable	148	Bonne

1 : lorsqu'il y a présence d'eau saumâtre, la case est grisée et la valeur est affichée en italiques ;
2 : lorsque la proportion d'eau saumâtre est supérieure à 10%, la case est grise et la valeur affichée en italiques ;
3 : lorsque la densité de puits est supérieure à 5 par km², la case est grisée et si la densité est supérieure à 10 puits par km², alors la valeur est affichée en italiques.
4 : lorsque la recharge effective est inférieure à 0, la case est grisée et la valeur affichée en italiques ;
5 : lorsque qu'il y a une différence entre la classe de ressource disponible initialement (recharge) et la ressource disponible après usage (recharge effective), la valeur est soulignée.
Note : il est possible de convertir les données ici en mm/an vers les m³/an/km² et les m³/an en appliquant les formules suivantes : [m³/an/km²] = [mm/an] * 1 000 et [m³/an] = [mm/an] * Superficie totale en km² * 1 000

Annexe 13

Protocole de production des divers indicateurs de stress sur l'eau souterraine en considérant les limites naturelles (bassins hydrogéologiques de niveau 2)

Compilation des données d'entrée

Afin de produire les indicateurs de stress sur l'eau souterraine, la couche « **INRS_LignesDePartageNiveau02** » a été récupérée à partir du livrable 20 du PACES Montérégie Est (Carrier et al., 2013b). Elle a ensuite été enregistrée avec l'outil *Export Data* sous un nouveau nom (**BV_Sout2**) pour éviter les erreurs de modification. Cette étape a aussi été réalisée avec les limites des bassins versants de niveau 1 à partir de la couche « **INRS_LignesDePartageNiveau01** » enregistrée sous le nom « **BV_Sout1** » puis affichée sur les cartes de la planche cartographique finale (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

But	Renommer les couches des limites des bassins versants hydrogéologiques		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
1	INRS_LignesDePartageNiveau02.shp	Export Data	BV_Sout2.shp
	INRS_LignesDePartageNiveau01.shp		BV_Sout1.shp

À partir de la couche « **BV_Sout2** » et des limites du projet (**Zone_Etude_PACES_ME**), une couche considérant les lacunes spatiales liées à la piézométrie a été créée. En effet, la carte piézométrique n'a pas permis de définir les limites de certains bassins versants hydrogéologiques en bordure du projet. Ceci a été fait en utilisant l'outil *Erase*. La nouvelle couche (**Zones_Lacunes_Piezometrie**) affichée sur la planche cartographique de la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** contient donc un polygone représentant ces lacunes spatiales.

But	Créer la couche définissant les lacunes spatiales liées à la piézométrie		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
2	BV_Sout2.shp	Erase	Zones_Lacunes_Piezometrie.shp
	Zone_Etude_PACES_ME.shp		

La couche délimitant la zone d'eau non potable (eau saumâtre) a également été extraite à partir des livrables du PACES Montérégie Est, en l'occurrence du livrable 24. Cette couche (**INRS_ZoneEauSaumatre**) a ensuite été renommée pour la présente étude « **Zone_Eau_Saumatre** ».

But	Convertir la grille finale au format SIG compatible		
Étape	Entrée	Outil	Sortie

3	INRS_ZoneEauSaumatre	Export Data	Zone_Eau_Saumatre.shp
---	----------------------	-------------	-----------------------

Extraction du nombre de puits par bassin versant hydrogéologique

Afin d’avoir des statistiques sur les pressions exercées sur la ressource en eau souterraine, les points de prélèvements ont été extraits dans chaque bassin hydrogéologique. Cette étape est réalisée grâce à l’outil *Spatial Join* basé sur la localisation spatiale à partir des couches des données ponctuelles : (1) captages municipaux (**INRS_CaptagesMunicipaux**), (2) GPE (**GPE_ME_Sout**) et (3) puits résidentiels (**SIH_ME**). Le shapefile « **INRS_CaptagesMunicipaux** » est issu du livrable 26 du PACES Montérégie Est tandis que la couche « **GPE_ME_Sout** » a été créée dans le cadre du traitement de la BD des GPE du Québec (voir annexe 8) et la couche « **SIH_ME** » créée pour la mise en œuvre de l’indicateur intramunicipal d’usage de l’eau souterraine (voir annexe 9). Cette étape a été faite à partir des limites des sous-bassins versants hydrogéologiques (**BV_Sout2**) mais aussi avec les limites des bassins versants hydrogéologiques de niveau 1 (**BV_Sout1**) pour le bien du présent projet.

But	Ajouter le nombre de points de prélèvement par sous-bassin versant hydrogéologique		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
4	INRS_CaptagesMunicipaux.shp	Spatial Join	BVSout2_INRS_ME_NbCM.shp
	GPE_ME_Sout.shp		BVSout2_INRS_ME_NbGPE.shp
	SIH_ME.shp		BVSout2_INRS_ME_NbSIH.shp

Les tables de ces trois couches sont ensuite exportées au format texte via l’outil *Export* accessible depuis la table attributaire.

But	Exporter les données des points de prélèvement		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
5	BVSout2_INRS_ME_NbCM.shp	Export	BVSout2_INRS_ME_NbCM.txt
	BVSout2_INRS_ME_NbGPE.shp		BVSout2_INRS_ME_NbGPE.txt
	BVSout2_INRS_ME_NbSIH.shp		BVSout2_INRS_ME_NbSIH.txt

Note : les noms des bassins versants hydrogéologiques de niveau 2 (sous-bassins) ont été renommés dans les tables pour les biens du projet actuel afin d’avoir une nomenclature unique permettant les estimations de recharge et d’usage tout en évitant les erreurs potentielles reliées à la présence de doublons.

Synthèse des données de recharge par bassin versant hydrogéologique

La grille créée dans le cadre du développement des indicateurs de stress hydrique (annexe 1) et renommée « **Grille_ME** » (annexe 9) pour les biens de production de l’indicateur intramunicipal d’usage de l’eau souterraine a été utilisée ici. La recharge a été extraite en chaque maille de cette grille avec l’outil *Extract*

Values to Points à partir du raster de recharge (**L28_RechargeDistribuee_HELP**) issu du PACES Montérégie Est.

But	Extraire les données de recharge sur la grille au 250 m		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
6	Grille_ME.shp	Extract Values to Points	Grille_ME_Recharge.shp
	L28_RechargeDistribuee_HELP		

Les noms du bassin et du sous-bassin versant hydrogéologique associé ont été attribués à chaque maille de cette grille avec l'outil *Spatial Join* basé sur la localisation et ce, dans le but d'estimer la recharge moyenne par bassin. Dans un premier temps, cela a été fait en considérant les limites des sous-bassins versants hydrogéologiques, soit le shapefile « **BV_Sout2** ».

But	Attribuer à chaque maille de la grille de recharge le nom des sous-bassins versants hydrogéologiques		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
7	BV_Sout2.shp	Spatial Join	Grille_Recharge_BS2.shp
	Grille_ME_Recharge.shp		

Puis, cette étape a également été effectuée en considérant les limites des bassins versants hydrogéologiques (**BV_Sout1**) dans un but purement statistique.

But	Attribuer à chaque maille de la grille de recharge le nom des bassins versants hydrogéologiques		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
8	BV_Sout1.shp	Spatial Join	Grille_Recharge_BS1.shp
	Grille_ME_Recharge.shp		

Ces deux grilles ont ensuite été exportées au format texte afin que les données de recharge puissent être intégrées dans des tableurs Excel pour les calculs.

But	Exporter les données de la grille de recharge		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
9	Grille_Recharge_BS2.shp	Export	Grille_Recharge_BS2.txt
	Grille_Recharge_BS1.shp		Grille_Recharge_BS1.txt

Synthèse des données d'usage par bassin versant hydrogéologique

En utilisant la même grille que précédemment, soit le shapefile « **Grille_ME** », il est possible d'extraire les données d'usage lissé produites pour développer l'indicateur intramunicipal d'usage de l'eau souterraine en Montérégie Est. Les couches de données lissées d'usage (voir également le tableau A.9.14 de l'annexe 9) correspondent aux rasters suivants : (1) **RT_m3ankm2C** (usage total réseau), (2) **HRAV_m3ankm2C** (usage agricole végétal hors réseau), (3) **HRAA_m3ankm2C** (usage agricole animal hors réseau), (4) **HRAT_m3ankm2C** (usage agricole total hors réseau), (5) **HRI_m3ankm2C** (usage ICI hors réseau), (6) **HRR_m3ankm2C** (usage résidentiel hors réseau) et (7) **T_m3ankm2C** (usage total de l'eau souterraine). Cette procédure est réalisée avec l'outil *Extract Multi Values To Points* qui permet d'extraire toutes les données de ces sept rasters en chaque maille de la grille.

But	Extraire les données d'usage sur la grille au 250 m		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
10	Grille_ME.shp	Extract Multi Values to Points	Grille_ME_Usage_Lisse.shp
	RT_m3ankm2C		
	HRAV_m3ankm2C		
	HRAA_m3ankm2C		
	HRAT_m3ankm2C		
	HRI_m3ankm2C		
	HRR_m3ankm2C		
	T_m3ankm2C		

Ensuite, les noms des bassins et sous-bassins versants hydrogéologiques ont été attribués à chaque maille de cette grille d'usage (**Grille_ME_Usage_Lisse**) avec l'outil *Spatial Join* basé sur la localisation afin de calculer par la suite l'usage moyen par bassin.

Dans un premier temps, cela a été fait en considérant les limites des sous-bassins versants hydrogéologiques (**BV_Sout2**).

But	Attribuer à chaque maille de la grille d'usage le nom des sous-bassins versants hydrogéologiques		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
11	BV_Sout2.shp	Spatial Join	Grille_Indicateur_Intramunicipal_BS2.shp
	Grille_ME_Usage_Lisse.shp		

Dans un deuxième temps, cette étape a été faite en considérant les limites des bassins versants hydrogéologiques (**BV_Sout1**).

But	Attribuer à chaque maille de la grille d'usage le nom des bassins versants hydrogéologiques		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
12	BV_Sout1.shp	Spatial Join	Grille_Indicateur_Intramunicipal_BS1.shp
	Grille_ME_Usage_Lisse.shp		

Ces deux grilles ont ensuite été exportées au format texte afin que les données d'usage puissent être intégrées dans des fichiers Excel pour effectuer les calculs et bilan par bassin.

But	Exporter les données de la grille d'usage		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
13	Grille_Indicateur_Intramunicipal_BS2.shp	Export	Grille_Indicateur_Intramunicipal_BS2.txt
	Grille_Indicateur_Intramunicipal_BS1.shp		Grille_Indicateur_Intramunicipal_BS1.txt

Notes : l'utilisation des rasters d'usage lissé produits lors du développement de l'indicateur intramunicipal offre un niveau de détail plus précis que l'utilisation direct des données d'usage par municipalité directement issues du PACES Montérégie Est. De plus, la grille composée de mailles de 250 m permet de s'affranchir des moyennes calculées selon les limites des municipalités et permettent donc le calcul de l'usage moyen selon d'autres limites, en l'occurrence les limites naturelles (bassins versants hydrogéologiques).

Création des grilles d'indicateur

Un premier classeur Excel (**Grille_Indicateur_Intramunicipal_Usage_Recharge**) est créé afin de regrouper l'ensemble des données extraites précédemment, soit la recharge et les données d'usage selon les types, par bassin et sous-bassin versant hydrogéologique.

Ce classeur est composé de deux premiers onglets (bordeaux) qui regroupent les grilles d'usage lissé issues de l'indicateur intramunicipal, respectivement selon les bassins versants hydrogéologiques de niveau 1 et 2 : « *Grille_Indicateur_Intramun_BS1* » et « *Grille_Indicateur_Intramun_BS2* ». Les deux onglets suivants (en rouge) correspondent aux grilles de recharge selon les bassins et sous-bassins versants hydrogéologiques : « *Grille_Recharge_BS1* » et « *Grille_Recharge_BS2* ». L'onglet « *Grille_Indicateur* » (orange) combine alors toutes ces données selon leurs unités d'extraction initiales, soient les m³/an/km² pour l'usage et les mm/an pour la recharge. Afin d'harmoniser les valeurs, l'onglet « *Grille_Indicateur_mman* » (jaune) regroupe les deux données d'intérêt en mm/an : (1) l'usage total lissé de l'eau souterraine et (2) la recharge de l'aquifère rocheux. Un dernier onglet en vert (*Grille_Indicateur_mman_SIG*) peut être utilisé pour être importer vers ArcGIS.

Ensuite, deux classeurs sont créés pour calculer les indicateurs selon les bassins versants hydrogéologiques de niveau 1 (**Usage_Recharge_Prelevements_BS1**) et 2 (**Usage_Recharge_Prelevements_BS2**) dans le but de produire la planche cartographique proposée à la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Dans cette section sont uniquement décrites les opérations appliquées dans le fichier Excel « **Usage_Recharge_Prelevements_BS2** » car ce sont les limites des bassins versants hydrogéologiques de niveau 2 qui ont été considérées comme les plus adaptées à la production des indicateurs de stress sur l'eau souterraine. Toutefois, le travail a aussi été fait de manière similaire pour les bassins versants hydrogéologiques de niveau 1 dans le fichier « **Usage_Recharge_Prelevements_BS1** ».

Ainsi, pour le fichier des sous-bassins, un premier onglet « *Infos* » (bordeaux) explique les autres onglets du classeur puis trois onglets en rouge répertorient les statistiques sur les captages d'eau souterraine : « *BVSout2_INRS_ME_NbCM* » pour les captages municipaux, « *BVSout2_INRS_ME_NbGPE* » pour les GPE et « *BVSout2_INRS_ME_NbSIH* » pour les puits résidentiels. Les données de ces onglets proviennent des fichiers au format texte créés à l'étape 5 de la présente annexe.

À la suite de ces onglets, un onglet « *Calculs* » (orange) a été ajouté afin de calculer la recharge moyenne par sous-bassin versant hydrogéologique ainsi que l'usage total moyen au sein de ces bassins versants hydrogéologiques de niveau 2. La recharge et l'usage sont estimés selon les cinq unités suivantes : (1) mm/an, (2) m³/an, (3) Mm³/an, (4) m³/an/km² et (5) Mm³/an/km². Le ratio usage/recharge en % est aussi calculé de même que la recharge effective toujours selon les cinq unités indiquées précédemment. Les classes d'indice décrites à la section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** sont alors attribuées à chaque sous-bassin versant hydrogéologique pour les trois indicateurs suivants : (1) quantité de ressource disponible (recharge), (2) niveau d'usage absolu (usage) et (3) aspect durable de l'exploitation (ratio usage/recharge). Un indice référant à la disponibilité de la ressource en eau souterraine est également ajouté dans une dernière colonne. À noter que l'indice correspondant au niveau des ressources après exploitation (recharge effective) a été calculé par la suite directement dans ArcGIS même s'il est possible de le déterminer directement dans la feuille de calcul Excel.

Finalement, un onglet « *Indicateurs_BS2* » (jaune) est ajouté pour mettre en forme les données issues de l'onglet « *Calculs* » puis un dernier onglet en vert (*Indicateurs_BS2_SIG*) est créé dans lequel les données et les champs sont convertis dans un format adapté à l'export vers ArcGIS (voir tableau A.13.1).

Un fichier csv (**Indicateur_Usage_Recharge_BS2**) est alors créé à partir de cet onglet. Ce dernier est alors utilisé comme fichier de jointure pour produire les cartes d'indicateurs à partir du fichier des limites des sous-bassins versants hydrogéologiques (**BV_Sout2**). Il s'agit ici d'une jointure selon les attributs (outil *Joins and Relates*), en l'occurrence le nom du sous-bassin versant hydrogéologique soit le champs « *BS2* ».

But	Associer les indicateurs calculés aux polygones des sous-bassins versants hydrogéologiques		
Étape	Entrée	Outil	Sortie
14	BV_Sout2.shp	Joins and Relates	Indicateur_Usage_Recharge_BS2.shp
	Indicateur_Usage_Recharge_BS2.csv		

Le fichier shapefile créé (**Indicateur_Usage_Recharge_BS2**) suite à cette étape reprend donc les champs du tableau A.13.1.

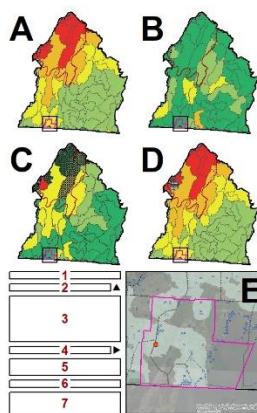
Ces opérations ont toutes été réalisées avec les limites des bassins hydrogéologiques de niveau 1 afin d'obtenir également des statistiques (bilans) et des indicateurs à plus large échelle. Le fichier shapefile résultant se nomme « **Indicateur_Usage_Recharge_BS1** ».

Tableau A.13.1 : Description des champs des indicateurs selon les bassins versants hydrogéologiques de niveau 2 du raster « **Indicateur_Usage_Recharge_BS2** »

Champ	Description du champ
ID	Identifiant du bassin hydrogéologique de niveau 2
BS1	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 1
BS2	Nom du bassin hydrogéologique de niveau 2
Aire_m2	Superficie (m ²)
Aire_km2	Superficie (km ²)
Nb_Mailles	Nombre de mailles (grille de 250 m par 250 m)
Nb_CM_BS2	Nombre de captages municipaux
Nb_GPE_BS2	Nombre de GPE souterraines
Nb_SIH_BS2	Nombre de puits résidentiels
RB2mma	Recharge annuelle moyenne (mm/an)
RB2m3a	Volume annuel de recharge (m ³ /an)
RB2Mm3a	Volume annuel de recharge (Mm ³ /an)
RB2m3ak	Recharge annuelle moyenne (m ³ /an/km ²)
RB2Mm3ak	Recharge annuelle moyenne (Mm ³ /an/km ²)
USTB2mma	Usage annuel souterrain total lissé (mm/an)
USTB2m3a	Usage annuel souterrain total lissé (m ³ /an)
USTB2Mm3a	Usage annuel souterrain total lissé (Mm ³ /an)
USTB2m3ak	Usage annuel moyen souterrain total lissé (m ³ /an/km ²)
USTB2Mm3ak	Usage annuel moyen souterrain total lissé (Mm ³ /an/km ²)
USTRB2pt	Ratio usage annuel souterrain total lissé / volume annuel de recharge (%)
ReTmma	Recharge effective totale : recharge annuelle - usage annuel total lissé (mm/an)
ReTm3a	Recharge effective totale : recharge annuelle - usage annuel total lissé (m ³ /an)
ReMm3a	Recharge effective totale : recharge annuelle - usage annuel total lissé (Mm ³ /an)
ReTm3ak	Recharge effective totale : recharge annuelle - usage annuel moyen total lissé (m ³ /an/km ²)
ReTMm3ak	Recharge effective totale : recharge annuelle - usage annuel moyen total lissé (Mm ³ /an/km ²)
RB2Ind	Indice selon la quantité de ressource disponible (recharge)
USTB2Ind	Indice selon le niveau d'exploitation (usage)
USTRB2Ind	Indice selon l'aspect durable de l'exploitation (ratio usage/recharge)
ResInd	Indice sur la disponibilité de la ressource

Annexe 14

Légende la planche cartographique pour l'analyse des indicateurs de stress sur l'eau souterraine



Légende de la planche cartographique pour l'analyse des indicateurs de stress sur l'eau souterraine - Bassins versants hydrogéologiques de niveau 2 (sous-bassins)

Structure

1 - TITRE DE LA PLANCHE

Il s'agit du titre de la planche cartographique.

2 - SECTEUR CONCERNÉ

Dans le cas présent, le secteur correspond à la Montérégie Est.

3 - TITRE DES CARTES GÉNÉRALES

Le titre de chacune des quatre cartes générales (A, B, C & D) est précisé ici.

4 - MUNICIPALITÉ

Cet encart précise le nom de la municipalité ciblée sur la carte détaillée (E).

5 - TITRE DE LA CARTE DÉTAILLÉE

Le titre de la carte détaillée (E) est indiqué ici.

6 - NOTE

Il s'agit d'une note invitant le lecteur à consulter cette légende.

7 - ÉCHELLES DES CARTES

Les quatre cartes générales (A, B, C & D) sont au 1 : 1 000 000 tandis que la carte détaillée (E) est au 1 : 100 000.

AUTRES PRÉCISIONS

Toutes les cartes sont présentées avec le Nord vers le haut de la page.

De même, la projection conique conforme Lambert de Québec avec le système de référence géodésique nord-américain 1983 sont utilisés.

Il est possible de mettre à jour les cartes automatiquement avec l'outil de création de pages dynamiques du logiciel ArcGIS.

Éléments graphiques

Municipalité ciblée

— Limites municipales

Territoire couvert

— Limites de la Montérégie Est

Limites administratives

----- Municipalité

--- MRC

--- Région administrative

--- Frontière internationale

Zone d'eau saumâtre

— Limites de la zone d'eau non potable*

Zone non couvertes

— Lacunes spatiales reliées à l'étendue de la carte piézométrique du PACES

Bassins versants hydrogéologiques

■ Niveau 1 (bassins)

■ Niveau 2 (sous-bassins)

*Couche non affichée sur la carte détaillée (E)

Notes :

Sur les cartes générales (A, B, C & D), le modèle numérique de terrain est affiché en version ombragée par transparence. Sur la carte détaillée (E), ce même modèle numérique de terrain est représenté en version ombragée par transparence en complément de l'imagerie satellitaire mondiale.

Cet encart présent sur les cartes générales (A, B, C & D) correspond à l'étendue de la carte détaillée (E).

Pour les cartes A, B et D, il est possible de convertir les mm/an vers :

- Les $m^3/an/km^2$: $[m^3/an/km^2] = [mm/an] * 1\,000$;

- Les m^3/an : $[m^3/an] = [mm/an] * Superficie\ du\ sous-bassin\ en\ km^2 * 1\,000$.

A Quantité de ressource disponible

Recharge (mm/an)

Très faible : 0 - 20 Limitée : 20 - 50 Modérée : 50 - 100 Bonne : 100 - 200 Élevée : ≥ 200

Notes

Cet indicateur de quantité de ressource en eau souterraine disponible ou renouvelable a été établi à partir de la carte de recharge de l'aquifère régional rocheux issue du livrable 28B du PACES de Montérégie Est (Carrier et al., 2013). La recharge a ensuite été moyennée par bassin versant hydrogéologique de niveau 2 afin de tenir compte des limites d'écoulement naturelles. Les limites de ces sous-bassins sont également extraites du PACES de Montérégie Est (Carrier et al., 2013) et plus particulièrement d'une couche d'information disponible dans le livrable 20 correspondant à la piézométrie de l'aquifère régional de roc fracturé.

B Niveau d'usage absolu

Usage (mm/an)

Très faible : 0 - 5 Faible : 5 - 10 Modéré : 10 - 20 Élevé : 20 - 40 Très élevé : ≥ 40

Notes

L'indicateur du niveau d'exploitation de l'eau souterraine se base sur la carte d'usage total lissée développée dans le cadre de la présente étude (Huchet et al., 2021). L'usage est ensuite réparti par sous-bassin versant hydrogéologique pour établir cet indicateur.

C Aspect durable de l'exploitation

Ratio usage/recharge (%)

Faible : 0 - 5 Modéré : 5 - 10 Élevé : 10 - 20 Non durable : 20 - 40 Surexploitation : ≥ 40

Disponibilité de la ressource

□ Exploitable ✕ Marginal

Notes

Le niveau relatif d'exploitation par rapport à la recharge correspond au ratio du niveau d'usage absolu (carte B) sur la quantité de ressource renouvelable (carte A). À noter que, dans un sous-bassin, une ressource est considérée comme marginale quand elle combine moins de 20 mm/an de recharge (ressource renouvelable faible) et moins de 5 mm/an d'usage (niveau d'exploitation très faible). Dans ce cas, ce ratio n'est pas adapté car la ressource est à la fois limitée et faiblement exploitée.

D Niveau des ressources après exploitation : contribution aux rivières et aux écosystèmes

Recharge effective (mm/an)

Null : ≤ 0 Très faible : 0 - 20 Limitée : 20 - 50 Modérée : 50 - 100 Bonne : 100 - 200 Élevée : ≥ 200

Notes

La recharge effective correspond à la recharge de l'aquifère rocheux (carte A) dont a été soustrait l'usage absolu de l'eau souterraine (carte B) afin de vérifier le niveau des ressources après exploitation équivalant à la contribution aux cours d'eau et aux écosystèmes dans chaque sous-bassin versant hydrogéologique (niveau 2).

E Indicateur intramunicipal d'usage de l'eau souterraine

Usage résidentiel hors-réseau ($m^3/an/km^2$)

500 - 10 000 > 10 000

Usage agricole total hors-réseau ($m^3/an/km^2$)

500 - 2 500 2 500 - 5 000 5 000 - 10 000 10 000 - 20 000 > 20 000

Grand préleveur (GPE)

● Agricole ● ICI ● Municipal

Autre captage

● Municipal

Usage annuel moyen (m^3/an)

○ < 500 ○ 500 - 10 000 ○ 10 000 - 25 000 ○ 25 000 - 100 000 ○ > 100 000

Notes

L'indicateur intramunicipal d'usage de l'eau souterraine combine l'usage spatialisé sur grille (mailles de 250 m) et l'affichage de points de prélèvements ponctuels. Les usages résidentiel hors-réseau et agricole hors-réseau ont été répartis spatialement tandis que les GPE et les autres puits municipaux sont affichés de façon ponctuelle.

Indicateurs de stress hydrique

Annexe 15

Comparatif des méthodologies employées selon les projets régionaux antérieurs pour estimer l'usage de l'eau souterraine au Québec

Tableau A.15.1 : Comparaison des approches utilisées pour estimer l’usage de l’eau souterraine pour les projets antérieurs couvrant la zone PACC (1/2)

Projet	Année	Responsable	Informations disponibles	Méthode	Données
Châteauguay	2006	CGC / INRS	Annexe C du mémoire de maîtrise de Lavigne (description de la méthode) Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay (présentation des résultats)	Quatre grands types d’utilisation répertoriés : (1) municipale, (2) domestique (puits privés), (3) commerciale et/ou industrielle et (4) agricole Consommation municipale représente tous les utilisateurs raccordés à un système d’aqueduc (pas de distinction entre les usages domestique, commercial et industriel) Consommation domestique (puits privés) évaluée en multipliant le nombre de personnes qui dépendent de puits privés par une consommation journalière moyenne de 200 L/pers./jour Pour la consommation agricole, évaluations proviennent d’une étude réalisée par le MAPAQ (l’évaluation inclut l’irrigation et la consommation d’eau souterraine liée à l’abreuvement et à l’entretien des animaux d’élevage et de production laitière) Pour la consommation commerciale et industrielle, évaluations faites à partir des informations recueillies dans le cadre du projet de maîtrise de Lavigne (aucun détail donné sur la source de ces informations) - Volume associé aux activités commerciales et industrielles nécessairement sous-évalué en raison du manque d’information dans les villes munies d’un réseau d’aqueduc et des entreprises non répertoriées possédant des puits privés Pour ce projet, pas de distinction entre les utilisateurs desservis par un réseau de ceux hors réseau	Données pour chaque usage compilées par MRC seulement et présentées dans un tableau dans l’Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay Données par municipalités ne semblent pas être disponibles
Bécancour	2013	UQAM	Section 7.1 (p.152 à 158) du rapport final PACES (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Annexe 17 (p.180) du rapport final PACES (transmis à l’interne par l’UQAM)	Volumes d’eau consommée regroupés selon 3 usages principaux : résidentiel, agricole et industriel/commercial/institutionnel (ICI) Utilisation d’eau à des fins résidentielles comptabilisée pour chaque municipalité à partir des estimations de population (desservies et non desservies) multipliées par un facteur de consommation moyenne journalière de 250 L/pers./jour Pour l’utilisation agricole, volumes d’utilisation de l’eau calculés par municipalité à partir des chartes de consommation végétale et animale du MAPAQ et des données du recensement de l’agriculture de 2001 de Statistique Canada qui fournissent une évaluation du nombre de têtes par municipalité pour la production animale et une superficie de culture par municipalité pour les types de culture nécessitant de l’irrigation (les superficies de production de canneberge évaluées à l’aide de la photointerprétation d’images aériennes de 2010) Utilisation de l’eau à des fins industrielles faite à partir des données des grands préleveurs fournies par le MDDEFP qui regroupent tous les utilisateurs d’eau souterraine qui puisent plus de 75 m³/jour Utilisation de l’eau à des fins commerciale et institutionnelle évaluée à partir du Guide de conception des installations de production d’eau potable du MDDEFP (valeur de consommation de 32 L/pers./jour ajoutée pour les municipalités de moins de 5 000 personnes et une consommation de 65 L/pers./jour pour les municipalités entre 5 000 et 50 000 personnes) Pertes dans le réseau estimées à 10% de l’utilisation totale du réseau (volume correspondant à ces pertes ajouté au volume déjà calculé pour les utilisations ICI) - Pertes dans le réseau estimées explicitement Pour ce projet, ne semble pas y avoir de distinction entre les utilisateurs desservis par un réseau de ceux hors réseau (à valider)	Synthèse des volumes totaux d’eau souterraine et de surface prélevés dans chaque municipalité et MRC de la région d’étude donnée dans le tableau 27 de la p.153 du rapport PACES final Consommation d’eau (surface et souterraine) par type d’utilisation présentée pour chaque MRC sur la carte de la figure 55 de la p.157 du rapport PACES final (toutefois, seules les valeurs numériques des volumes totaux d’eau sont données et le détail pour chaque utilisation et type d’eau n’est pas présenté) Nécessaire de contacter l’UQAM pour obtenir les résultats détaillés des volumes d’eau souterraine et de surface utilisés par usage et par municipalité
Nicolet-Saint-François	2015	UQAM	Chapitre 7 (p.207 à 216) du rapport PACES final (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Annexe 16 du rapport final PACES	Volumes d’eau consommée regroupés selon 3 usages principaux : résidentiel, agricole et industriel/commercial/institutionnel (ICI) Utilisation d’eau à des fins résidentielles comptabilisée pour chaque municipalité à partir des estimations de population (desservies et non desservies) multipliée par un facteur de consommation moyenne journalière de 250 L/pers./jour Pour l’utilisation agricole, volumes d’utilisation de l’eau calculés par municipalité à partir des chartes de consommation végétale et animale du MAPAQ et BPR ainsi que des données extraites des fiches d’enregistrement des producteurs agricoles du MAPAQ de 2014 qui fournissent une évaluation du nombre de têtes par municipalité pour la production animale et une superficie de culture par municipalité pour les types de culture nécessitant de l’irrigation Utilisation de l’eau à des fins industrielles faite à partir des données des grands préleveurs fournies par le MDDEFP qui regroupent tous les utilisateurs d’eau souterraine qui puisent plus de 75 m³/jour Utilisations commerciale et institutionnelle évaluées à partir du Guide de conception des installations de production d’eau potable (valeur de consommation de 32 L/pers./jour ajoutée pour les municipalités de moins de 5 000 personnes, de 65 L/pers./jour pour les municipalités entre 5 000 et 50 000 personnes et de 117 L/pers./jour pour les municipalités de plus de 50 000 personnes) Pertes dans le réseau estimées à 10% de l’utilisation totale du réseau selon le MDDEFP pour 2006 (volume correspondant à ces pertes ajouté au volume déjà calculé pour les utilisations ICI) Pour ce projet, ne semble pas y avoir de distinction été faite entre les utilisateurs desservis par un réseau de ceux hors réseau (à valider)	Synthèse des volumes totaux d’eau souterraine et de surface prélevés dans chaque municipalité et MRC de la région d’étude donnée dans le tableau 30 de la p.209 du rapport PACES final Consommation d’eau (surface et souterraine) par type d’utilisation présentée pour chaque MRC dans le tableau 29 de la p.188 (toutefois, seules les volumes totaux sont présentés) - Détail pour chaque utilisation et type d’eau pas présenté Nécessaire de contacter l’UQAM pour obtenir les résultats détaillés des volumes d’eau souterraine et de surface par utilisation et par municipalité

Tableau A.15.2 : Comparaison des approches utilisées pour estimer l’usage de l’eau souterraine pour les projets antérieurs couvrant la zone PACC (2/2)

Projet	Année	Responsable	Informations disponibles	Méthode	Données
CMQ	2013	UL	Section 5.3 (p.152 à 155) du rapport final PACES (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Annexe 10 (p.279 et 280) du rapport final PACES (incluse dans le rapport final)	Utilisation agricole pas estimée Volumes d’eau consommée regroupés selon 3 types d’utilisation : (1) puits collectifs municipaux alimentant un réseau d’aqueduc, (2) puits collectifs alimentant les ICI et (3) puits privés individuels des propriétés non desservies par un réseau d’aqueduc Pour les puits privés individuels des propriétés non desservies par un réseau d’aqueduc, volume d’eau souterraine consommé pour cette utilisation calculé en multipliant la consommation moyenne (250 L/pers./jour) par le nombre moyen de personnes par ménage et par le nombre de ménages desservis par chacun des puits individuel (nombre moyen de personnes par ménage pour chaque aire de diffusion tiré du dernier recensement de Statistique Canada de 2011) Tous les résidents considérés comme alimentés par un puits individuel dans les municipalités n’ayant pas de réseau d’aqueduc Volumes d’eau prélevés annuellement par les puits municipaux transmis, pour la plupart, directement par les municipalités du territoire (données manquantes complétées en consultant les formulaires de déclaration des prélèvements en eau de 75 m³/jour et plus du MDDEFP) Pour les puits municipaux, ne semble pas y avoir de distinction faite entre les usages résidentielles et les ICI Les déclarations des prélèvements en eau du MDDEFP également utilisées pour évaluer les volumes d’eau prélevés par les puits collectifs qui alimentent les ICI de plus de 20 personnes ou consommant plus de 75 m³/jour	Volumes totaux d’eau souterraine prélevés donnée dans le tableau 5.1 de la p.154 du rapport PACC final pour chaque MRC et municipalité de la région d’étude (volumes par usage également présentés mais pour les MRC seulement) Pour des raisons de confidentialité, détail des volumes prélevés par usage pas donné en fonction des municipalités
Montérégie Est	2013	INRS	Section 5.2 (p.190 à 193) du rapport final PACES (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca)	Volumes d’eau consommée regroupés selon 3 usages principaux : résidentiel, agricole et industriel/commercial/institutionnel (ICI) Calculs faits par municipalité et agrégés par MRC Utilisation d’eau à des fins résidentielles pour les personnes desservies et non desservies par un réseau calculée à partir des estimés de population (desservie et non desservie) multipliés par une consommation moyenne journalière (250 L/pers./jour) Quantités d’eau consommée à des fins agricoles estimées en additionnant les productions agricoles fournis par le MAPAQ (ex. nombre d’animaux, superficies cultivées par type de production) et en multipliant ces productions par la consommation moyenne estimée à partir de la charte (des facteurs de distribution de l'eau utilisée à des fins agricoles obtenus d’études antérieures utilisés pour définir la provenance de l’eau utilisée : surface ou souterraine) Pour les utilisateurs ICI desservis par un réseau, calcul du débit restant non utilisé par les autres usages (i.e. résidentiel et agricole) en le soustrayant du volume d’eau distribué par les réseaux les volumes d’eau utilisés pour les usages résidentiels et agricoles (inclut les pertes et autres usages) Pour les utilisateurs ICI hors réseau, volumes d’eau utilisés estimés à partir du registre des grands préleveurs du MDDELCC (RGP) et des informations provenant des registres municipaux ou obtenus auprès des entreprises par un sondage Pertes dans le réseau implicitement incluses dans le calcul des volumes ICI	Résultats par MRC disponibles dans le tableau 5.4 de la p.193 du rapport PACES final Résultats détaillés présentés dans le chiffrier Excel de l’annexe électronique 6 du rapport PACES final
Chaudière-Appalaches	2015	INRS	Section 5.2 (p.164 à 175) du rapport final PACES (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca)	Volumes d’eau consommée regroupés selon 3 usages principaux : résidentiel, agricole et industriel/commercial/institutionnel (ICI) Information regroupée par municipalité et par MRC Débits des réseaux municipaux, de même que la provenance de l’eau, colligés dans le bilan en attribuant une priorité aux données selon leurs provenances, dans l’ordre décroissant de priorité suivant : (1) données provenant des sondages réalisés auprès des municipalités, (2) communications directes avec les responsables des municipalités qui sont plus récentes (2014), (3) données provenant du recensement du MAMROT (2011 et 2012) et (4) données sur les populations desservies par un réseau d’aqueduc obtenues du MDDELCC (2012) Utilisation d’eau à des fins résidentielles comptabilisée pour chaque municipalité à partir des estimations de population (desservies et non desservies) multipliées par un facteur de consommation moyenne journalière de 250 L/pers./jour Quantités d’eau consommée à des fins agricoles estimées en additionnant les productions agricoles fournies par le MAPAQ (ex. nombre d’animaux, superficies cultivées par type de production) et en multipliant ces productions par la consommation moyenne estimée à partir de la charte (à moins de renseignements spécifiques provenant des municipalités, statistiques provenant de Statistiques Canada utilisées pour estimer les quantités d’eau provenant des réseaux d’approvisionnement municipaux) Pour les utilisateurs ICI desservis par un réseau, calcul du débit restant non utilisé par les autres usages (i.e. résidentiel et agricole) en le soustrayant du volume d’eau distribué par les réseaux les volumes d’eau utilisés pour les usages résidentiels et agricoles (inclut les pertes et autres usages) Pour les utilisateurs ICI hors réseau, volumes d’eau utilisés estimés à partir du registre des grands préleveurs du MDDELCC (RGP) et des informations provenant des registres municipaux ou obtenues auprès des entreprises par un sondage Pertes dans le réseau implicitement incluses dans le calcul des volumes ICI	Volumes d’eau utilisés en fonction de l’usage données pour chaque MRC de la région d’étude dans le tableau 5.3 de la p.167 du rapport PACES final (volumes en fonction de la provenance et de l’usage pas présentés) Résultats détaillés présentés dans le chiffrier Excel de l’annexe électronique 6 du rapport PACES final
Estrie	2022	INRS			

Tableau A.15.3 : Comparaison des approches utilisées pour estimer l’usage de l’eau souterraine pour les projets antérieurs en dehors de la zone PACC (1/3)

Projet	Année	Responsable	Informations disponibles	Méthode	Données
Abitibi-Témiscamingue Est	2013	UQAT	Section 6.3 (p.120 à 126) du rapport final PACES (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Annexe E-2 (p.200 à 222) du rapport final PACES Correspond au protocole du Livrable 26 - Utilisation de l’eau (téléchargeable ici : https://gres.uqat.ca/FR/PACES-DOCUMENTATION)	Aucune information spécifique sur l’approche utilisée ici fournie dans le rapport autre que les sources des données utilisées dans le tableau 6.7 de la p.121 du rapport PACES final Annexe E-2 correspond intégralement au Livrable 26 - Utilisation de l’eau Bien que ce ne soit pas mentionné spécifiquement, supposé que le protocole du Livrable 26 (utilisation de l’eau) ait été suivi intégralement pour les calculs de l’usage de l’eau	Utilisation totale d’eau de surface et souterraine donnée par usage pour chaque MRC de la région d’étude dans le tableau 6.8 de la p.122 du rapport PACES final Résultats détaillés pas disponibles (contacter l’UQAT : GRES@uqat.ca)
Abitibi-Témiscamingue Ouest	2015	UQAT	Section 8.1 (p.296 à 304) du rapport final PACES (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Annexe électronique 8.1 du rapport final PACES Correspond au protocole du Livrable 26 - Utilisation de l’eau (téléchargeable ici : https://gres.uqat.ca/FR/PACES-DOCUMENTATION)	Assumé que les prélèvements d’eau associés au secteur agricole essentiellement attribuables à une utilisation destinée à l’alimentation du bétail Assumé que les quantités d’eau associées à l’irrigation négligeables Consommation pour la production agricole déterminée avec données du MAPAQ de 2012 Consommation résidentielle calculée à partir des données du MAMROT, MDDELCC, Affaires autochtones et Développement du Nord Canada et des informations de la Ville de Rouyn-Noranda (consommation moyenne de 250 L/pers./jour a été supposée) Consommation ICI évaluée comme étant égale au résiduel du volume total associé au réseau municipal et aux volumes recensés au registre des grands préleveurs (GPE) Mis-à-part les points d’information susmentionnés, aucune autre information disponible publiquement sur la méthode utilisée pour le calcul de l’usage (annexe électronique 8.1 ne contient qu’un fichier PDF qui correspond au protocole du Livrable 26 - Utilisation de l’eau) - Supposé que ce protocole suivi dans son ensemble pour l’évaluation de l’usage	Consommation en fonction de la provenance (souterraine et surface) et de l’usage (résidentielle, agricole et ICI) donnée au tableau 8.1.2.1 de la p.297 pour chacune des MRC de la région Distinction entre la consommation provenant d’un réseau et hors-réseau faite dans le tableau 8.1.2.2 de la p.298 Données par municipalité en fonction de l’usage et de la provenance pas disponibles publiquement (contacter l’UQAT : GRES@uqat.ca)
Territoire crie d'Eastmain	2022	UQAT			
Nord-Est du Bas Saint-Laurent	2015	UQAR	Section 6.1 (p.148 à 151) du rapport final PACES (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca)	Protocole pour la préparation du Livrable 26 (utilisation de l’eau) suivi pour les calculs Information relative à la consommation résidentielle et celle liée aux industries, commerces et institutions (ICI) recueillie via sondage auprès des municipalités et des entreprises Certaines municipalités pas pu être rejointes ou ne pouvaient donner accès à l’information demandée (données provenant du MDDELCC et de Statistiques Canada alors utilisées) Pour la consommation en lien avec le milieu agricole, données du MAPAQ concernant le type d’élevage et le nombre de têtes pour la production animale ainsi que le type de culture et le nombre d’hectares cultivés pour la production végétale utilisées conjointement aux chartes de consommation végétale et animale du MAPAQ (provenance de l’eau : souterraine ou de surface, aqueduc ou puits) déterminée à partir des pourcentages provenant de Statistiques Canada compilés dans le rapport de BPR de 2003 (statistiques présentées dans le tableau 6.2 à la p.150 du rapport PACES final)	Volumes totaux d’eau souterraine et de surface donnés dans le tableau 6.1 à la p.149 du rapport final PACES pour chaque MRC et municipalité de la région d’étude Volumes d’eau souterraine utilisés pour chaque usage donné pour chaque MRC dans le tableau 6.3 à la p.151 du rapport PACES final Volumes d’eau souterraine utilisés par usage pour chaque municipalité pas disponibles (nécessaire de contacter l’équipe de l’UQAR pour obtenir ces données)
Bas Saint-Laurent et Gaspésie	2022	UQAR			
Saguenay-Lac-Saint-Jean	2013	UQAC	Section 5.3 (p.221 à 231) du rapport PACES final (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Protocole P26 - Utilisation de l'eau de l'annexe numérique 13 Non disponible mais sans doute Livrable 26 - Utilisation de l’eau Carte 26 (p.298) et carte 27 (p.299) du rapport PACES final Cartes en annexe du rapport sans les tableaux synthèses Cartes haute résolution avec tableaux synthèses téléchargeables ici : http://paces.uqac.ca/livrables.html	Méthode GRIES simplifiée appliquée par l’équipe du CERM pour ce projet Trois catégories de prélèvement définies : (1) agricole, (2) domestique et (3) industriel Consommation résidentielle moyenne d’eau journalière d’une personne est fixée à 250 L/jour et les personnes qui résident à l’extérieur des limites du réseau municipal d’alimentation en eau potable consomment uniquement de l’eau souterraine Activités agricoles correspondent uniquement aux activités d’élevage recensées par le MAPAQ et supposé que ces activités consomment exclusivement de l’eau souterraine (volumes d’eau prélevés estimés avec les chartes de consommation animale du MAPAQ) Volumes d’eau souterraine utilisés par la catégorie d’usage industriel calculés à partir des données présentées dans le fichier des grands préleveurs (75 m³/jour et plus) et dans celui des petits préleveurs (< 75 m³/jour) - Seuls les industries et les commerces identifiés dans le fichier des grands préleveurs (75 m3/jour et plus) et dans le fichier des petits préleveurs (<75 m3/jour) prélèvent de l’eau souterraine pour un usage industriel Lorsque réseau municipal alimenté à partir d’une source souterraine, consommation résidentielle d’eau souterraine calculée à partir de la population totale (Statistiques Canada) multipliée par 250 L/pers./jour Lorsque réseau municipal alimenté en eau de surface, nombre de personnes desservies par le réseau soustrait de la population totale et différence multiplié par 250 L/pers./jour pour obtenir l’usage résidentiel de l’eau souterraine Supposé que toute la consommation municipale dédiée à l’usage résidentiel	Consommation d’eau souterraine par usage pour chaque municipalité donnée dans le tableau de la carte 26b du rapport PACES final Consommation totale de l’eau pour chaque provenance (surface et souterraine) pour chaque municipalité donnée dans le tableau de la carte 26a du rapport PACES final Pas de données détaillées en fonction de l’usage pour l’eau de surface

Tableau A.15.4 : Comparaison des approches utilisées pour estimer l’usage de l’eau souterraine pour les projets antérieurs en dehors de la zone PACC (2/3)

Projet	Année	Responsable	Informations disponibles	Méthode	Données
Charlevoix-Haute-Côte-Nord	2015	UQAC	Section 7.2 (p.260 à 268) du rapport PACES final (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Annexe numérique 13 Non disponible mais sans doute Livrable 26 - Utilisation de l’eau	Eau souterraine distribuée par les réseaux municipaux ou par les puits individuels sert à différents usages qui se divisent en trois catégories : (1) domestique, (2) agricole et (3) industriel-commercial-institutionnel (ICI) Utilisation d’eau provenant de résurgences d’eau souterraine, communément appelé sources, constitue une particularité du territoire de CHCN (résurgences nombreuses et présentent un débit qui, dans certains cas, permet d’alimenter en eau potable l’ensemble d’une municipalité) Volumes estimés en suivant le protocole des projets PACES Consommation résidentielle d’eau potable d’un individu est estimée à 250 L/jour; Consommation résidentielle en dehors du réseau municipal provient toujours d’installations privées qui captent l’eau souterraine Installations agricoles toutes alimentées en eau potable à partir d’eau souterraine captée par des puits individuels Consommation d’eau potable par type d’élevage tirée de chartes de consommation d’eau par type d’animaux fournies par le MAPAQ Consommation ICI desservis par un réseau correspond aux volumes restants de l’eau potable distribuée par les réseaux (après avoir soustrait la consommation domestique et les pertes) Consommation ICI hors réseau correspond aux volumes indiqués dans le registre des grands préleveurs fournis par le MDDEFP Pertes en réseau estimées à 20% de l’eau distribuée annuellement par le réseau Estimation des volumes d’eau souterraine pour l’usage agricole considère uniquement les fermes d’élevage (annexe numérique AN13) - Ainsi, si des fermes de culture (champs, serres, jardins) ont recours à l’irrigation, alors elle ne sont pas considérées dans cet usage, ce qui constitue une limite de la méthode	Volumes d’eau souterrain utilisés par usage donnés au tableau 7-3 de la p.262 pour chaque MRC de la région d’étude
Côte-Nord, Mauricie et Lanaudière	2022	UQAC			
Mauricie	2013	UQTR	Section 7.1 (p.131 à 137) du rapport PACES final (résultats seulement) (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Section 25 de l’annexe 2 Correspond à la section 3 du Livrable 26 - Utilisation de l’eau Documents disponibles ici : https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/gscw031?owa_no_site=1456&owa_no_fiche=7&owa_bottin=	Méthodologie et sources des données pas décrites dans le rapport PACES final (seuls les résultats sont présentés) La section 25 de l’annexe 2 du rapport PACES final correspond intégralement la section 3 du protocole pour la préparation du Livrable 26 - Utilisation de l’eau (supposé que le protocole a été suivi dans son intégralité)	Tableau 7.3 présente un bilan des prélèvements d’eau souterraine et d’eau de surface versus la consommation d’eau en réseau Tableau 7.4 présente un bilan des prélèvements et de la consommation hors réseau Beaucoup de données manquantes et aucune information disponible dans le rapport (difficile de déterminer si le symbole “-” indique une valeur “nulle” ou “manquante” dans les tableaux ; c’est probablement une valeur manquante si on se fie au bilan pour la municipalité de Charette qui ne concorde pas) Pas possible de distinguer l’utilisation par usage et provenance (souterraine et surface) dans les résultats Nécessaire de demander les données sources auprès de l’équipe de réalisation du projet

Tableau A.15.5 : Comparaison des approches utilisées pour estimer l’usage de l’eau souterraine pour les projets antérieurs en dehors de la zone PACC (3/3)

Projet	Année	Responsable	Informations disponibles	Méthode	Données
Outaouais	2013	UL	Section 5.3 (p.144 à 147) du rapport final PACES (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Annexe 13 (p.283 à 289) du rapport final PACES	Adaptation du protocole pour la préparation du Livrable 26 (utilisation de l’eau) suivi pour les calculs. Volumes d’eau consommée regroupés selon 3 usages principaux : résidentiel, agricole et industriel/commercial/institutionnel (ICI) Méthodologie d’évaluation de la consommation résidentielle tient compte à la fois des résidents permanents et des résidents saisonniers (villégiature importante) Consommation résidentielle estimée à 250 L/pers./jour pour les résidents permanents et pondérée par un facteur de 0.25 pour les résidents saisonniers Considéré que tous les résidents permanents et saisonniers hors réseau s’approvisionnent en eau souterraine via un puits privé Nombre de résidents saisonniers déterminé avec l’emplacement des résidences saisonnières (issu des rôles d’évaluation des MRC) - Nombre de villégiateurs par résidence et la durée du séjour des villégiateurs déterminés Trois sources d'information pour évaluer l’utilisation de l’eau pour la production animale : (1) la localisation des bâtiments agricoles du MAPAQ, (2) la production animale par municipalité du MAPAQ et (3) le recensement de l’agriculture de Statistiques Canada (consommation de l’eau calculée à partir à de la charte de consommation d’eau par les animaux définie par BPR de 2003) Pour les municipalités sans réseau de distribution d’eau potable : supposé que 50 % de l'eau utilisée pour abreuver les animaux provient de puits privés en eau souterraine et 50% d'une alimentation privée en eau de surface Pour les secteurs desservis par un réseau municipal : supposé que 50 % de l'eau provient du réseau, 25% de puits privés en eau souterraine et 25% d'une alimentation privée en eau de surface (déterminé en concertation avec la direction régionale du MAPAQ) Données pour évaluer les besoins en eau de la production végétale proviennent du recensement de l’agriculture de Statistiques Canada de 2011 (consommation de l’eau calculée à partir à de la charte de consommation d’eau par les animaux définie par BPR en 2003) Informations utilisées pour évaluer la consommation ICI proviennent du registre des grands préleveurs du MDDEFP de 2011, du répertoire des piscicultures du MAPAQ de 2011 et du sondage auprès des municipalités Pour les ICI desservis par un réseau de distribution municipal, l’approche consiste à soustraire du volume total du réseau municipal les autres usages (i.e. résidentiel et agricole) Pour les ICI hors réseau, les informations disponibles proviennent uniquement des piscicultures et des grands préleveurs Distinction faite dans les bilans entre la consommation dans le réseau et hors-réseau Population totale de la municipalité de Statistiques Canada de 2011 et les données de population desservie par le réseau (provenant des municipalité) comparées pour valider les données Méthodologie tient compte à la fois des résidents permanents et des résidents saisonniers	Utilisation de l’eau en fonction de la provenance (souterrain et surface) et du type d’usage (résidentielle, agricole et ICI) présentée pour chaque MRC de la région d’étude dans le tableau 5.1 de la p.145 du rapport PACES final. Résultats par municipalité pas disponibles (nécessaire de contacter l’équipe de l’Université Laval pour obtenir ces données)
Îles-de-la-Madeleine	2022	UL			
Vaudreuil-Soulanges	2015	UQAM	Section 6 (p.168 à 172) du rapport PACES final (téléchargeable sur www.donneesquebec.ca) Annexe 13	Dans le cadre de ce projet, données provenant d’organismes gouvernementaux (MDDELCC, MAMOT, Statistiques Canada) compilées par municipalité Données sur l’utilisation résidentielle calculées en recoupant deux sources d’information : nombre d’individus desservis par les réseaux municipaux de distribution d’eau potable du MDDELCC pour 2002) et population totale par municipalité du MAMROT de 2013 Consommation d’eau équivalente à 250 L/pers./jour a été utilisée (une estimation du volume d’eau utilisé par municipalité en fonction de la source d’approvisionnement - souterraine ou de surface - et de sa connexion ou non à un réseau de distribution d’eau potable a été compilée) Pertes dans le réseau estimées à 10% de l’utilisation totale du réseau selon le MDDELCC pour 2006 (volume correspondant à ces pertes ajouté au volume déjà calculé pour les utilisations ICI) Données agricoles combinent les informations sur les cultures et l’élevage (données utilisées proviennent d’une extraction de données effectuée sur les fiches d’enregistrement des producteurs agricoles issues du MAPAQ pour 2014) - Données du MAPAQ fournissent une évaluation du nombre de têtes par MRC pour la production animale et une superficie de culture par MRC pour les types de culture nécessitant de l’irrigation (en utilisant les chartes de consommation végétale et animale du MAPAQ et BPR, volumes d’utilisation de l’eau pour la production agricole calculés par municipalité) Données pour les utilisations industrielles à partir de la base de données des grands préleveurs fournie par le MDDELCC (ces informations regroupent tous les utilisateurs d’eau souterraine qui puisent plus de 75 m³/jour) Pour ce qui est de l’utilisations commerciale et institutionnelle, une estimation de la consommation d’eau potable a été évalué à partir du guide de conception des installations de production d’eau potable du MDDELCC de 2006 (valeur de consommation de 32 L/pers./jour ajoutée pour les municipalités de moins de 5 000 personnes et une consommation de de 65 L/pers./jour pour les municipalités entre 5 000 et 50 000 personnes)	Consommation de l’eau en fonction de la provenance (souterraine ou surface) ou encore en fonction de l’usage (résidentielle, ICI et agricole) donnée pour la MRC de Vaudreuil-Soulanges aux tableaux 21 et 22 de la p.168 du rapport PACES final Utilisation totale de l’eau souterraine donnée par municipalité dans le tableau 23 de la p.169 du rapport PACES final Volumes de consommation en fonction de la provenance et de l’usage pas disponibles ni pour la MRC, ni pour les municipalités (nécessaire de contacter l’équipe de réalisation du projet pour obtenir ces données)
Laurentides	2022	UQAM			

Annexe 16

Comparatif des méthodologies employées selon les projets régionaux antérieurs pour estimer la recharge de l'eau souterraine au Québec

Tableau A.16.1 : Comparaison des approches utilisées pour estimer la recharge de l’eau souterraine pour les projets antérieurs couvrant la zone PACC

Projet	Année	Responsable	Modèle	Résolution	Calage	Période	Note	Livrable	Donnée
Châteauguay	2006	CGC / INRS	HELP	250 m	Oui	1963 - 2001	Bilan hydrologique avec modèle d'infiltration à base physique Données climatiques journalières issues de stations météo d'Environnement Canada et du National Climatic Data Center Propriétés physiques du sol, utilisation du sol, couverture végétale et données climatiques Modèle conceptuel intègre le sol, le quaternaire et le roc Calage sur BV jaugé de la rivière des Anglais (station 02OA057) car conditions typiques de la région, pas de barrage et données disponibles Estimation du bilan également sur d'autres BV jaugés sur la rivière des Anglais et aussi le ruisseau Norton Séparation d'hydrogrammes par filtre de Chapman (1999) entre 1960 et 2002 Paramètres calés appliqués au reste de la région d'étude	Couche raster de la recharge de l'aquifère régional	Recharge réelle
						39 ans			
Bécancour	2013	UQAM	Tableur Excel (Visual Basic)	500 m	Oui	1990 - 2010	Modèle simple : bilan hydrique journalier À la base, le modèle calcule la recharge potentielle Eau disponible par la pluie ou la fonte de la neige issue de valeurs du CEHQ pour la zone Bécancour Ruissellement, évapotranspiration et infiltration calculées selon données météo et géologiques des mailles Calage sur un BV jaugé (station 024003) car longue chronique et pas de zone captive Puis, extrapolation des résultats sur le reste des mailles du modèle Ensuite, recharge potentielle convertie en recharge nette au roc selon les conditions de confinement : libre (100%) ; semi-captif (50%) : le reste est converti en ruissellement et captif (0%)	Couche raster de la recharge nette au roc	Recharge réelle
						20 ans			
Nicolet-Saint-François	2015	UQAM	HydroBilan	500 m	Oui	1989 - 2009	Bilan hydrique spatialisé journalier Calcul de la recharge potentielle à l'aquifère Eau disponible par la pluie ou la fonte de la neige provient des apports verticaux du CEHQ pour la zone d'étude Modèle calcule le ruissellement, l'évapotranspiration et l'infiltration selon les données météo et géologiques des mailles Calé sur BV jaugé (station 30103) car longue chronique (1985 à 2013) et prédominance de conditions libres (55%) et captives (40%) Puis, paramètres calés appliqués au reste de la région Recharge potentielle convertie en recharge à l'aquifère rocheux selon le type de confinement : libre (100%) ; semi-captif (43% atteint l'aquifère, le reste allant en ruissellement) selon le ratio simulé avec MOHYSE et captif (0%)	Couche raster de la recharge de l'aquifère au roc	Recharge réelle
						21 ans			
CMQ	2013	UL	HELP	250 m	Oui	1980 - 2009	HELP calcule recharge, évapotranspiration, ruissellement de surface et hypodermique Logiciel intègre données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire et les propriétés des sols, des dépôts et du roc Données météo sur une base journalière produite par le CEHQ (précipitation totale, températures minimale et maximale) sur une grille de 0.1° Calage sur 3 rivières où débit de base calculé par le CEHQ : Nelson, Montmorency et Dauphine	Couche raster de la recharge des aquifères de roc et de dépôts meubles	Recharge réelle
						30 ans			
Montréal Est	2013	INRS	HELP	250 m	Oui	1979 - 2010	Simulateur d'infiltration HELP à base physique utilise des données climatiques réelles et des propriétés physiques des matériaux Estimation quotidienne des paramètres du bilan hydrologique : ruissellement de surface, drainage latéral, évapotranspiration et recharge Précipitations totales et températures moyennes attribuées aux mailles selon polygones de Thiessen aux stations climatiques Prise en compte des propriétés des sols (pédologie), des dépôts meubles et du roc Calage sur 4 BV jaugés représentatifs des conditions hydrogéologiques de la région et débits de base estimés par le CHEQ : Yamaska Nord (030314), David (030316), Yamaska Sud-Est (030340) et L'Acadie (030421)	Couche raster de la recharge de l'aquifère régional de roc fracturé	Recharge réelle
						31 ans			
Chaudière-Appalaches	2015	INRS	HELP	250 m	Oui	1981 - 2012	Modèle d'infiltration à fondements physiques qui utilise des propriétés physiques des matériaux et des données climatiques réelles Infiltration verticale de l'eau jusqu'à l'aquifère rocheux régional est considérée comme la recharge Estime les paramètres du bilan hydrologique sur une base quotidienne Calage selon stations de jaugeage du CEHQ (sur 5 BV) avec débit total et débit de base estimé par séparation des hydrogrammes : 23106, 23401, 24013, 23422 et 23402/23429 (identifiants des BV)	Couche raster de la recharge de l'aquifère rocheux régional	Recharge réelle
						32 ans			
Estrie	2022	INRS							

Tableau A.16.2 : Comparaison des approches utilisées pour estimer la recharge de l’eau souterraine pour les projets antérieurs en dehors de la zone PACC (1/2)

Projet	Année	Responsable	Méthode	Résolution	Calage	Période	Note	Livrable	Données
Abitibi-Témiscamingue Est	2013	UQAT	Bilan hydrique	100 m	Non	1981-2010	Bilan hydrologique ($RES = AV - R - \Delta E_s - ET_R$) Recharge de l'eau souterraine définie comme l'alimentation (naturelle) en eau atteignant la zone saturée via la surface piézométrique Pas de prise en compte du ruissellement hypodermique (recharge potentielle ici) Recharge calculée sur une base mensuelle puis somme des 12 mois pour avoir la recharge annuelle moyenne	Couche raster de la recharge distribuée et couche polygone pour la plaine argileuse (recharge < 100 mm/an)	Recharge potentielle
						30 ans	Apports verticaux (AV) en entrée (données du CEHQ produites avec HYDROTEL sur une grille de 0.1°) puis distribués sur la grille au 100 m (polygones de Thiessen) Prise en compte de la séquence stratigraphique pour le calcul du ruissellement Aucun calage avec une rivière jaugée Recharge imposée à moins de 100 mm/an pour la plaine argileuse (couche polygone à part du raster de recharge)		
Abitibi-Témiscamingue Ouest	2015	UQAT	Bilan hydrique	100 m	Non	1981-2010	Bilan hydrologique ($RES = AV - R - \Delta E_s - ET_R$) Recharge de l'eau souterraine définie comme l'alimentation (naturelle) en eau atteignant la zone saturée via la surface piézométrique Pas de prise en compte du ruissellement hypodermique (recharge potentielle ici) Recharge calculée sur une base mensuelle puis somme des 12 mois pour avoir la recharge annuelle moyenne	Couche raster de la recharge de l'eau souterraine avec recharge imposée à 91 mm/an pour la plaine argileuse	Recharge potentielle
						30 ans	Apports verticaux (AV) en entrée (données du CEHQ produites avec HYDROTEL sur une grille de 0.1°) puis distribués sur la grille au 100 m (polygones de Thiessen) Prise en compte de la séquence stratigraphique pour le calcul du ruissellement Aucun calage avec une rivière jaugée Recharge imposée à 91 mm/an pour la plaine argileuse (intégrée directement dans le raster ici)		
Territoire crie d'Eastmain	2022	UQAT							
Nord-Est du Bas Saint-Laurent	2015	UQAR	Bilan hydrique	250 m	Non	1980-2010	Bilan hydrique (sans calage) Étape 1 : calcul du ruissellement selon la pente, le type de sol et son utilisation (méthode des numéros de courbe) Étape 2 : calcul de l'EVP selon la formule de Oudain et al. (2005) Étape 3 : calcul de la recharge potentielle = eau non ruisselée - évapotranspiration Étape 4 : calcul de la recharge réelle (nette) du roc selon le type de confinement (libre : $R_{net.} = R_{pot.}$; semi-captif : $R_{net.} = 0.5 * R_{pot.}$ et captif : $R_{net.} = 0$)	Couche raster de la recharge de l'aquifère rocheux	Recharge potentielle
						31 ans	Confinement : si plus de 3 m d'argile ou plus de 5 m de till alors captif ; si entre 1 et 3 m d'argile ou entre 3 et 5 m de till alors semi-captif ; libre pour le reste de cellules Apports verticaux (précipitations liquides et solides) fournis par le CEHQ de même que les températures minimales et maximales (grille de 0.1°) répartis ensuite sur les mailles de 250 m Semble être la recharge potentielle selon les métadonnées du livrable (couche raster) mais la recharge réelle selon le type de confinement est expliquée dans le texte du rapport		
Bas-Saint-Laurent et Gaspésie	2022	UQAR							
Saguenay-Lac-Saint-Jean	2013	UQAC	Bilan hydrique	250 m	Non	2000-2009	Bilan hydrique où infiltration efficace considérée comme la recharge ici $Re (recharge) = Av - ETP - Ru$ ETP calculée avec équation de HydroQuébec selon les températures minimales et maximales du CEHQ (grille de 10 x 10 km)	Couche raster de la recharge des aquifères	Recharge potentielle
						10 ans	Ruissellement estimé avec la méthode du "curve number" Limitation importante pour les milieux humides ("mares") sur la carte du livrable où la recharge n'a pas pu être calculée mais il est possible d'y en avoir en réalité Présence de zones de recharge négative sur la carte (raster) Aucun calage mentionné		

Tableau A.16.3 : Comparaison des approches utilisées pour estimer la recharge de l’eau souterraine pour les projets antérieurs en dehors de la zone PACC (2/2)

Projet	Année	Responsable	Méthode	Résolution	Calage	Période	Note	Livrable	Données
Charlevoix-Haute-Côte-Nord	2015	UQAC	Bilan hydrique	250 m	Non	2005-2009	Bilan hydrique (approximation : pas possible de définir les écoulements de sub-surface et donc de différencier l'infiltration de la recharge - recharge surestimée) Évapotranspiration potentielle calculée avec équation empirique d'HydroQuébec (Bisson et Roberge, 1983) selon les températures minimales et maximales fournies par le CEHQ Ensuite, évapotranspiration réelle calculée selon Huet (2015) : $E_t = 0.88 * E_{Tp}$ Ruissellement calculé selon la méthode du "curve number" (Monfet, 1979)	Couche polygone de la recharge préférentielle	Recharge potentielle
						5 ans	Données climatiques (apports verticaux, températures minimales, températures maximales et précipitations) fournies par le CHEQ entre 1900 et 2010 (110 ans de données) Apports verticaux utilisés ici mais limitation car rééchantillonnage à partir de la grille au 10 km du CEHQ vers une grille au 250 m Livrable correspond à une couche polygone de recharge préférentielle (quand recharge annuelle moyenne de 2005 à 2009 / précipitations annuelles moyennes de 2005 à 2009 $\geq 40\%$)		
Côte-Nord, Mauricie et Lanaudière	2022	UQAC							
Mauricie	2013	UQTR	Bilan hydrique	100 m	Oui	1970-2010	Bilan hydrique (recharge potentielle) : $R_{pot} = A_v - R_u - ETP$ Données climatiques du CEHQ sur grille de 10 x 10 km (apports verticaux, températures minimales et maximales) redistribuées sur la grille de 100 m Coefficient de ruissellement à partir des types de sol pondéré par la pente	Couche raster de la recharge des aquifères (pas de données pour le paléodelta de la rivière Saint-Maurice)	Recharge potentielle
						41 ans	Évapotranspiration potentielle calculée selon la formule d'HydroQuébec (Poirier et al., 2012) Validation sur le BV de la rivière Yamachiche en comparant R_{pot} avec Q_{base} Q_{base} estimé avec le code Hydrotel calibré sur les rivières Maskinongé et du Loup Recharge du paléodelta (granulaire) de la rivière Saint-Maurice évaluée à part avec HELP		
Outaouais	2013	UL	HELP	250 m	Oui	1980-2009	Recharge pour les aquifères de roc fracturé à moins qu'un aquifère de dépôts meubles soit présent Recharge ici définie comme la quantité d'eau se rendant au premier aquifère rencontré En entrée, données climatiques journalières (précipitations et températures) entre 1980 et 2009 issues du CEHQ sur une grille de 0.1° (Poirier et al., 2012)	Couche raster de la recharge moyenne annuelle des aquifères (premier aquifère rencontré)	Recharge réelle
						30 ans	Radiation solaire générée avec un module de HELP Prise en compte de la végétation, de l'occupation du sol, du type de sol (pédologie) et de la géologie (modèle hydrostratigraphique quaternaire 3D au 250 m avec hydrofaciès et épaisseurs) Ici, ruissellement hypodermique considéré dans le ruissellement de surface pour le calage Calage sur le débit de base de 3 rivières (estimé par le CEHQ) : Désert, Picanoc et Petite Nation 2		
Îles-de-la-Madeleine	2022	UL							
Vaudreuil-Soulanges	2015	UQAM	HydroBudget	250 m	Oui	1989-2009	Bilan hydrique spatialisé journalier de l'aquifère au roc (détails d'HydroBudget disponible en annexe 11 du rapport) Apports verticaux issu du CEHQ Bilan hydrique calcule bien la recharge potentielle mais le livrable présente bien la recharge au roc selon les conditions de confinement	Couche raster de la recharge moyenne de l'aquifère fracturé	Recharge réelle
						20 ans	Aquifère libre (infiltration = recharge réelle), semi-captif (recharge réelle = $43\% * \text{infiltration}$) et captif (recharge réelle = 0) La valeur de 43% provient du modèle hydrologique conceptuel MOHYSE (sur Excel) non spatialisé qui reproduit les débits de surface Ici : Q_{base} = Recharge potentielle pour le calage Calage sur le BV de la rivière à la Raquette sur 2013-2014 (2 ans seulement car suivi en cours de projet et aucune données du CEHQ) selon les résultats de MOHYSE et le filtre d'Eckhardt (2005) Paramètres calés utilisés sur le reste de la zone d'étude		
Laurentides	2022	UQAM							

