

Atlas hydrogéologique

PORTRAIT DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE EN ESTRIE, QUÉBEC, CANADA

Mélanie Raynauld, François Huchet, Jean-Marc Ballard,
Élise Colléau, Raphaël Mathis, Olivier Caron, Harold
Vigneault et René Lefebvre

Annexe du rapport de recherche R2091

Mai 2024 (version révisée)



Institut national
de la recherche
scientifique

Atlas hydrogéologique

PORTRAIT DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE EN ESTRIE, QUÉBEC, CANADA

Mélanie Raynauld, François Huchet, Jean-Marc Ballard,
Élise Colléau, Raphaël Mathis, Olivier Caron, Harold
Vigneault et René Lefebvre

Annexe du rapport de recherche R2091

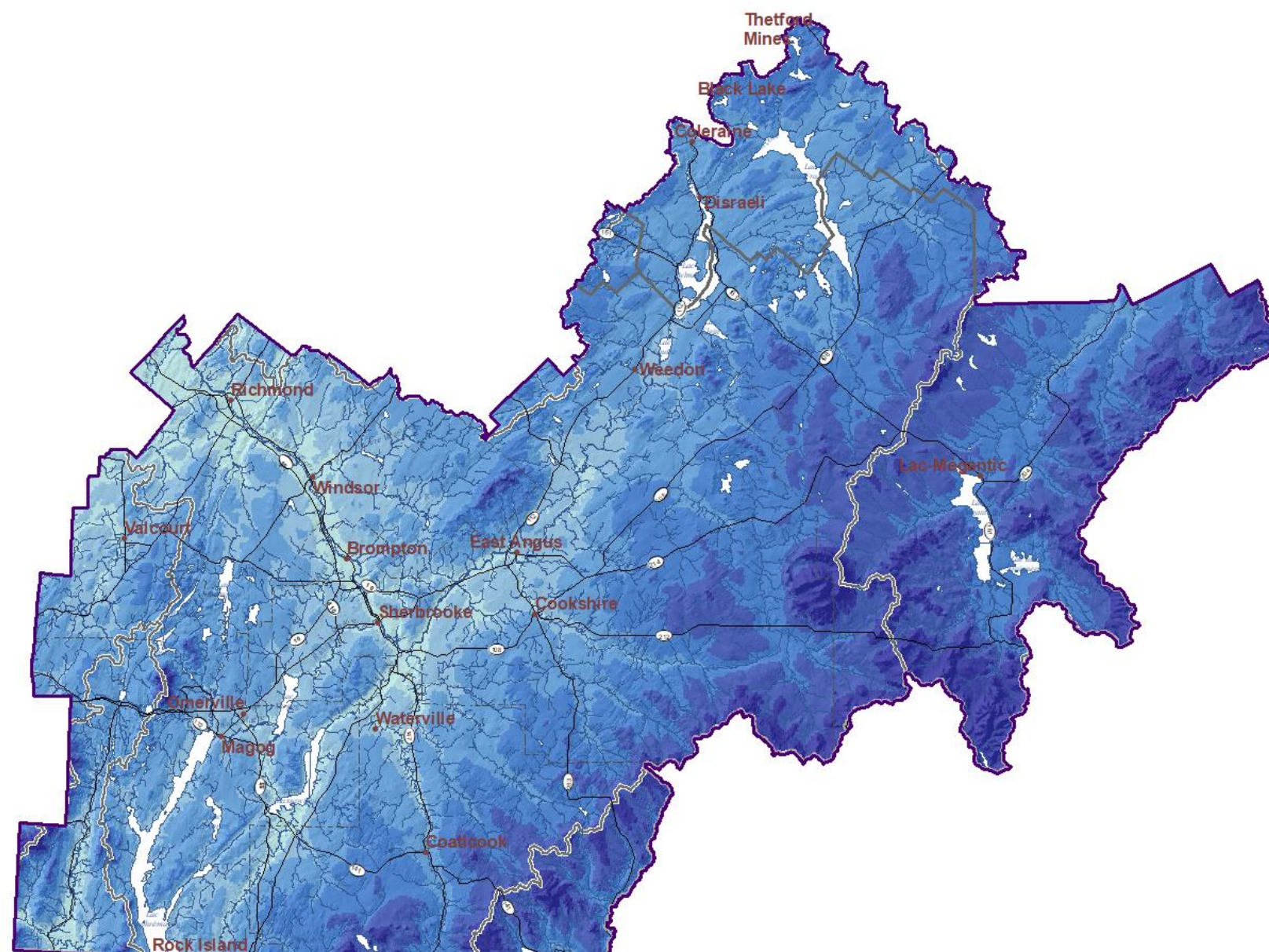
Mai 2024 (version révisée)



Institut national
de la recherche
scientifique



Conseil de gouvernance de l'eau
des bassins versants de la rivière Saint-François





Équipe de réalisation du PACES Estrie

INRS – Centre ETE

Personnel régulier

René Lefebvre, professeur
Mélanie Raynald, professionnelle de recherche
François Huchet, professionnel de recherche
Jean-Marc Ballard, professionnel de recherche
Harold Vigneault, professionnel de recherche
Jean-Sébastien Gosselin, professionnel de recherche

Étudiants et stagiaires

Élise Colléau, maîtrise bdiplômante, INRS – Université de Rennes 1
Julie Domaine, stagiaire master 2, Université de Rennes 1
Thomas Vincent, stagiaire master 1, Université de Rennes 1
Raphaël Mathis, étudiant à la maîtrise, INRS – Centre ETE
Marie-Pierre Champagne, étudiante à la maîtrise, INRS – Centre ETE
Guillaume Légaré-Couture, étudiant au doctorat, INRS – Centre ETE
Marc Laurencelle, stagiaire postdoctoral, INRS – Centre ETE

UQAM

Olivier Caron, professeur

Université Laval

Roxane Lavoie, professeure
Renaud Delisle, maîtrise en aménagement du territoire
Jimmy Mayrand, maîtrise en aménagement du territoire

Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR)

Virginie Vergnaud, ingénieure de recherche

COGESAF

Julie Grenier
Nicolas Bousquet

COBARIC

Yannick Bourque

Commission géologique du Canada

Michel Parent, chercheur



Liste des livrables PACES présentés dans l’atlas

Aperçu de la région d’étude

- N° 1 – Topographie
- N° 2 – Routes, limites administratives et toponymie
- N° 3 – Modèle altimétrique numérique
- N° 4 – Pente du sol
- N° 5 – Hydrographie
- N° 6 – Limites de bassins et de sous-bassins
- N° 7 – Occupation du sol
- N° 8 – Couverture végétale
- N° 9 – Milieux humides
- N° 10 – Affectation du territoire

Contextes géologiques et hydrogéologiques

- N° 11 – Pédologie
- N° 12 – Géologie du Quaternaire
- N° 13 – Géologie du roc
- N° 14 – Coupes stratigraphiques et hydrostratigraphiques (1 carte et 4 coupes)
- N° 15A – Épaisseur totale des dépôts meubles
- N° 15B – Épaisseur de sédiments sableux superficiels (UH1)
- N° 15C – Épaisseur de sédiments argileux (UH2)
- N° 15D – Épaisseur de sédiments fluvioglaciaires (UH3)
- N° 15E – Épaisseur de till au-dessus du Quaternaire ancien (UH4)
- N° 15F – Épaisseur de Quaternaire ancien (UH5)
- N° 16 – Topographie du roc
- N° 17A – Conditions de confinement de l’aquifère rocheux
- N° 17B – Conditions de confinement des sédiments du Quaternaire ancien
- N° 17C – Conditions de confinement des sédiments fluvioglaciaires
- N° 18 – Contextes hydrostratigraphiques

Conditions hydrogéologiques et ressources en eau

- N° 20 – Piézométrie dans le roc
- N° 22A – Vulnérabilité DRASTIC – Indice DRASTIC selon les percentiles
- N° 22A – Vulnérabilité DRASTIC – Indice DRASTIC selon l’échelle de couleur standard
- N° 22B – Vulnérabilité DRASTIC – Indice D Profondeur de la nappe
- N° 22C – Vulnérabilité DRASTIC – Indice R Recharge
- N° 22D – Vulnérabilité DRASTIC – Indice A Type d’aquifère
- N° 22E – Vulnérabilité DRASTIC – Indice S Type de sol
- N° 22F – Vulnérabilité DRASTIC – Indice T Topographie
- N° 22G – Vulnérabilité DRASTIC – Indice I Impact de la zone vadose
- N° 22H – Vulnérabilité DRASTIC – Indice C Conductivité hydraulique
- N° 23 – Qualité de l’eau souterraine – Critères de potabilité
- N° 24 – Qualité de l’eau souterraine – Objectifs esthétiques
- N° 25 – Utilisation de l’eau
- N° 26 – Stations de suivi
- N° 27A – Recharge de l’aquifère rocheux
- N° 27B – Zones de recharge et de résurgence de l’aquifère rocheux



Conditions d'utilisation et notice bibliographique suggérée

Ce document a été préparé dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec (MELCCFP). Il peut être reproduit en tout ou en partie à des fins éducationnelles ou non lucratives s'il est cité de façon appropriée :

Raynauld, M., Huchet, F., Ballard, J.M., Colléau, É., Mathis, R., Caron, O., Vigneault, H., Lefebvre, R. (2024). *Atlas hydrogéologique - Portrait des ressources en eau souterraine en Estrie, Québec, Canada. Institut national de la recherche scientifique (INRS), Centre Eau Terre Environnement, Annexe du rapport R-2091, soumis au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) en mars 2022, version révisée soumise en mai 2024, 63 p.*

Ce document décrit les livrables du PACES Estrie de façon vulgarisée et accompagne le rapport suivant :

Raynauld, M., Huchet, F., Ballard, J.-M., Colléau, É., Delisle, R., Mayrand, J., Mathis, R., Caron, O., Vigneault, H., Lavoie, R., Grenier, J., Vergnaud, V., Lefebvre, R. (2024). *Portrait des ressources en eau souterraine en Estrie, Québec, Canada. Rapport final – Version révisée, Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines en Estrie (PACES Estrie). Projet réalisé par l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) en collaboration avec le Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière Saint-François (COGESAF), rapport de recherche R2091 soumis au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs en mars 2022, version révisée en mai 2024, 195 p. et annexes, DOI : 10.5683/SP3/GEFGVG.*

Ce rapport ainsi que les cartes qui lui sont associées représentent des conditions régionales à l'échelle 1/100 000, telles que pouvant être définies à l'aide des données disponibles. Le portrait régional en découlant pourrait toutefois s'avérer non représentatif localement compte tenu de la variabilité de la qualité et de la distribution spatiale et temporelle des données utilisées pour réaliser les travaux d'analyse et d'interprétation des données ainsi que la production des cartes, malgré les efforts déployés lors de la collecte, de la sélection et de la validation des données. Par conséquent, les résultats présentés dans le présent rapport ainsi que sur les cartes associées à ce rapport ne peuvent remplacer les études requises pour définir les conditions réelles à l'échelle locale et n'offrent aucune garantie quant à l'exactitude ou à l'intégralité des données et des conditions présentées dans le rapport et sur les cartes. Les auteurs et leurs institutions ou organismes d'attache ne donnent aucune garantie quant à la fiabilité, ou quant à l'adaptation à une fin particulière de toute œuvre dérivée du contenu de ce rapport ni des cartes qui lui sont associées et n'assument aucune responsabilité pour les dommages découlant de la création et de l'utilisation de telles œuvres dérivées, ou pour des décisions basées sur l'utilisation du contenu du rapport, des cartes, des conditions présentées par les cartes ou des données y étant rattachées.

Pour nous joindre



Institut national de la recherche scientifique (INRS)
Centre – Eau Terre Environnement (ETE)
490, rue de la Couronne
Québec (Québec) G1K 9A9 CANADA
T 418 654-4677
www.inrs.ca



Institut national
de la recherche
scientifique

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) du Québec qui a assumé le principal soutien financier du projet. Nous remercions aussi tous les partenaires régionaux du projet pour leur collaboration à la réalisation du projet ainsi que leurs contributions financières et en ressources humaines :

- La ville de Sherbrooke et les municipalités régionales de comté (MRC) suivantes : Coaticook, Le Granit, Le Haut-Saint-François, Le Val-Saint-François et Memphrémagog.

Le projet profite aussi de la participation active à la réalisation du projet, notamment en ressources humaines, des organismes de bassins versants (OBV) suivants :

- Le Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière Saint-François (COGESAF) et le Comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC).

Les auteurs souhaitent aussi remercier les organismes suivants pour leur participation au projet :

- La Direction de santé publique (DSP) de l'Estrie ;
- La Fédération de l'UPA-Estrie (Union des producteurs agricoles) ;
- Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) ;
- Le bureau régional de l'Estrie du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) ;
- La Direction régionale de l'Estrie du ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH) ;
- Laforest Nova Aqua inc. (LNA) ;
- Bureau Veritas, Laboratoire de services en environnement de Québec (anciennement Maxxam Analytics).

De même, ce projet bénéficie de la collaboration de plusieurs autres organismes, par l'intermédiaire de partage de données ou de connaissances, à savoir :

- Plusieurs municipalités de la région d'étude ayant fourni des rapports d'étude en lien avec le projet et des informations sur l'utilisation d'eau sur leur territoire ;
- Les municipalités qui ont autorisé l'installation de puits du Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSEQ) du MELCCFP sur une parcelle de terrain municipale : Canton de Stanstead, Coaticook, Compton, Magog, Nantes, Notre-Dame-des-Bois, Sherbrooke, Stornoway, Val-Joli et Weedon ;
- Les municipalités qui ont participé aux travaux sur la caractérisation géochimique et isotopique de l'eau de puits municipaux : Ascot Corner, Austin, Coaticook, Dudswell, La Patrie, Lac-Drolet, Lambton, Orford, Piopolis, Potton, Richmond, Sainte-Edwidge-de-Clifton, Saint-Herménégilde, Ville de Stanstead et Weedon ;
- Le ministère des Transports du Québec (MTQ) ;
- Le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN) ;
- La Direction de l'expertise hydrique (DEH) du MELCC ;
- Les auteurs veulent aussi souligner la pleine contribution de l'organisme suivant dans la planification et l'organisation des ateliers de transfert des connaissances :
- Le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES).

Enfin, nous remercions les résidents de l'Estrie qui ont participé au projet en donnant accès à leur propriété et à leur puits à l'été 2019.

Résumé du projet

Ce projet s'inscrit dans le cadre des Projets d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du Québec qui sont sous la responsabilité du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) du Québec. Ces projets visent à faire un portrait de la ressource en eau souterraine du Québec municipalisé, dans le but ultime de la protéger et d'en assurer la pérennité. Entre 2009 et 2015, treize (13) territoires ont été couverts par les différentes universités responsables de projets régionaux. La dernière phase de projets, réalisée entre avril 2018 et mars 2022 a permis de pratiquement finaliser la couverture des régions du Québec municipalisé. Pour cette 4^e phase, l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) était responsable de la réalisation du PACES Estrie.

Le PACES Estrie a été principalement soutenu financièrement par le MELCC ainsi que par des contributions monétaires et en nature de la part des partenaires régionaux du projet, soient la ville de Sherbrooke et les cinq (5) municipalités régionales de comté (MRC) comprises dans la région d'étude : Coaticook, Le Granit, Le Haut-Saint-François, Le Val-Saint-François et Memphrémagog. La région d'étude couvre en partie les territoires de deux (2) organismes de bassin versant (OBV) qui sont aussi partenaires de la réalisation du projet, soient le Conseil de gouvernance de l'eau des bassins versants de la rivière Saint-François (COGESAF) et le Comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC).

Le PACES Estrie a pour objectif général de faire le portrait des ressources régionales en eau souterraine. Le projet a aussi des objectifs spécifiques : 1) accompagner les municipalités de l'Estrie pour la protection de leurs prélèvements d'eau potable, 2) aborder des problématiques régionales d'intérêt particulier pour l'Estrie, notamment le potentiel des aquifères granulaires et la présence d'arsenic et de manganèse affectant la potabilité de l'eau, et 3) assurer le transfert des connaissances aux partenaires régionaux pendant la réalisation du projet.

Les limites de la région d'étude ont été définies de façon à assurer une couverture complète à la fois des MRC de l'Estrie impliquées dans le projet et de la partie amont du bassin versant de la rivière Saint-François qui n'avait pas été couverte par un PACES antérieur. Cette région d'étude représente une superficie de 10 691 km² dont 9 012 km² (84%) n'ont auparavant jamais été couverts par un ancien PACES limitrophe (Montérégie Est, Chaudière-Appalaches et Nicolet-Bas-Saint-François). Selon les données de 2020, la population totale dans les 97 municipalités recoupées au moins en partie par la région d'étude est de près de 330 000 habitants.

Le PACES Estrie a été réalisé en trois phases. La Phase I s'est déroulée d'avril 2018 à septembre 2019 et a impliqué la collecte des données existantes (forages, cartes, rapports, etc.) et l'identification des préoccupations régionales relatives à l'eau souterraine. La Phase II a chevauché un peu la Phase I en débutant au printemps 2019 pour être complétée en juin 2020. Cette 2^e phase a porté sur la réalisation de travaux de caractérisation sur le terrain, notamment l'installation de 10 puits d'observation du Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ) géré par le MELCCFP, l'échantillonnage de l'eau de 180 puits, et la réalisation d'une enquête de terrain sur les problématiques locales d'approvisionnement en eau auprès de 23 municipalités. Ces travaux ont été complétés par la saisie de données hydrogéologiques à partir de 210 rapports obtenus des municipalités de la région d'étude. De même, un sondage en ligne sur la consommation en eau et les réseaux de distribution a également apporté des informations complémentaires pour 74 des 97 municipalités du territoire. Enfin, la Phase III a couvert la période de juin 2020 à mars 2022 et a impliqué l'analyse et l'interprétation des données disponibles et la production des livrables cartographiques du projet.

La région d'étude est complètement comprise dans la région montagneuse des Appalaches. La topographie de la région d'étude est marquée par trois grandes vallées à des élévations généralement inférieures à 400 m. Ces vallées sont bordées par des hautes-terres qui peuvent atteindre près de 1 200 m d'élévation, particulièrement dans le secteur sud-est. Ainsi, le réseau hydrographique est bien développé et les principaux cours d'eau sont la rivière Saint-François et la rivière Chaudière. Plusieurs lacs importants se trouvent aussi dans la région d'étude (Memphrémagog, Massawippi, Lovering, Magog, Brompton, Aylmer, Saint-François et Mégantic). La région d'étude couvre la majorité du bassin versant de la rivière Saint-François, sauf le Bas-Saint-François, ainsi que la partie amont du bassin versant de la rivière Chaudière. La principale utilisation du territoire est forestière (78,6%), toutefois, l'agriculture qui occupe 17,4% du territoire est très importante dans les MRC de Coaticook et du Val-Saint-François. Les secteurs urbanisés sont relativement restreints (4,0%), mais ils dominent la ville de Sherbrooke et l'axe entre Magog et East Angus passant par Sherbrooke. On trouve aussi de grandes étendues de milieux humides couvrant près de 1500 km², soit près de 14% de la région d'étude.

Géologiquement, l'Estrie appartient à la partie nord des Appalaches dont trois zones sont présentes dans la région : la zone de Humber (externe et interne), la zone de Dunnage, puis la ceinture de Gaspé où se trouve l'intrusion du Mont-Mégantic. Les unités géologiques de la région d'étude comprennent une grande variété de lithologies : schistes, roches volcaniques, roches ultramafiques, shales et ardoises, et roches granitiques. Le grain des structures géologiques appalachiennes montre de fortes orientations du sud-ouest au nord-est. La géologie du Quaternaire dans la région d'étude est constituée d'une succession de dépôts meubles très variés, comprenant notamment des tills qui sont formés de grains de taille très variée allant de l'argile aux blocs, de dépôts glaciolacustres composés de sédiments fins silteux ou argileux et de sédiments fluvioglaciaires constitués de sables et graviers. En surface, la géologie du Quaternaire est dominée par une couverture de till qui tend à être mince sur les hauts topographiques où le roc peut aussi affleurer. L'unité de Quaternaire ancien qui est à la base de la séquence n'est pratiquement visible que dans les coupes naturelles et elle comprend un assemblage complexe de sous-unités incluant des tills, des sédiments silteux et argileux et des sables et graviers.

Le modèle géologique des dépôts meubles de Caron (2013) a été révisé et étendu dans le cadre du PACES Estrie, notamment sur la base d'une révision détaillée de la carte du Quaternaire. Ce modèle représente la distribution spatiale des épaisseurs des unités de dépôts meubles dans la région d'étude. Sur la base de ces unités géologiques, six unités hydrogéologiques (UH) ont été définies pour représenter les aquifères et les aquitards présents dans les dépôts meubles et le roc sous-jacent. L'unité hydrogéologique supérieure (UH1) est constituée de matériaux perméables mais cette unité n'est que localement assez épaisse pour constituer un aquifère. Les sédiments fins silteux et argileux (UH2) représentent un aquitard. Les sédiments fluvioglaciaires constituant notamment les eskers (UH3) ont un potentiel aquifère intéressant mais leur étendue est relativement limitée. Le Till de Lennoxville (UH4) est un autre aquitard qui recouvre pratiquement toute la région d'étude. Le Quaternaire ancien (UH5) à la base de la séquence est une unité plus complexe parce qu'elle contient des sous-unités pouvant constituer des aquitards et des aquifères. Plusieurs puits municipaux exploitent un aquifère dans le Quaternaire ancien. Enfin, le roc fracturé (UH6) est la seule unité constituant un aquifère régional continu. Les conditions de confinement ont été définies pour trois unités aquifères, soient le roc (UH6), le Quaternaire ancien (UH5) et les sédiments fluvioglaciaires (UH3). L'aquifère rocheux régional est généralement en conditions libres, surtout dans les hauts topographiques. Au contraire, le Quaternaire ancien est généralement en conditions semi-captives ou captives. Les conditions dans les sédiments fluvioglaciaires s'avèrent généralement libres.

La région d'étude présente ainsi deux contextes hydrogéologiques distincts, soient les vallées et les hautes-terres. Le contexte des vallées est présent dans les secteurs à plus faible élévation où l'épaisseur des sédiments est supérieure à 10 m et où les dépôts meubles ont un bon potentiel aquifère. Le contexte des hautes-terres est présent lorsque l'épaisseur des dépôts est inférieure à 10 m et alors seulement le roc constitue un aquifère. Les vallées peuvent avoir un bon potentiel aquifère dans le Quaternaire ancien exploité par plusieurs puits municipaux, mais il n'y a que l'aquifère rocheux qui est exploitable dans les hautes-terres. La conductivité hydraulique des aquifères granulaires est bonne alors que celle du roc est généralement faible et ne permet que rarement des débits de puits importants. Les aquifères granulaires et le roc sont en conditions captives dans les vallées alors que les conditions libres dominent dans les hautes-terres.

La recharge de l'aquifère rocheux se fait dans les hautes-terres et il y a peu de recharge dans les vallées. L'écoulement se fait des hautes-terres vers les vallées où l'eau souterraine émerge. Toutefois, les grands cours d'eau ne sont pas directement reliés à l'aquifère rocheux et l'émergence peut se faire en bordure de vallées plutôt que dans les cours d'eau. Les eaux de type « évolué » géochimiquement sont prévalentes dans les vallées. Ces eaux peuvent avoir des temps de résidence (âges) de plusieurs milliers d'années. Ce sont plutôt les eaux de type « recharge » qui dominent dans les hautes-terres. Ces eaux ont des âges modernes de moins de 60 ans. Les eaux évoluées dans les vallées ont des problématiques de dépassement des normes de potabilité pour le manganèse (Mn) et l'arsenic (As). Les eaux de recharge dans les hautes-terres peuvent avoir subi une dégradation anthropique de leur qualité, mais sans qu'il y ait des dépassements de normes de potabilité ou d'objectifs esthétiques. Les dépassements des critères de potabilité (concentrations maximales acceptables CMA) ou esthétiques ont été évalués pour 219 échantillons d'eau souterraine. Ce sont les 26,0% de dépassements de CMA pour le manganèse (Mn) et de 8,2% pour l'arsenic (As) qui représentent les plus importants problèmes de potabilité alors que les dépassements des autres CMA sont relativement peu importants. Les dépassements de critères esthétiques sont surtout reliés au manganèse, au fer ainsi qu'au pH.

Les zones de recharge se retrouvent généralement dans les hauts topographiques hors des vallées, particulièrement où le roc est affleurant. Globalement, la recharge de l'aquifère rocheux est de l'ordre de 200 à 300 mm/an sur la base de bilans hydrologiques basés sur les débits de cours d'eau et du modèle d'infiltration HELP. La recharge est toutefois variable, allant de moins de 50 mm/an dans les secteurs captifs jusqu'à plus de 300 mm/an lorsque le roc est en condition libre. Conséquemment, la vulnérabilité DRASTIC est relativement faible dans les principales vallées, mais des niveaux intermédiaires de vulnérabilité dominent toutefois la région d'étude. Des vulnérabilités plus importantes se trouvent dans des secteurs d'étendue restreinte, sauf dans le bassin de la rivière Chaudière où l'indice DRASTIC est élevé hors de la vallée.

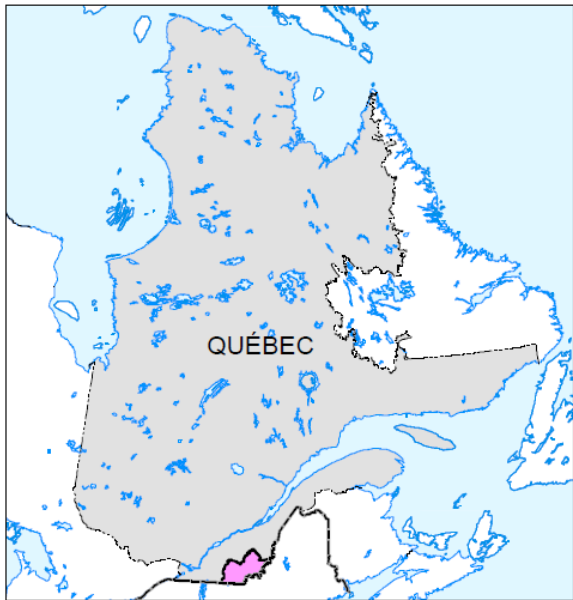
Sur les 97 municipalités comprises dans la région d'étude, 49 possèdent un réseau de distribution d'eau potable alimenté par de l'eau souterraine, 18 réseaux sont alimentés par de l'eau de surface ou de source mixte, et 30 autres n'ont pas de réseau. Globalement, près de 73% de la population de 327 781 personnes est approvisionnée en eau à partir des réseaux municipaux. Toutefois, cette statistique est fortement biaisée par le fort taux de population desservie par la ville de Sherbrooke, alors que le taux est plus faible pour toutes les MRC. Toutefois, dans toutes les municipalités une grande partie de la population s'alimente en eau par des puits privés installés dans le roc. L'usage total de l'eau dans la région d'étude est de 110,2 Mm³/an, dont 25,2 Mm³/an (22,9%) provient de l'eau souterraine. Les prélèvements d'eau de surface sont dominés par les usages industriels, commercial et institutionnel (ICI) qui ne proviennent pas d'un réseau, alors que les usages résidentiels d'eau de surface proviennent tous d'un réseau, à l'opposé des usages agricoles qui ne sont pas alimentés par un réseau. L'approvisionnement hors réseau (privé) représente la majorité des prélèvements d'eau souterraine. Au total, l'usage résidentiel utilise plus de 48% des ressources en eau souterraine et l'usage agricole suit avec 29%.

De nombreux travaux spécifiques au PACES Estrie ont été réalisés afin de soutenir une gestion durable des ressources en eau souterraine. D'abord, des travaux ont été effectués pour aider à comprendre et à résoudre les questions scientifiques reliées aux ressources en eau souterraine dans la région d'étude. Ainsi, des travaux ont été faits afin de mieux définir le potentiel aquifère dans les vallées enfouies de l'Estrie. Ces travaux étaient d'autant plus nécessaires que l'aquifère rocheux ne permet généralement pas d'installer des puits à grand débit. Ces travaux, ainsi que plusieurs autres travaux du projet, ont grandement profité du développement d'un modèle géologique détaillé de la distribution spatiale des épaisseurs des unités géologiques dans la région d'étude. Ces travaux portant sur le potentiel d'exploitation de l'eau souterraine ont été complétés par des travaux visant à mieux définir et comprendre la problématique naturelle de qualité de l'eau souterraine reliée à la présence d'arsenic et de manganèse. De plus, des modélisations numériques ont permis d'avoir à la fois une meilleure compréhension de l'écoulement de l'eau souterraine dans le système aquifère et de son incidence sur l'âge de l'eau souterraine qui est fortement reliée à la présence d'arsenic et de manganèse dans l'eau souterraine. Enfin, des travaux définissant le risque de contamination de quinze (15) puits municipaux sur la base d'analyses chimiques et isotopiques ont permis d'indiquer l'importance relative de la protection des puits municipaux d'approvisionnement en eau.

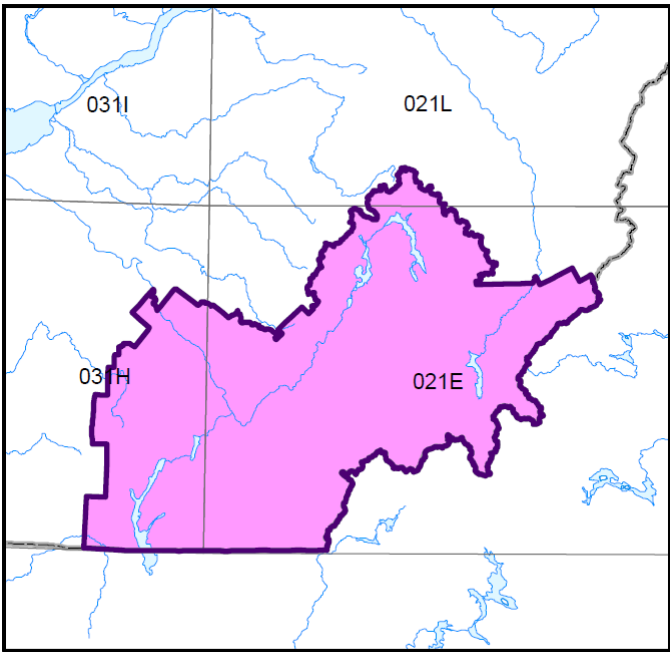
Comme pour l'ensemble des projets du PACES réalisés entre 2018 et 2022, le PACES Estrie a profité de quatre ateliers de transfert des connaissances du RQES pendant la réalisation du projet. De plus, des travaux spécifiques au PACES Estrie ont été réalisés afin de développer un plan d'actions reliées aux ressources en eau souterraine qui pourra être intégré aux Plans directeurs de l'eau (PDE) des Organismes de bassin versant de la région d'étude (COGESAF et COBARIC). Ces travaux ont permis des échanges importants avec les acteurs de l'eau régionaux. Ces travaux ont été poursuivis afin d'accompagner deux MRC de la région d'étude (Coaticook et Le Val-Saint-François) dans l'amorce de l'intégration de l'eau souterraine dans les schémas d'aménagement et de développement (SAD). Les démarches développées en relation avec les PDE et les SAD pourraient servir d'exemples pour des démarches similaires dans d'autres régions couvertes par un projet PACES.

Plusieurs recommandations sont formulées à la suite de nos travaux. D'abord, par rapport à la problématique de qualité reliée à l'arsenic et au manganèse, nous recommandons de dédier des ressources à la sensibilisation des propriétaires de puits privés et à leur accompagnement pour faciliter l'analyse de l'eau de leur puits. Ensuite, considérant les problèmes reliés à la quantité d'eau souterraine soulevés par les municipalités, nous recommandons que des ressources soient dédiées pour améliorer la résilience des municipalités par rapport à leur approvisionnement en eau, particulièrement dans une perspective de changement climatique. Aussi, tel que réalisé dans le cadre du PACES Estrie, nous considérons que la définition d'actions dans les PDE des OBV est une étape initiale essentielle à la gouvernance et à la protection de l'eau souterraine. Cette démarche participative étant reproductible, nous recommandons que des ressources soient dédiées à la réalisation d'une démarche similaire dans toutes les régions couvertes par un PACES. De même, sur la base de nos travaux avec deux MRC afin d'amorcer la considération de la protection de l'eau souterraine dans leur schéma d'aménagement, nous recommandons que des ressources soient dédiées à l'accompagnement des MRC dans l'adaptation de leur schéma et qu'une Orientation gouvernementale en matière d'aménagement du territoire (OGAT) reliée à la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) fournisse aux aménagistes des outils spécifiques pour la protection de l'eau souterraine. Enfin, nous recommandons que l'évaluation géochimique du risque de contamination soit étendue à l'ensemble des puits municipaux du Québec et que des ressources permettent d'accompagner les municipalités dans la gestion et la protection de leur approvisionnement en eau souterraine.

LOCALISATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE



CARTE DE LOCALISATION



SYSTÈME NATIONAL DE RÉFÉRENCE CARTOGRAPHIQUE



APPERÇU DE LA RÉGION D’ÉTUDE

Livrable PACES n° 1 : TOPOGRAPHIE

Une carte topographique représente l’élévation du terrain par des lignes, appelées courbes de niveau, qui correspondent à une même élévation de la surface du sol par rapport au niveau moyen de la mer. Plus les courbes de niveau sont rapprochées l’une de l’autre, plus le relief est accidenté. À l’opposé, des courbes de niveau éloignées indiquent un relief relativement plat. À l’échelle régionale, la topographie influence le climat, les directions d’écoulement de l’eau souterraine et les zones de réalimentation (recharge) des aquifères. L’écoulement souterrain régional se fait généralement des hauts topographiques, qui sont souvent des zones de recharge des aquifères, vers les bas topographiques. Le livrable PACES n° 3 montrant le modèle altimétrique numérique permet de représenter la topographie avec un autre mode de présentation.

La topographie de la région d’étude est marquée par trois vallées importantes, la première allant de Sherbrooke vers le nord-ouest le long de la rivière Saint-François, tandis que la deuxième vallée va du lac Massawippi, au sud-ouest, jusqu’au lac Aylmer, au nord-est ; cette vallée longe aussi la rivière Saint-François de Lennoxville jusqu’à Weedon. À partir de cette vallée, la topographie s’élève vers le sud-est et est découpée par de nombreux cours d’eau s’écoulant vers le nord-ouest. La troisième vallée importante est associée à la rivière Chaudière et va du lac Mégantic jusqu’à la limite est de la région d’étude. Le bassin de la rivière Saint-François est séparé de celui de la rivière Nicolet par un haut topographique important, tandis qu’un relief assez conséquent entoure le bassin de la rivière Chaudière autour du lac Mégantic. Les vallées appalachiennes incisent les reliefs montagneux et se trouvent à des élévations généralement inférieures à 400 m NMM (par rapport au niveau moyen de la mer). Les hautes-terres appalachiennes peuvent atteindre près de 1 200 m NMM d’élévation, particulièrement dans le secteur sud-est où on retrouve les plus hauts sommets, notamment le Mont Mégantic (1 102 m) et le Mont Gosford (1 180 m).

Livrable PACES n° 2 : ROUTES, LIMITES ADMINISTRATIVES ET TOPONYMIE

La carte du réseau routier et des limites administratives permet de situer dans l’espace les données acquises sur l’eau souterraine et les points d’intérêt avoisinants. La notation du nom des lieux, routes et municipalités facilitent d’autant plus cette localisation. La carte montre les limites des MRC et des municipalités de la région d’étude, et elle donne une indication de la population des municipalités.

La zone d’étude couvre en totalité les territoires de la ville de Sherbrooke et de cinq MRC de l’Estrie : Le Granit, Le Haut-Saint-François, Le Val-Saint-François, Coaticook et Memphrémagog. Seule la MRC des Sources de la région administrative de l’Estrie est comprise en partie (16 %) dans les limites de la région d’étude. De même, d’autres MRC sont en partie à l’intérieur des limites de la région d’étude : celles de Beauce-Sartigan et des Appalaches en Chaudière-Appalaches et la MRC d’Arthabaska de la région administrative du Centre-du-Québec. Au total, 97 municipalités sont couvertes par la région d’étude.

Le réseau routier est plus développé dans l’ouest du territoire où les principaux axes routiers convergent vers Sherbrooke. L’autoroute 10 relie Sherbrooke à la Montérégie Est et se rend jusqu’à Montréal. L’autoroute 55 traverse l’Estrie de Drummondville jusqu’à la frontière des États-Unis en passant par Sherbrooke. Les principaux axes routiers du sud-ouest au nord-est sont la route 112 reliant Sherbrooke à Thetford Mines et la 108 entre Sherbrooke et Beauceville. La route 147 relie Sherbrooke vers le sud et atteint les États-Unis en passant par Coaticook. À l’est de l’Estrie, la route 161 relie Lac-Mégantic à Victoriaville vers le nord-ouest.

Livrable PACES n° 3 : MODÈLE ALTIMÉTRIQUE NUMÉRIQUE

Le modèle altimétrique numérique (MAN) rapporte l’élévation de la surface du sol par rapport au niveau moyen de la mer sur un maillage régulier de cellules dont la dimension est de 10 m par 10 m. Le modèle altimétrique numérique constitue une autre forme de représentation de la surface du terrain et est donc comparable à la topographie (livrable PACES n° 1). La représentation de la topographie avec le MAN utilise une échelle de couleur correspondant à différentes plages d’élévation. Ce format de présentation permet de visualiser plus facilement les variations de la topographie. Le texte associé au livrable PACES n° 1 décrit la topographie de la région d’étude. Le livrable PACES n° 4 de la pente du sol est dérivé du modèle altimétrique numérique.

Livrable PACES n° 4 : PENTE DU SOL

La pente de la surface du sol représente le degré d’inclinaison de la surface du sol par rapport à l’horizontale. Les pentes montrées sur le livrable PACES n° 4 ont été calculées sur un maillage régulier de 10 m par 10 m à l’aide d’un logiciel de cartographie en utilisant le modèle altimétrique numérique (livrable PACES n° 3). La pente du sol influence le ruissellement des précipitations et ainsi que la recharge des aquifères. En effet, plus la pente est forte, plus il y aura de ruissellement à la surface du sol et moins il y aura d’infiltration d’eau dans le sol pour réalimenter les aquifères.

Les pentes importantes sont associées d’abord aux hauts topographiques retrouvés sur toute la limite sud-est de la région d’étude. Ensuite, de fortes pentes sont aussi associées à des hauts topographiques plus locaux, tels que le Mont Mégantic et le Mont Orford. De fortes pentes se trouvent aussi dans la partie ouest de la MRC de Memphrémagog, au nord-ouest d’East Angus et au nord-ouest de Lac-Drolet. On retrouve aussi d’assez fortes pentes en bordure de plusieurs des vallées de la région d’étude. Les hautes terres au sud-est de la vallée de la rivière Saint-François ont des reliefs ondulés mais des pentes modérées.

Livrable PACES n° 5 : HYDROGRAPHIE

L’hydrographie est la description de la distribution dans un territoire de l’ensemble des cours d’eau (ruisseaux, rivières et fleuve) et des plans d’eau (lacs) qui y sont présents. La connaissance de l’hydrographie est essentielle pour identifier les endroits où l’eau souterraine et l’eau de surface peuvent être en contact. À ces endroits, l’eau souterraine peut s’écouler vers les eaux de surface et ainsi les réalimenter, si les aquifères sont en contact avec le cours d’eau. Au Québec, l’écoulement est rarement dans la direction inverse, c’est-à-dire de l’eau de surface vers l’eau souterraine.

La carte du livrable n° 5 montre que le réseau hydrographique est bien développé dans la région d’étude. Les principaux cours d’eau sont la rivière Saint-François et la rivière Chaudière. Plusieurs lacs importants se trouvent aussi dans la région d’étude : Memphrémagog, Massawippi, Lovering, Magog et Brompton à l’ouest ; Aylmer et Saint-François au nord-est et Mégantic au sud-est.

Livrable PACES n° 6 : LIMITES DE BASSINS ET DE SOUS-BASSINS

Un bassin versant est un territoire dont les eaux de surface se déversent vers un lieu donné, comme un cours d'eau, un lac ou un ouvrage artificiel. Le territoire d'un bassin versant est contrôlé par la topographie du terrain (livrables PACES n° 1 et n° 3). Les bassins versants de niveau 1 sont délimités sur la carte du livrable PACES n° 6 et les sous-bassins versants de niveau 2 qui les composent sont distingués par des tons dans la même gamme de couleurs.

La région d'étude couvre la majorité du bassin versant de la rivière Saint-François, sauf le Bas-Saint-François en aval de la MRC du Val-Saint-François. De plus, la partie amont du bassin versant de la rivière Chaudière, y compris le lac Mégantic, couvre le sud-est du territoire. Des portions d'autres bassins versants sont aussi couverts par la région d'étude. C'est le cas de la section amont du bassin de la rivière Connecticut à l'extrémité sud de la région. Des portions des bassins de la baie Missisquoi (faisant partie du grand bassin de la rivière Richelieu) et de la rivière Yamaska couvrent aussi la partie la plus à l'ouest du territoire.

Livrable PACES n° 7 : OCCUPATION DU SOL

La carte d'occupation du sol montre les usages qui sont faits de la surface du territoire. Une connaissance de l'occupation du sol est utile pour cibler les secteurs où les activités sont susceptibles d'exercer une pression sur la ressource en eau souterraine et d'en modifier la qualité ou la quantité par rapport à son état naturel. L'occupation du sol influence aussi le cycle de l'eau. Par exemple, en zone urbaine dense, le ruissellement de l'eau à la surface du terrain est généralement plus élevé qu'en région rurale. En zone de couvert forestier, l'évapotranspiration des plantes sera beaucoup plus importante qu'en région urbaine.

Cette carte montre que la principale utilisation du territoire est forestière dans la région d'étude (78,6%), avec plusieurs secteurs constitués aussi de coupes et de régénération. Toutefois, l'agriculture est très importante dans la MRC de Coaticook ainsi que dans la MRC du Val-Saint-François, même si dans l'ensemble de la région d'étude elle n'occupe que 17,4% du territoire. Les secteurs anthropiques sont relativement restreints globalement (4,0%), mais ils dominent la ville de Sherbrooke et l'axe entre Magog et East Angus passant par Sherbrooke est fortement urbanisé. Plusieurs milieux humides sont présents (détails sur le livrable n° 9). Tel que mentionné précédemment, plusieurs lacs majeurs sont aussi présents dans la région.

Livrable PACES n° 8 : COUVERTURE VÉGÉTALE

La carte de la couverture végétale montre les types de peuplements forestiers qui recouvrent le sol. Les végétaux utilisent l'eau pour leur croissance et ont donc un impact sur le cycle de l'eau. Les végétaux contiennent beaucoup d'eau qu'ils retournent à l'atmosphère par évapotranspiration. Les précipitations sont soit interceptées par les feuilles avant que la pluie n'atteigne le sol ou par leurs racines qui retirent une partie de l'eau contenue dans le sol. Le type de couvert végétal, sa densité et sa maturité auront un impact sur la quantité d'eau disponible pour la recharge des aquifères (livrable PACES n° 27A).

Les types de peuplements forestiers dans la région d'étude sont présentés sur la carte du livrable n° 8 montrant la couverture végétale. Les peuplements forestiers ont été regroupés en trois classes afin de simplifier la représentation cartographique : feuillus, résineux et mélangés (mixte). Les forêts mixtes occupent la plus grande partie du territoire (33,5 %), suivi des feuillus (25,8 %) et des résineux (13,0 %). Le couvert forestier domine dans les MRC du Granit et du Haut-Saint-François et dans la partie ouest de la MRC Memphrémagog.

Livrable PACES n° 9 : MILIEUX HUMIDES

Les milieux humides sont des terres qui sont inondées ou saturées d'eau assez longtemps pour modifier la composition du sol ou de la végétation. Au même titre que les eaux de surface, les milieux humides peuvent être des lieux d'échanges importants entre l'eau de surface et l'eau souterraine. Certains milieux humides représentent parfois d'importantes zones de résurgence de l'eau souterraine.

Le livrable n° 9 montre qu'il y a de grandes étendues de milieux humides couvrant près de 1 500 km², soit près de 14% de la région d'étude. Les milieux humides sont souvent en relation avec une grande partie des cours d'eau ou couvrent des étendues assez importantes dans les vallées. À l'exception des milieux humides potentiels (30,5%), ce sont les marécages (34,4%) et les tourbières boisées (22,0%) qui représentent les plus grandes proportions des milieux humides. Les milieux humides (sans classement) sont aussi montrés sur la carte des zones de recharge et d'émergence (livrable n° 27B) afin d'indiquer leur possible relation avec des zones d'émergence de l'eau souterraine.

Livrable PACES n° 10 : AFFECTATION DU TERRITOIRE

En aménagement du territoire ou en urbanisme, l'affectation du territoire représente l'attribution à un territoire d'une utilisation, d'une fonction ou d'une vocation déterminée. Les grandes affectations du territoire indiquent formellement comment une municipalité locale ou une municipalité régionale de comté (MRC) entend utiliser son territoire. L'affectation du territoire peut être utilisée comme un moyen de contrôle pour régir les activités sur le territoire. Pour la protection de l'eau souterraine, l'affectation du territoire peut être établie en tenant compte des zones de recharge des aquifères, où les eaux qui s'infiltrent à partir de la surface du sol atteignent directement les aquifères.

La plus grande partie de l'affectation du territoire dans la région d'étude est forestière (48,0 %), suivie de l'agriculture (37,0 %) et des secteurs anthropiques (urbains) (15,1 %). Il y a aussi de grands secteurs à vocation récréative dans la région. Il y a des différences marquées entre l'actuelle occupation du sol (livrable n° 7) et l'affectation du territoire. Notamment, l'affectation du territoire prévue pour les activités anthropiques est de 15,1 % alors que l'occupation actuelle pour ces activités ne représente que 4,0 % du territoire. Les activités agricoles occupent également une superficie moindre (17,4 %) par rapport à l'affectation du territoire prévue (37,0 %).



CONTEXTES GÉOLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES

Livable PACES n° 11 : PÉDOLOGIE

La pédologie est la science étudiant la formation et les modifications du sol, ainsi que ses propriétés. La connaissance de la composition des sols aide à la compréhension de plusieurs processus dynamiques liés à l’eau, notamment l’infiltration de l’eau dans le sol (livrable n° 27A) et la vulnérabilité des nappes d’eau souterraine (livrable n° 22A).

La carte pédologique a été dérivée de la cartographie des sols produite par l’Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) sur la base de l’assemblage sous forme numérique et l’uniformisation à l’échelle 1 / 20 000 de diverses études pédologiques de comtés publiées entre 1943 et 1998 à des échelles variées. Chaque série de sols de la carte de l’IRDA a été classée en six catégories de texture reflétant la taille des particules solides composant le sol (argileux, loameux, sableux, graveleux, issu de dépôts de tills et organique) et sept classes de drainage (très rapidement drainé, rapidement drainé, bien drainé, modérément bien drainé, imparfaitement drainé, mal drainé et très mal drainé). La carte du livrable n° 11 de la pédologie montre que les sols dérivés de dépôts de till dominant largement dans la région d’étude, ce qui est cohérent avec la cartographie des dépôts meubles (livrable n° 12). On retrouve toutefois dans certaines vallées des sols loameux ou argileux. La carte des sols a servi à l’évaluation de la recharge (livrable n° 27A) ainsi qu’à l’estimation de la vulnérabilité (livrable n° 22).

Livable PACES n° 12 : GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE

La géologie du Quaternaire porte sur les dépôts meubles qui recouvrent le socle rocheux et qui sont généralement associés à la glaciation de la période géologique du Quaternaire. Ces dépôts meubles, aussi appelés sédiments superficiels, ont des propriétés aquifères variables selon leur nature. Les tills sont des dépôts glaciaires de nature, compacité et textures variables, et qui agissent généralement en tant qu’aquitards (unités hydrogéologiques peu perméables). A l’opposé, les dépôts fluvioglaciaires, tels que ceux formant des eskers ou des épandages proglaciaires, contiennent des sédiments sablo-graveleux qui peuvent constituer d’excellents aquifères. Les sédiments silto-argileux déposés dans des lacs ou les mers formés avant ou après la glaciation constituent également des aquitards. De plus, selon leur nature, les dépôts meubles influencent l’écoulement de l’eau souterraine dans les aquifères rocheux fracturés sous-jacents. Ils peuvent, entre autres, influencer la recharge (livrable n° 27A), le confinement de l’aquifère (livrable n° 17), la vulnérabilité de l’aquifère à la contamination (livrable n° 22) et l’émergence de l’eau souterraine et les relations entre les nappes et les eaux de surface (livrable n° 27B).

La géologie du Quaternaire dans la région d’étude est constituée d’une succession de dépôts meubles très variés, comprenant notamment des tills qui sont constitués de grains de taille très variée allant de l’argile aux blocs, de dépôts glaciolacustres composés de sédiments fins silteux ou argileux et de sédiments fluvioglaciaires constitués de sables et graviers. En surface, la carte du livrable n° 12 montre que la géologie du Quaternaire est dominée par une couverture de till qui tend à être mince sur les hauts topographiques où on a aussi du roc affleurant. Le till est plus continu hors des hauts topographiques. Les sédiments fluvioglaciaires sont assez répandus à l’échelle de la région d’étude. Les sédiments fins glaciolacustres sont présents dans les vallées. Des alluvions sableuses sont présentes le long de plusieurs des rivières principales. L’unité de Quaternaire ancien qui est à la base de la séquence n’est pratiquement visible que dans les coupes naturelles et elle comprend un assemblage complexe de sous-unités incluant des tills, des sédiments silteux et argileux et des sables et graviers.

Livable PACES n° 13 : GÉOLOGIE DU ROC

La carte de la géologie du roc présente les différents types de roches ainsi que les principales structures géologiques, telles que les plis et les failles. Lorsque les roches sont fracturées, elles peuvent constituer un aquifère et des puits peuvent y être aménagés pour exploiter l’eau souterraine. Le type de roche a une incidence sur les propriétés hydrauliques de l’aquifère rocheux et les conditions d’écoulement. Puisque l’eau souterraine circule généralement à des vitesses très faibles dans les formations géologiques, elle y réside suffisamment longtemps pour dissoudre une partie des minéraux contenus dans la roche. Cela peut avoir un effet sur la qualité de l’eau souterraine lorsque la concentration de certains composés dissous dans l’eau souterraine dépasse les critères de potabilité.

L’Estrie fait partie des Appalaches nord qui ont été séparées en cinq zones, dont trois sont présentes dans la région d’étude. On retrouve ainsi, du nord-ouest au sud-est, la zone de Humber (externe et interne), la zone de Dunnage, puis la ceinture de Gaspé au sein de laquelle se trouve l’intrusion d’âge crétacé du Mont-Mégantic. Ces trois sous-provinces géologiques sont limitées par des failles d’importance régionale : la ligne Baie-Verte-Brompton et la faille de La Guadeloupe. Les unités géologiques de la région d’étude comprennent une grande variété de lithologies : schistes, roches volcaniques, roches ultramafiques, shales et ardoises, roches granitiques. Le grain des structures géologiques appalachiennes est de forte orientation du sud-ouest au nord-est. Cette orientation est conforme à celles des zones et unités géologiques ainsi qu’à celle des grandes failles majeures. Cette orientation a aussi une expression dans les grandes vallées de la région, soit de l’ouest du lac Massawippi jusqu’au lac Aylmer dans la vallée de la rivière Saint-François ainsi que pour le tronçon de la vallée de la rivière Chaudière allant du lac Mégantic à la limite est de la région d’étude.

Livable PACES n° 14 : COUPES STRATIGRAPHIQUES ET HYDROSTRATIGRAPHIQUES

Une coupe « stratigraphique » montre la superposition des unités géologiques. Les informations en découlant peuvent servir à préparer une coupe « hydrostratigraphique » qui identifie les matériaux géologiques constituant des aquifères (matériaux perméables) ou des aquitards (matériaux peu perméables). Les coupes sont généralement dessinées à partir de la carte de la géologie du Quaternaire (livrable PACES n° 12) et des données de forages qui donnent des informations sur les matériaux géologiques rencontrés en surface et en profondeur, respectivement. Une interprétation doit ensuite être faite sur les regroupements de matériaux géologiques ayant des propriétés hydrogéologiques similaires ainsi que sur la continuité latérale des unités d’un forage à l’autre. Des levés géophysiques peuvent aussi être utilisés pour la construction des coupes.

Les unités géologiques du roc n’ont pas des valeurs distinctes de conductivité hydraulique dans la région d’étude. Conséquemment, les coupes produites dans le cadre du PACES Estrie se sont concentrées à montrer la distribution des dépôts meubles. Ainsi, quatre coupes régionales ont été développées afin de représenter les diverses conditions rencontrées dans la région d’étude. Trois coupes sont orientées généralement du sud-est vers le nord-ouest à l’est (coupe 1), au centre (coupe 2) et à l’ouest (coupe 3) de la région d’étude, alors qu’une autre coupe est orientée du sud-ouest vers le nord-est dans la partie nord-ouest de la région d’étude (coupe 4). Les coupes montrent quatre aspects distincts des conditions géologiques et hydrogéologiques dans la région d’étude : 1) une coupe géologique montrant la distribution des épaisseurs des types de sédiments constituant les six unités hydrogéologiques; 2) une coupe conceptuelle hydrogéologique illustrant les conditions présumées d’écoulement régional de l’eau souterraine; 3) une coupe présentant les résultats de la simulation numérique de l’écoulement de l’eau souterraine; et 4) une coupe montrant les résultats de la simulation numérique de l’âge de l’eau souterraine.

Livrable PACES n° 15 : ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS MEUBLES

- 15A : Épaisseur totale de dépôts meubles
- 15B : Épaisseur de sédiments sableux superficiels (UH1)
- 15C : Épaisseur de sédiments argileux (UH2)
- 15D : Épaisseur de sédiments fluvioglaciaires (UH3)
- 15E : Épaisseur de till au-dessus du Quaternaire ancien (UH4)
- 15F : Épaisseur de Quaternaire ancien (UH5)

L'épaisseur et les propriétés des dépôts meubles qui recouvrent le roc influencent l'écoulement de l'eau souterraine à l'échelle régionale. Lorsque les dépôts meubles sont grossiers (sables et graviers) et que leur épaisseur est suffisamment importante, ils constituent un aquifère potentiellement exploitable. Cependant, si les dépôts meubles sont fins (argile et silt) et donc peu perméables, ils formeront plutôt un aquitard. Parce qu'il est peu perméable, un aquitard situé au-dessus d'un aquifère le protégera d'une contamination potentielle venant de la surface. La recharge de l'aquifère sous-jacent à partir des précipitations sera cependant réduite en présence de l'aquitard. Les informations sur l'épaisseur et le type de dépôts meubles proviennent majoritairement des données de forage.

Le modèle géologique de Caron (2013) a été révisé et étendu dans le cadre du PACES Estrie. Ce modèle représente la distribution spatiale des épaisseurs des unités de dépôts meubles dans la région d'étude. Sur la base des unités géologiques, six unités hydrogéologiques (UH) ont été définies pour représenter les aquifères et les aquitards présents dans les dépôts meubles et le roc sous-jacent. L'unité hydrogéologique supérieure (UH1) est constituée de matériaux perméables mais cette unité n'est que localement assez épaisse pour constituer un aquifère exploitable. Les sédiments fins silteux et argileux (UH2) représentent un aquitard. Les sédiments fluvioglaciaires constituant notamment les eskers (UH3) ont un potentiel aquifère intéressant mais leur étendue est relativement limitée. Le Till de Lennoxville (UH4) est un autre aquitard qui recouvre pratiquement toute la région d'étude. Le Quaternaire ancien (UH5) à la base de la séquence de dépôts meubles est une unité plus complexe parce qu'elle contient des sous-unités pouvant constituer des aquitards et des aquifères. Plusieurs puits municipaux exploitent un aquifère dans le Quaternaire ancien. Enfin, le roc fracturé (UH6) est la seule unité constituant un aquifère régional continu dans la région d'étude.

L'épaisseur totale de dépôts meubles (livrable n° 15A) ainsi que l'épaisseur de chacune des unités hydrogéologiques (livrables n° 15B à 15F) sont représentées en cartes.

Le livrable n° 15A montre l'épaisseur totale de dépôts meubles qui peut aller de nulle, notamment sur les hauts topographiques où le roc affleure par endroits, jusqu'à des épaisseurs excédant 50 m. Les plus grandes épaisseurs de sédiments se retrouvent généralement dans les vallées. C'est notamment le cas dans la vallée de la rivière Saint-François à partir du lac Aylmer, au nord-est, jusqu'au-delà du lac Massawippi, au sud-ouest, ainsi que dans la partie amont de la vallée de la rivière Chaudière à partir du lac Mégantic. Il y a aussi des accumulations notables de dépôts meubles au centre de la MRC du Val-Saint-François, à l'ouest du Mont Mégantic, ainsi que le long de plusieurs cours d'eau d'orientation générale allant du sud-est vers le nord-ouest dans la partie sud de la région d'étude, notamment le long de la rivière Coaticook.

Le livrable n° 15B montre que la présence de l'unité UH1 est restreinte aux vallées et que l'épaisseur de cette unité est généralement restreinte, sauf assez localement. Cette distribution restreinte limite le potentiel aquifère de l'unité UH1 tel que mentionné précédemment.

Le livrable n° 15C présente l'épaisseur de l'unité UH2 constituée de sédiments fins silteux ou argileux. Bien que l'extension de cette unité soit aussi restreinte aux vallées, elle constitue souvent des accumulations excédant 5 m d'épaisseur qui vont permettre à cet aquitard d'induire des conditions captives dans l'aquifère granulaire ou rocheux sous-jacent.

Le livrable n° 15D illustre la distribution de l'unité UH3 (fluvioglaciaire) qui a un potentiel aquifère intéressant. Cette unité est aussi surtout présente dans les vallées mais peut se retrouver hors des vallées. Les épaisseurs de cette unité peuvent excéder 10 m et lui conférer un bon potentiel aquifère localement.

Le livrable n° 15E montre la distribution de l'unité UH4, soit le Till de Lennoxville. Contrairement aux autres unités, cette unité recouvre pratiquement toute la surface de la région d'étude, sauf à quelques endroits dans les hauts topographiques où le roc est affleurant. Ce till peut avoir localement des épaisseurs excédant 10 m, ce qui est considéré induire des conditions captives aux aquifères sous-jacents, mais son épaisseur est souvent moindre que 5 m, ce qui est considéré mener à des conditions semi-captives.

Le livrable n° 15F présente les épaisseurs de l'unité UH5 constituée du Quaternaire ancien. Cette unité peut avoir des épaisseurs excédant 10 m dans les vallées mais sa distribution peut aussi s'étendre hors des vallées, mais avec des épaisseurs moins importantes. Cette unité présente le potentiel aquifère le plus intéressant dans les dépôts meubles de la région.

Livrable PACES n° 16 : TOPOGRAPHIE DU ROC

La carte de la topographie du roc représente une estimation de l'élévation de la surface du roc qui se trouve souvent sous une certaine épaisseur de dépôts meubles. Donc, contrairement à la topographie de la surface (livrable PACES n° 1), il n'est pas possible de connaître la topographie du roc à moins de disposer de données de forages, ou d'affleurements rocheux indiquant que le roc est présent à la surface. La précision de l'estimation de la topographie du roc dépend donc surtout de la quantité et de la répartition spatiale des données de forage. La topographie du roc sert à identifier les dépressions (creux) importantes du roc où peuvent s'être accumulé une grande quantité de dépôts meubles qui peuvent avoir un potentiel aquifère intéressant si ces sédiments sont grossiers (sables et graviers). La topographie du roc a été obtenue en soustrayant l'épaisseur totale des dépôts meubles (livrable PACES n° 15A) du modèle altimétrique numérique (livrable PACES n° 3).

Le livrable n° 16 montre la topographie du roc sous les dépôts meubles. Bien que la morphologie générale de la surface du roc soit similaire à la topographie du sol (livrables n° 1 et n° 3), les dépressions sont beaucoup plus marquées dans les vallées où se trouvent les plus épaisses accumulations de dépôts meubles.

Livable PACES n° 17 : CONDITIONS DE CONFINEMENT

- 17A : Conditions de confinement de l’aquifère rocheux
- 17B : Conditions de confinement des sédiments du Quaternaire ancien
- 17C : Conditions de confinement des sédiments fluvioglaciaires

Le confinement d’un aquifère est lié à son recouvrement par une couche de matériaux peu perméables (aquitard) qui isole l’eau souterraine qu’il contient. La nature et l’épaisseur des dépôts meubles ou des unités géologiques déterminent le niveau de confinement des aquifères, qui va de non confiné (nappe libre), à semi-confiné (nappe semi-captive) et jusqu’à confiné (nappe captive). Les dépôts meubles fins (silt et argile) sont des matériaux qui peuvent induire des conditions confinées. Lorsque les matériaux fins qui recouvrent un aquifère sont plus ou moins perméables, discontinus ou de faible épaisseur, on considère l’aquifère sous-jacent comme étant semi-confiné. En l’absence de couverture de dépôts meubles, ou lorsque ceux-ci sont perméables, les conditions seront libres. Le confinement influence les divers processus dynamiques et chimiques de l’eau souterraine, en limitant ou favorisant la recharge de l’aquifère (livrable n° 27A) ou encore sa protection par rapport à une contamination provenant de la surface (livrable n° 22).

Les conditions de confinement ont été définies pour trois unités aquifères, soient le roc (UH6) (livrable n° 17A), le Quaternaire ancien (UH5) (livrable n° 17B) et les sédiments fluvioglaciaires (UH3) (livrable n° 17C). Les épaisseurs des deux unités hydrogéologiques constituant des aquitards, les sédiments fins silteux et argileux (UH2) et le Till de Lennoxville (UH4), ont été considérées pour définir les conditions de confinement des aquifères sous-jacents (voir le rapport). L’épaisseur de Quaternaire ancien (UH5) a aussi été considérée pour définir le confinement de l’aquifère rocheux car cette unité peut inclure des tills et des sédiments fins.

Le livrable n° 17A montre le niveau de confinement de l’aquifère rocheux. Les conditions captives couvrent 12% de la région et se retrouvent dans les vallées, soit là où on peut avoir de fortes accumulations de sédiments fins (unité UH2; livrable n° 15C), de Till de Lennoxville (unité UH4; livrable n° 15E) ou de Quaternaire ancien (unité UH5; livrable n° 15F). Les conditions semi-captives couvrent 25% de la région et se retrouvent principalement en bordure des grandes vallées ainsi qu’à l’intérieur des vallées moins importantes. Les conditions libres dominent sur 59% du territoire et on les retrouve surtout dans les hauts topographiques hors des vallées.

Le livrable n° 17B montre le confinement du Quaternaire ancien (UH5) qui peut être confiné par les sédiments fins (UH2) et le Till de Lennoxville (UH4). Les conditions de confinement ne sont définies que pour des épaisseurs de Quaternaire ancien de plus de 10 m, ce qui est considéré nécessaire pour que cette unité puisse avoir un bon potentiel aquifère. Les épaisseurs de quaternaire ancien excédant 10 m se retrouvent principalement dans la vallée enfouie du bassin de la rivière Chaudière ainsi que dans la vallée de la rivière Saint-François allant, du sud-ouest, d’East Angus jusqu’au Lac Aylmer, au nord-est. Le Quaternaire ancien présente ainsi un potentiel aquifère sur 9,7% de la région d’étude et il est surtout en conditions semi-captives (58,5%) et captives (39,5%). Seulement 2,1% de cette unité est en conditions libres.

Le livrable n° 17C montre le confinement de l’unité fluvioglaciaire (UH3) que seules les argiles glaciolacustres (UH2) peuvent confiner. Ces conditions de confinement sont définies pour une épaisseur supérieure à 5 m qui a servi de seuil pour considérer que cette unité a un bon potentiel aquifère. Ces conditions couvrent 5,7% de la région d’étude et se retrouve dans plusieurs des vallées du bassin de la rivière Saint-François, particulièrement au centre dans un rayon d’environ 20 km autour de Cookshire ainsi que dans la partie ouest de la région d’étude. Les conditions dans les sédiments fluvioglaciaires s’avèrent toutefois généralement libres à 94,7%. L’unité fluvioglaciaire présente ainsi un potentiel aquifère plus intéressant lorsqu’il est présent en conditions captives (0,4%) ou semi-captives (4,9%).

Livable PACES n° 18 : CONTEXTES HYDROSTRATIGRAPHIQUES

Le livrable PACES n° 18 définit les contextes hydrogéologiques sur la base de la séquence verticale de matériaux meubles recouvrant l’aquifère rocheux. Ces contextes ont été générés sur la base du modèle géologique des dépôts meubles qui est basé sur des données de forages et la géologie du Quaternaire (livrable PACES n° 12). Ces séquences de sédiments, de même que des critères géomorphologiques, distinguent les grands contextes hydrogéologiques

Les contextes hydrostratigraphiques de la région d’étude ont été définis comme suit :

Contexte	Condition	Implication
1	Roc (UH6) affleurant (< 1 m de sédiments)	Le seul aquifère présent est le roc fracturé en condition libre
2	Till (UH4) (> 1 m) sur roc ou sur le Quaternaire ancien (< 10 m)	Le seul aquifère présent est le roc fracturé
3	Till (UH4) sur Quaternaire ancien (UH5) (> 10 m) sur roc	Il y a un potentiel aquifère dans le Quaternaire ancien
4	Fluvioglaciaire (UH3) (> 5 m) sur till (UH4) sur roc ou Quaternaire ancien (UH5) (indépendamment de l’épaisseur)	Il y a un potentiel aquifère dans le fluvioglaciaire
Confinement du roc	Conditions confinées du roc	L’aquifère rocheux dans ce secteur est confiné

Note : les contextes 2, 3 et 4 ne tiennent pas compte de la présence ou non de sédiments des unités hydrogéologiques UH1 ou UH2 au-dessus des autres unités.

Le contexte hydrostratigraphique 2 est dominant dans la région d’étude mais il est présent surtout dans les hauts topographiques hors des vallées. Ceci implique que ce n’est que l’aquifère rocheux régional qui est disponible pour l’approvisionnement en eau souterraine pour la majorité de la région d’étude. Toutefois, le contexte 3 est rencontré dans plusieurs des vallées de la région d’étude, notamment dans l’axe allant de l’ouest du lac Massawippi jusqu’au lac Aylmer dans la vallée de la rivière Saint-François et surtout dans la vallée de la rivière Chaudière. C’est le contexte 4 relié au potentiel aquifère du fluvioglaciaire qui est le moins étendu dans la région.

Conformément aux indications déjà obtenues des épaisseurs de dépôts meubles constituant des unités hydrogéologiques (livrables nos 15A à 15F) et des conditions de confinement (livrable n° 17A), le livrable n° 18 sur les contextes hydrostratigraphiques confirme bien que la région d’étude du PACES Estrie présente deux contextes hydrogéologiques distincts, soient les vallées et les hautes terres. Le contexte hydrogéologique des vallées se situent dans les secteurs à plus faible élévation où l’épaisseur des sédiments est supérieure à 10 m et où les dépôts meubles ont un bon potentiel aquifère. Le contexte hydrogéologique des hautes terres est présent lorsque l’épaisseur des dépôts est inférieure à 10 m et alors seulement le roc constitue un aquifère exploitable.

CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES ET RESSOURCES EN EAU

Livable PACES n° 19 : PIÉZOMÉTRIE DANS LES DÉPÔTS MEUBLES

La piézométrie, aussi appelée niveau piézométrique, est une mesure de l'élévation du niveau de l'eau souterraine dans un puits. Lorsqu'il y a suffisamment de puits dans un secteur ou une région, il est possible d'interpoler ces niveaux pour créer une carte piézométrique qui illustre la tendance de l'élévation des niveaux piézométriques sur le territoire. Un peu comme la carte topographique l'est pour l'élévation du sol, la carte piézométrique représente les variations de l'élévation du niveau de l'eau dans un aquifère donné sous la surface du sol. La piézométrie indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère, qui va des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse.

Dans la région d'étude du PACES Estrie, les aquifères granulaires ont une extension limitée et ne sont pas d'envergure régionale. Il n'a donc pas été possible de produire une carte piézométrique pour les aquifères granulaires.

Livable PACES n° 20A : PIÉZOMÉTRIE DANS LE ROC

La piézométrie, aussi appelée niveau piézométrique, est une mesure de l'élévation du niveau de l'eau souterraine dans un puits. Lorsqu'il y a suffisamment de puits dans un secteur ou une région, il est possible d'interpoler ces niveaux pour créer une carte piézométrique qui illustre la tendance de l'élévation des niveaux piézométriques sur le territoire. Un peu comme la carte topographique l'est pour l'élévation du sol, la carte piézométrique représente les variations de l'élévation du niveau de l'eau dans un aquifère donné sous la surface du sol. La piézométrie indique le sens de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère, qui va des zones à piézométrie plus élevée vers celles où la piézométrie est plus basse.

Tel qu'envisageable, la carte du livrable n° 20 montre la piézométrie de l'aquifère rocheux comme une version adoucie de la topographie régionale (livrable n° 3). On y constate la convergence de l'écoulement, tant à partir du nord-ouest que du sud-est, à partir des hauts topographiques vers la grande vallée orientée du sud-ouest vers le nord-est et allant de la frontière avec les États-Unis dans la vallée de la rivière Tomifobia jusqu'au nord du lac Aylmer, en passant par le lac et la rivière Massawippi ainsi que la vallée de la rivière Saint-François. Le même écoulement convergeant est présent dans la partie amont de la rivière Chaudière, mais avec un gradient hydraulique horizontal (dénivelé) moins important. Dans l'axe orienté vers le nord-ouest de la vallée de la rivière Saint-François, entre Lennoxville et Richmond, l'écoulement converge aussi vers la vallée mais avec un gradient hydraulique horizontal (dénivelé) encore moins important.

Livable PACES n° 21 : PARAMÈTRES HYDRAULIQUES

Les propriétés hydrauliques d'un aquifère sont généralement obtenues en pompant l'eau d'un puits et en y mesurant les variations du niveau d'eau. La conductivité hydraulique (K ; m/s) est la capacité d'un milieu géologique à permettre l'écoulement de l'eau souterraine dans les pores des dépôts meubles ou les fractures d'un aquifère rocheux. La transmissivité (T ; m²/s) est le produit de la conductivité hydraulique et de l'épaisseur verticale saturée b (m) de l'aquifère ($T = K \cdot b$). Enfin, la capacité spécifique (CS , Q/s ; m²/s) est le rapport entre le débit d'un puits (Q ; m³/s) et l'abaissement du niveau d'eau (« rabattement » s ; m) dans le puits par rapport au niveau mesuré en l'absence de pompage. La capacité spécifique est une propriété d'un

puits de pompage qui permet une estimation indirecte et approximative de la transmissivité T . Puisque les données de capacité spécifique CS sont beaucoup plus courantes que celles sur T ou K , la capacité spécifique est fréquemment utilisée pour l'estimation de T , puis K à l'échelle régionale.

Pour les fins de la caractérisation hydraulique du système aquifère rocheux de la zone d'étude, 31 248 puits-essais ont été extraits du Système d'information hydrogéologique (SIH), desquels seulement 17 604 (56 %) se sont avérés utilisables. Une autre particularité du jeu de données hydrauliques de départ pour le PACES Estrie est que les essais de capacité réalisés par les puisatiers semblent mener très souvent à la quasi-vidange du puits pompé durant l'essai. Les résultats indiquent tout d'abord que 50 % des puits sont forés dans le roc à des profondeurs dépassant 30 à 40 m selon les zones. La fréquence relativement élevée des puits profonds souligne qu'il n'est pas rare qu'il soit nécessaire de forer au-delà de la partie supérieure du roc pour éventuellement obtenir un puits suffisamment productif. Ensuite, les résultats soulignent également la grande variabilité des propriétés hydrauliques du roc et de la productivité à laquelle on peut s'attendre en y forant des puits. Dans le cadre des travaux de modélisation numériques de l'écoulement, il s'est avéré que la conductivité hydraulique estimée ne permettait pas la circulation de la recharge évaluée globalement à 200 mm/an. Il subsiste donc une incertitude sur la conductivité hydraulique du roc sur la base des résultats plutôt contradictoires obtenus.

Livable PACES n° 22 : VULNÉRABILITÉ DRASTIC

N° 22A : Vulnérabilité DRASTIC

N° 22B – Vulnérabilité DRASTIC – Indice D, Profondeur de la nappe

N° 22C – Vulnérabilité DRASTIC – Indice R, Recharge

N° 22D – Vulnérabilité DRASTIC – Indice A, Milieu aquifère

N° 22E – Vulnérabilité DRASTIC – Indice S, Type de sol

N° 22F – Vulnérabilité DRASTIC – Indice T, Topographie

N° 22G – Vulnérabilité DRASTIC – Indice I, Impact de la zone vadose

N° 22H – Vulnérabilité DRASTIC – Indice C, Conductivité hydraulique

La vulnérabilité d'un aquifère est sa sensibilité à la pollution de l'eau souterraine à partir de l'émission de contaminants à la surface du sol. Une carte de vulnérabilité permet donc d'identifier les zones les plus vulnérables à la contamination et de fournir un outil d'aide à la prise de décision pour aménager le territoire tout en protégeant la ressource en eau souterraine. La carte de vulnérabilité permet d'intégrer un ensemble de conditions qui contribuent à la vulnérabilité d'un aquifère, « traduisant » ainsi la connaissance hydrogéologique en un outil facilement applicable par des non spécialistes. Le programme PACES spécifie que la méthode DRASTIC doit être utilisée pour évaluer la vulnérabilité. La méthode DRASTIC permet le calcul d'un indice à partir de 7 paramètres, chacun correspondant à l'une des lettres du mot « DRASTIC ».

Deux versions de la carte du livrable n° 22A de l'indice DRASTIC de vulnérabilité de l'aquifère rocheux régional sont présentées dans l'atlas hydrogéologique, une carte qui utilise une échelle de couleur « relative » et une carte avec l'échelle standard définie dans le guide de la méthode DRASTIC. La carte « relative » de l'atlas est basée sur les percentiles de la distribution des valeurs d'indice DRASTIC obtenues dans la région d'étude.

La carte du livrable n° 22A indique que la vulnérabilité est relativement faible (indice < 100) dans les principales vallées, notamment la vallée de la rivière Saint-François entre le lac Massawippi et le lac Aylmer, ainsi que dans la vallée de la rivière Chaudière. Des valeurs intermédiaires de vulnérabilité (indice entre 125 et 140) dominent toutefois la région d'étude. Des valeurs de vulnérabilité plus importantes (indice supérieur à 140 ou même 160) sont observées pour des secteurs d'étendue relativement restreinte, sauf dans le bassin de la rivière Chaudière où l'indice dépasse généralement 160 hors de la vallée.

Les cartes de chacun des sept paramètres DRASTIC sont aussi présentées dans l'atlas :

- N° 22B – Indice D Profondeur de la nappe : pour la majorité du territoire la nappe est peu profonde, ce qui mène à des indices « D » élevés (9 ou 10). Dans les vallées où le roc est enfoui sous une forte épaisseur de sédiments, la nappe dans le roc est profonde et l'indice « D » est plus faible.
- N° 22C – Indice R Recharge : les valeurs de l'indice « R » sont variables et vont de 1 où la recharge est faible (sous 50 mm/an) à 10 où la recharge est élevée (à plus de 250 mm/an). Une proportion de 70 % de la région d'étude a une recharge élevée à plus de 250 mm/an, soit un indice « R » de 10.
- N° 22D – Indice A Milieu aquifère : trois grandes classes de lithologies ont été considérées, auxquelles correspondent des indices « A » de 2 (shale), de 3 (roches métamorphiques et ignées) et de 5 (séquence de grès, calcaire et shale).
- N° 22E – Indice S Type de sol : la région d'étude est constituée surtout de sols issus de tills qui sont généralement des loams auxquels correspondent des indices « S » intermédiaires (3 à 6), mais cet indice est faible (1) où on retrouve des argiles alors qu'il est élevé (10) où le roc est quasi-affleurant et les sols sont minces.
- N° 22F – Indice T Topographie : on a par endroit des pentes très abruptes avec des indices « T » faibles (1 à 3) mais généralement le relief ondulé mène à de faibles pentes et à des indices élevés (9 à 10).
- N° 22G – Indice I Impact de la zone vadose : les sédiments glaciaires (tills) étant dominants dans la région, l'indice « I » est généralement modéré (3) et il est très faible (1) où on trouve une couche confinante. Des indices un peu plus élevés (5) se trouvent dans les secteurs avec roc affleurant (sédiments < 1 m).
- N° 22H – Indice C Conductivité hydraulique : la plage des conductivités hydrauliques du roc ne mène qu'à un seul indice faible (2).

Livrable PACES n° 23 : QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE – CRITÈRES DE POTABILITÉ

L'usage de l'eau souterraine dépend de sa qualité, c'est-à-dire de la concentration dans l'eau de différents composés chimiques, par rapport à des critères de qualité fixés par les instances gouvernementales. Dans le cas du livrable n° 23, les critères de la qualité de l'eau considérés sont les concentrations maximales acceptables (CMA) pour que l'eau soit potable. La consommation d'une eau dont la concentration d'un composé chimique dépasse la concentration maximale acceptable pose un risque pour la santé. Lorsque la concentration atteint la moitié de la concentration maximale acceptable, le paramètre est à surveiller.

Les dépassements des critères de potabilité (CMA) ou esthétiques (OE) ont été évalués pour les 219 échantillons d'eau souterraine considérés dans la région d'étude du PACES Estrie. Ce sont les 26% de dépassements de CMA pour le manganèse (Mn) et de 8,2% pour l'arsenic (As) qui représentent les plus importants problèmes de potabilité alors que les dépassements des autres CMA sont relativement peu importants. Ces dépassements en Mn et As se retrouvent surtout dans les eaux évoluées, mais aussi dans

le type d'eau de recharge le plus dégradé. Des dépassements ou de fortes concentrations en Mn se retrouvent principalement dans les MRC du Val-Saint-François ainsi que de Memphrémagog, ainsi que plus localement dans les vallées de la région, notamment dans la vallée de la rivière Chaudière dans la MRC du Granit. La répartition des dépassements ou fortes concentrations en As est similaire à celle du manganèse, mais avec des secteurs moins étendus et des proportions plus restreintes de dépassements. Globalement, l'évaluation de la qualité de l'eau souterraine montre que son niveau d'évolution a une incidence sur la qualité, particulièrement sur la présence naturelle d'arsenic et de manganèse.

Livrable PACES n° 24 : QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE – CRITÈRES ESTHÉTIQUES

Le livrable n° 23 porte sur la qualité de l'eau en lien avec les critères de potabilité tandis que le livrable n° 24 compare la qualité de l'eau avec des objectifs esthétiques. La consommation d'une eau dont la concentration d'un composé chimique dépasse les objectifs esthétiques peut entraîner des désagréments (goût, odeur, couleur) mais n'a pas d'incidence sur la santé. Lorsque la concentration atteint la moitié de la concentration maximale acceptable pour un critère esthétique, le paramètre est à surveiller.

Les dépassements des critères de potabilité (CMA) ou esthétiques (OE) ont été évalués pour les 219 échantillons d'eau souterraine considérés dans la région d'étude du PACES Estrie. Les dépassements esthétiques (OE) sont surtout reliés au manganèse, au fer ainsi qu'au pH qui est souvent inférieur à 7 dans les groupes d'eau de type recharge. Le manganèse et le fer ont souvent de fortes concentrations dans les mêmes secteurs où il y avait des dépassements de CMA pour l'arsenic ou le manganèse. Enfin, les dépassements de critères esthétiques pour le pH se retrouvent dans les zones de recharge, surtout dans la moitié nord-ouest de la région d'étude. Les autres critères esthétiques (Cl, Na, S²⁻) ont des dépassements plus sporadiques et peuvent être associés à des impacts anthropiques dans le cas du Cl et du Na.

Livrable PACES n° 25 : UTILISATION DE L'EAU

Les besoins en eau pour différents usages peuvent être comblés par différentes sources d'approvisionnement, selon la disponibilité et la qualité de la ressource en eau. De façon générale, les utilisateurs s'alimentent en eau de surface ou en eau souterraine par l'intermédiaire des systèmes publics (par exemple des aqueducs) ou de systèmes privés comme des puits au roc. Au Québec, les données sur l'utilisation de l'eau et les sources d'approvisionnement proviennent soit d'organismes publics (ministères provinciaux, municipalités, MRC, régies intermunicipales, etc.) ou d'entreprises privées.

La carte du livrable n° 25 montre les sources, souterraine ou de surface ou mixte, des réseaux d'approvisionnement municipaux dans la région d'étude. Sur les 97 municipalités comprises dans la région d'étude du PACES Estrie, 49 municipalités possèdent un réseau de distribution d'eau potable alimenté par de l'eau souterraine, 17 réseaux sont alimentés par de l'eau de surface ou mixte, et 31 municipalités n'ont pas de réseau. Dans toutes les municipalités, même celles qui ont des réseaux, une grande partie de la population s'alimente en eau par des puits privés généralement installés dans le roc. Globalement, dans la région d'étude près 73% de la population de 327 786 personnes est approvisionnée en eau à partir des réseaux municipaux. Toutefois, cette statistique est fortement biaisée par le fort taux de population desservie par la ville de Sherbrooke, alors que le taux est plus faible pour toutes les MRC.

L'usage total de l'eau dans la région est de 110,1 Mm³/an, dont 25,2 Mm³/an (22,9%) provient de l'eau souterraine. Les prélèvements d'eau de surface sont dominés par les usages industriel, commercial et institutionnel (ICI) qui ne proviennent pas d'un réseau de distribution. Les usages résidentiels d'eau de surface proviennent tous d'un réseau. Les usages agricoles ne sont pas alimentés par un réseau de distribution. L'approvisionnement hors réseau (privé) représente la majorité des prélèvements d'eau souterraine. Au total, l'usage résidentiel utilise près de 48% des ressources en eau souterraine, alors que l'usage agricole suit avec 29%. L'eau souterraine représente près de 23% de l'utilisation d'eau totale. Cette faible proportion est reliée au fait que les principales municipalités (Sherbrooke et Magog) s'approvisionnent en eau de surface et qu'il y a un très important usage industriel, commercial et institutionnel (ICI) d'eau qui s'approvisionne aussi en majeure partie en eau de surface. Les volumes les plus importants en eau souterraine sont prélevés dans les MRC du Haut-Saint-François (8,6 Mm³/an), de Coaticook (4,3 Mm³/an) et Le Granit (3,8 Mm³/an). À elles seules, ces MRC prélèvent plus de 66% des ressources en eau souterraine à l'échelle de la région d'étude.

Livrable PACES n° 26 : STATIONS DE SUIVI

Le livrable PACES n° 26 présente la répartition spatiale des stations de mesure permanentes pour la météorologie, l'hydrométrie (débit des principaux cours d'eau) et la piézométrie (niveau de l'eau souterraine).

Ces stations comprennent les stations hydrométriques pour mesurer les débits des cours d'eau, les stations d'échantillonnage pour la qualité de l'eau des cours d'eau, les stations météorologiques et les stations de mesure des niveaux d'eau souterraine. Neuf (9) des stations hydrométriques présentes dans la région d'étude ont des données suffisantes et récentes qui ont été exploitées dans le cadre des travaux. Les données de onze (11) stations de suivi qui alimentent la *Banque de données sur la qualité du milieu aquatique* (BQMA) ont été analysées pour donner un portrait général de la qualité de l'eau de surface. Bien que les données des stations météorologiques aient été obtenues du MELCC ou soient disponibles via Environnement Canada. Nous avons toutefois utilisé les données météorologiques sous forme de grilles à cause de plusieurs avantages. Dix (10) nouveaux puits d'observation ont été intégrés au réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ) dans le but de suivre, en continu et sur le long terme, les variations des niveaux d'eau souterraine. Ces puits s'ajoutent aux 5 puits du RSESQ déjà présents dans la région d'étude et aux 5 puits localisés en périphérie de la région d'étude.

Livrable PACES n° 27A : RECHARGE DE L'AQUIFÈRE ROCHEUX

L'évaluation de la recharge est nécessaire pour évaluer les ressources disponibles en eau souterraine, puisque les débits qui peuvent être exploités de façon durable dépendent grandement du renouvellement de l'eau souterraine, qui est la recharge. Cependant, la quantité d'eau qui s'infiltre pour recharger les aquifères est un des paramètres hydrogéologiques les plus difficiles à évaluer.

Dans la région d'étude du PACES Estrie, la recharge de l'aquifère rocheux régional a été estimée à l'aide du logiciel HELP (*Hydrological Evaluation of Landfill Performance*). Ce logiciel intègre plusieurs données sur le climat, la végétation, l'occupation du territoire et sur les propriétés des sols, des dépôts meubles et du roc. En plus d'estimer la recharge sur l'ensemble du territoire, HELP calcule aussi les autres paramètres du bilan hydrologique : l'évapotranspiration des végétaux, le ruissellement de l'eau à la surface du sol et en profondeur. Le livrable n° 27A montre la distribution spatiale de la recharge de l'aquifère rocheux estimée avec HELP. On constate que les hauts topographiques où l'aquifère est en conditions libres ont des valeurs de recharge généralement plus importantes, alors que dans les vallées où l'aquifère est en conditions captives on observe des valeurs plus faibles de recharge. Les secteurs avec de plus fortes recharges sont

situés à la marge ouest de la région d'étude dans les bassins des rivières Yamaska et Richelieu, au nord de la rivière Saint-François et du lac Aylmer à la marge nord de la région d'étude ainsi que dans une grande zone autour du mont Mégantic. Les secteurs avec de plus faibles recharge se trouvent dans la vallée de la rivière Chaudière, dans la vallée allant de Magog à East Angus ainsi que dans la vallée allant de Sherbrooke à Windsor. Enfin, on note une grande variabilité de la recharge dans la MRC de Coaticook. Globalement, dans la région d'étude, les précipitations moyennes annuelles sont de 1189 mm/an, ce qui représente la composante principale et l'intrant du bilan hydrologique. Les précipitations se répartissent dans les autres composantes hydrologiques. L'évapotranspiration (475 mm/an; 40%) domine le devenir des précipitations, suivie du ruissellement de surface (380 mm/an; 32%), de la recharge (296 mm/an; 25%) et du ruissellement hypodermique superficiel (26 mm/an; 2%) et profond (13 mm/an; 1%).

Livrable PACES n° 27B : ZONES DE RECHARGE ET DE RÉSURGENCE DE L'AQUIFÈRE ROCHEUX

L'évaluation de la recharge est nécessaire pour définir les ressources en eau souterraine disponibles, puisque les débits qui peuvent être exploités de façon durable dépendent grandement du renouvellement de l'eau souterraine, qui est la recharge. Cependant, la quantité d'eau qui s'infiltre pour recharger les aquifères est un des paramètres hydrogéologiques les plus difficiles à évaluer.

La carte du livrable n° 27B montre les zones de recharge et de résurgence de l'eau souterraine qui circule dans l'aquifère rocheux régional. La piézométrie de l'aquifère rocheux (livrable n° 20) est présentée en fond de carte pour indiquer les directions d'écoulement de l'eau souterraine qui vont des secteurs où la charge hydraulique est élevée aux secteurs où la charge est plus faible. Au-dessus de la piézométrie, les secteurs avec de fortes valeurs de recharge excédant 300 mm/an sont indiqués par une trame superposée à la piézométrie. Les cours d'eau représentent les endroits où il y a émergence de l'eau souterraine. Le long des tronçons des cours d'eau principaux, une indication du lien entre le cours d'eau et l'aquifère rocheux est donnée sur la base du confinement de l'aquifère rocheux. La présence de milieux humides est aussi montrée sur la carte parce qu'ils peuvent représenter des zones d'émergence plus diffuse de l'eau souterraine.

Les zones de recharge se retrouvent généralement dans les hauts topographiques hors des vallées, particulièrement où le roc est affleurant et n'a pas de couvert de dépôts meubles. Au contraire, les zones de résurgence sont dans les vallées, mais on note qu'une grande partie des cours d'eau majeurs ne sont pas en contact avec l'aquifère rocheux car ils coulent sur de grandes épaisseurs de sédiments qui confinent le roc. Ainsi, on peut présumer qu'une partie significative de la résurgence de l'eau souterraine pourrait se faire en bordure des vallées. Une partie de la résurgence de l'eau souterraine pourrait aussi se faire par une circulation à travers les dépôts meubles qui comblent les vallées.



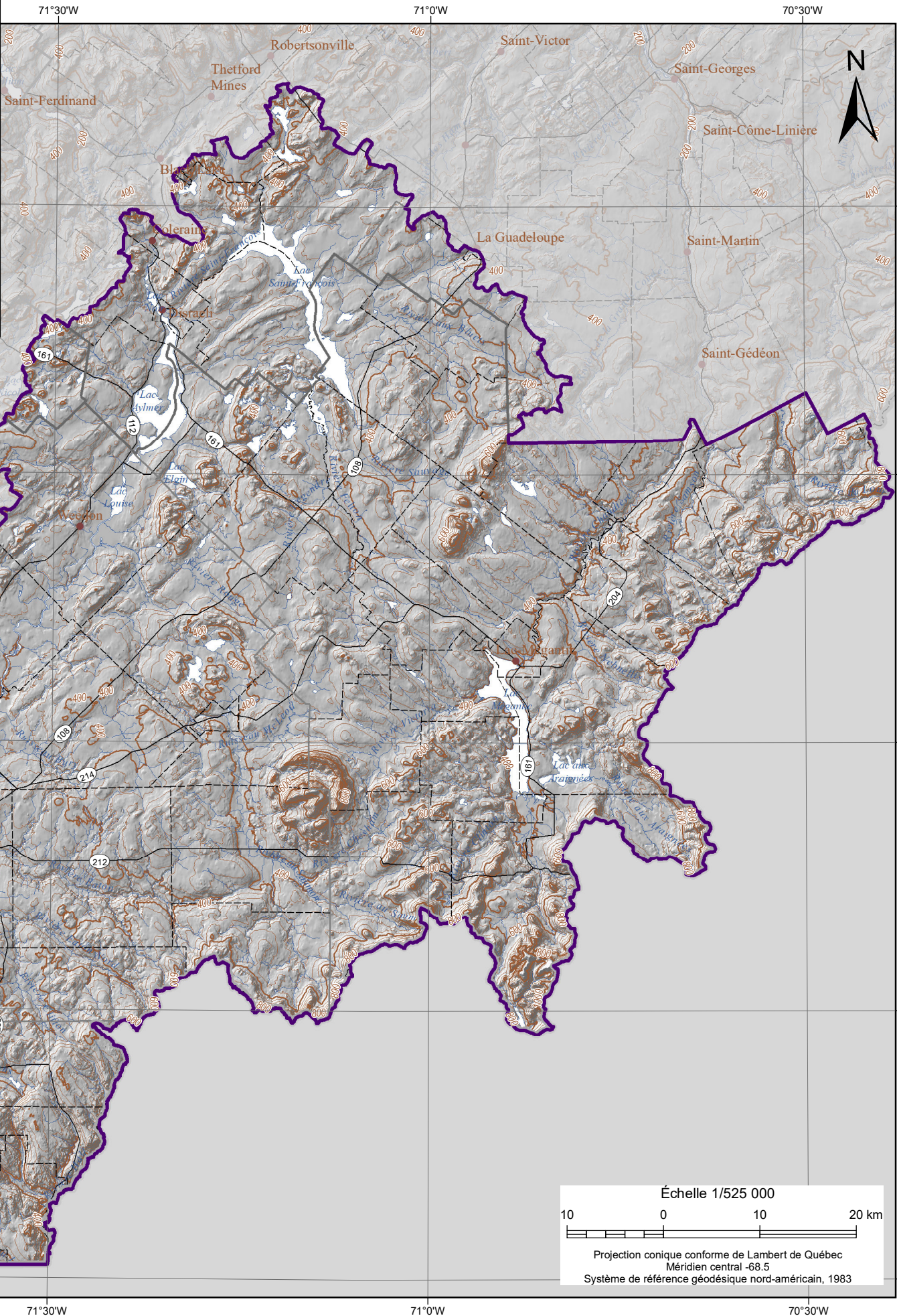
APERÇU DE LA RÉGION D'ÉTUDE

RÉGION DU PACES ESTRIE

TOPOGRAPHIE

Livrable PACES n° 1

71°30'W 71°0'W 70°30'W



Légende

Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

Toponymie

Lieu habité

Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

Élévation (m) par rapport au niveau moyen de la mer

Courbes intermédiaires (40 m)

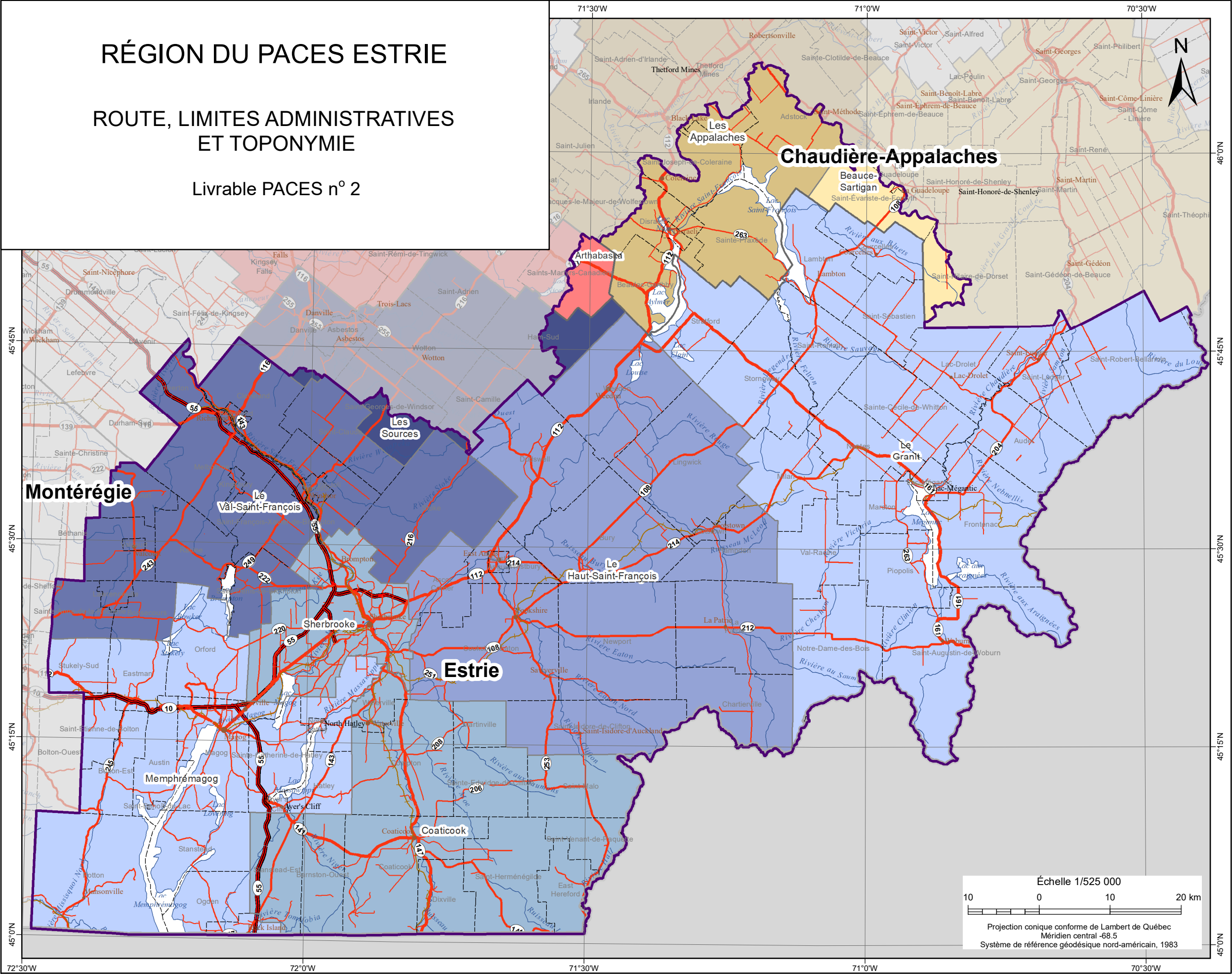
Courbes maîtresses (200 m)

Échelle 1/525 000



Projection conique conforme de Lambert de Québec
Méridien central -68.5
Système de référence géodésique nord-américain, 1983

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



Légende

Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

Lieu habité

- Principal (10 000 habitants et plus)
- Secondaire (1000 à 9000 habitants)
- Tertiaire (moins de 1000 habitants)

Réseau routier

- Autoroute
- Route nationale pavée
- Route régionale pavée
- Route collectrice pavée
- Route locale pavée
- Bretelle
- Tunnel
- Voie ferrée

Limites administratives

- Frontière internationale
- Limite de région administrative
- Limite de municipalité régionale de comté
- Limite de municipalité

Réseau hydrographique

- Cours d'eau
- Étendue d'eau

Municipalité régionale de comté (MRC)
par région administrative

Centre-du-Québec

Arthabaska

Chaudière-Appalaches

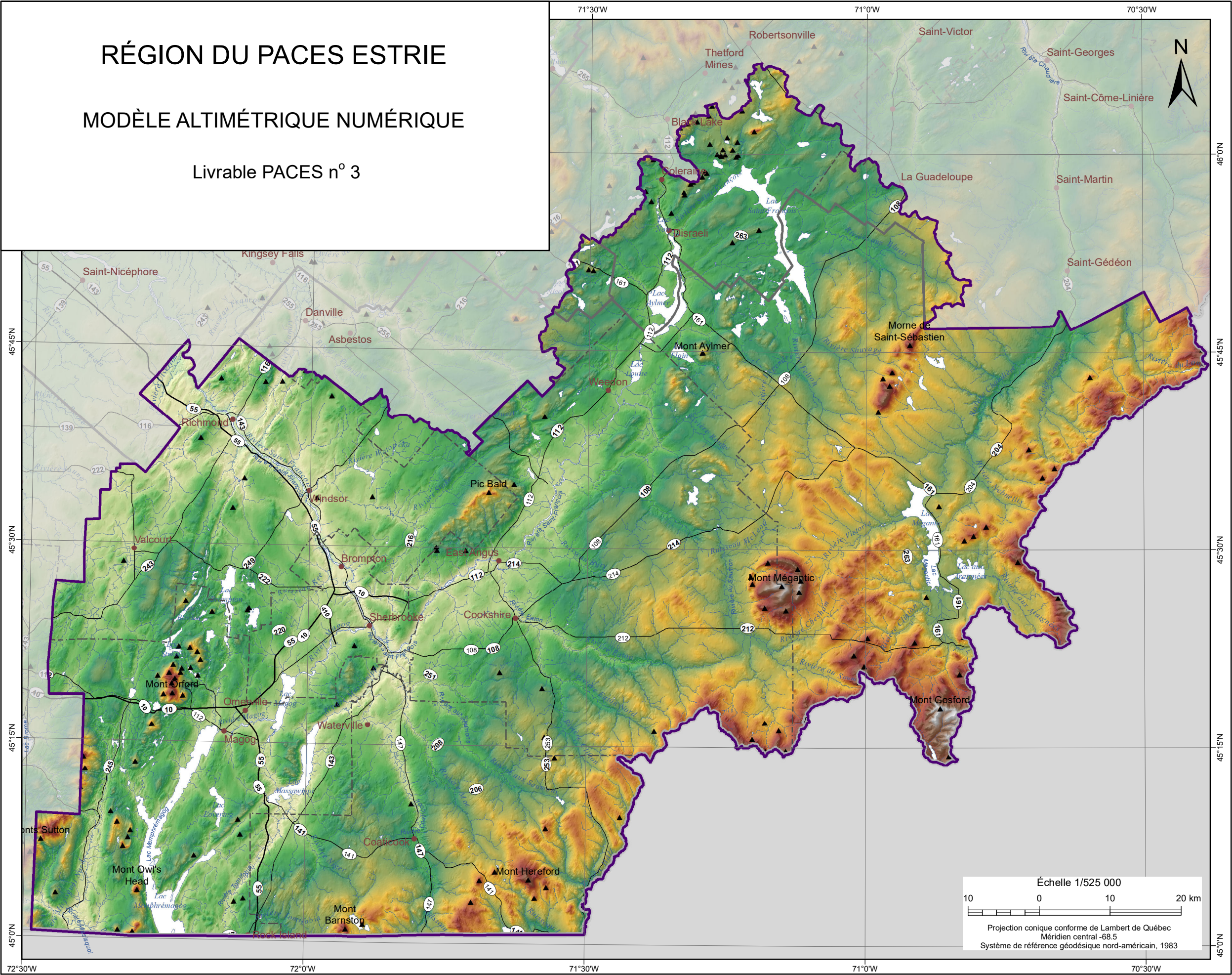
Beauce-Sartigan

Les Appalaches

Estrie

- Memphrémagog
- Coaticook
- Sherbrooke
- Le Granit
- Le Haut-Saint-François
- Le Val-Saint-François
- Les Sources

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



Légende

Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

Toponymie

- Lieu habité
- Sommet topographique

Réseau routier principal

- Autoroute
- Route nationale ou régionale

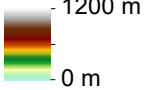
Limites administratives

- Frontière internationale
- Limite de région administrative
- Limite de municipalité régionale de comté

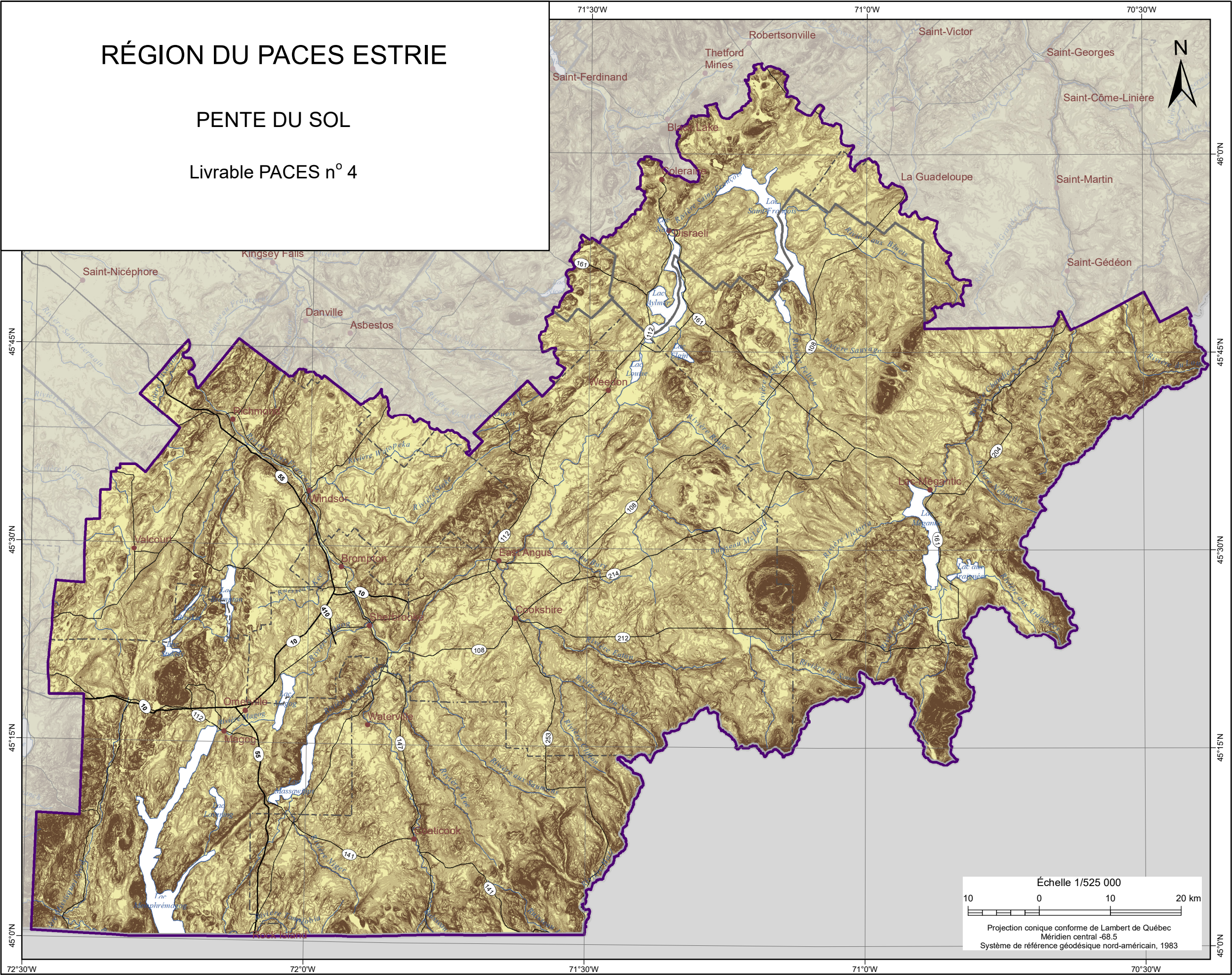
Réseau hydrographique

- Cours d'eau
- Étendue d'eau

Élévation du sol (en mètre par rapport au niveau moyen des mers)



Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique

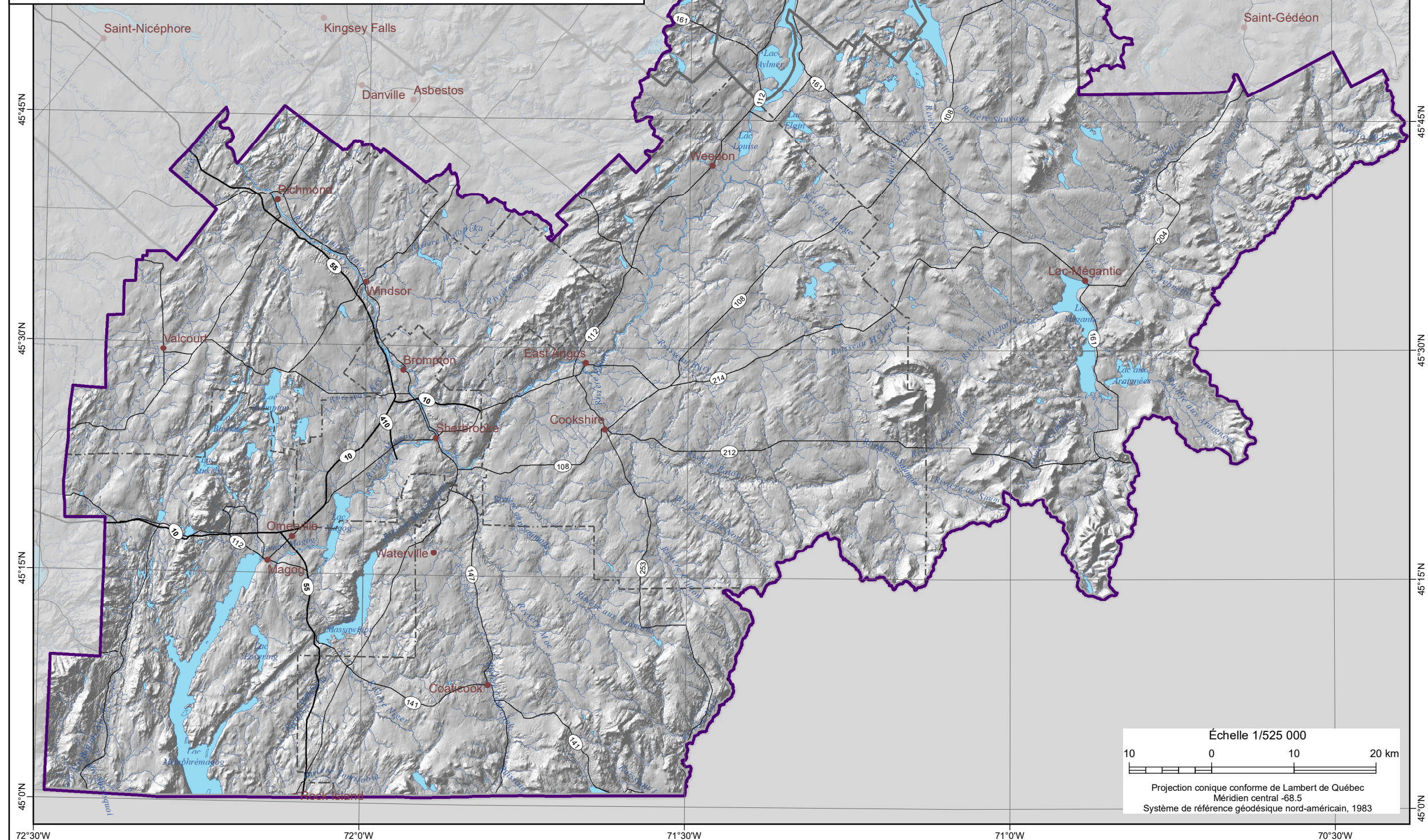


- Légende**
- Zone d'étude**
- Limite de la zone d'étude
- Toponymie**
- Lieu habité
- Réseau routier principal**
- Autoroute
 - Route nationale ou régionale
- Limites administratives**
- Frontière internationale
 - Limite de région administrative
 - Limite de municipalité régionale de comté
- Réseau hydrographique**
- Cours d'eau
 - Étendue d'eau
- Pente (%)**
- < 2
 - 2 - 6
 - 6 - 12
 - 12 - 18
 - > 18

RÉGION DU PACES ESTRIE

HYDROGRAPHIE

Livable PACES n° 5



Légende

Toponymie

- Lieu habité

Zone d'étude

- Limite de la zone d'étude

Réseau routier principal

- Autoroute
— Route nationale ou régionale

Limites administratives

- - - - Frontière internationale
 ——— Limite de région administrative
 - - - - Limite de municipalité régionale de comté

Réseau hydrographique

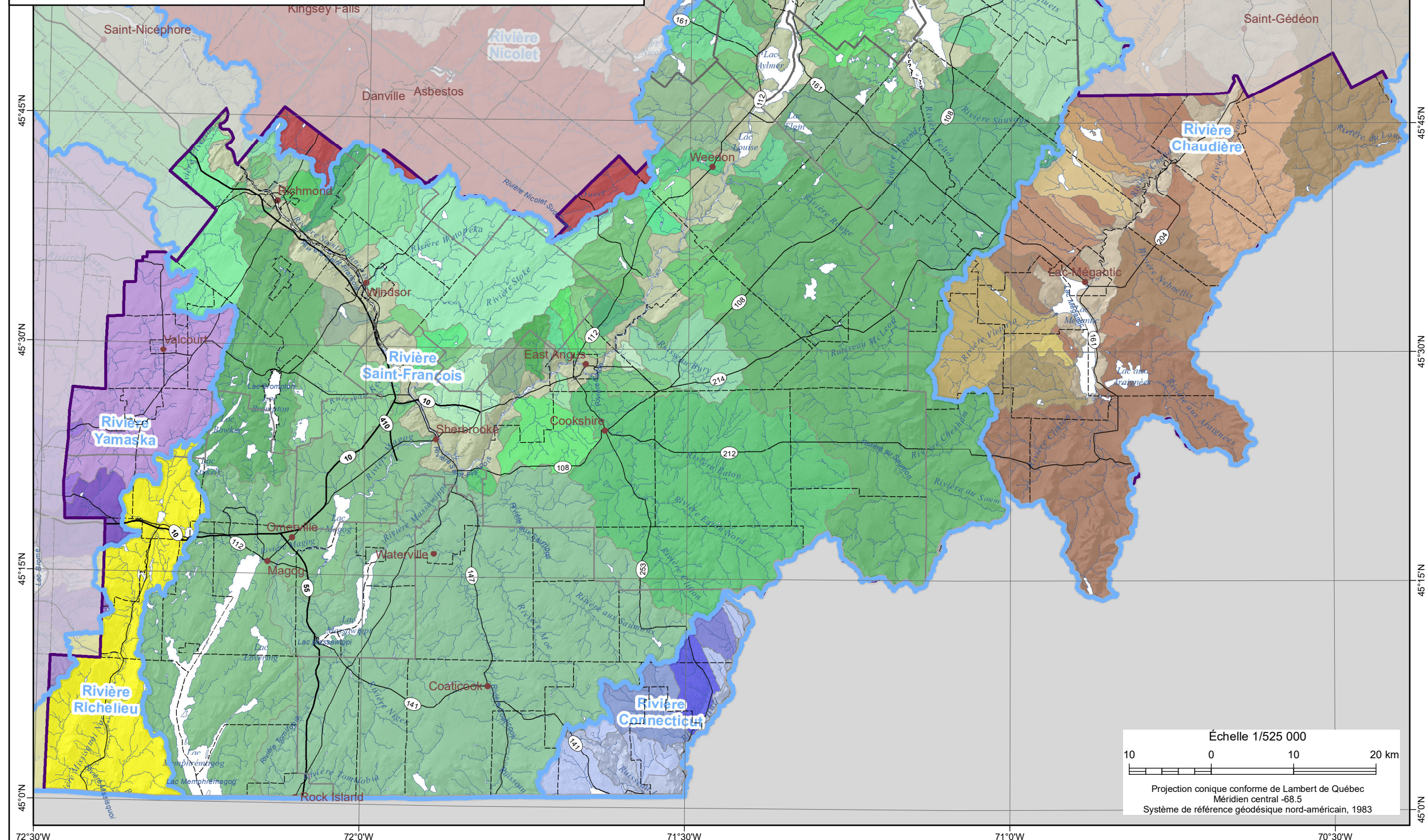
- Cours d'eau
 Étendue d'eau

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique

RÉGION DU PACES ESTRIE

LIMITES DE BASSINS ET DE SOUS-BASSINS

Livrable PACES n° 6



Légende

Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

Toponymie

Lieu habité

Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

Limites administratives

Frontière internationale

Limite de région administrative

Limite de municipalité régionale de comté

Limite de municipalité

Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

Limite de bassin (niveau 1)

Bassin de la rivière Bécancour

Bassin de la rivière Connecticut

Bassin de la rivière Richelieu

Bassin de la rivière Yamaska

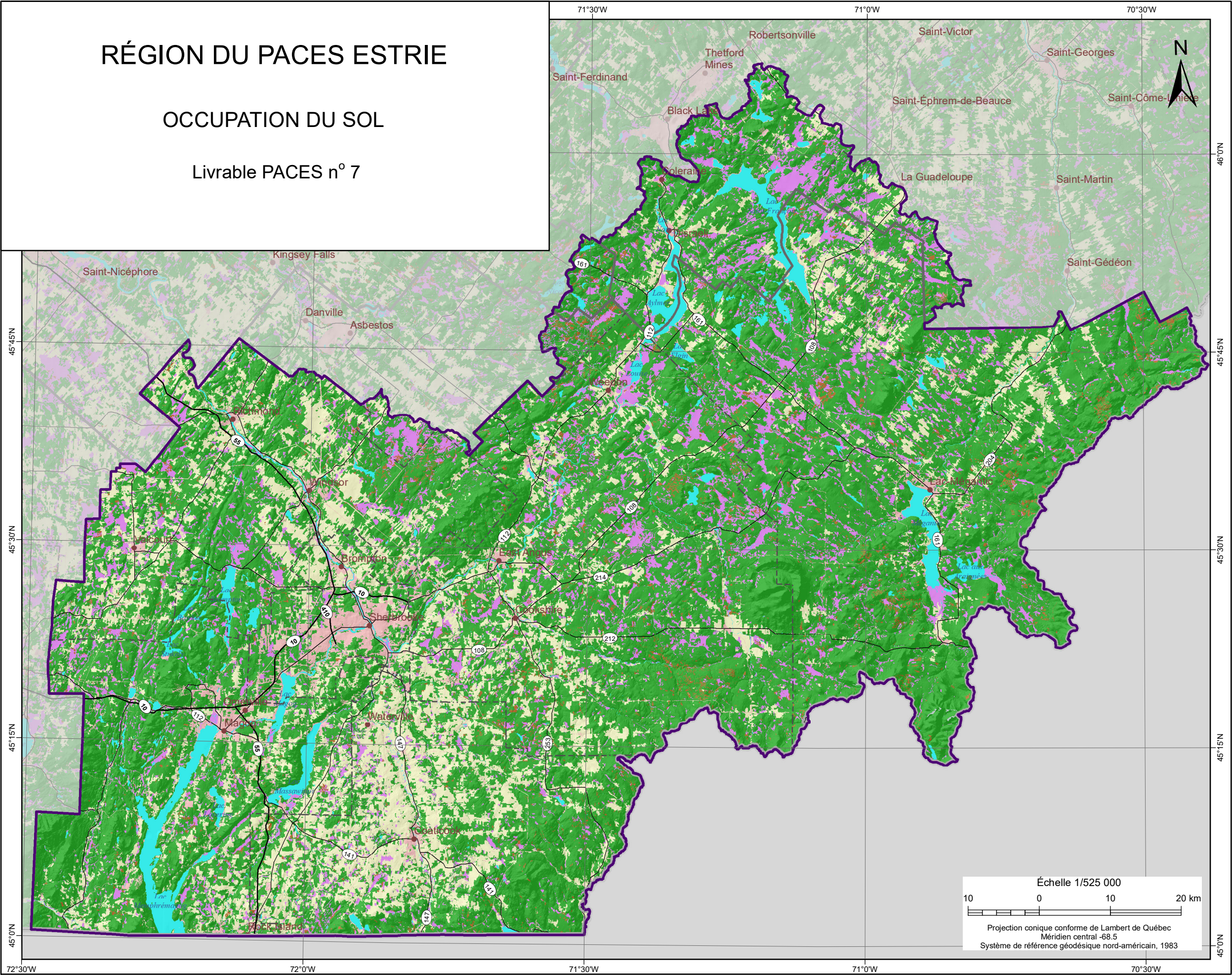
Bassin de la Rivière Chaudière

Bassin de la Rivière Nicolet

Bassin de la Rivière Saint-François

Les sous-bassins de niveau 2 sont indiqués par des trames dans le même ton à l'intérieur du bassin de niveau 1

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



Légende

Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

Toponymie

Lieu habité

Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

Limites administratives

Frontière internationale

Limite de région administrative

Limite de municipalité régionale de comté

Occupation du sol - Catégories

Agricole

Anthropique

Aquatique

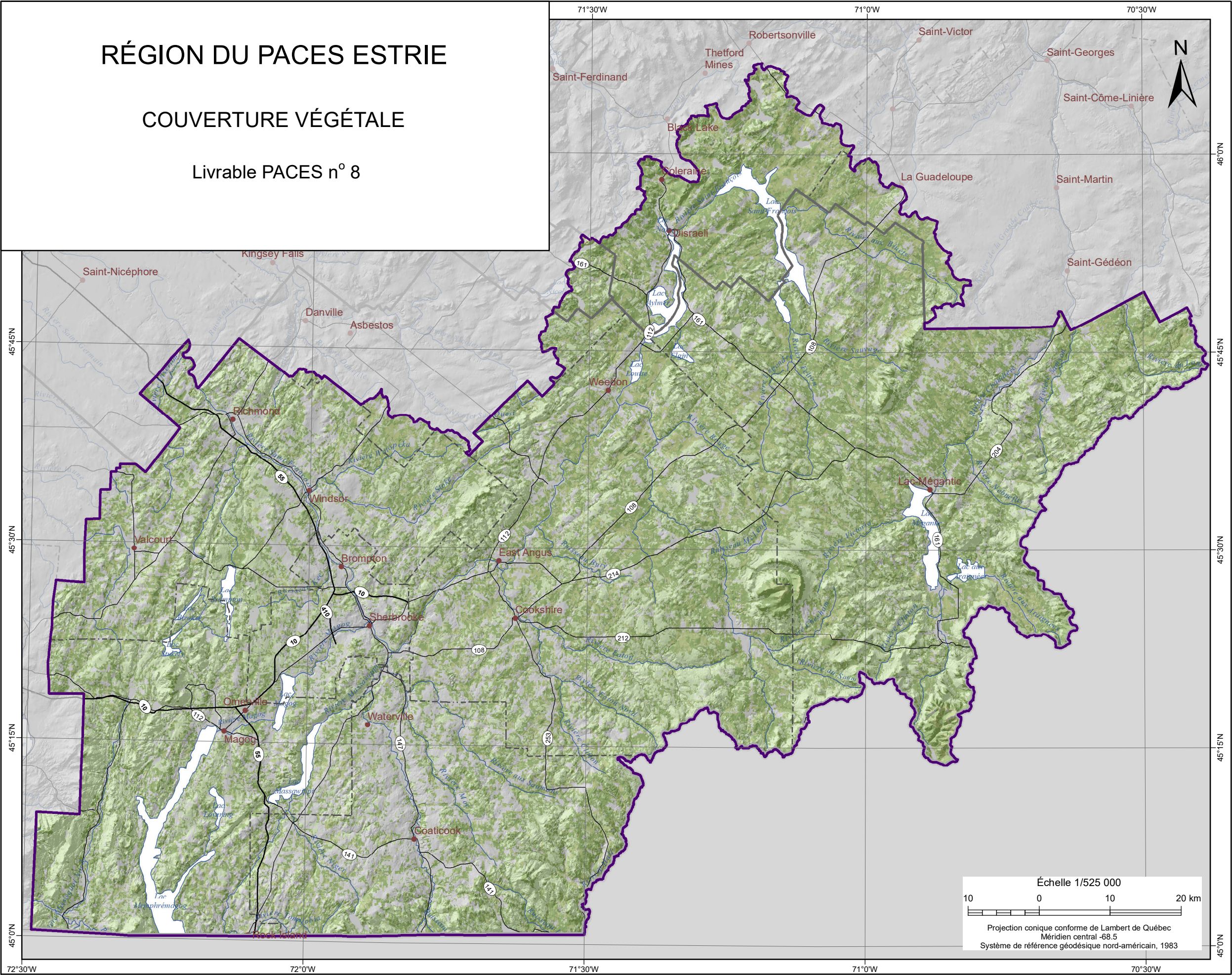
Coupe et régénération

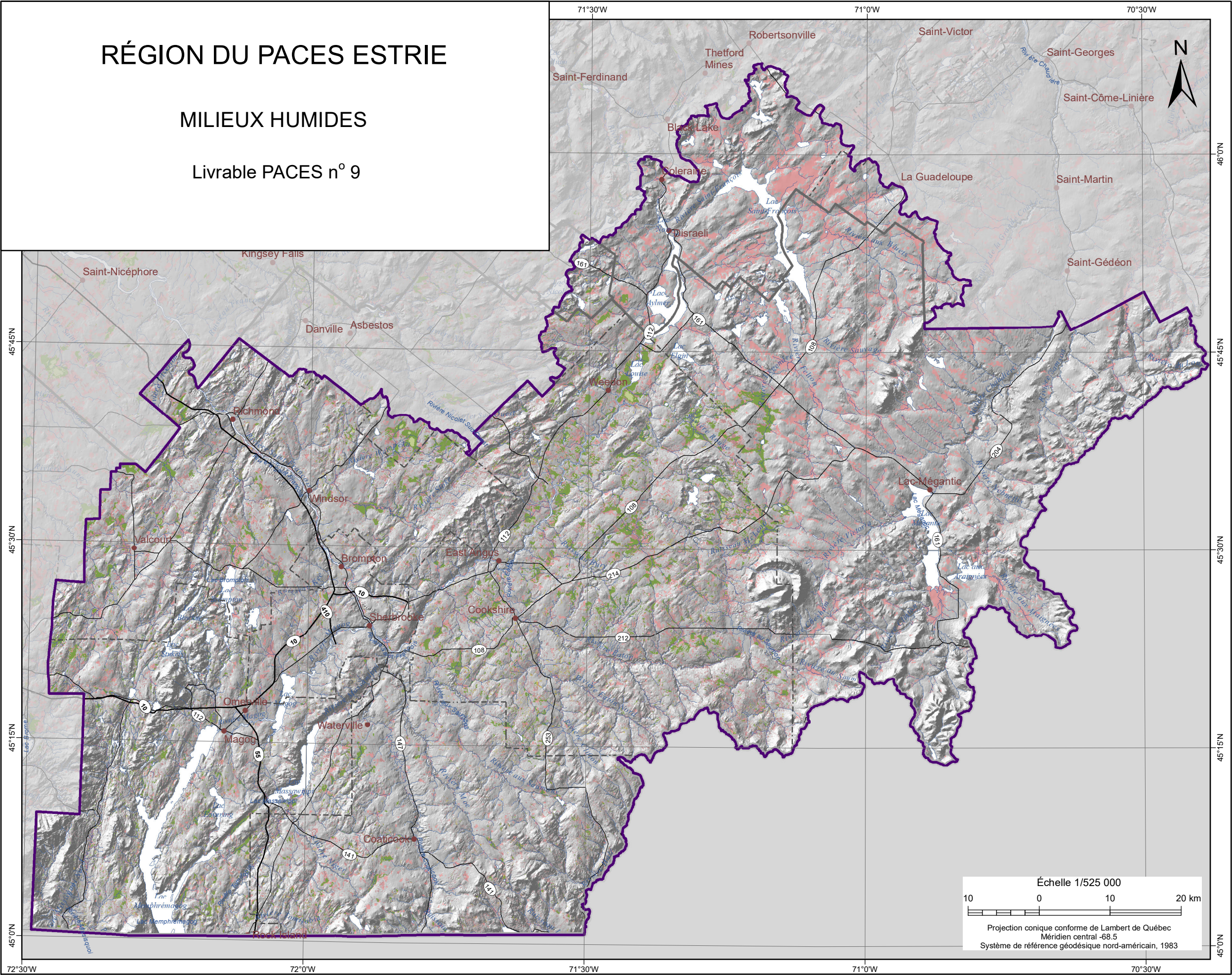
Forestier

Humide

Sol nus et landes et Non classifié

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



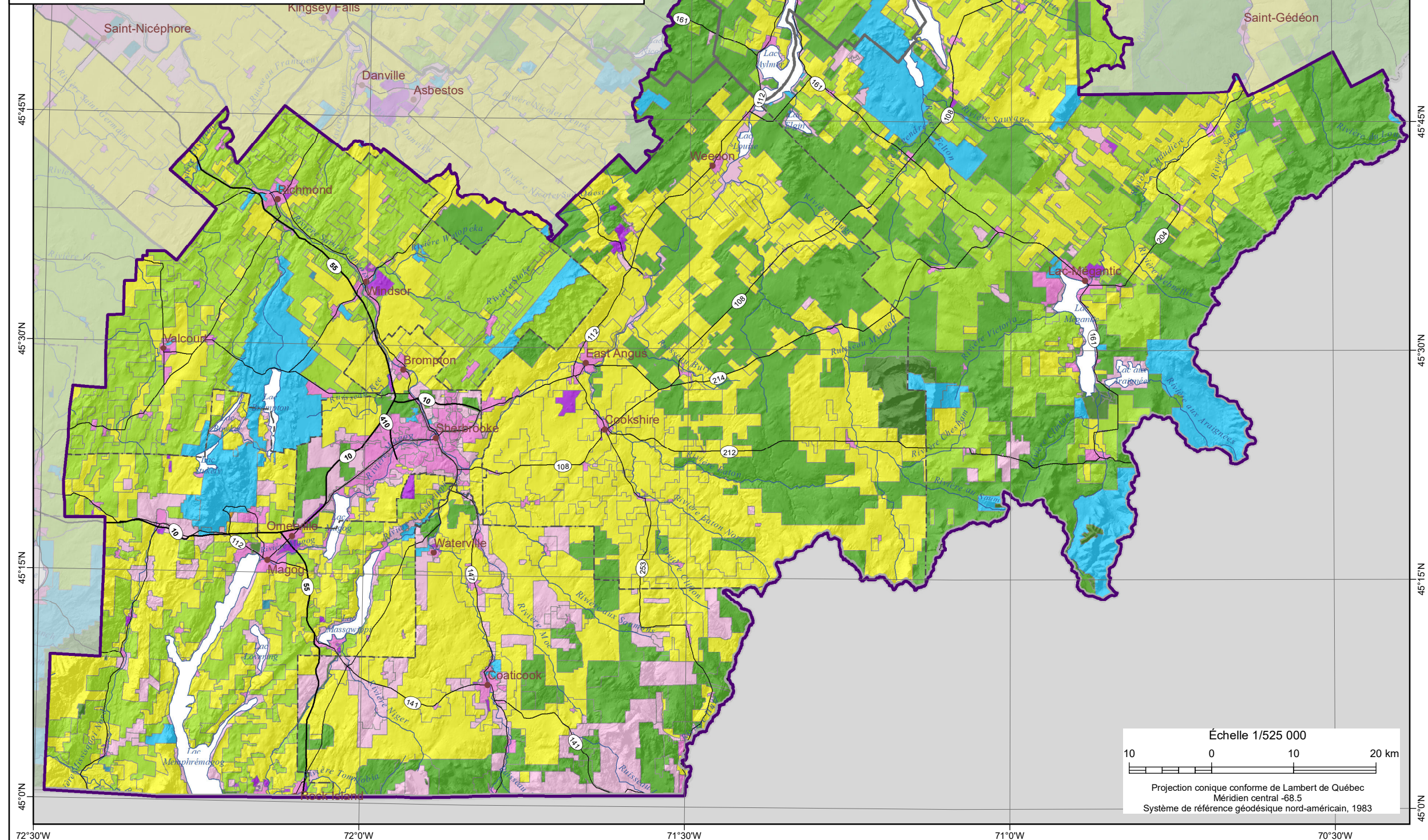


- Légende**
- Zone d'étude**
Limite de la zone d'étude
- Toponymie**
Lieu habité
- Réseau routier principal**
Autoroute
Route nationale ou régionale
- Limites administratives**
Frontière internationale
Limite de région administrative
Limite de municipalité régionale de comté
- Réseau hydrographique**
Cours d'eau
Étendue d'eau
- Millieux humides détaillés (2020)**
Prairie humide
Eau peu profonde
Marais
Marécage
Tourbière minérotrophe (*fen*)
Tourbière ombrotrophe (*bog*)
Tourbière boisée
- Millieux humides potentiels (2019)**
Non classé

RÉGION DU PACES ESTRIE

AFFECTATION DU TERRITOIRE

Livable PACES n° 10



Légende

Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

Toponymie

Lieu habité

Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

Limites administratives

Frontière internationale

Limite de région administrative

Limite de municipalité régionale de comté

Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

Affectation du territoire (thème provincial)

Agricole

Agroforestière

Commerciale

Conservation

Forestière

Industrielle

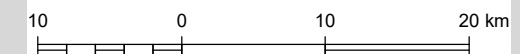
Publique

Récréative

Résidentielle

Urbaine

Échelle 1/525 000

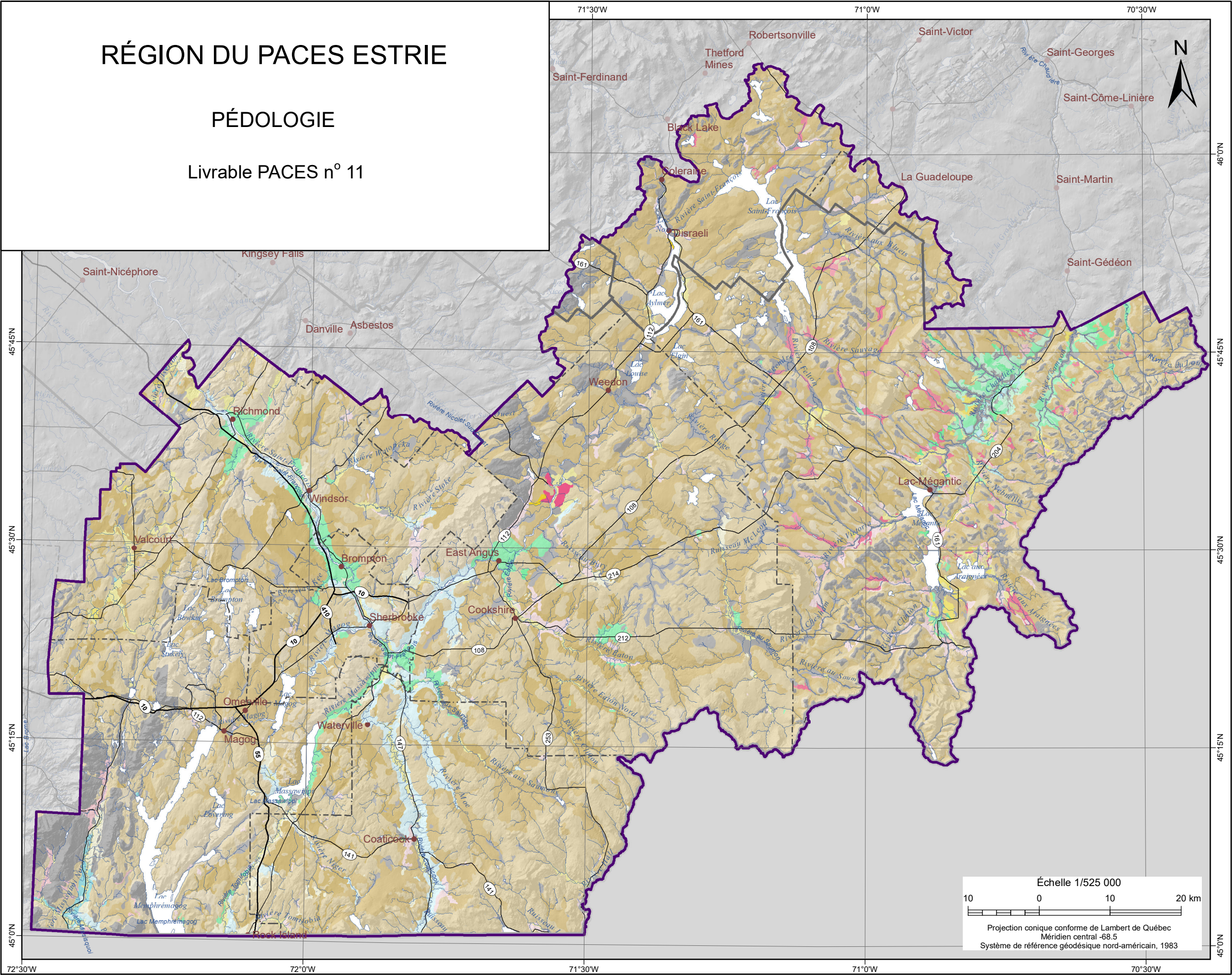


Projection conique conforme de Lambert de Québec
Méridien central -68.5
Système de référence géodésique nord-américain, 1983

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



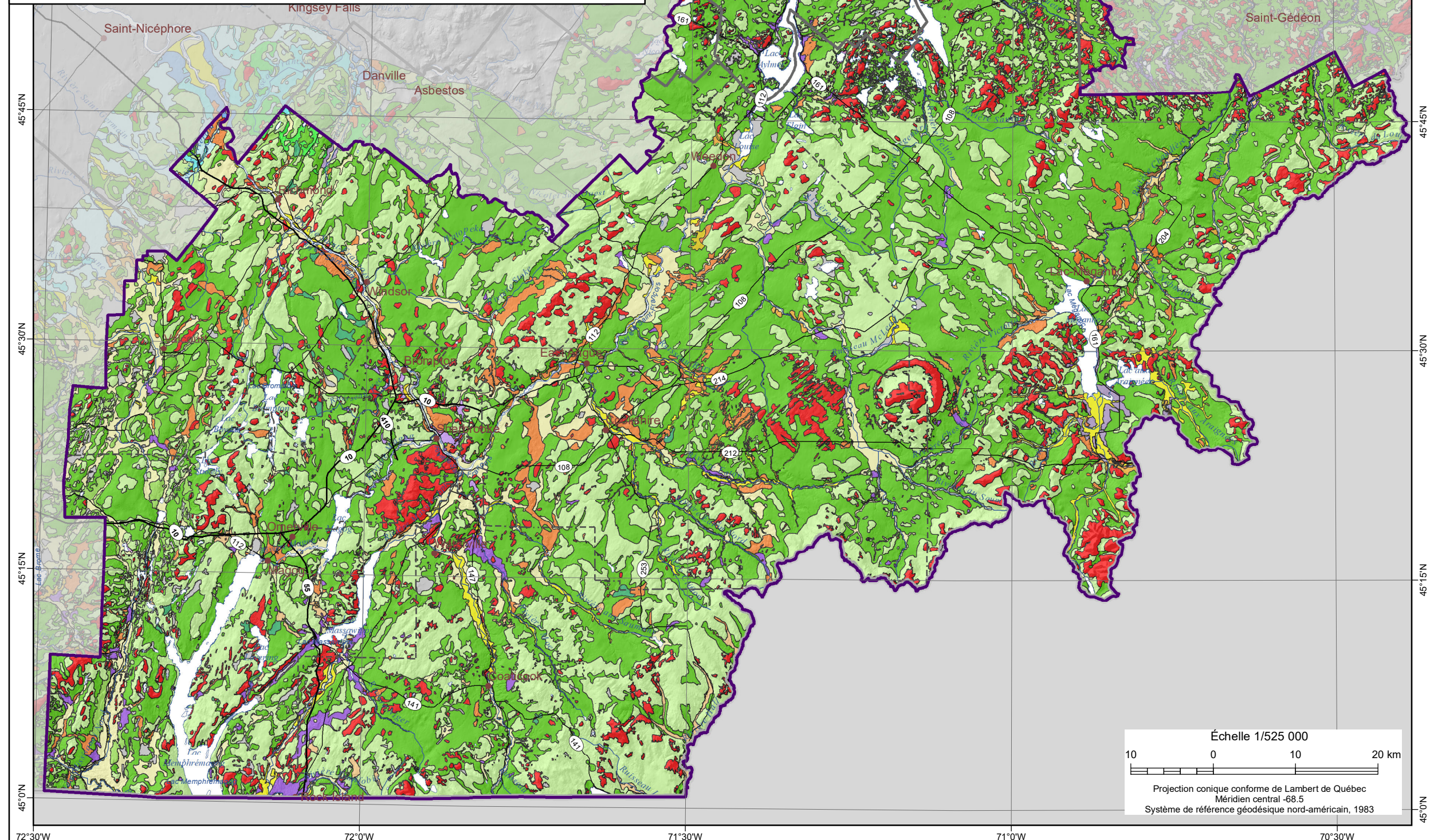
CONTEXTES GÉOLOGIQUES ET HYDROGÉOLOGIQUES



RÉGION DU PACES ESTRIE

GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE

Livrable PACES n° 12



Légende

Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

Toponymie

Lieu habité

Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

Géologie du Quaternaire

DÉPÔTS DE VERSANT

Ce Dépôts d'éboulis

SÉDIMENTS ORGANIQUES

O Sédiments organiques non différenciés

DÉPÔTS ÉOLIENS

Ed Sédiments éoliens

SÉDIMENTS ALLUVIAUX

Ap Alluvions actuelles

At Alluvions des terrasses fluviales

Ax Alluvions des terrasses anciennes

A Alluvions non différenciées

SÉDIMENTS LACUSTRES

Lb Sédiments littoraux et pré-littoraux

L Sédiments lacustres non différenciés

SÉDIMENTS MARINS

Md Sédiments deltaïques et prodeltaïques

Mb Sédiments littoraux et pré-littoraux

Ma Sédiments fins d'eau profonde

SÉDIMENTS GLACIOLACUSTRES

LGd Sédiments deltaïques et prodeltaïques

LGb Sédiments littoraux et pré-littoraux

LGa Sédiments fins d'eau profonde

LG Sédiments glaciolacustres non différenciés

SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

Go Sédiments d'épandage proglaciaire subaérien

Gs Sédiments d'épandage proglaciaire subaquatique

Gx Sédiments juxtaglaciaires

GxT Sédiments de la moraine frontale

G Sédiments proglaciaires non différenciés

SÉDIMENTS GLACIAIRES

Tf Till de fusion ou d'ablation

Tr Till remanié en couverture continue

Tc Till en couverture généralement continue

Tm Till en couverture mine et discontinue

T Till non différencié

QUATERNAIRE ANCIEN

Q Formations quaternaires anciennes non différenciées

PRÉ-QUATERNAIRE

SUBSTRAT ROCHEUX

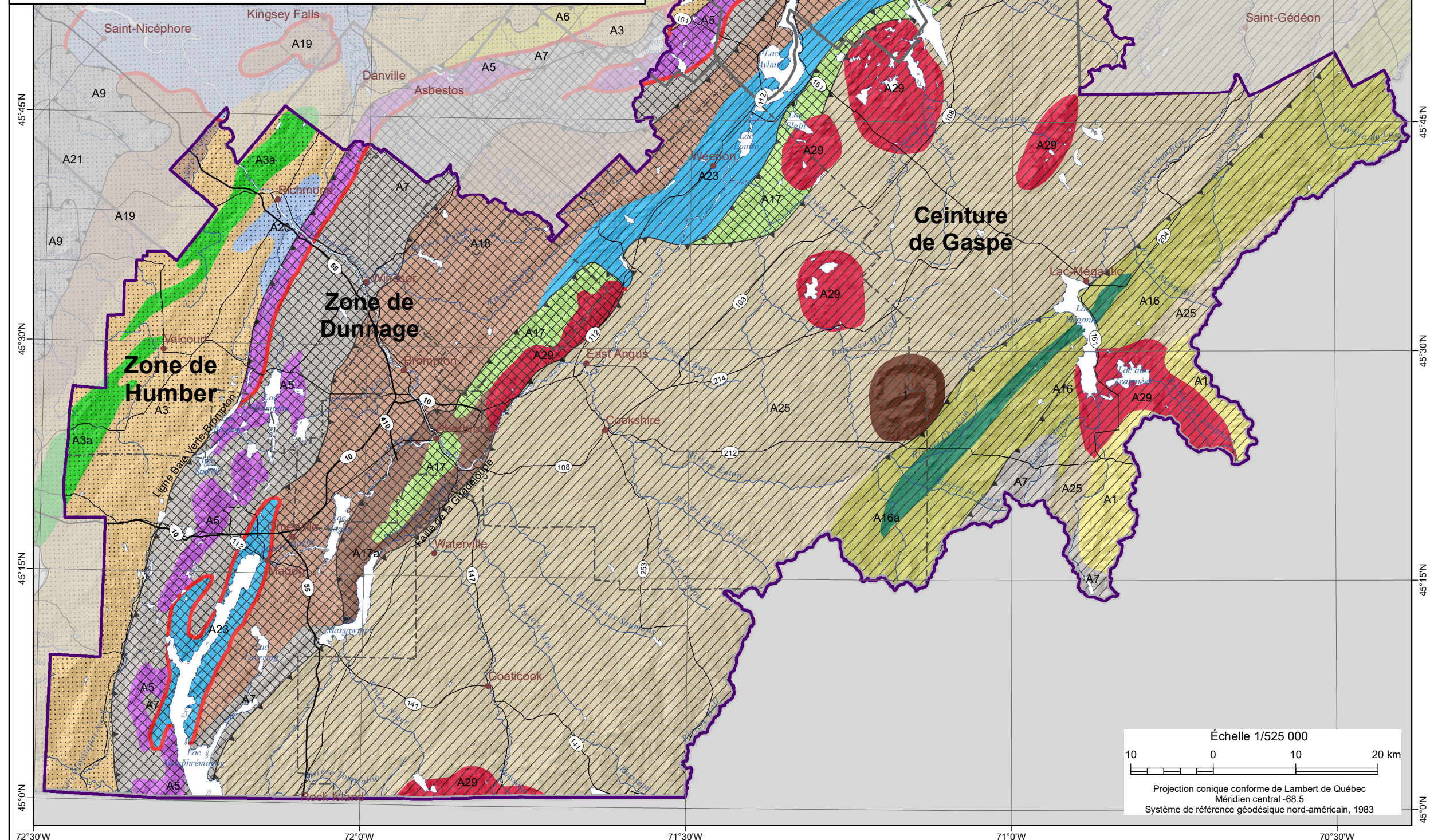
R Roche en place non différenciée

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique

RÉGION DU PACES ESTRIE

GÉOLOGIE DU ROC

Livable PACES n° 13



Légende

Zone d'étude

 Limite de la zone d'étude

Toponymie

- Lieu habité

Réseau routier principal

— Autoroute

— Route nationale ou régionale

Réseau hydrographique

— Cours d'eau

☐ Étendue d'eau

Faille

 Chevauchement

~~~~ Discordance

### Sous-province géologique

Zone de Humber

 Zone de Dunnage

/// Ceinture de Gaspé

### Province géologique des Appalaches

## Crétacé

1 *Roches intrusives alcalines intermédiaires à ultramafiques, brèches de diatrème associées et cornéennes*

## Dévonien

**A29** Granite, granodiorite et syénite

## Silurien et Dévonien

**A25** Mudrock, grès, calcaire et conglomérat

**A23** Calcaire, siltstone, grès et conglomérat

## Ordovicien à Silurien Inférieur

**A29** Calcaire argileux, ardoise, mudrock, grès et conglomérat

A19 Ardoise et mudrock

**A18** *Schiste ardoisier, grès, mudrock et roches volcanoclastiques*

**A17a** *Shale et ardoise*

**A17** *Roches volcaniques mafiques, tuf felsique et schiste*

**A16a** *Roches volcaniques mafiques*

## Cambrien à Ordovicien Inférieur

**A7** Blocs et copeaux de grès, de roches volcaniques, de granite, de gabbro et de serpentinite

**A6** Grès quartzitique, mudrock, ardoise, conglomérat et calcaire

**A5** *Roches intrusives mafiques à ultramafiques, roches volcaniques mafiques et amphibolite*

### Néoprotérozoïque à Ordovicien Inférieur

**A3a** *Roches volcaniques mafiques*

**A3** *Phyllade, schiste, ardoise, grès, quartzite, dolomie et conglomérat*

## Protérozoïque

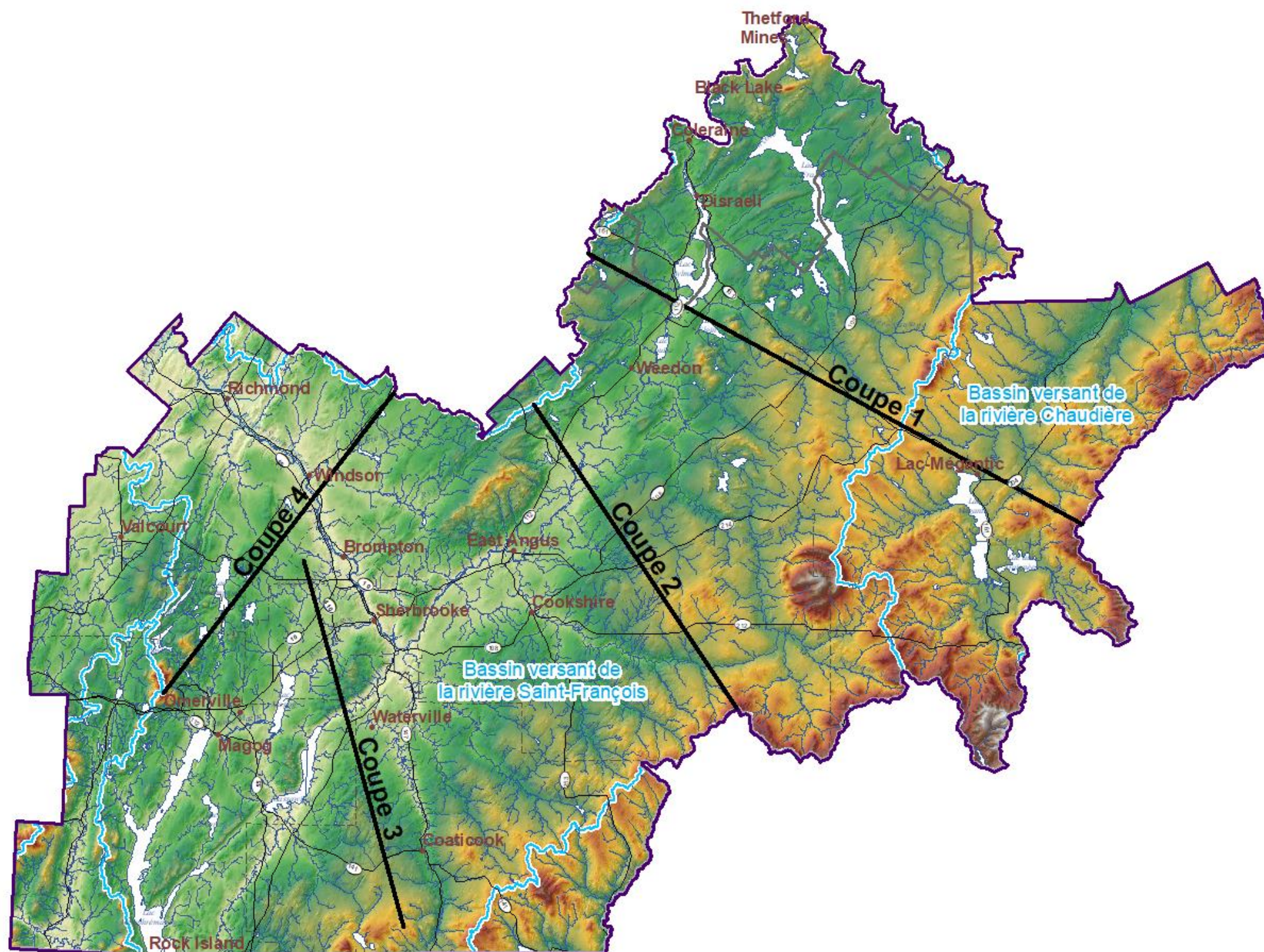
**A1** *Paragneiss, roches intrusives granulitiques et roches métavolcaniques felsiques*

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



## Livrable PACES n° 14 – Coupes stratigraphiques et hydrostratigraphiques

### LOCALISATION DES COUPES

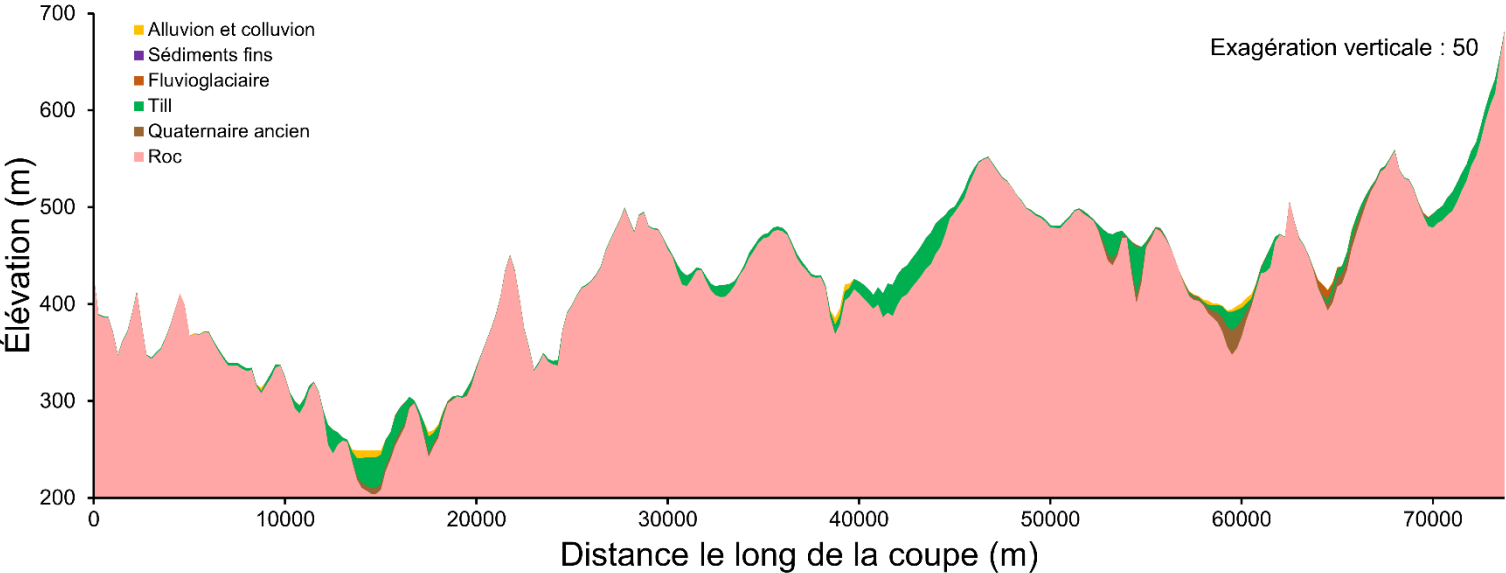




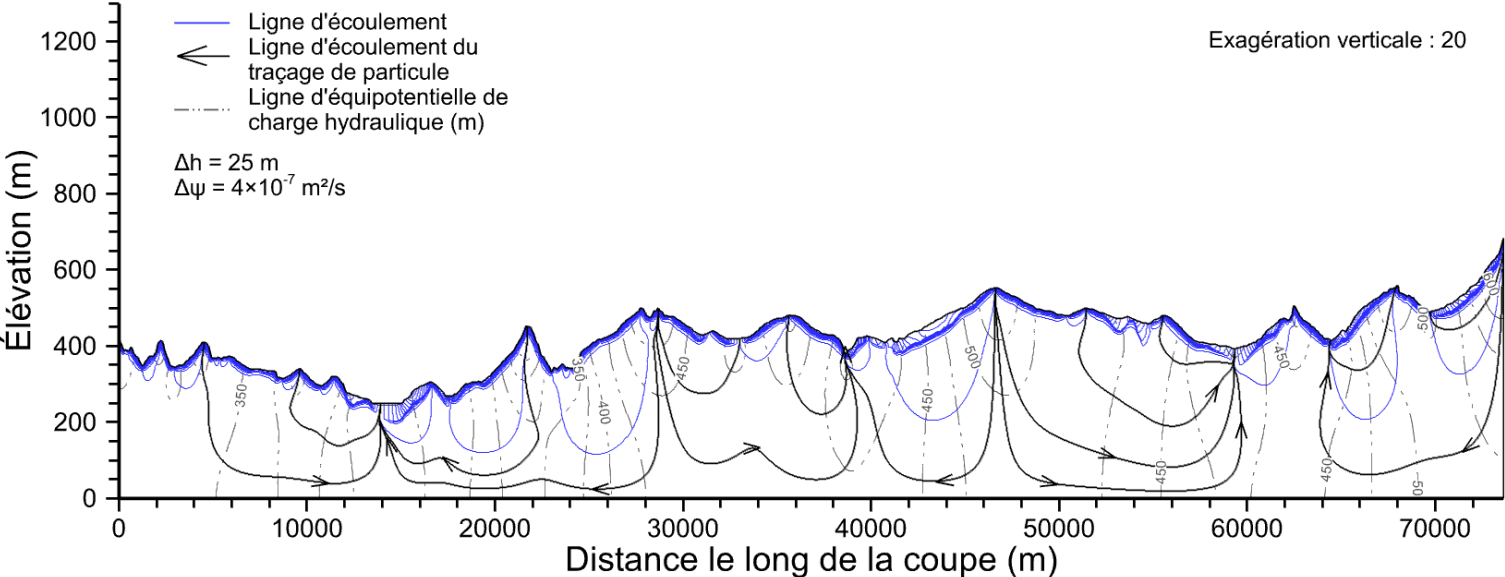
Livrable PACES n° 14 – Coupes stratigraphiques et hydrostratigraphiques

COUPE 1

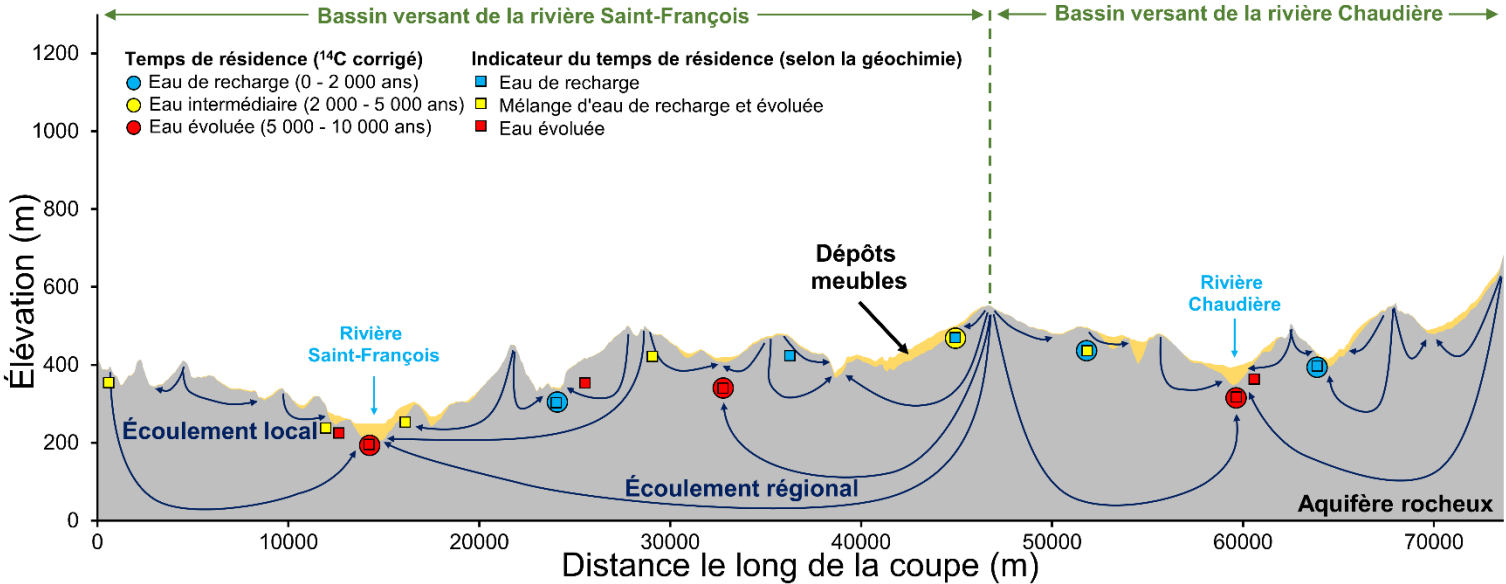
Coupe géologique



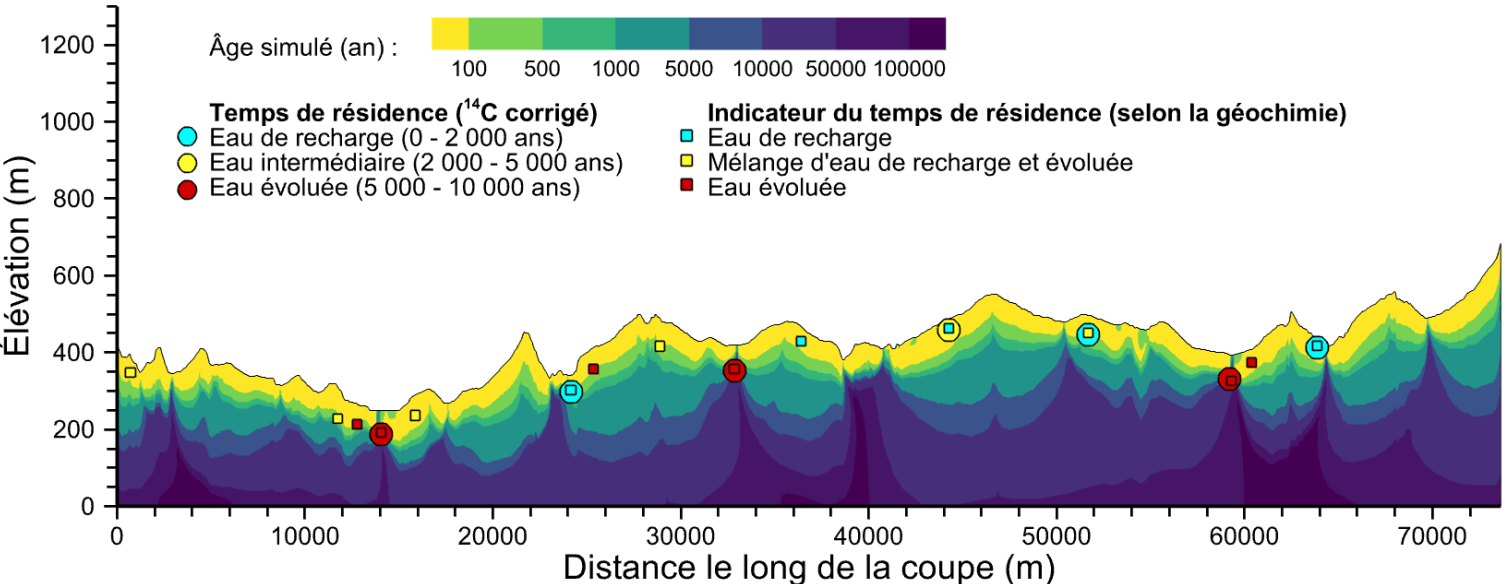
Simulation de l'écoulement de l'eau souterraine



Coupe conceptuelle hydrogéologique



Simulation de l'âge de l'eau souterraine

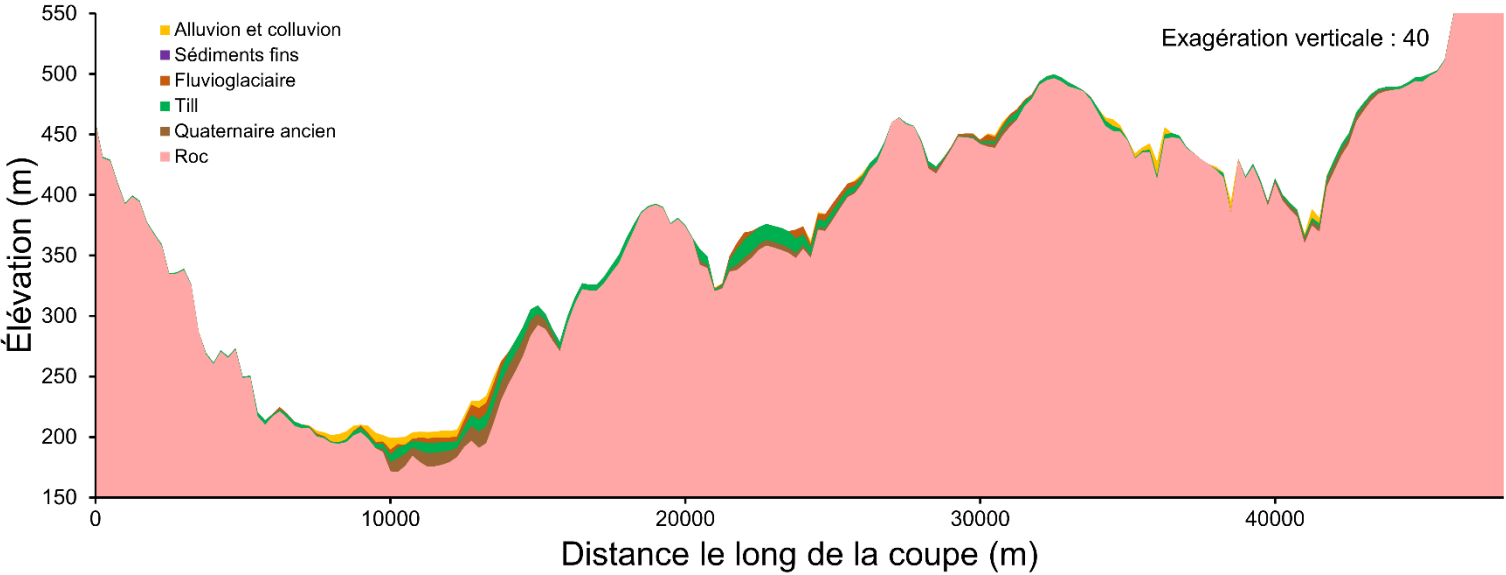




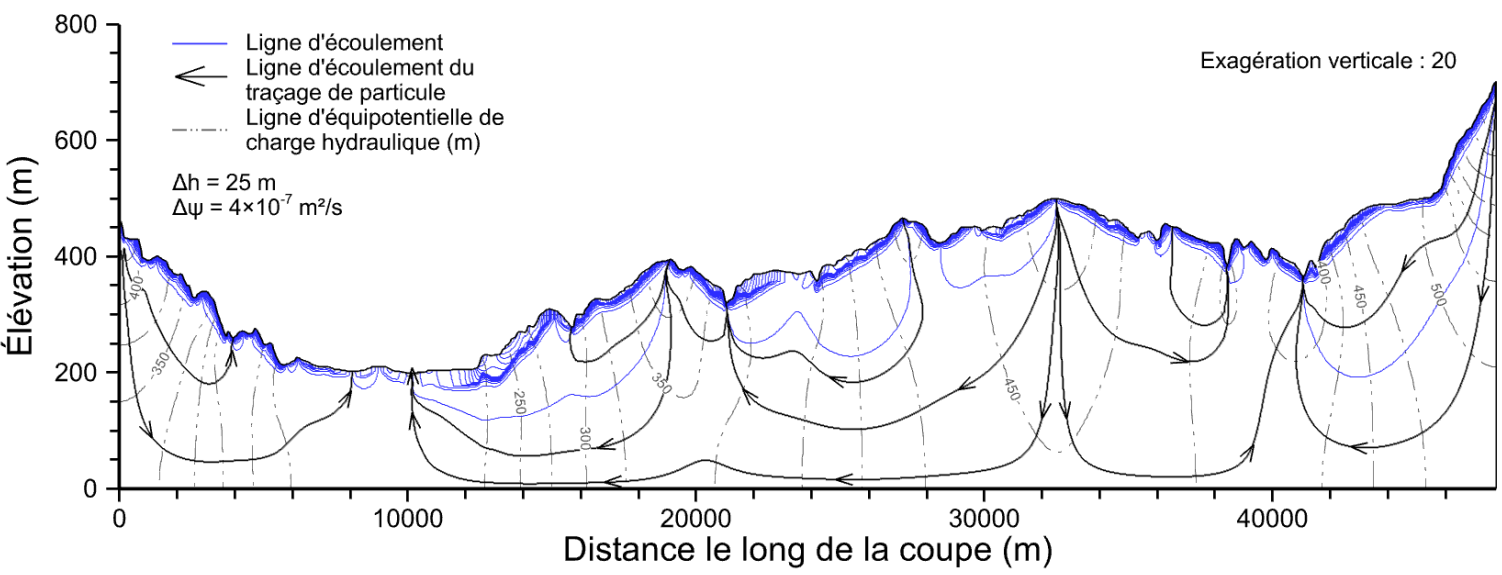
Livrable PACES n° 14 – Coupes stratigraphiques et hydrostratigraphiques

COUPE 2

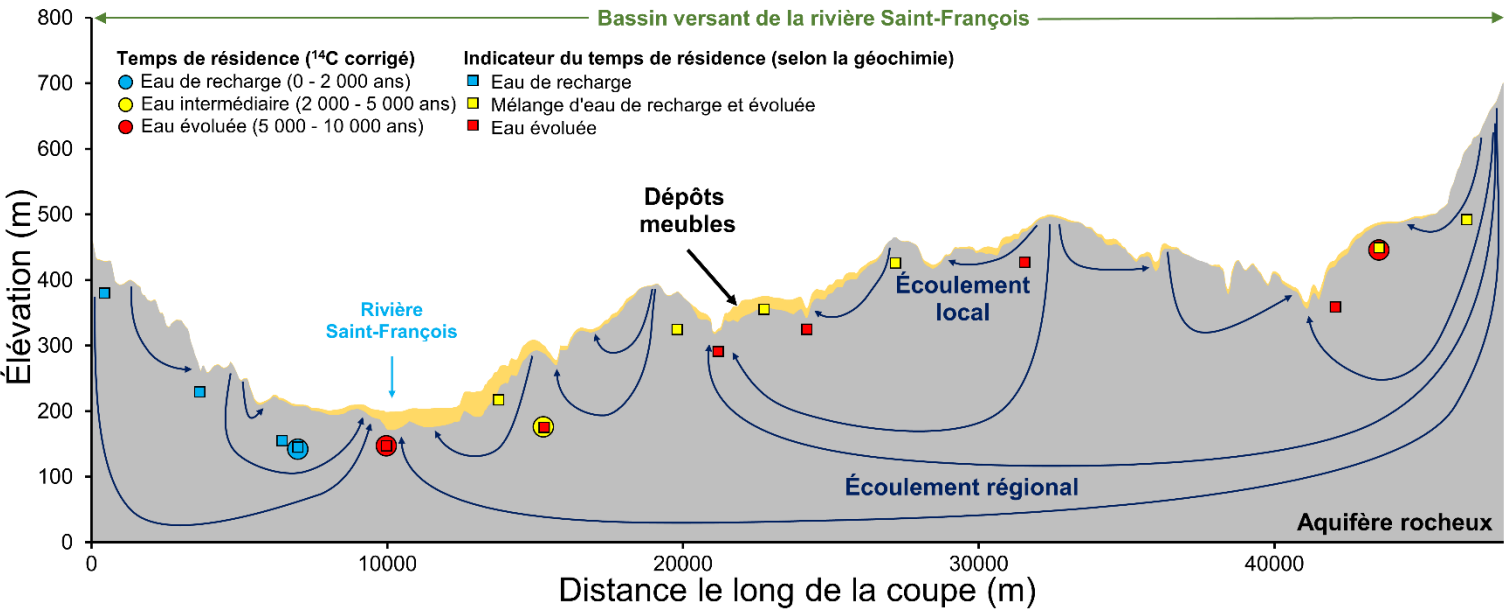
Coupe géologique



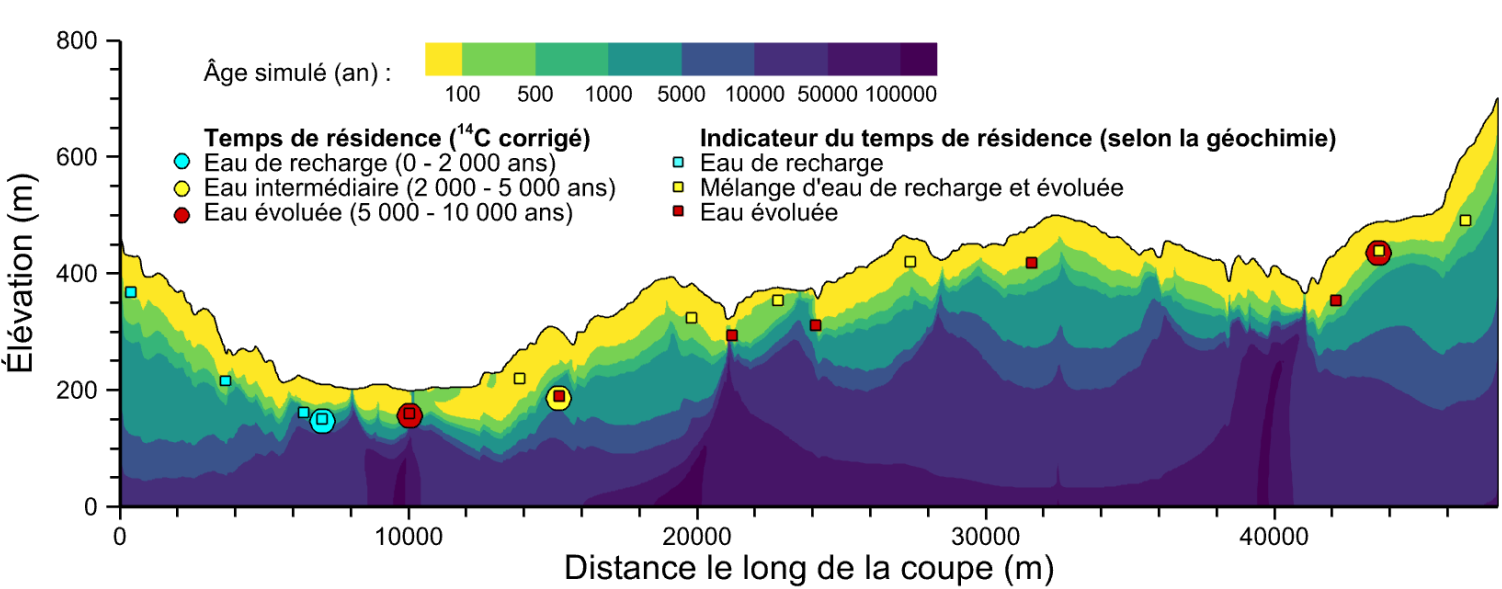
Simulation de l'écoulement de l'eau souterraine



Coupe conceptuelle hydrogéologique



Simulation de l'âge de l'eau souterraine

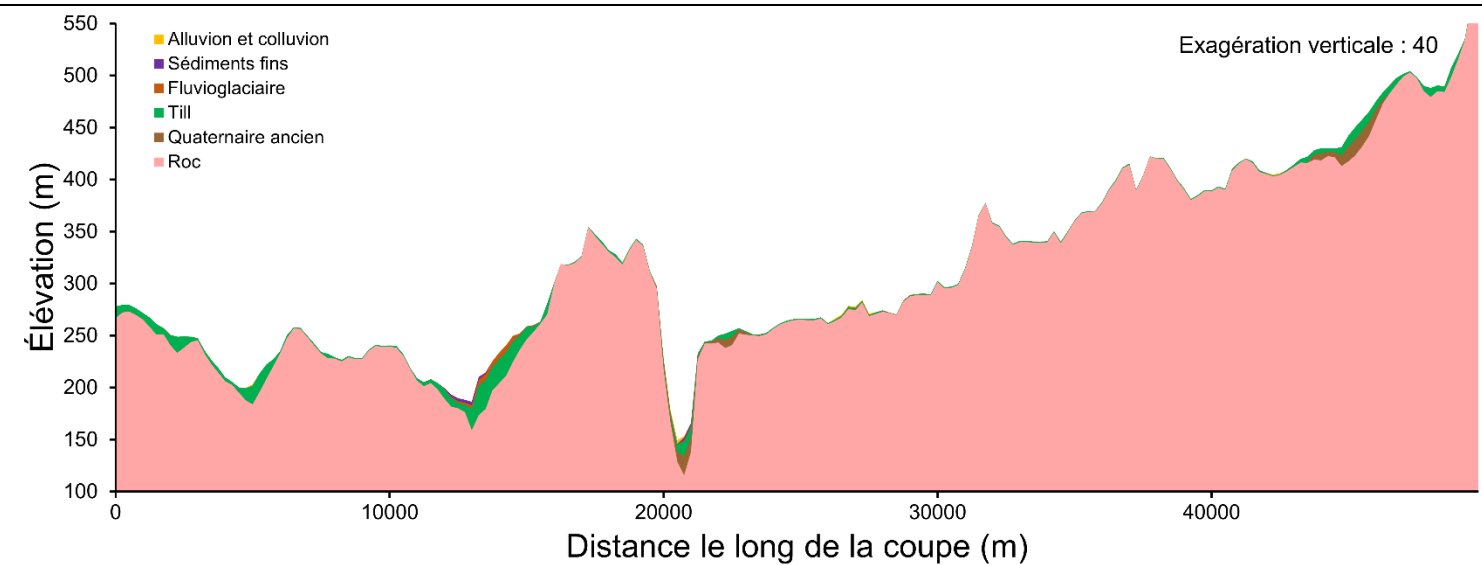




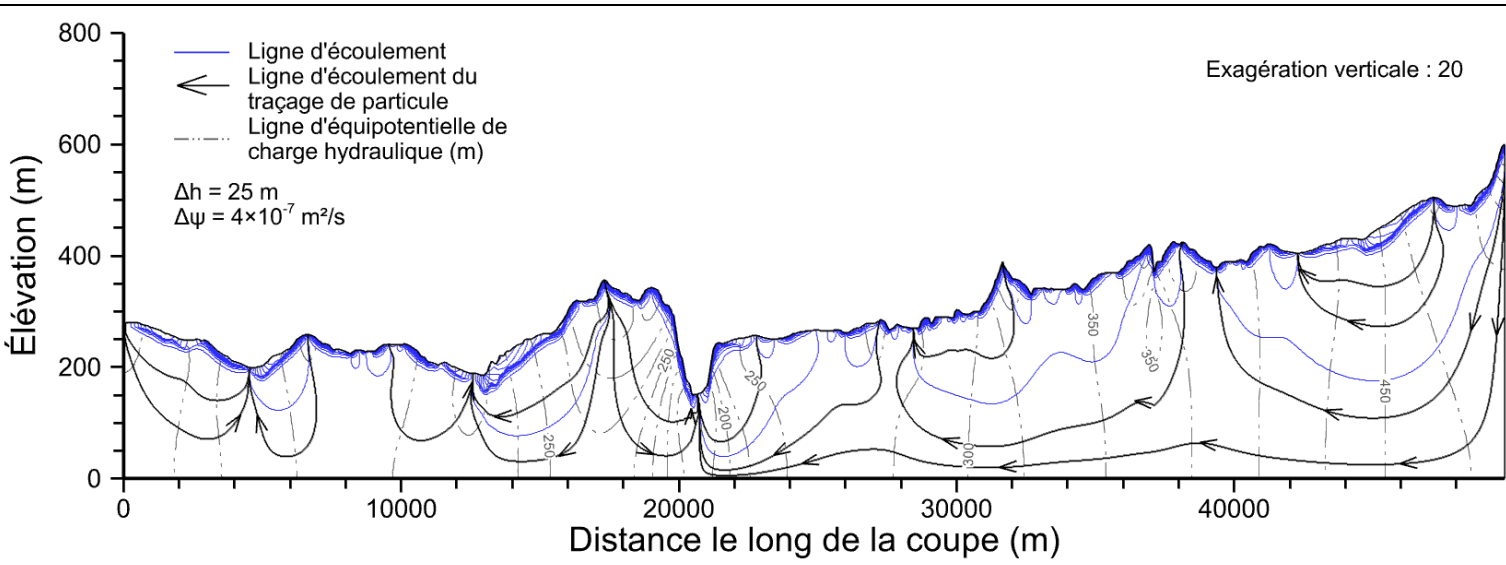
Livrable PACES n° 14 – Coupes stratigraphiques et hydrostratigraphiques

COUPE 3

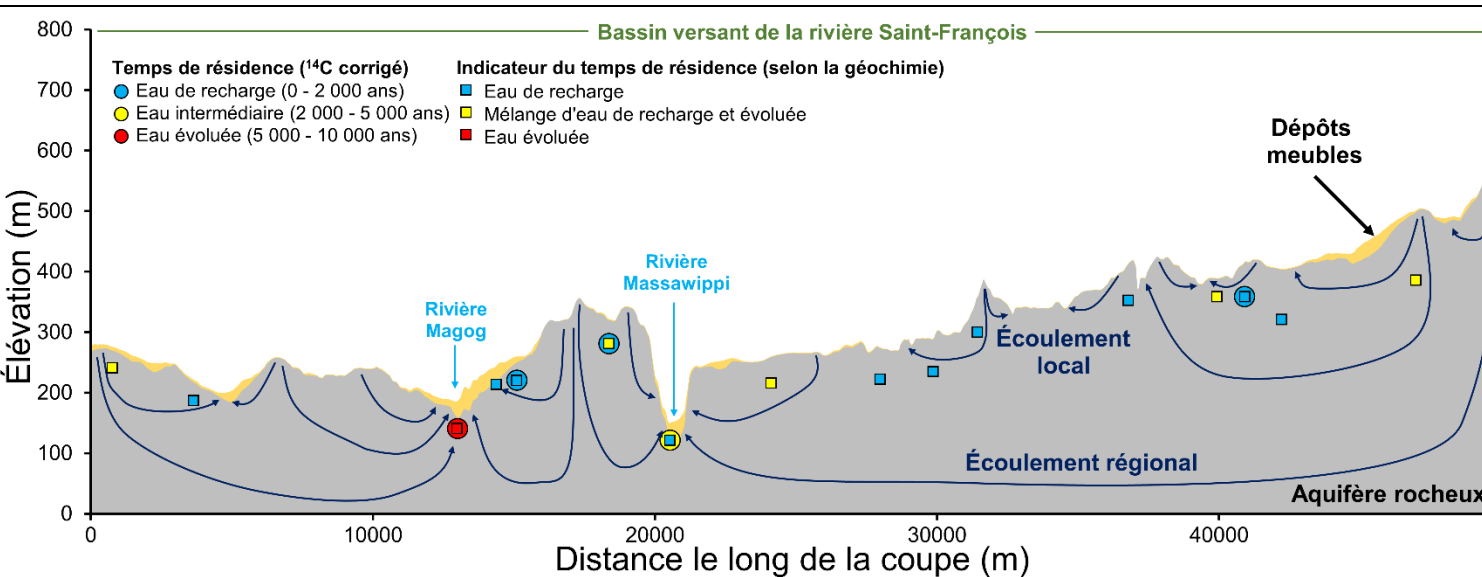
Coupe géologique



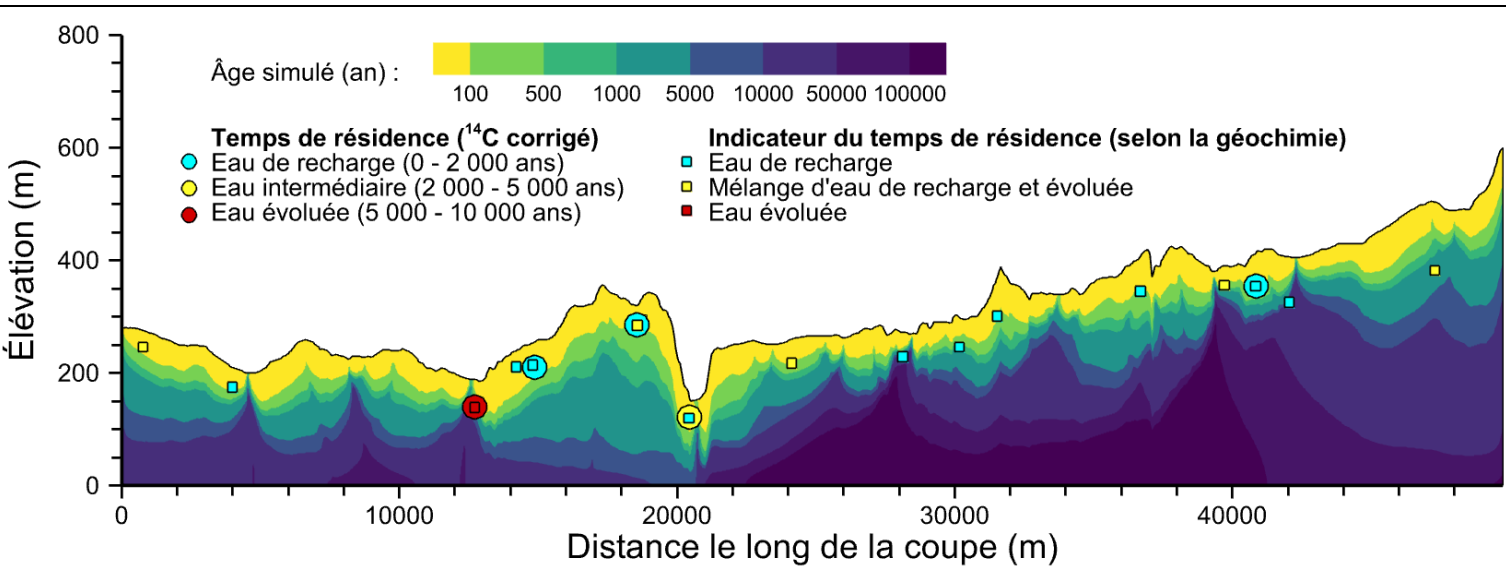
Simulation de l'écoulement de l'eau souterraine



Coupe conceptuelle hydrogéologique



Simulation de l'âge de l'eau souterraine

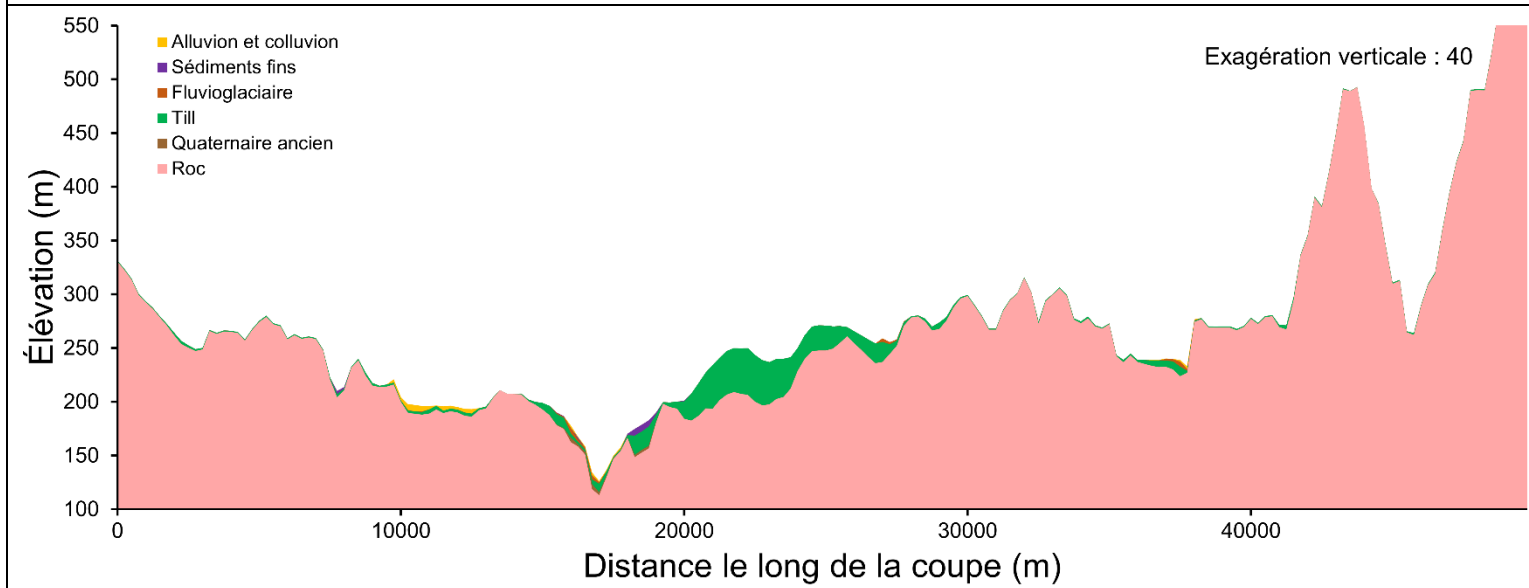




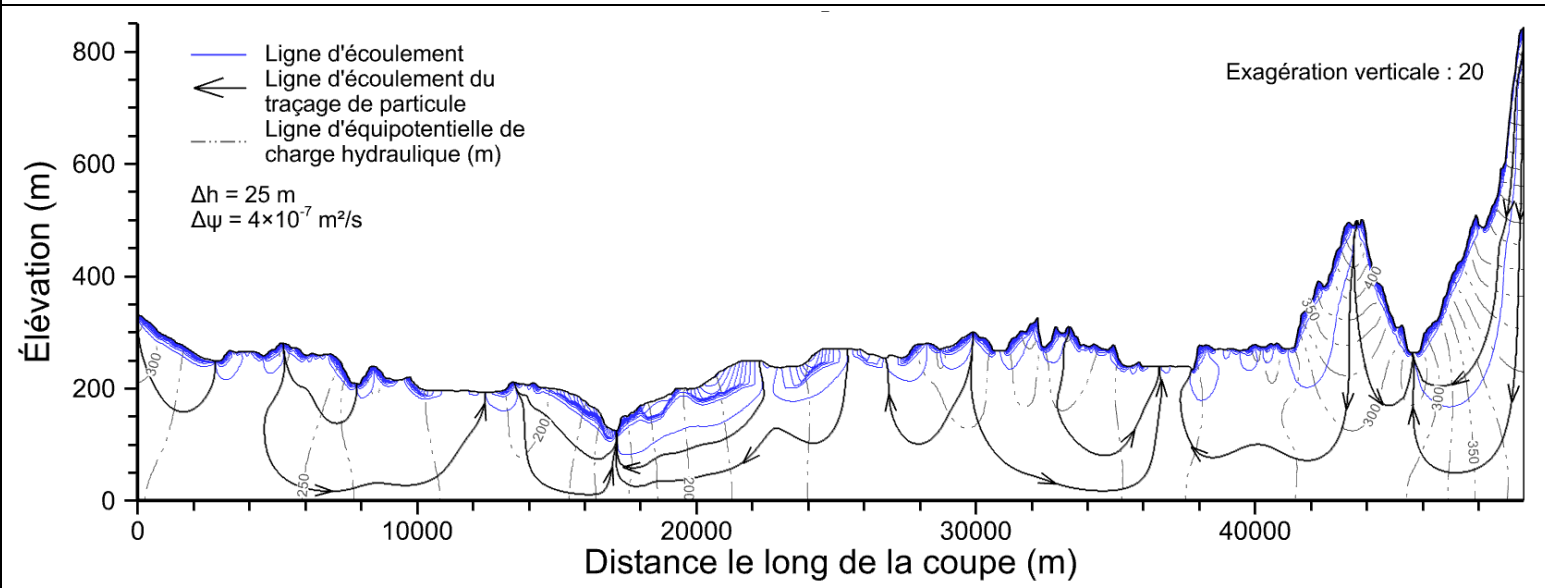
Livrable PACES n° 14 – Coupes stratigraphiques et hydrostratigraphiques

COUPE 4

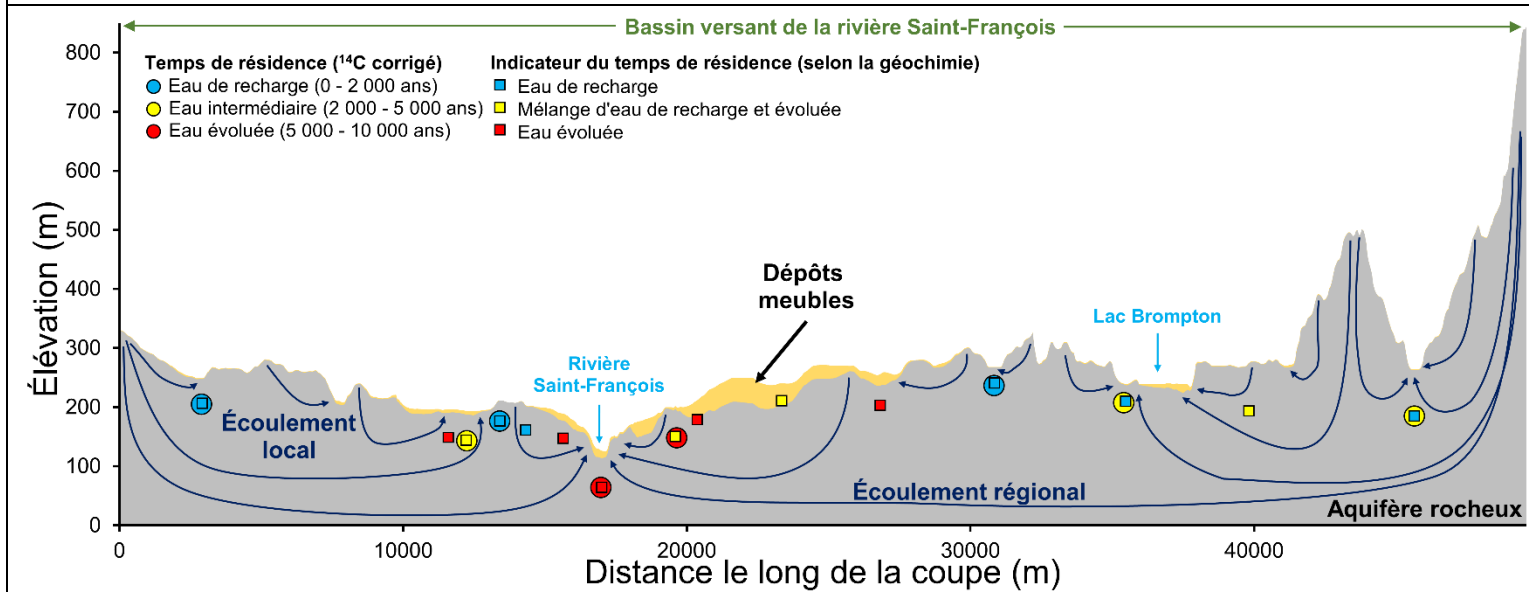
Coupe géologique



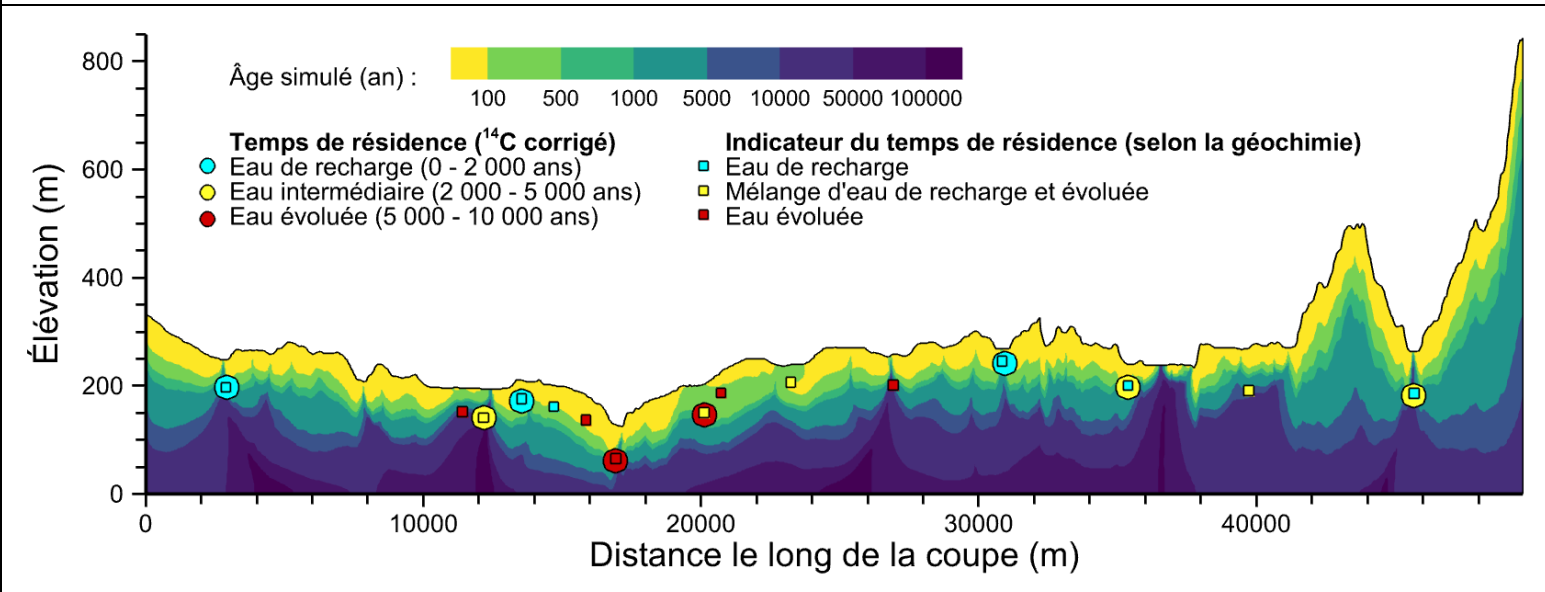
Simulation de l'écoulement de l'eau souterraine



Coupe conceptuelle hydrogéologique



Simulation de l'âge de l'eau souterraine

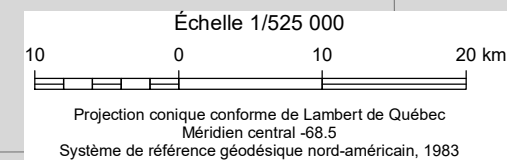
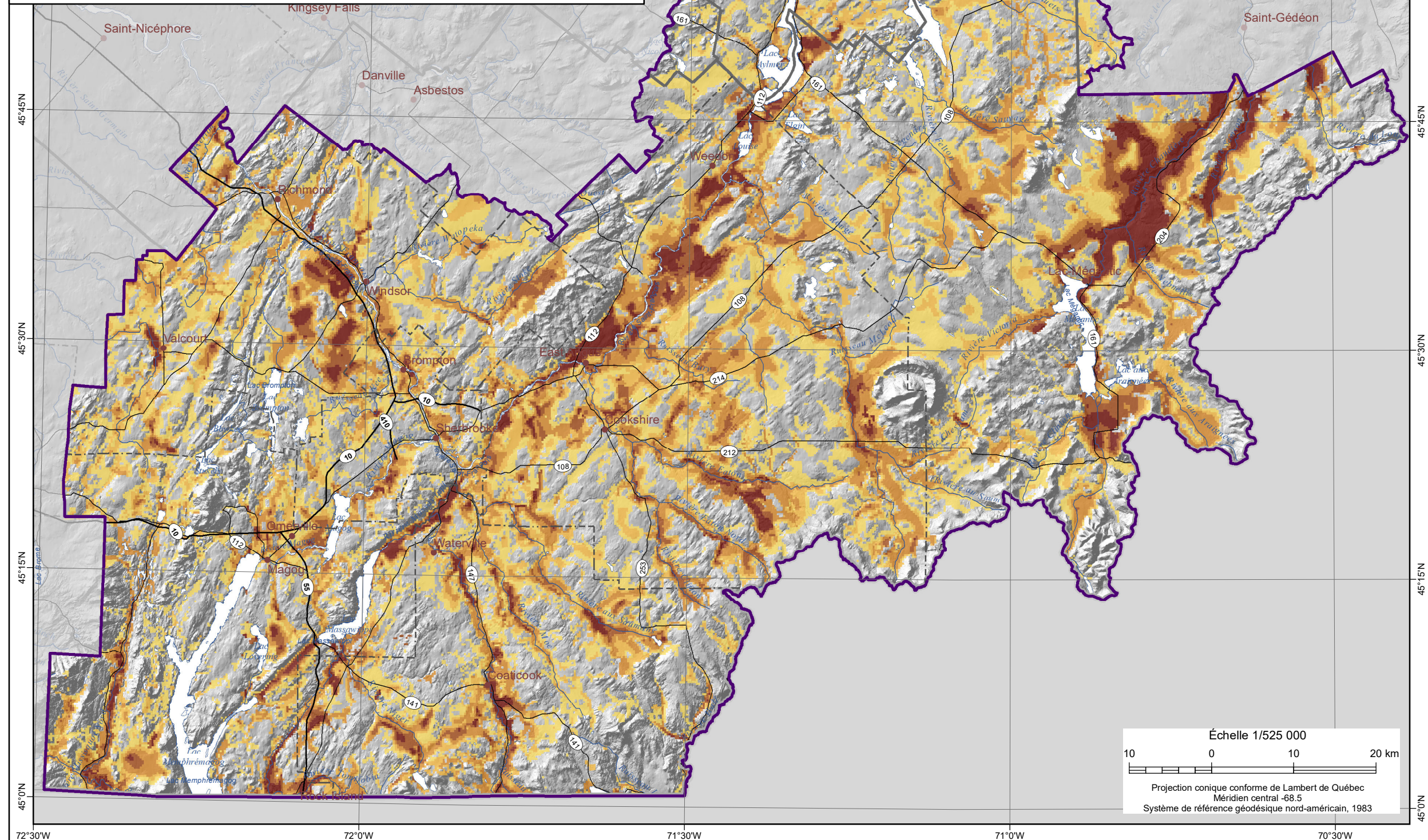




# RÉGION DU PACES ESTRIE

## ÉPAISSEUR TOTALE DES DÉPÔTS MEUBLES

Livrable PACES n° 15A



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Épaisseur des dépôts (m)

< 1 m  
1 - 5 m  
5 - 10 m  
10 - 20 m  
20 - 30 m  
> 30 m

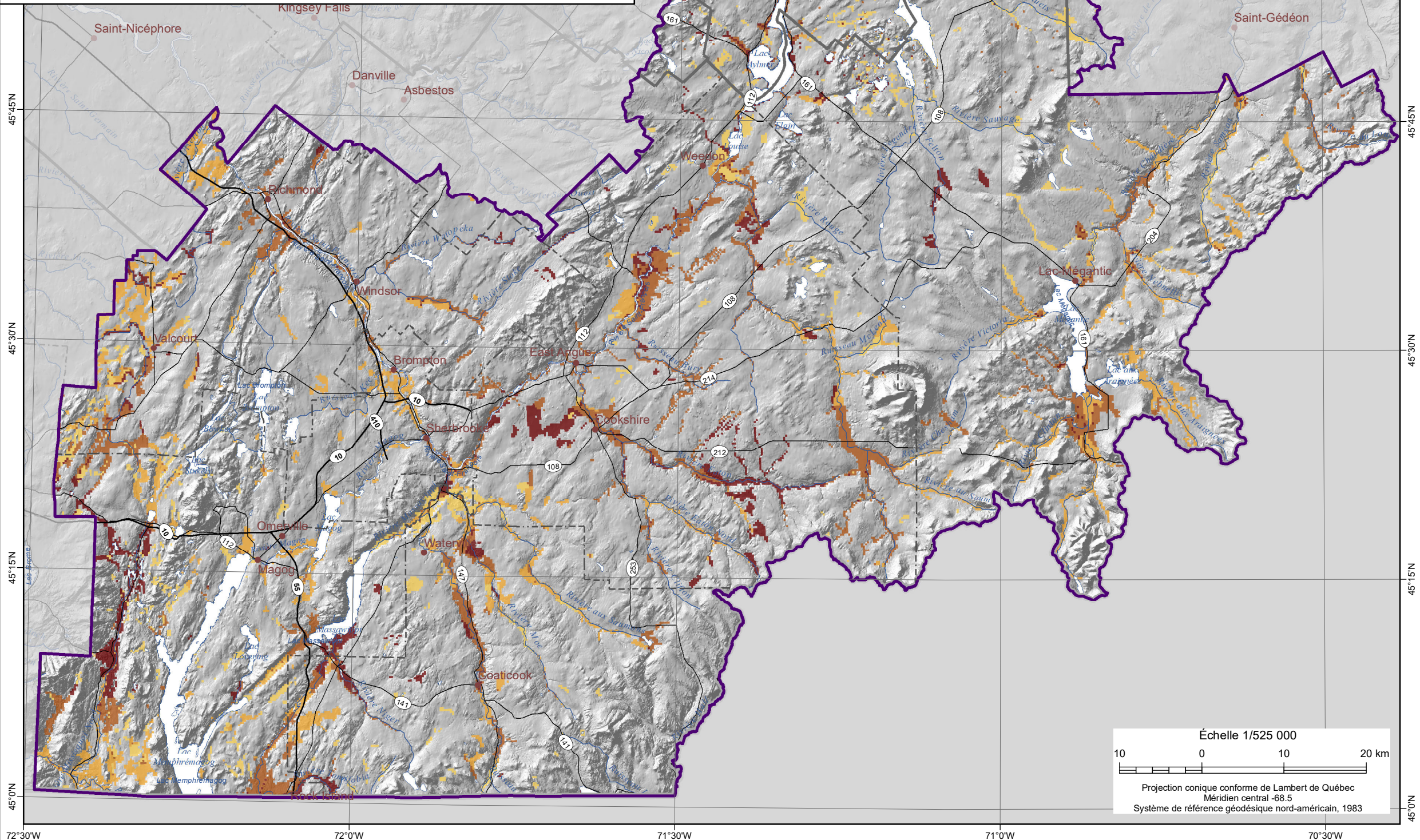
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## ÉPAISSEUR DE SÉDIMENTS SABLEUX SUPERFICIELS (UH1)

Livrable PACES n° 15B



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Épaisseur des dépôts (m)

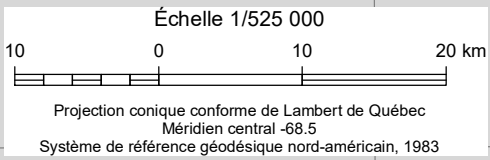
< 0,5 m

0,5 - 1,5 m

1,5 - 3 m

3 - 6 m

6 - 10 m



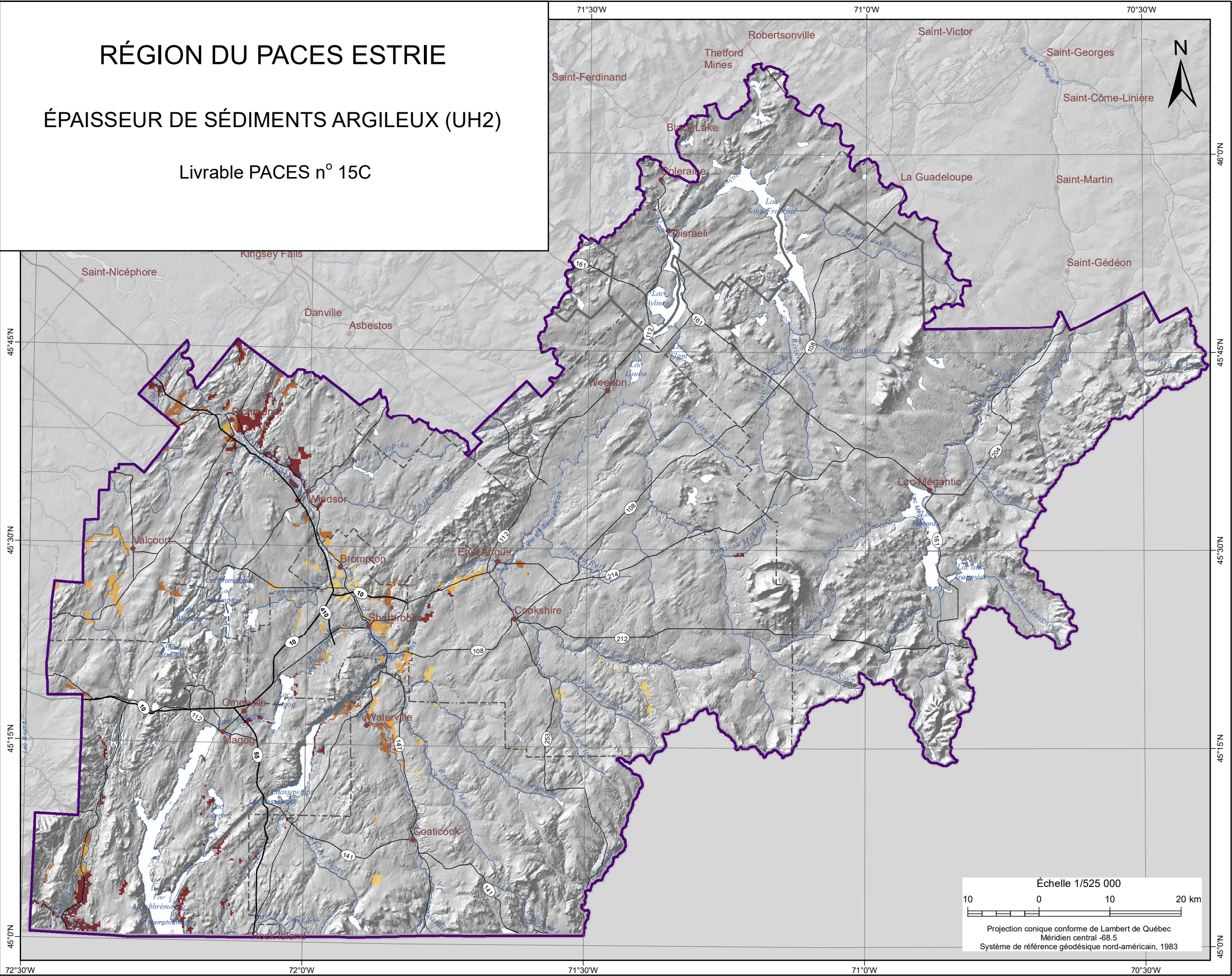
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## ÉPAISSEUR DE SÉDIMENTS ARGILEUX (UH2)

Livrable PACES n° 15C



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Épaisseur des dépôts (m)

< 0,5 m

0,5 - 1,5 m

1,5 - 3 m

3 - 6 m

>10 m

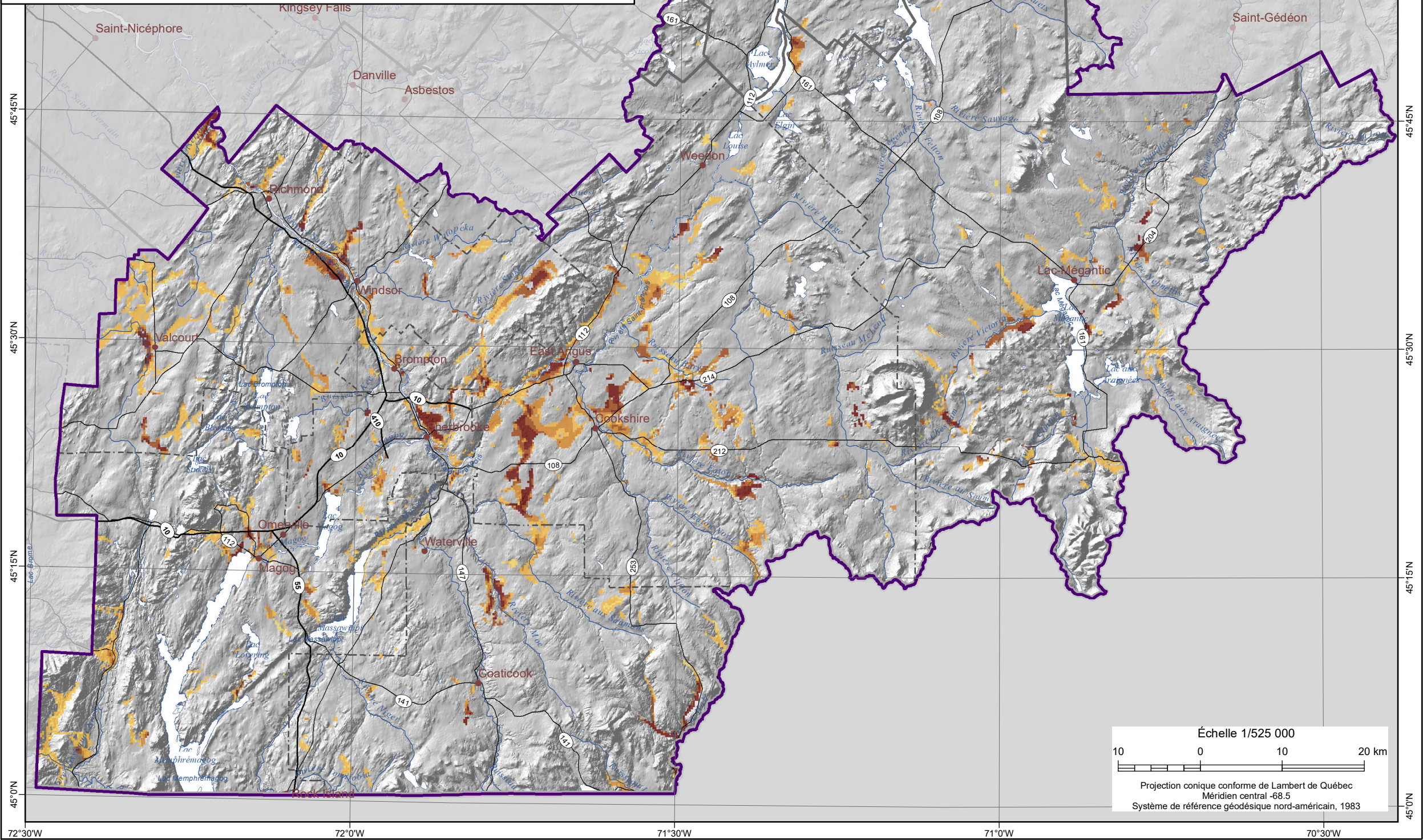
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## ÉPAISSEUR DE SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES (UH3)

Livrable PACES n° 15D



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Épaisseurs des dépôts (m)

< 0,5 m

0,5 - 1,5 m

1,5 - 3 m

3 - 6 m

6 - 10 m

> 10 m

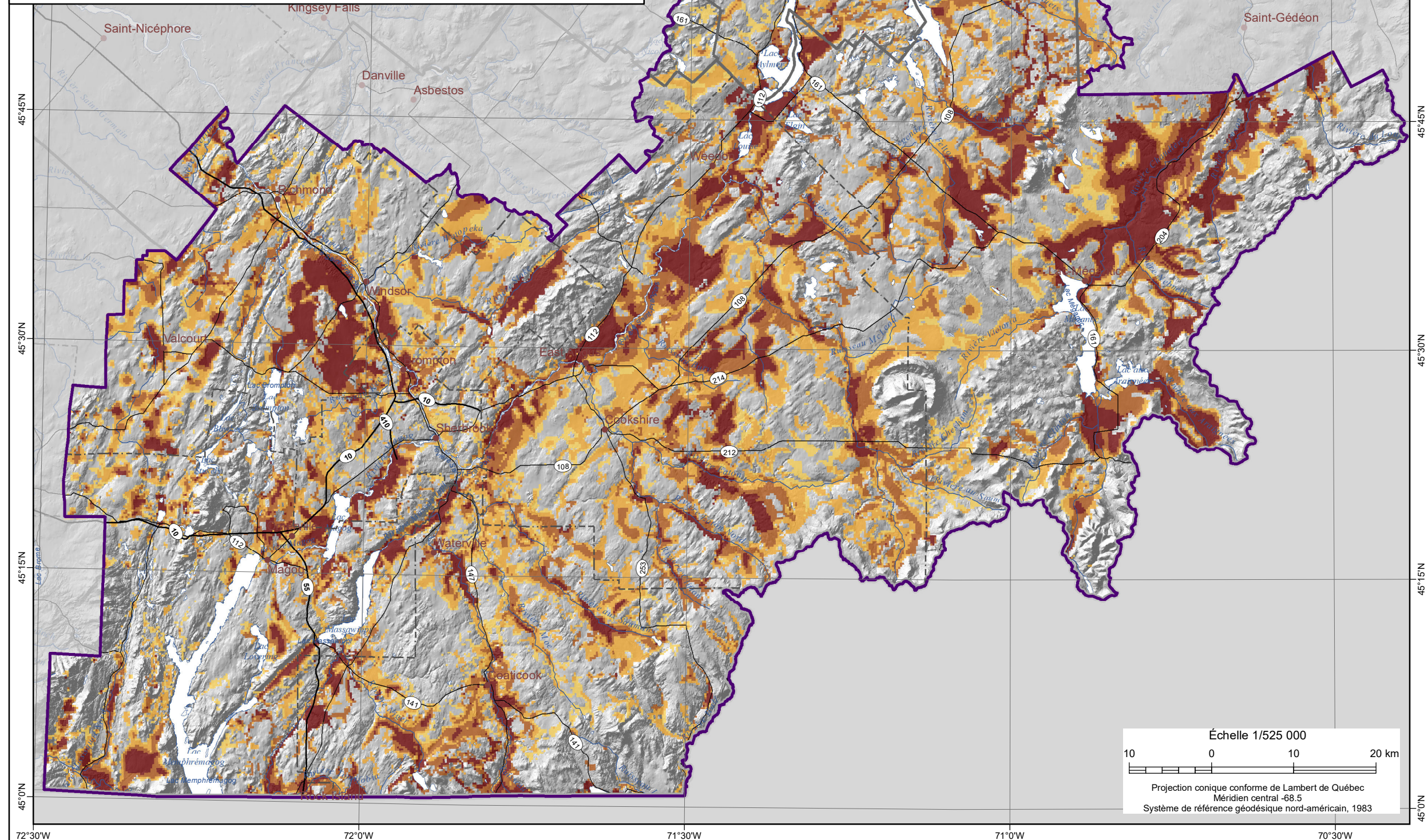
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## ÉPAISSEUR DE SÉDIMENTS DE TILL AU-DESSUS DU QUATERNAIRE ANCIEN (UH4)

Livrable PACES n° 15E



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Épaisseur des dépôts (m)

< 1 m

1 - 2,5 m

2,5 - 5 m

5 - 10 m

> 10 m

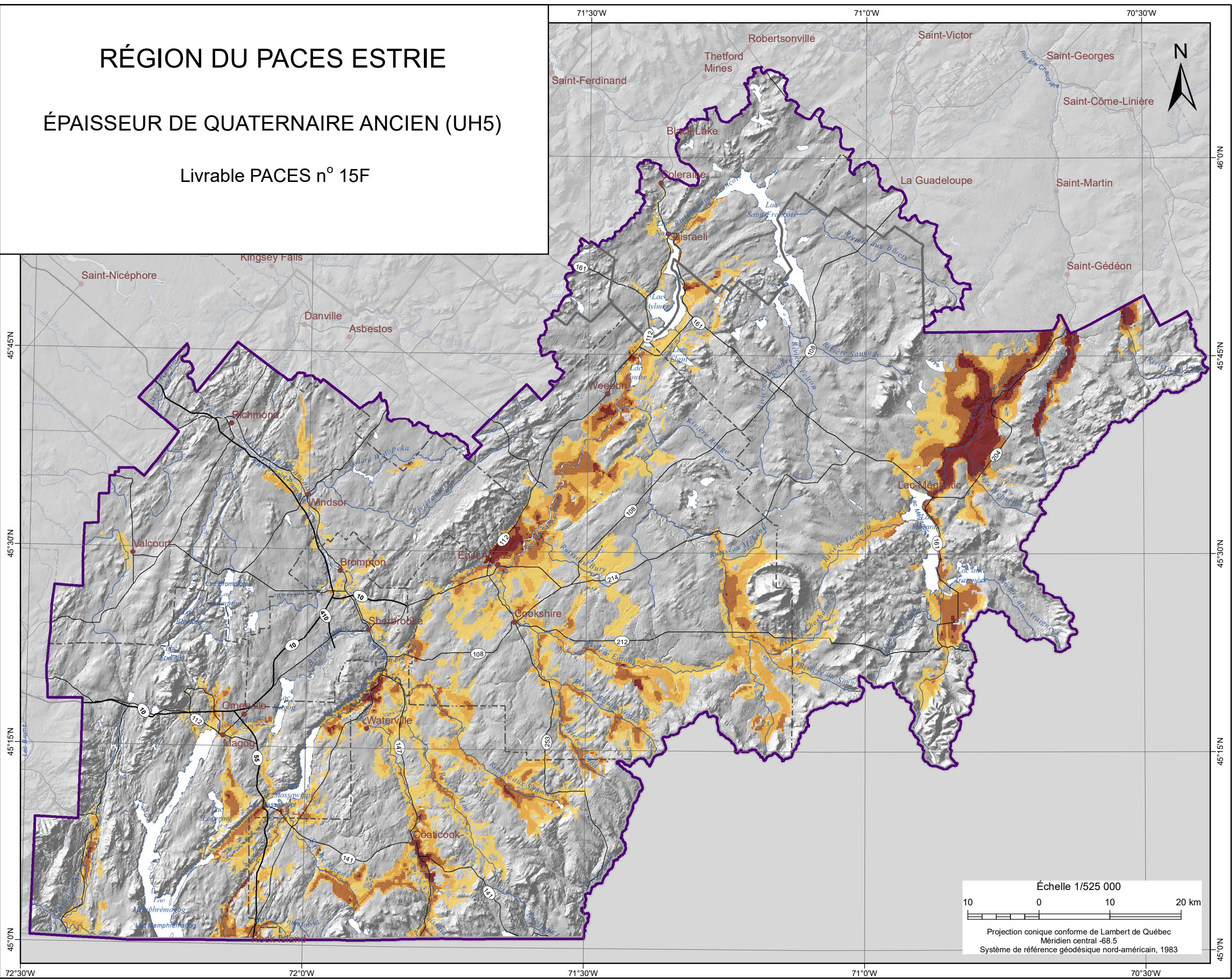
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## ÉPAISSEUR DE QUATERNAIRE ANCIEN (UH5)

Livrable PACES n° 15F



### Légende

#### Zone d'étude

▭ Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

• Lieu habité

#### Réseau routier principal

— Autoroute

— Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

— Cours d'eau

▭ Étendue d'eau

#### Épaisseur des dépôts (m)

▭ < 1 m

▭ 1 - 5 m

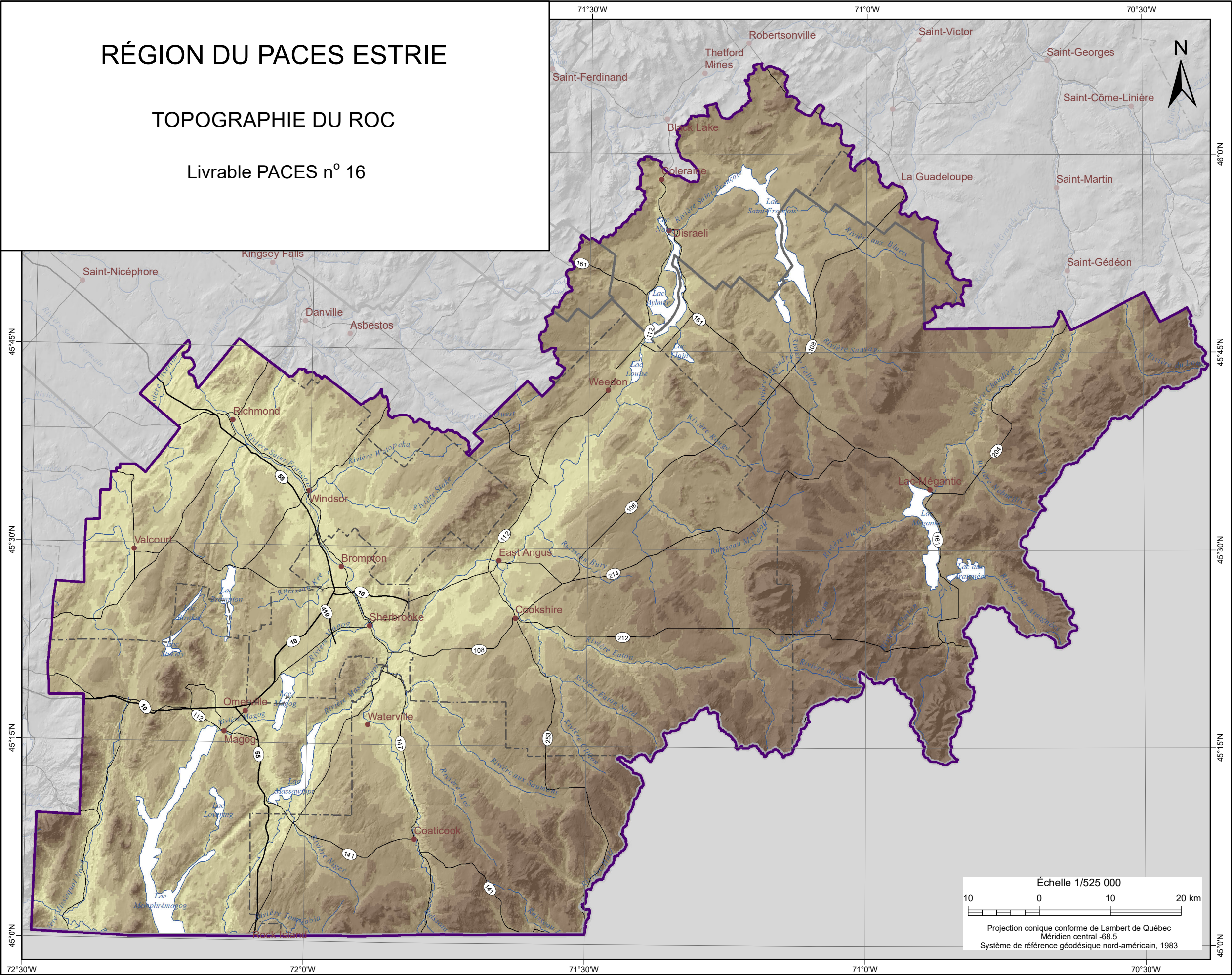
▭ 5 - 10 m

▭ 10 - 20 m

▭ > 20 m

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique





Légende

Zone d'étude  
Limite de la zone d'étude

Toponymie  
Lieu habité

Réseau routier principal  
Autoroute  
Route nationale ou régionale

Réseau hydrographique  
Cours d'eau  
Étendue d'eau

Élévation du roc en mNM  
< 210 (< 10e percentile)  
210 - 260 (10-25e percentile)  
260 - 340 (25-50e percentile)  
340 - 440 (50-75e percentile)  
440 - 520 (75-90e percentile)  
> 520 (> 90e percentile)

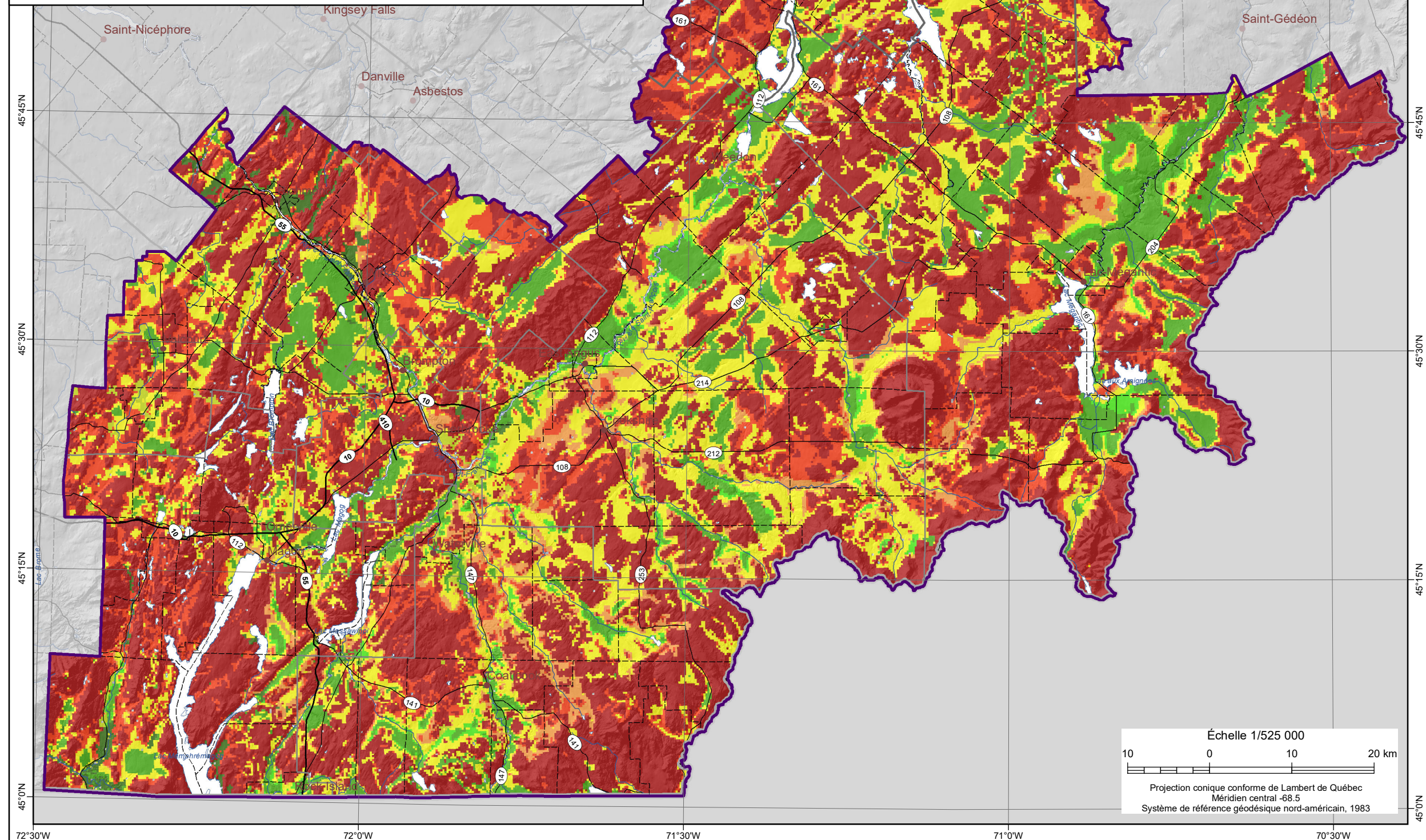
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## CONDITIONS DE CONFINEMENT DE L'AQUIFÈRE ROCHEUX

Livrable PACES n° 17A



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Limites administratives

Frontière internationale

Limite de région administrative

Limite de municipalité régionale de comté

Limite de municipalité

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Conditions de confinement (code confinement)

Libre - Roc affleurant (11)

Libre (12)

Semi-captif (21)

Semi-captif (22 et 23)

Semi-captif (30, 31 et 33)

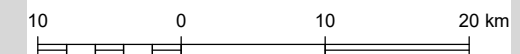
Captif - Till entre 3 et 10 ET Quaternaire ancien > 10 m (41)

Captif - Till > 10 m (42)

Captif - Argile > 5 m (43)

Voir le rapport pour la définition du confinement

Échelle 1/525 000



Projection conique conforme de Lambert de Québec  
Méridien central -68.5  
Système de référence géodésique nord-américain, 1983

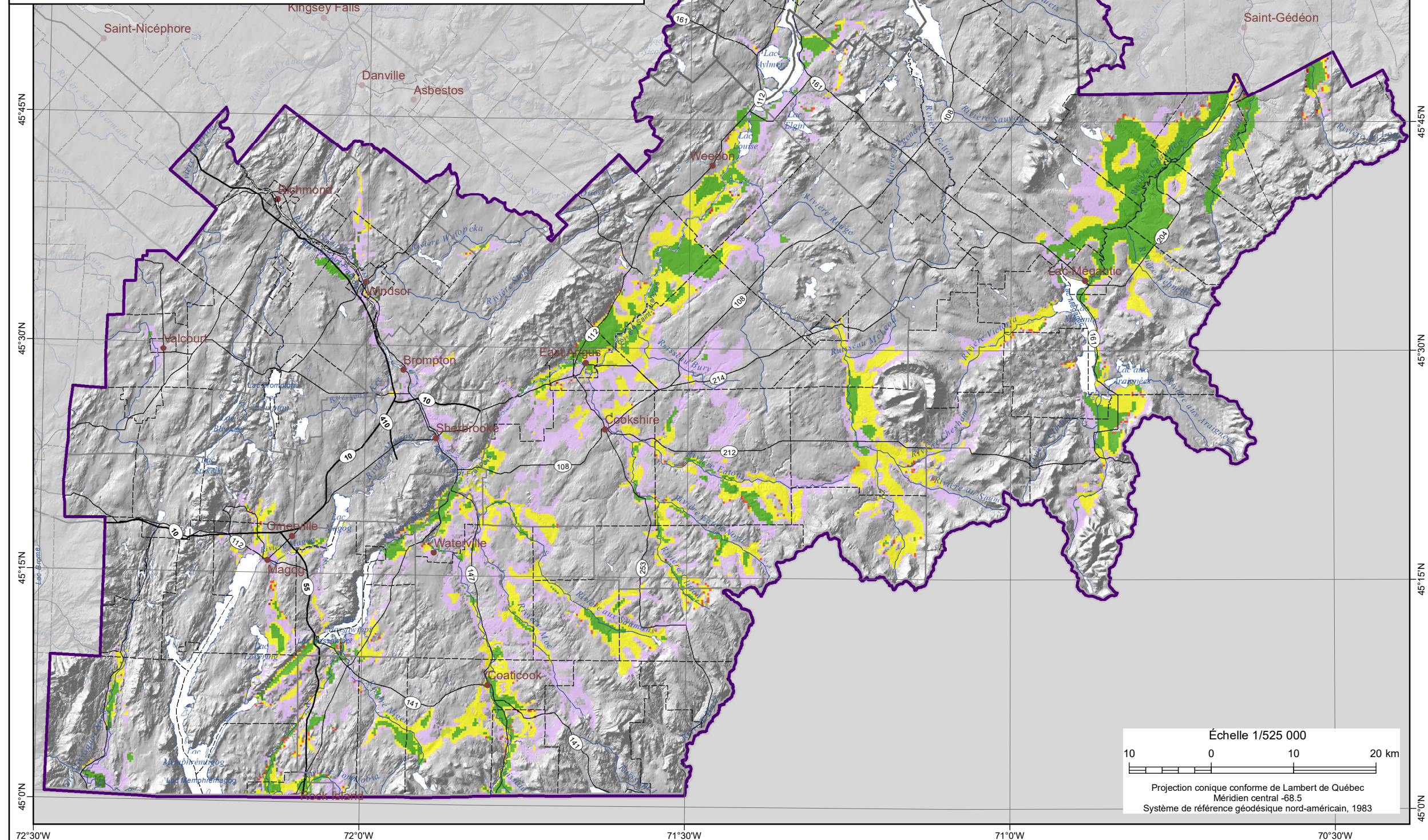
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## CONDITIONS DE CONFINEMENT DES SÉDIMENTS DU QUATERNAIRE ANCIEN

Livable PACES n° 17B



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Limites administratives

Frontière internationale

Limite de région administrative

Limite de municipalité régionale de

Limite de municipalité

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Conditions de confinement

Non défini (épaisseur < 1 m)

Non défini (épaisseur entre 1 et 10

Libre - Roc affleurant (11)

Libre (12)

Semi-captif (23)

Semi-captif (30 et 33)

Captif - Till > 10 m (42)

Captif - Argile > 5 m

Voir le rapport pour la définition du confinement

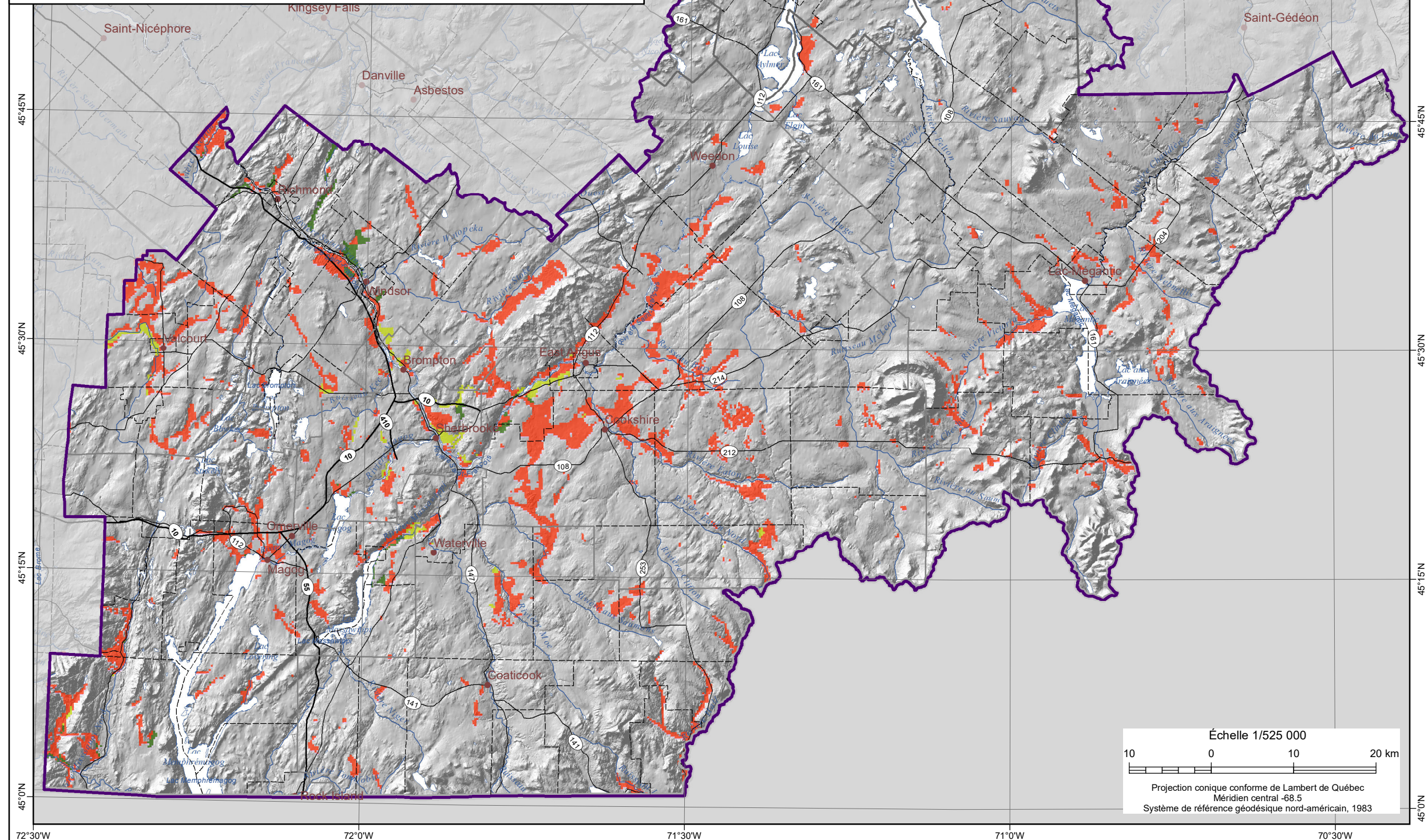
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## CONDITIONS DE CONFINEMENT DES SÉDIMENTS FLUVIOGLACIAIRES

Livrable PACES n° 17C



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Limites administratives

Frontière internationale

Limite de région administrative

Limite de municipalité régionale de comté

Limite de municipalité

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Conditions de confinement

Non défini (épaisseur < 1 m)

Non défini (épaisseur entre 1 et 5 m)

Libre (12)

Semi-captif (33)

Captif - Argile > 5 m (43)

Voir le rapport pour la définition du confinement

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique

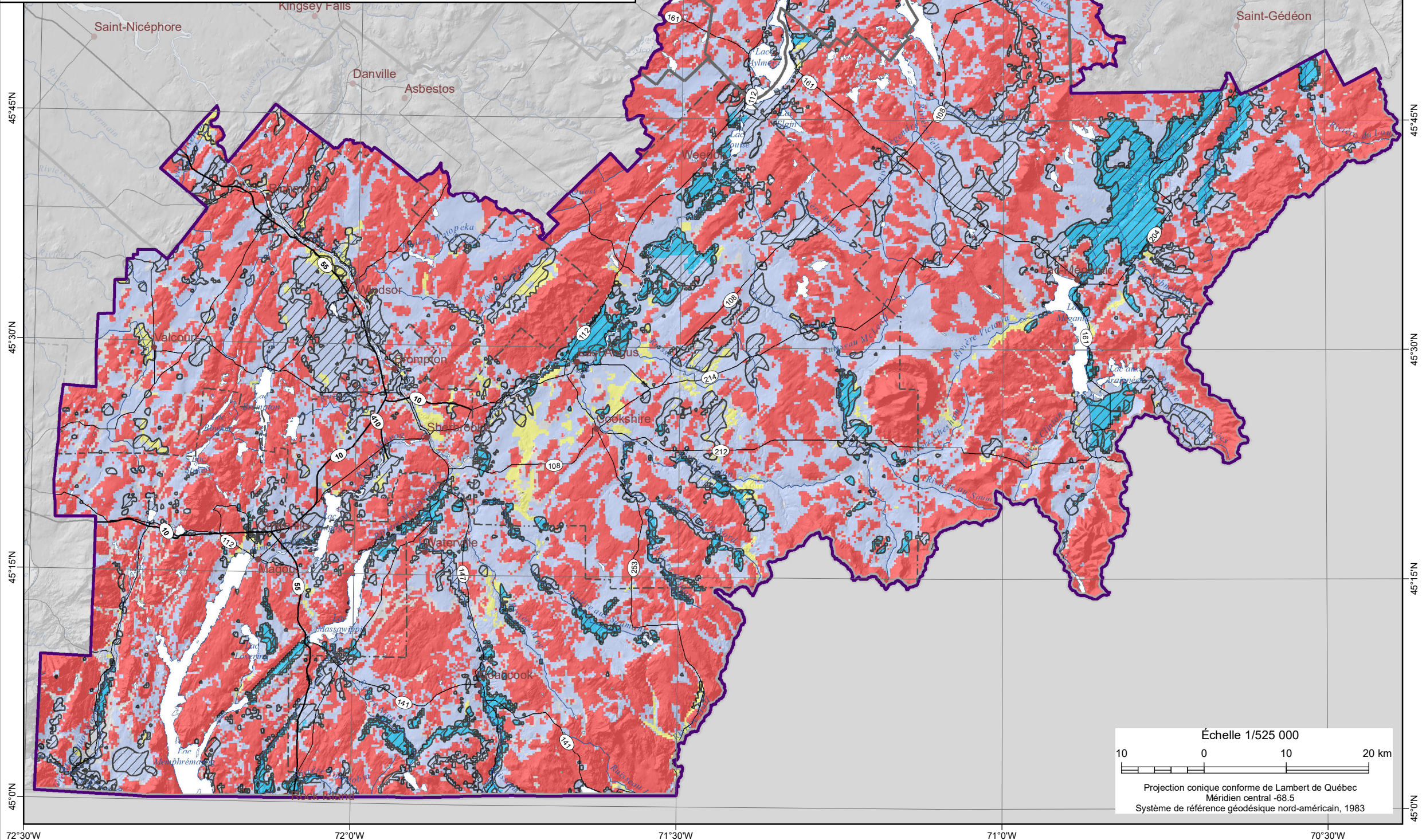


# RÉGION DU PACES ESTRIE

## CONTEXTES HYDROSTRATIGRAPHIQUES

Livrable PACES n° 18

Livable PACES n° 18



### Légende

## Zone d'étude

 Limite de la zone d'étude

## Toponymie

- Lieu habité

### Réseau routier principal

— Autoroute

—— Route nationale ou régionale

## Réseau hydrographique

— Cours d'eau

Étendue d'eau

### Conditions de confinement

 Aquifère rocheux confiné

## Contextes hydrostratigraphiques

Contexte non défini

 1 - Roc fracturé affleurant

2 - Aquifère rocheux seulement

3 - Potentiel aquifère dans l'unité de Quaternaire ancien (> 10 m)

 4 - Potentiel aquifère dans l'unité de fluvioglaciaire (> 5 m)

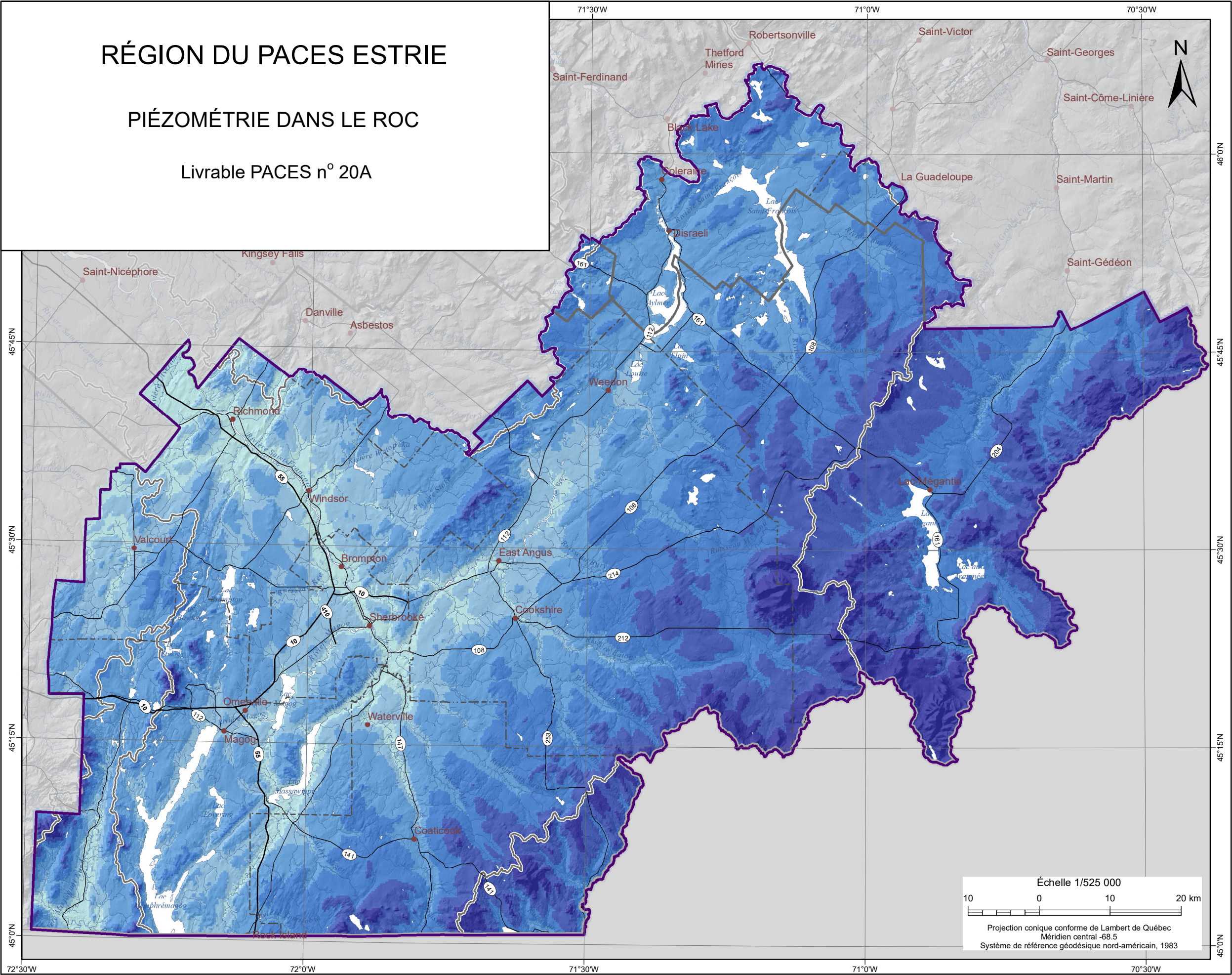
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique





## **CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES ET RESSOURCES EN EAU**



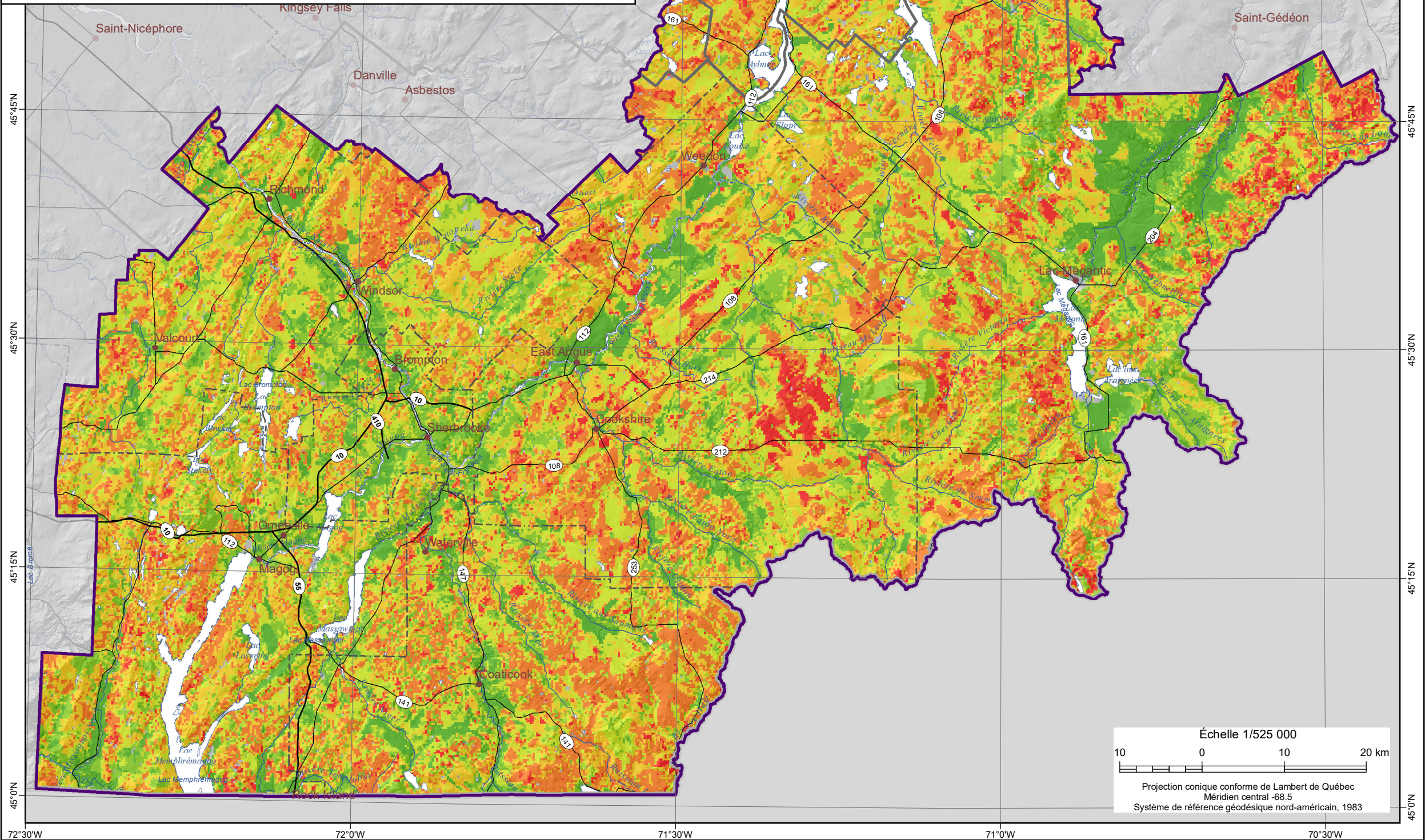




# RÉGION DU PACES ESTRIE

## VULNÉRABILITÉ DRASTIC Indice DRASTIC selon les percentiles

Livrable PACES n° 22A



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Vulnérabilité (indice DRASTIC)

< 100 (< 10e percentile)

100 - 125 (10 - 25e percentile)

125 - 140 (25 - 50e percentile)

140 - 150 (50 - 75e percentile)

150 - 160 (50 - 75e percentile)

> 160 (> 90e percentile)

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique

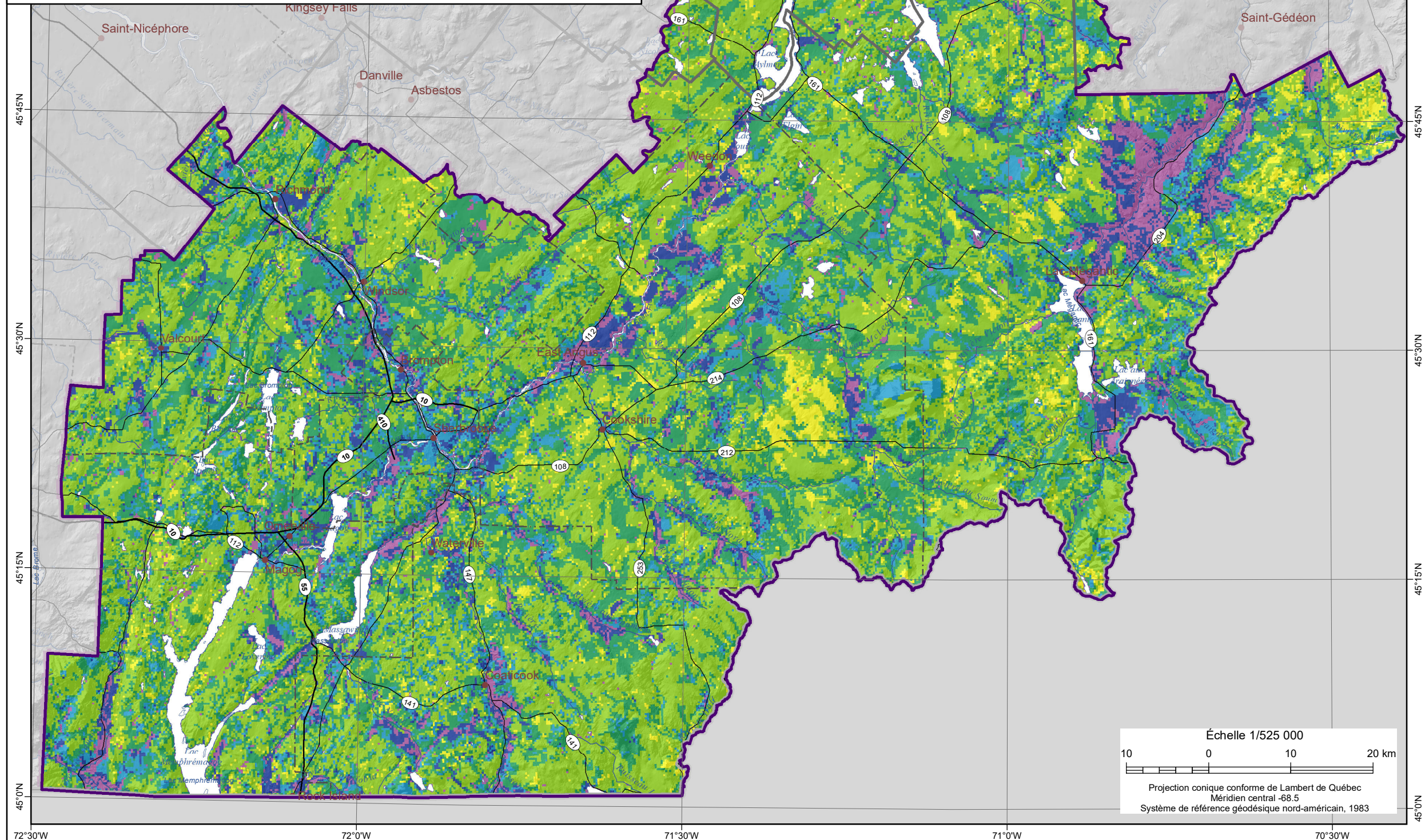


## RÉGION DU PACES ESTRIE

## VULNÉRABILITÉ DRASTIC

Indice DRASTIC selon l'échelle de couleur standard

Livable PACES n° 22A



### Légende

## Zone d'étude

 Limite de la zone d'étude

## Toponymie

- Lieu habité

### Réseau routier principal

— Autoroute

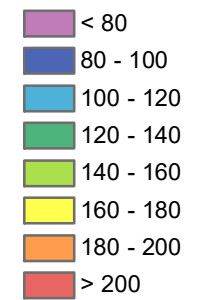
— Route nationale ou régionale

## Réseau hydrographique

— Cours d'eau

Étendue d'eau

### Vulnérabilité (indice DRASTIC)



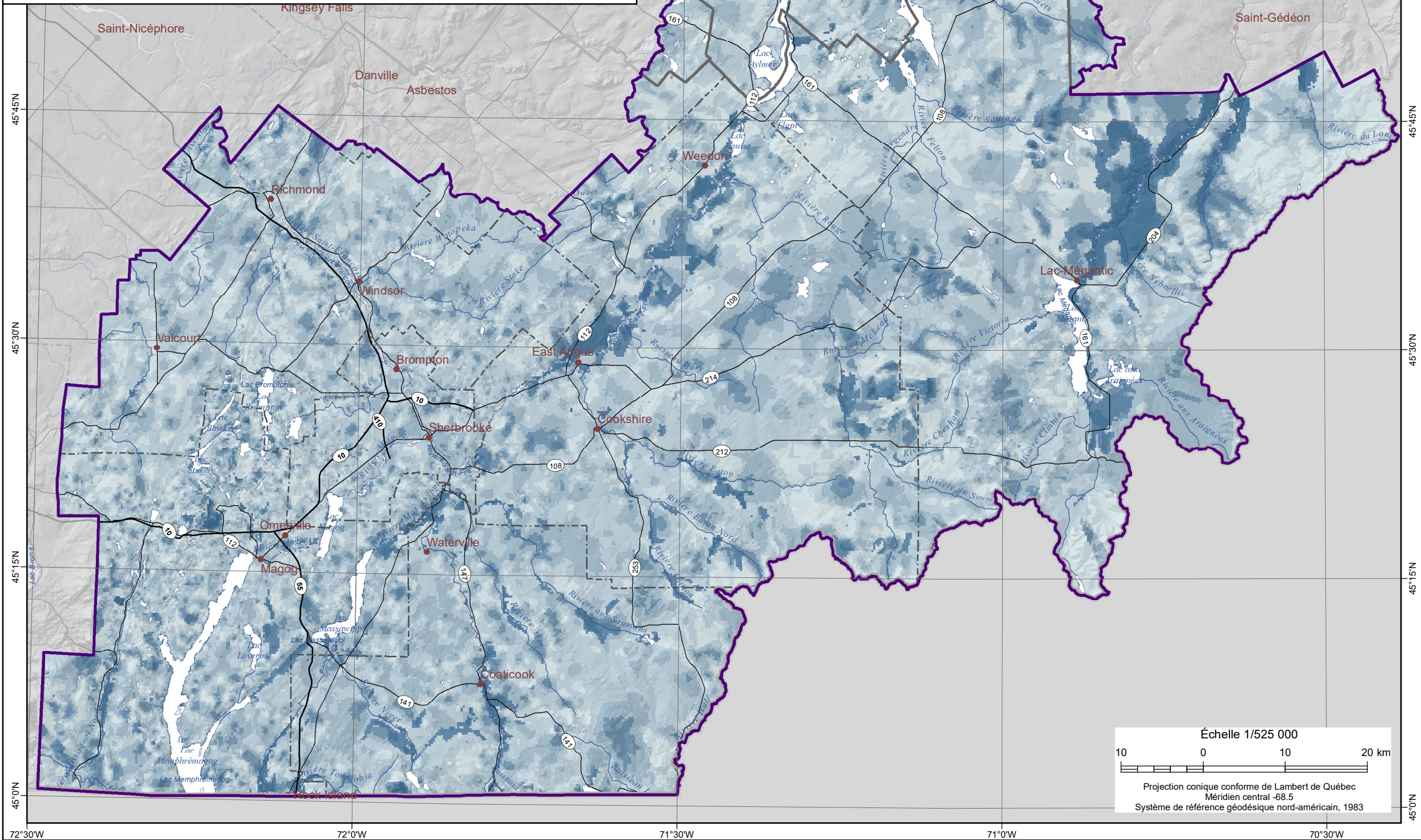
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## VULNÉRABILITÉ DRASTIC Indice D - Profondeur de la nappe

Livable PACES n° 22B



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Profondeur à la nappe

1 (> 31 m)

2 (23-31 m)

3 (15-23 m)

5 (9-15 m)

7 (4.5-9 m)

9 (1.5-4.5 m)

10 (< 1.5 m)

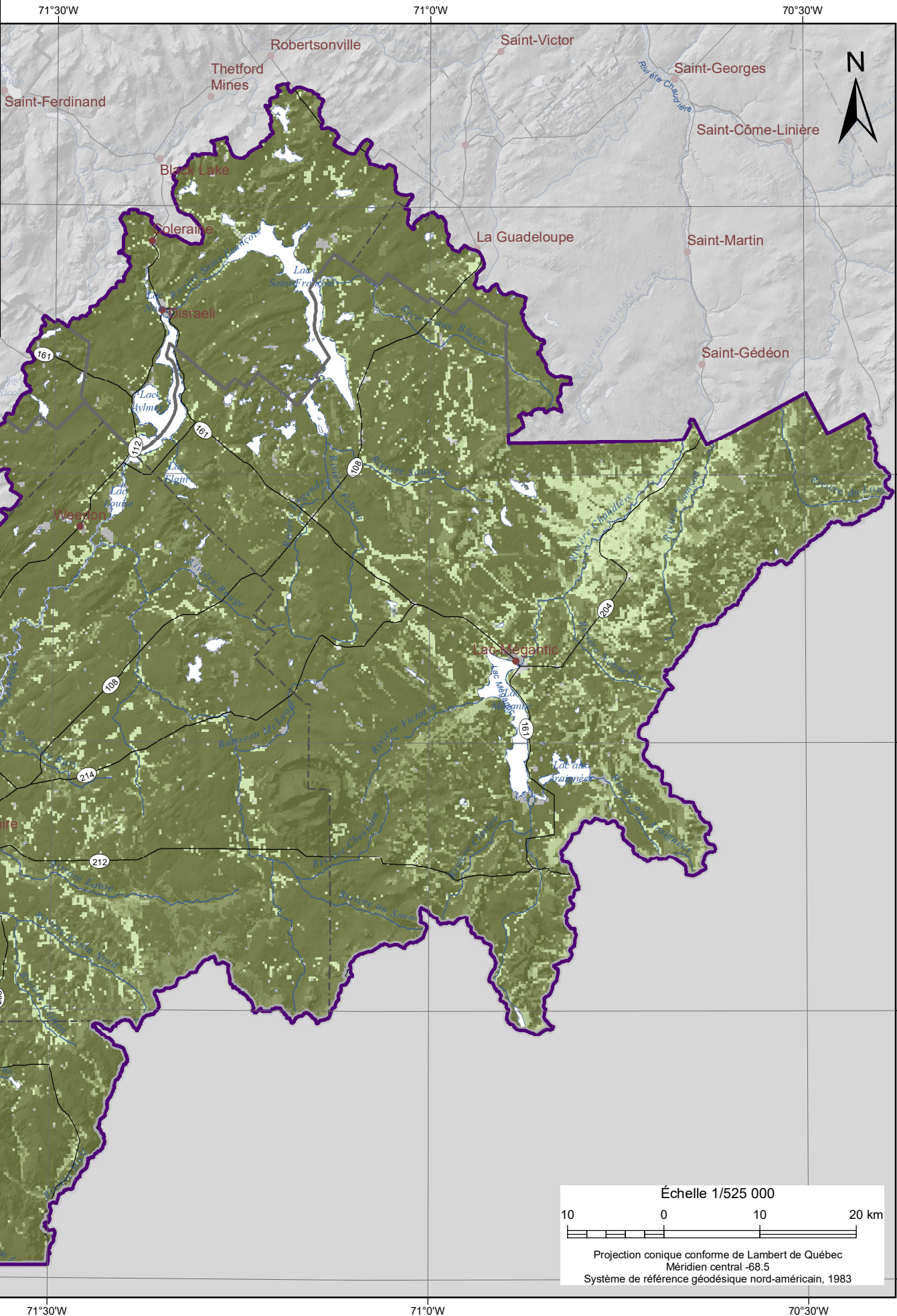
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## VULNÉRABILITÉ DRASTIC Indice R - Recharge

Livrable PACES n° 22C



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Recharge

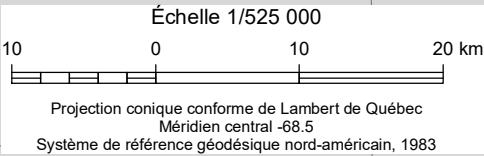
1 (< 50 mm/an)

3 (50-100 mm/an)

6 (100-180 mm/an)

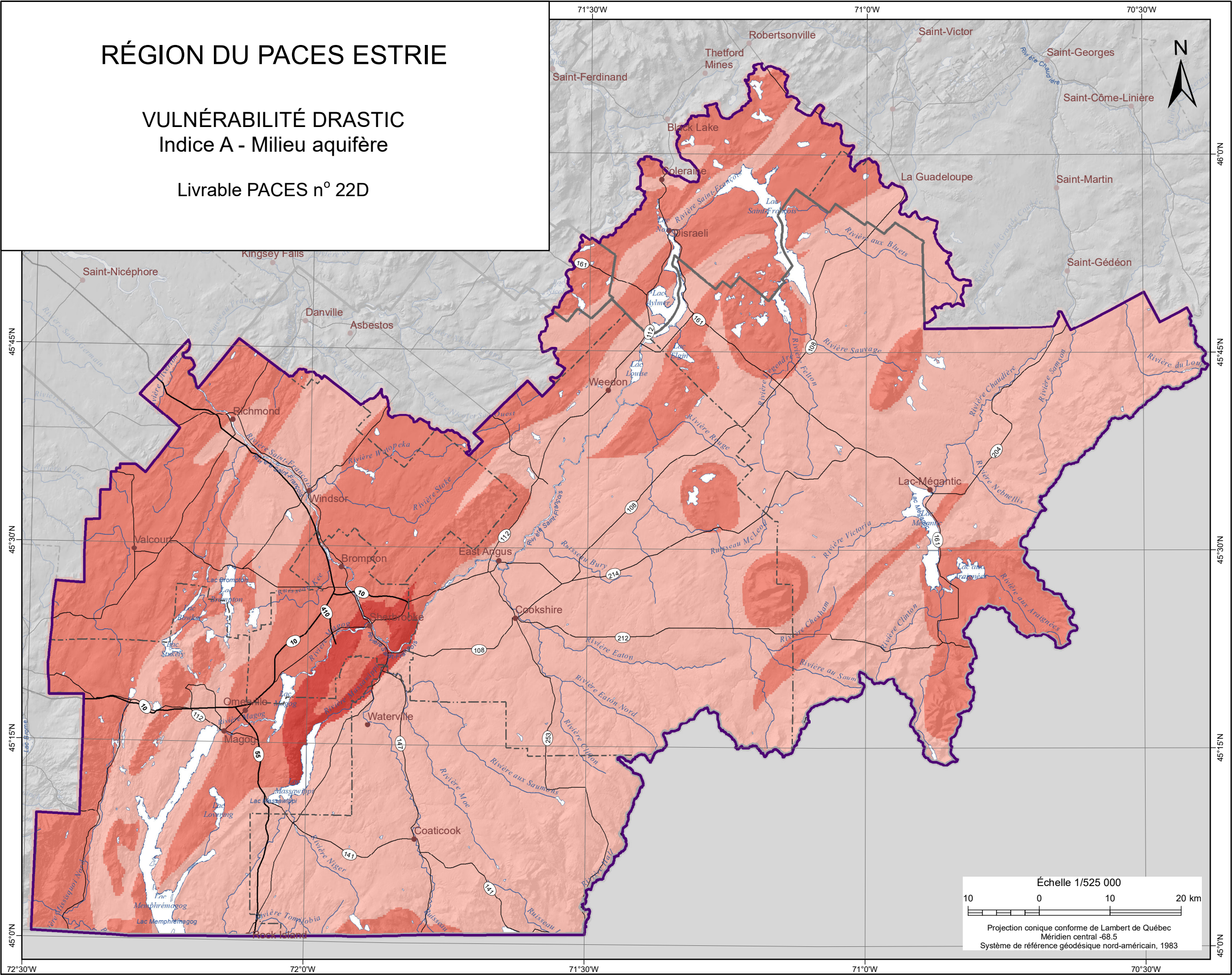
8 (180-250 mm/an)

10 (> 250 mm/an)

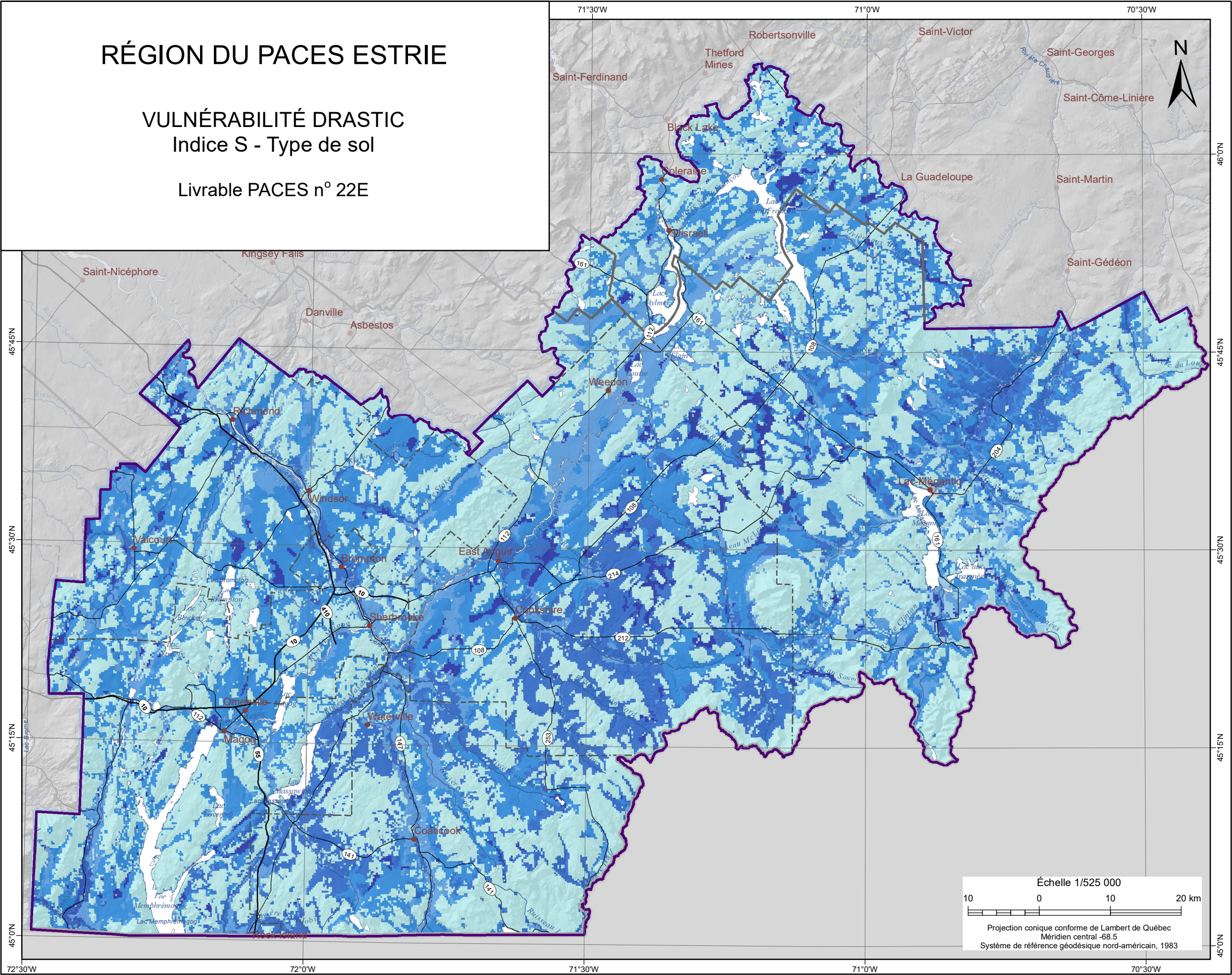


Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique









Légende

Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

Toponymie

Lieu habité

Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

Type de sol

- 1 (argile)
- 2 (organique - terre noire)
- 3 (loam argileux)
- 4 (loam limoneux/silteux)
- 5 (loam)
- 6 (loam sableux)
- 8 (organique - tourbe)
- 9 (sable)
- 10 (gravier, sol mince)

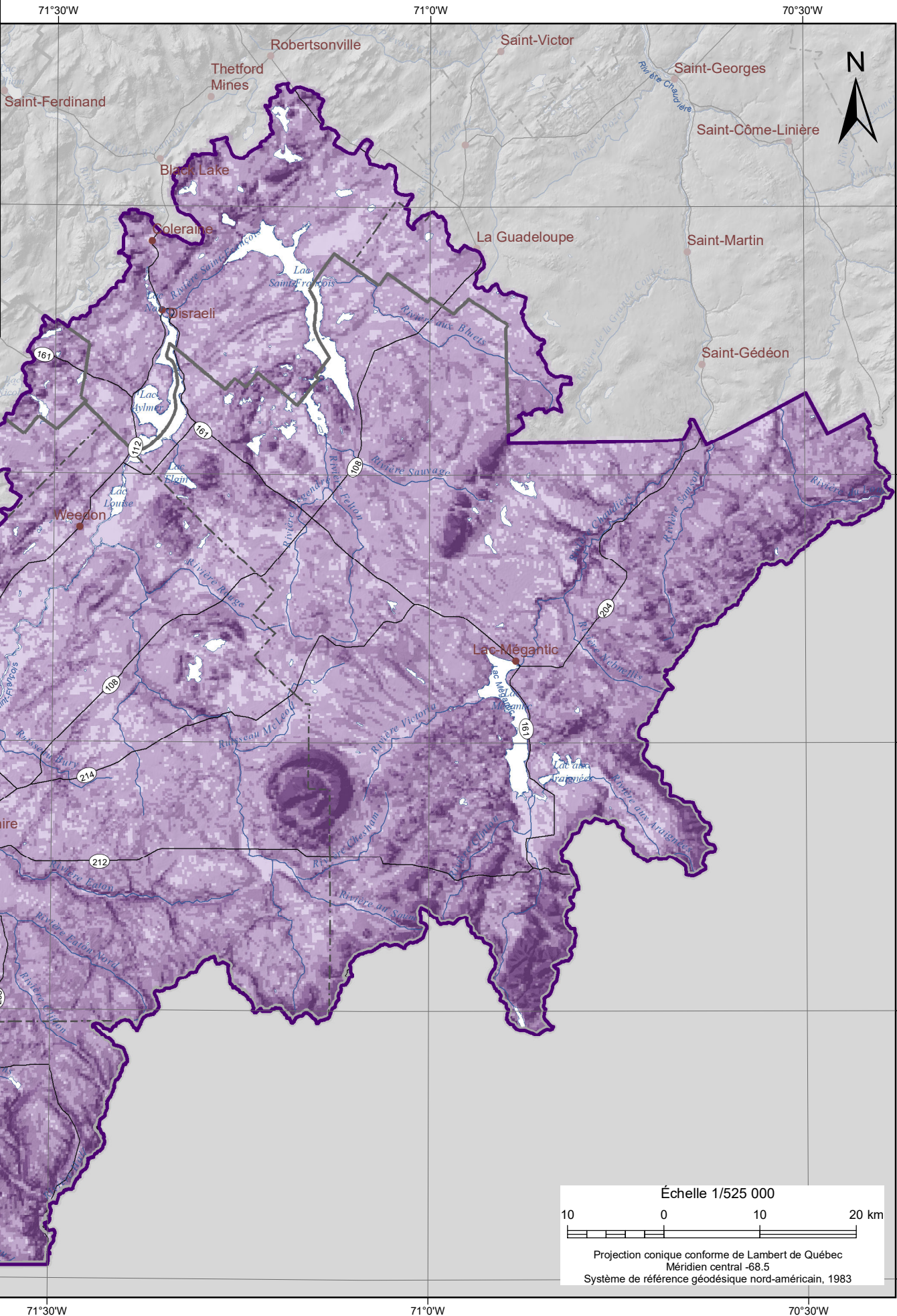
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## VULNÉRABILITÉ DRASTIC Indice T - Topographie (pente)

Livable PACES n° 22F



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

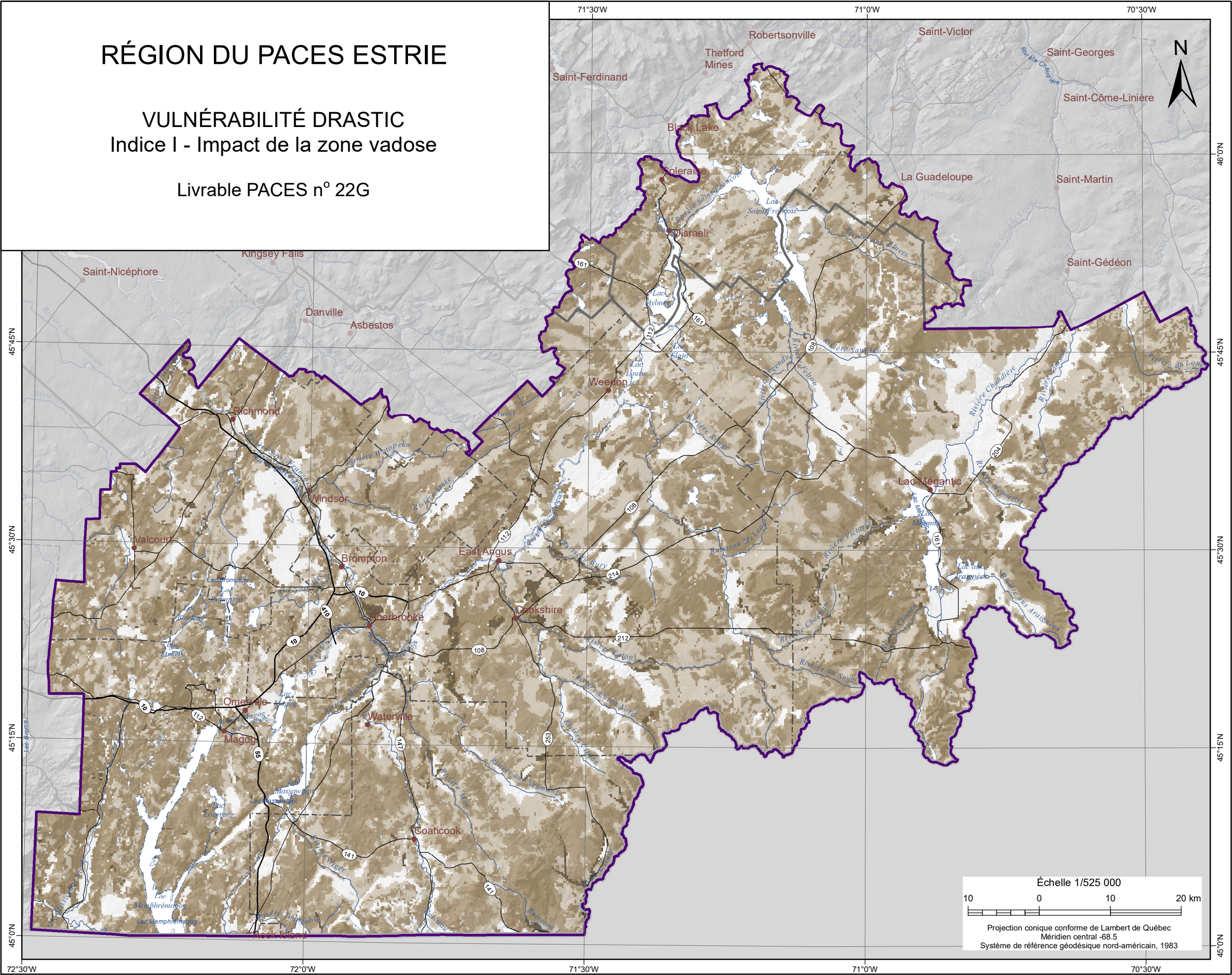
Étendue d'eau

#### Pente

- 1 (> 18 %)
- 3 (12-18 %)
- 5 (6-12 %)
- 9 (2-6 %)
- 10 (< 2 %)

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique





Légende

Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

Toponymie

Lieu habité

Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

Impact zone non saturée

- 1 (Couche confinante)
- 2 (Silt/argile, sédiments pélagiques)
- 3 (Silt/argile, sédiments glaciaires)
- 4 (Sable, gravier, silt/argile)
- 5 (Sable, gravier, silt/argile ou Roches ignées/métamorphiques)
- 6 (Sable, gravier (alluvions) ou Roches ignées/métamorphiques)
- 7 (Sable, gravier ou Roches ignées/métamorphiques)
- 8 (Sable et gravier)

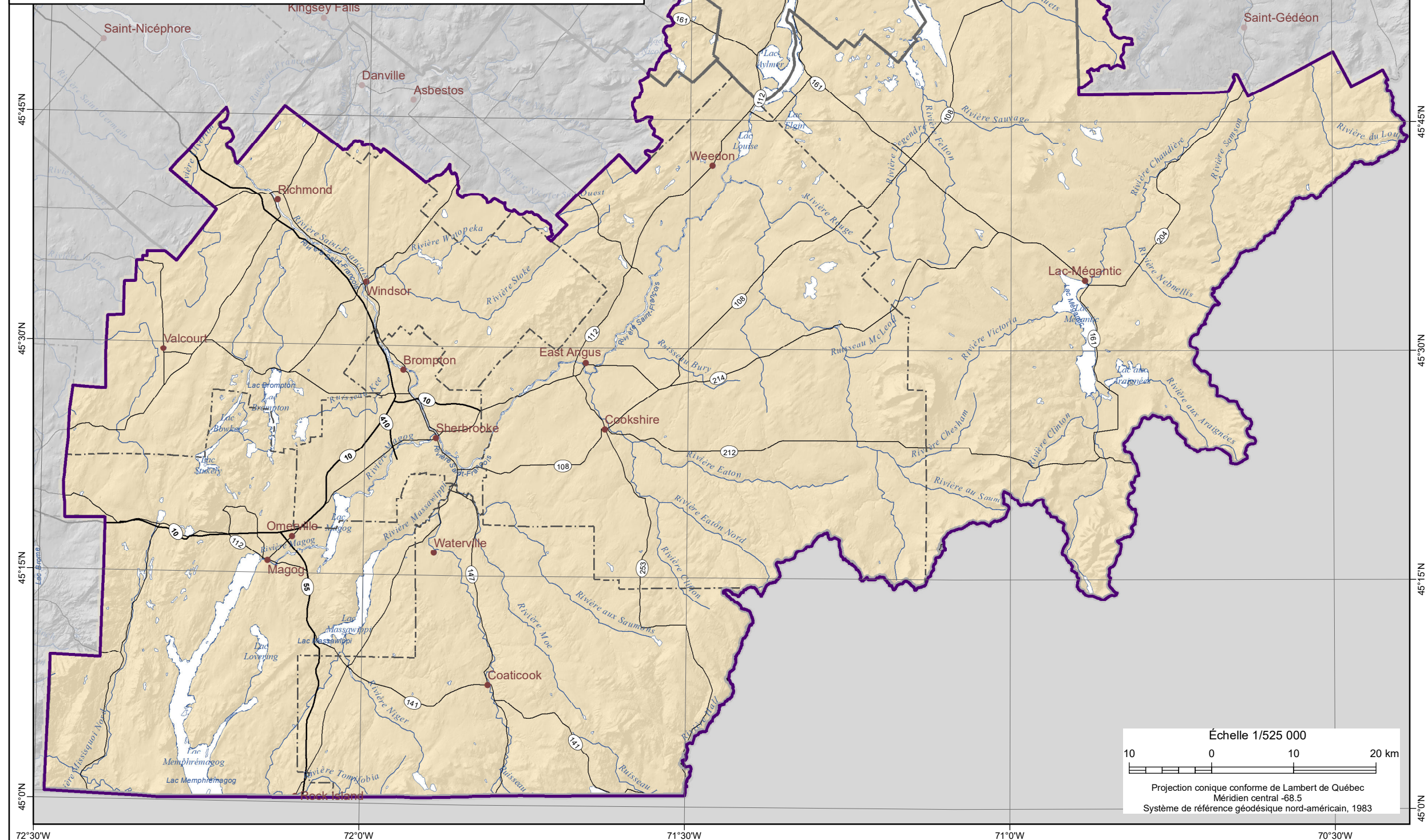
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



## VULNÉRABILITÉ DRASTIC

### Indice C - Conductivité hydraulique

Livable PACES n° 22H



### Légende

## Zone d'étude

 Limite de la zone d'étude

## Toponymie

- Lieu habité

### Réseau routier principal

— Autoroute

—— Route nationale ou régionale

## Réseau hydrographique

— Cours d'eau

Étendue d'eau

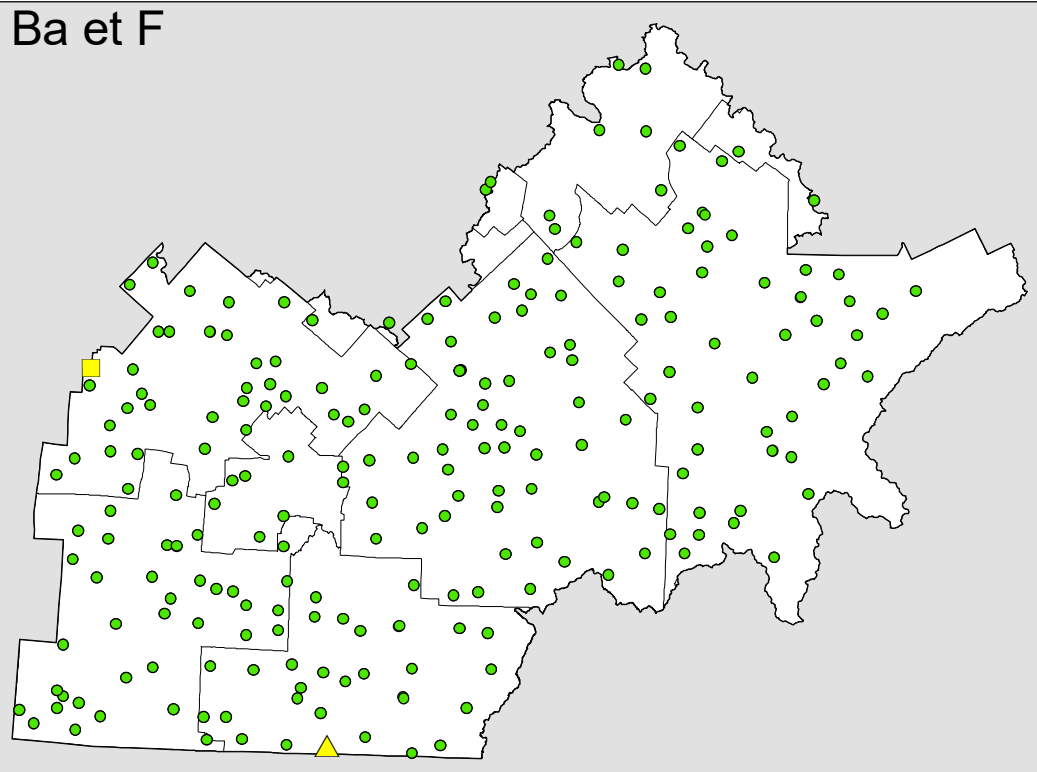
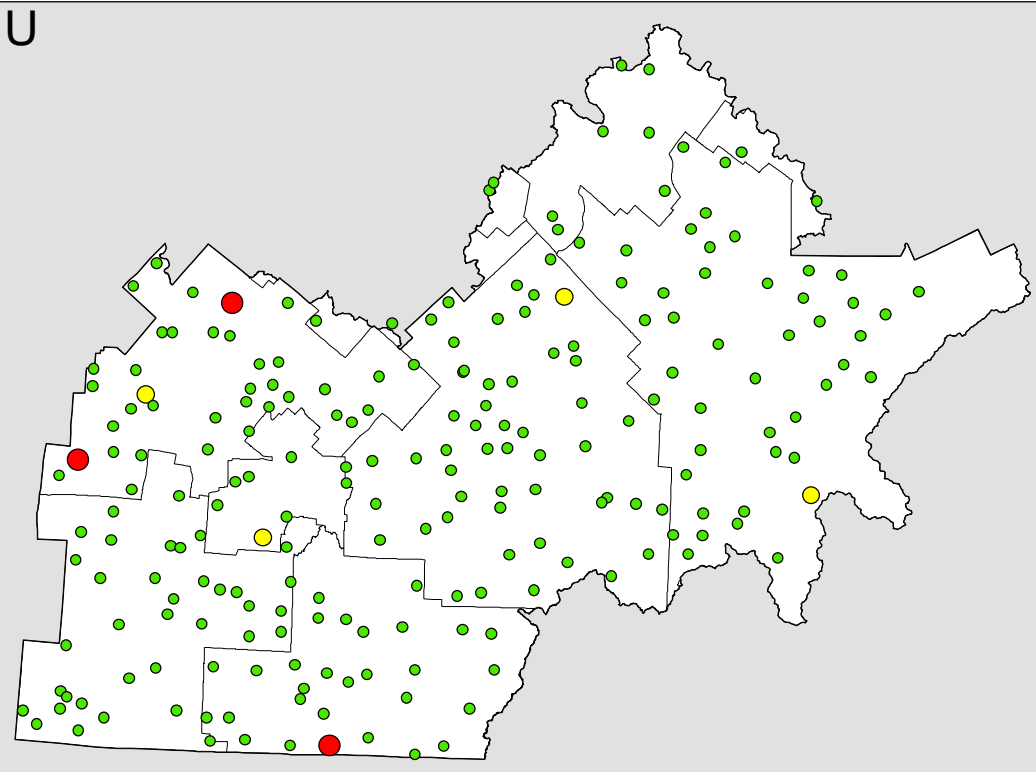
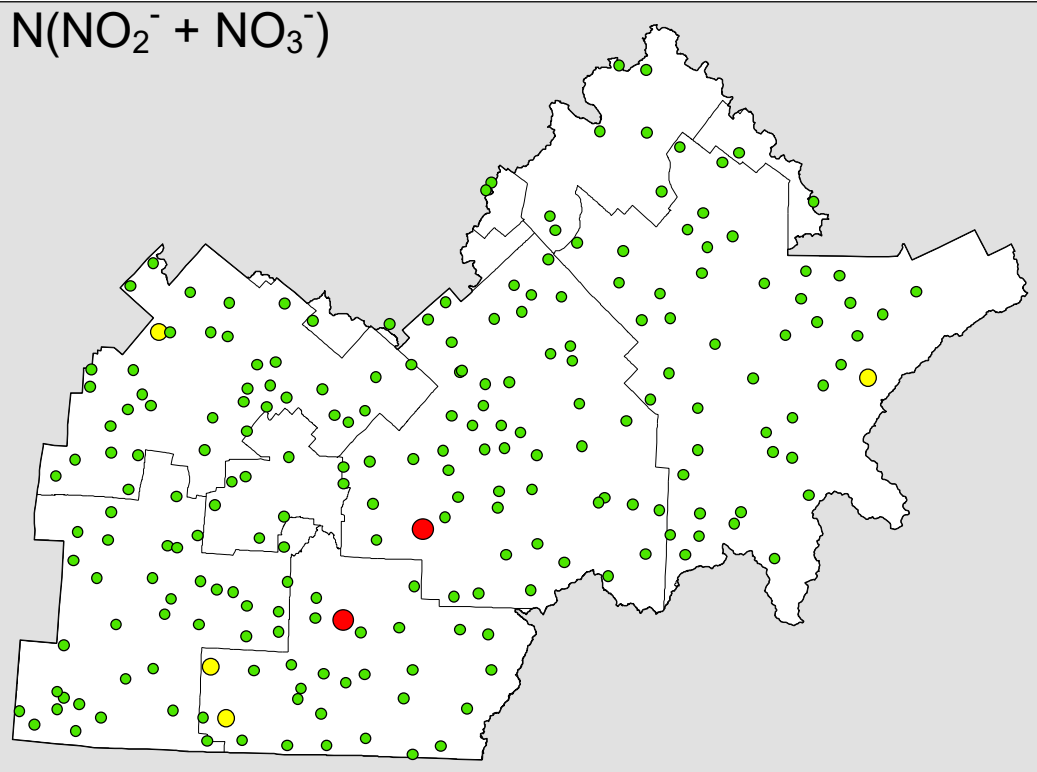
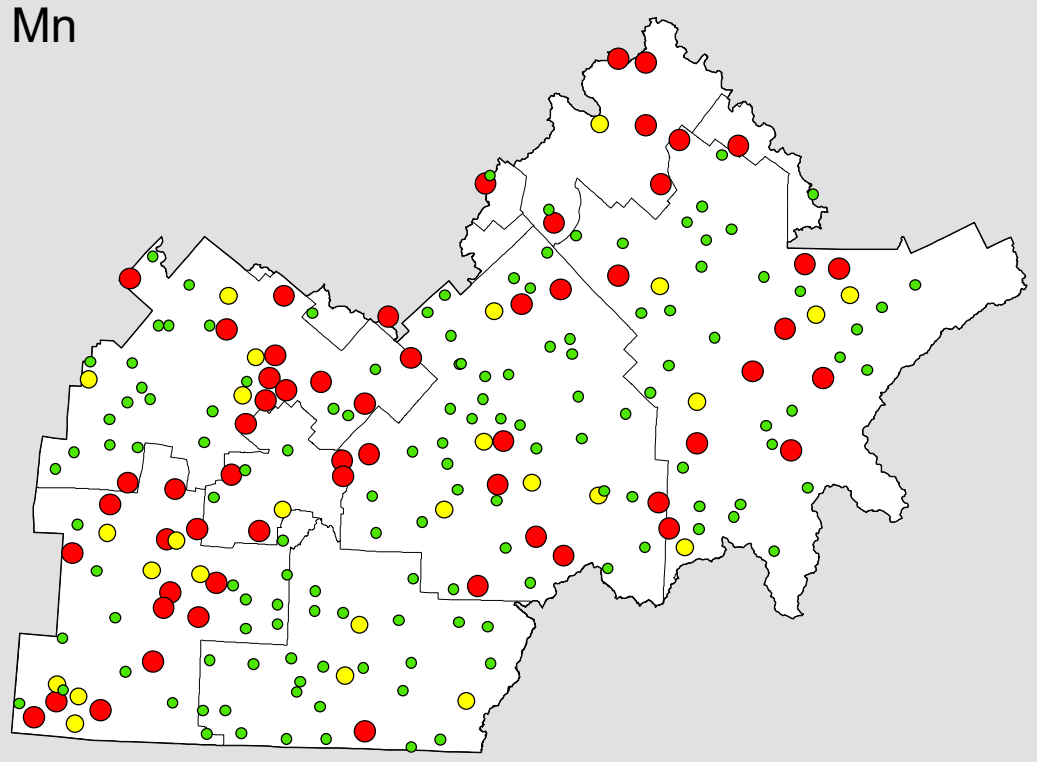
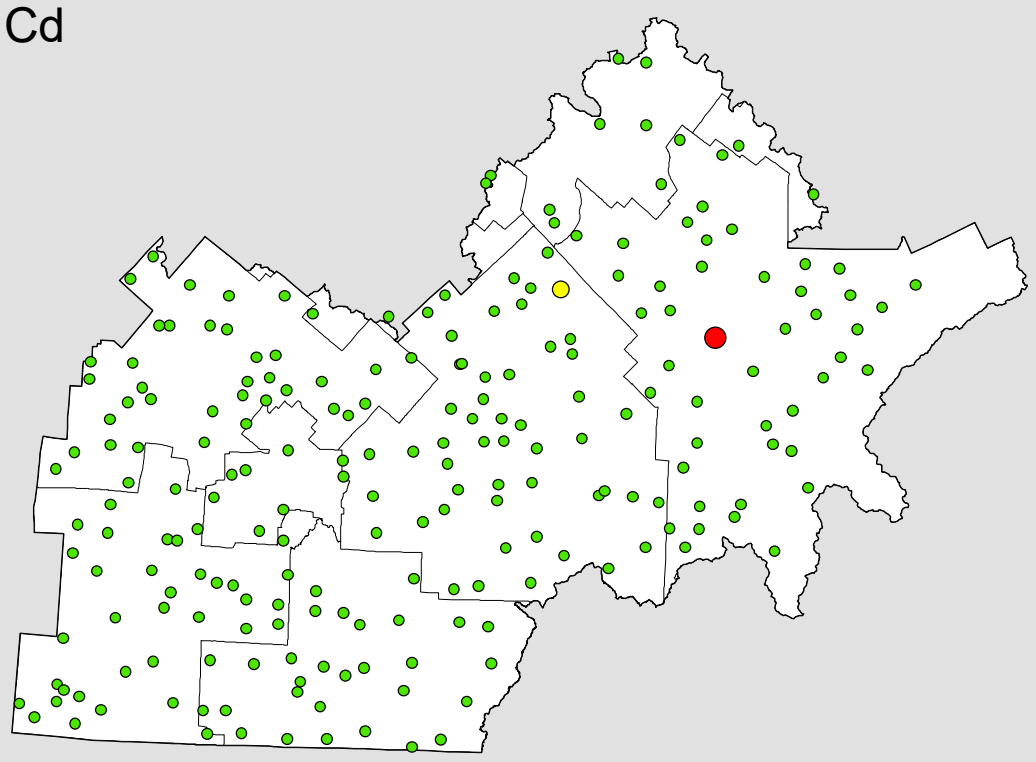
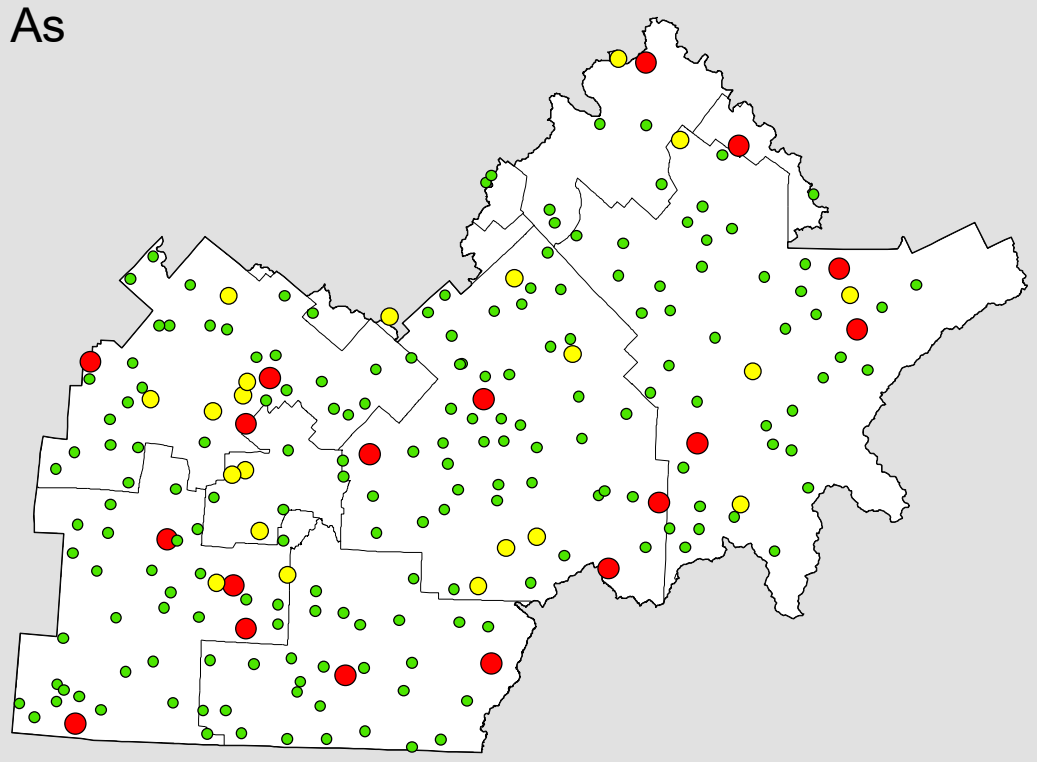
### Conductivité hydraulique

  $2 (5 \times 10^{-5} \text{ à } 2 \times 10^{-4} \text{ m/s})$

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



Livrable PACES n° 23 – QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE – Critères de potabilité  
Règlement sur la qualité de l'eau potable (c. Q-2, r.40(Gouvernement du Québec, 2019))



**Arsenic (As)**

- Conforme (<0.005 mg/L)
- A surveiller (0.005 à 0.01 mg/L)
- Non potable (>0.01 mg/L)

**Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

- Conforme (<5.0 mg/L)
- A surveiller (5.0 à 10.0 mg/L)
- Non potable (>10.0 mg/L)

**Cadmium (Cd)**

- Conforme (<0.0025 mg/L)
- A surveiller (0.0025 à 0.005 mg/L)
- Non potable (>0.005 mg/L)

**Uranium (U)**

- Conforme (<0.01 mg/L)
- A surveiller (0.01 à 0.02 mg/L)
- Non potable (>0.02 mg/L)

**Manganèse (Mn)**

- Conforme (<0.6 mg/L)
- A surveiller (0.6 à 0.12 mg/L)
- Non potable (>0.12 mg/L)

**Baryum (Ba)**

- Conforme (<0.5 mg/L)
- A surveiller (0.5 à 1.0 mg/L)
- Non potable (>1.0 mg/L)

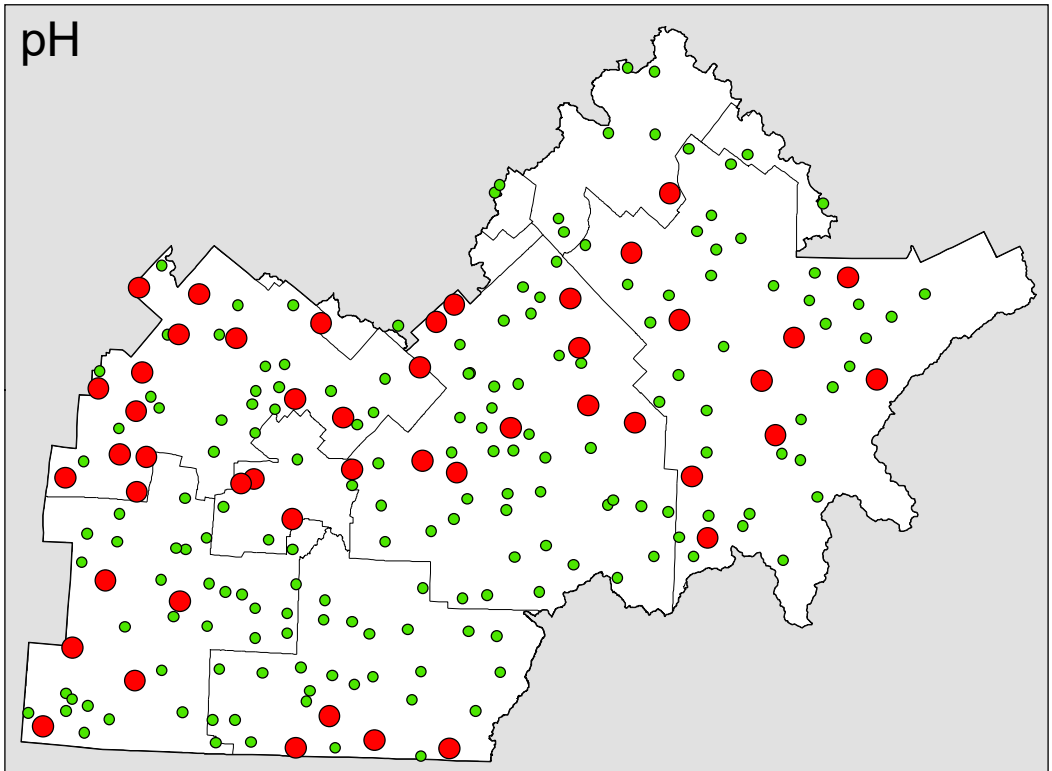
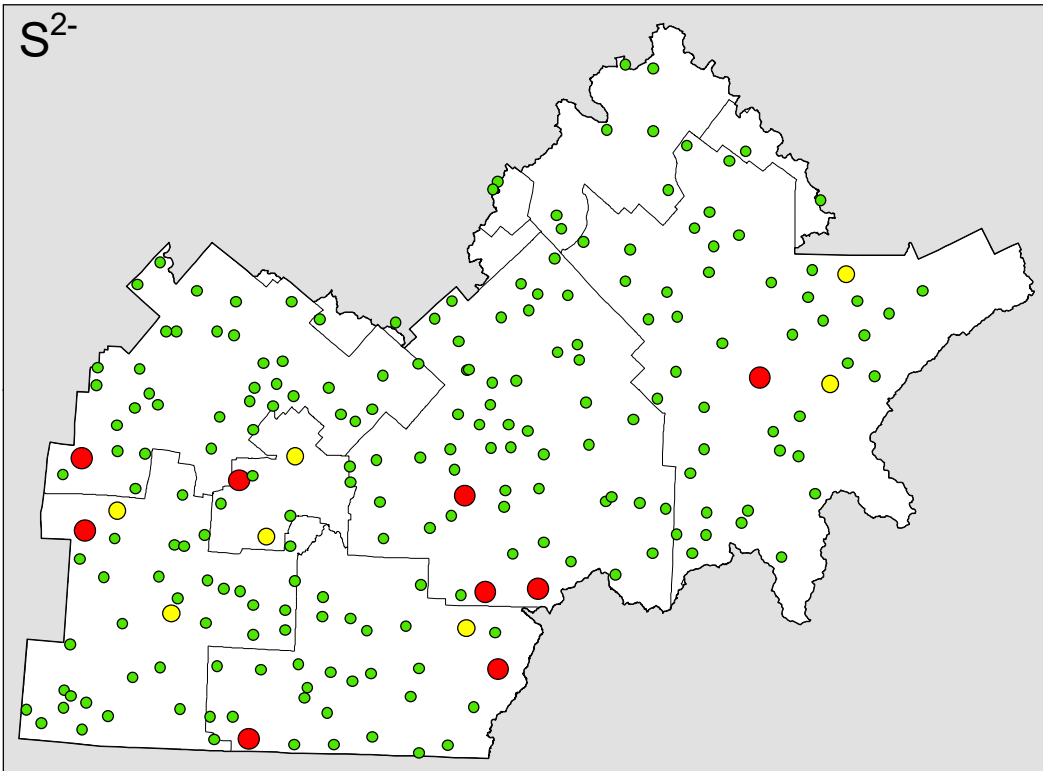
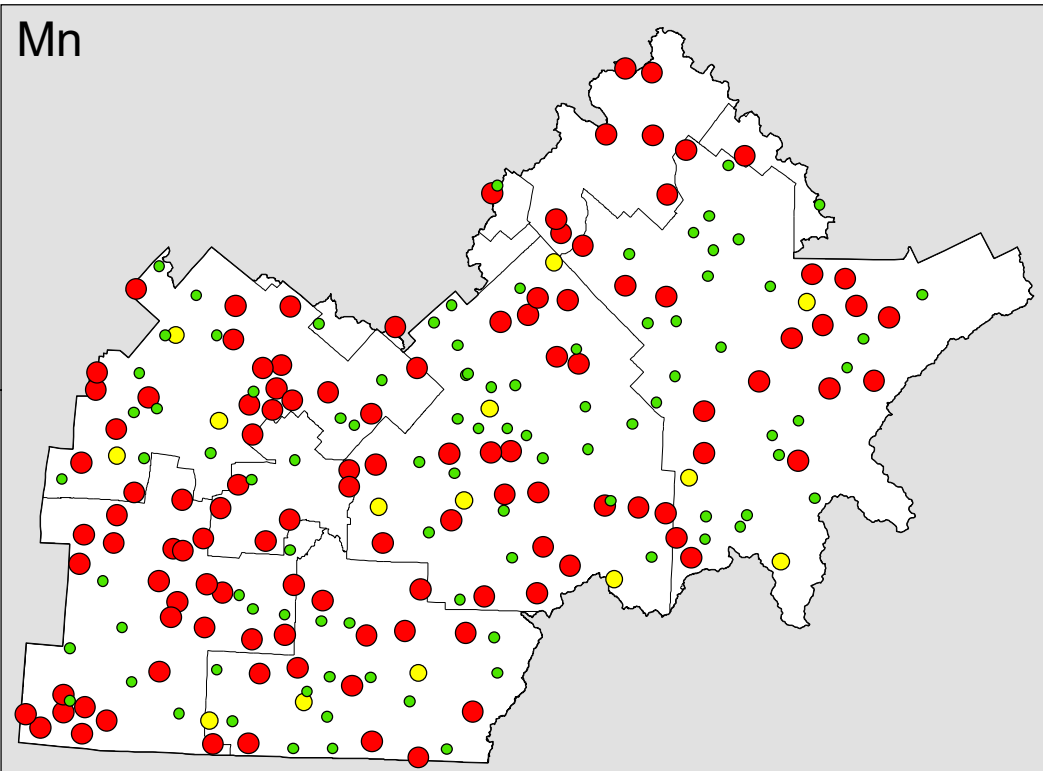
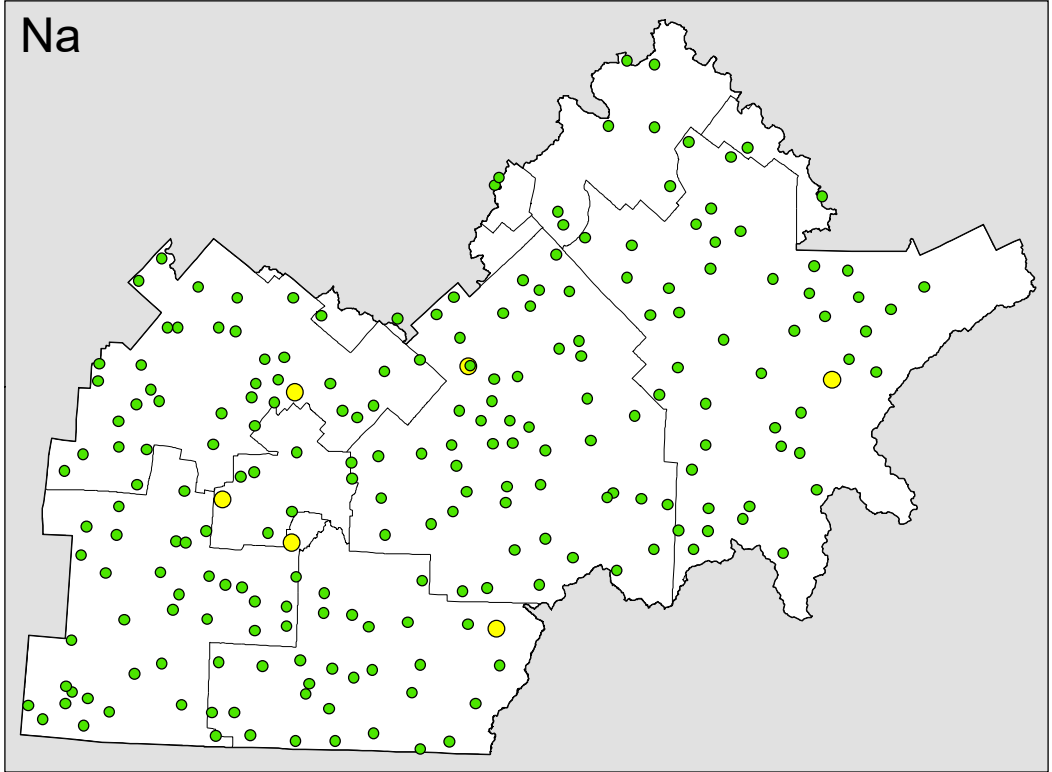
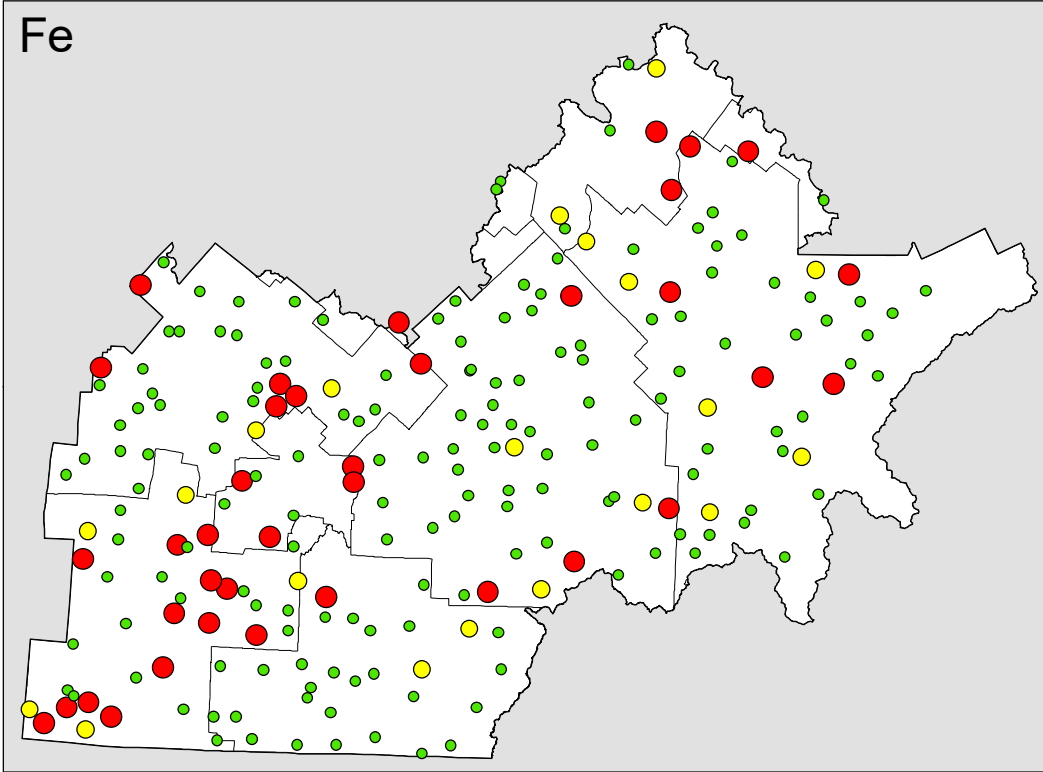
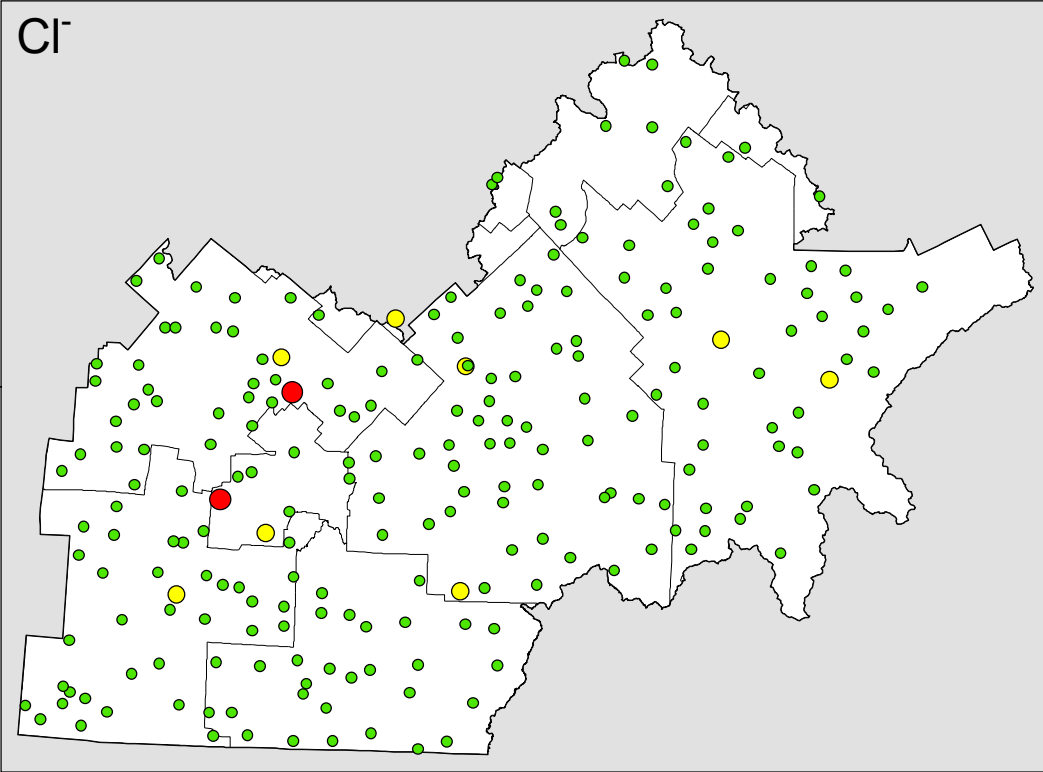
**Fluorure (F)**

- Conforme (<0.75 mg/L)
- ▲ A surveiller (0.75 à 1.5 mg/L)
- Non potable (>1.5mg/L)



Livrable PACES n° 24 – QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE – Objectifs esthétiques

Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada (Santé Canada, 2019)



**Chlorures (Cl<sup>-</sup>)**

- Acceptable (<125 mg/L)
- A surveiller (125 à 250 mg/L)
- Médiocre (>250 mg/L)

**Manganèse (Mn)**

- Acceptable (<0.01 mg/L)
- A surveiller (0.01 à 0.02 mg/L)
- Médiocre (>0.02 mg/L)

**Fer (Fe)**

- Acceptable (<0.15 mg/L)
- A surveiller (0.15 à 0.3 mg/L)
- Médiocre (>0.3 mg/L)

**Sulfures (S<sup>2-</sup>)**

- Acceptable (<0.025 mg/L)
- A surveiller (0.025 à 0.05 mg/L)
- Médiocre (>0.05 mg/L)

**Sodium (Na)**

- Acceptable (<100 mg/L)
- A surveiller (100 à 200 mg/L)
- Médiocre (>200 mg/L)

**pH**

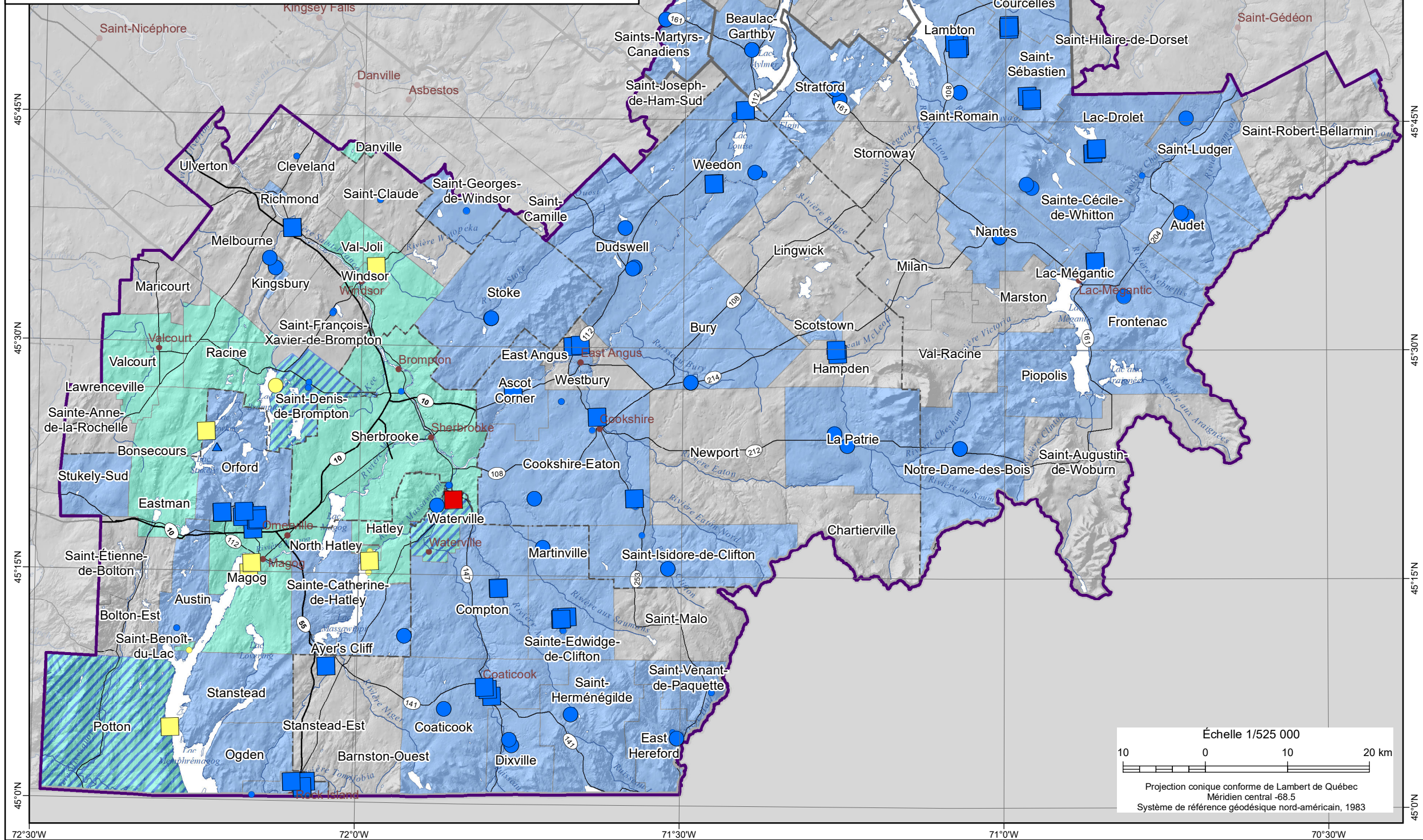
- pH trop acide (<7)
- pH conforme
- pH trop alcalin (> 10.5)



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## UTILISATION DE L'EAU

Livable PACES n° 25



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Type d'approvisionnement, Numéro de catégorie

Eau de surface, 1

Eau de surface, 2

Eau de surface, 0

Eau souterraine, 1

Eau souterraine, 2

Eau souterraine, 3

Eau souterraine, 0

Eau souterraine, Prélèvement non répertorié

#### Type de prélèvement municipal

Eau souterraine

Eau de surface

Mixte

Aucun

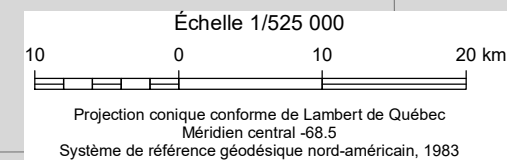
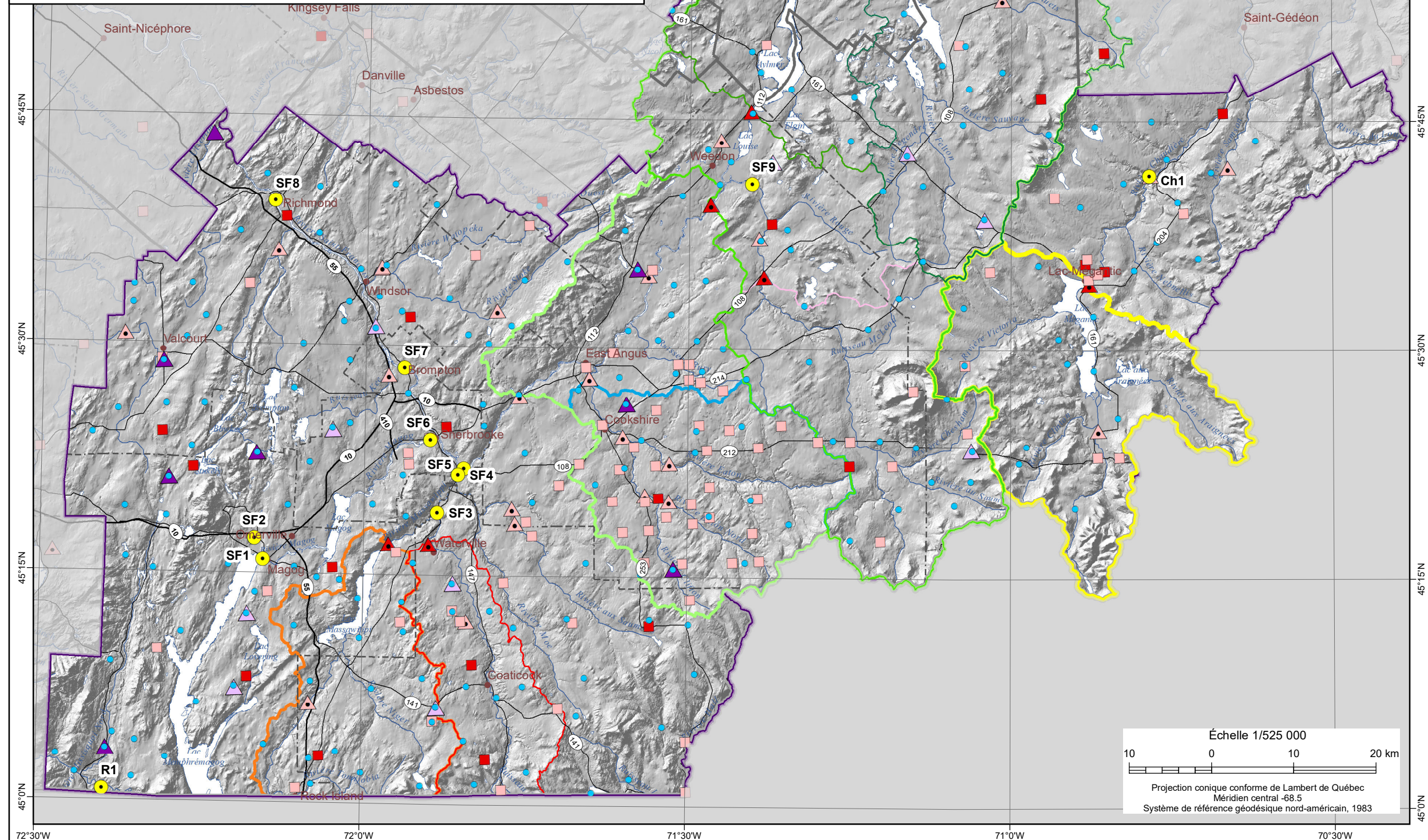
Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## STATIONS DE SUIVI

Livable PACES n° 26



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Puits d'observation et de prélèvements

Points de prélèvements échantillonnés dans le cadre du PACES Estrie

#### Puits d'observation du Réseau de suivi des eaux souterraines du Québec (RSESQ)

Puits d'observation existants avant le PACES Estrie (10)

Puits d'observation implantés dans le cadre du PACES Estrie (10)

#### Suivi de la qualité d'eau de surface

SF1 Stations de suivi IQBP (11)

#### Stations météorologiques

Stations fermées (107)

Stations ouvertes (28)

#### Stations hydrométriques de débit

Fermé (28)

Ouvert (8)

#### Bassins des stations hydrométriques utilisées

Station B030225 - Rivière Saint-François

Station B030278- Rivière Saint-François

Station B030284 - Rivière Saint-François

Station B030206 - Rivière Saint-François

Station B030282 - Rivière Au

Station B023427 - Rivière Chaudière

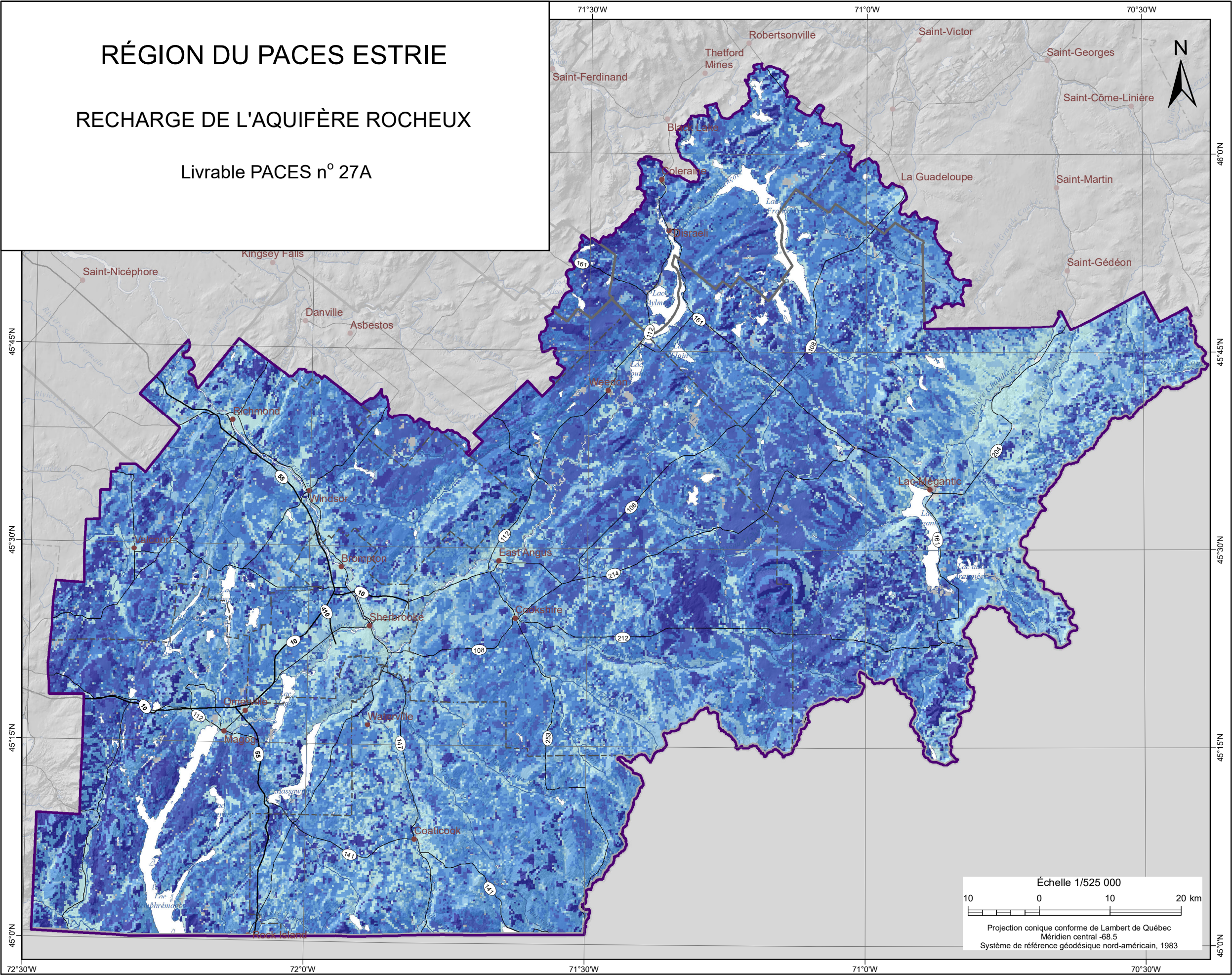
Station B030215 - Rivière Coaticook

Station B030234 - Rivière Eaton

Station B030220 - Rivière Massawippi

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique





Légende

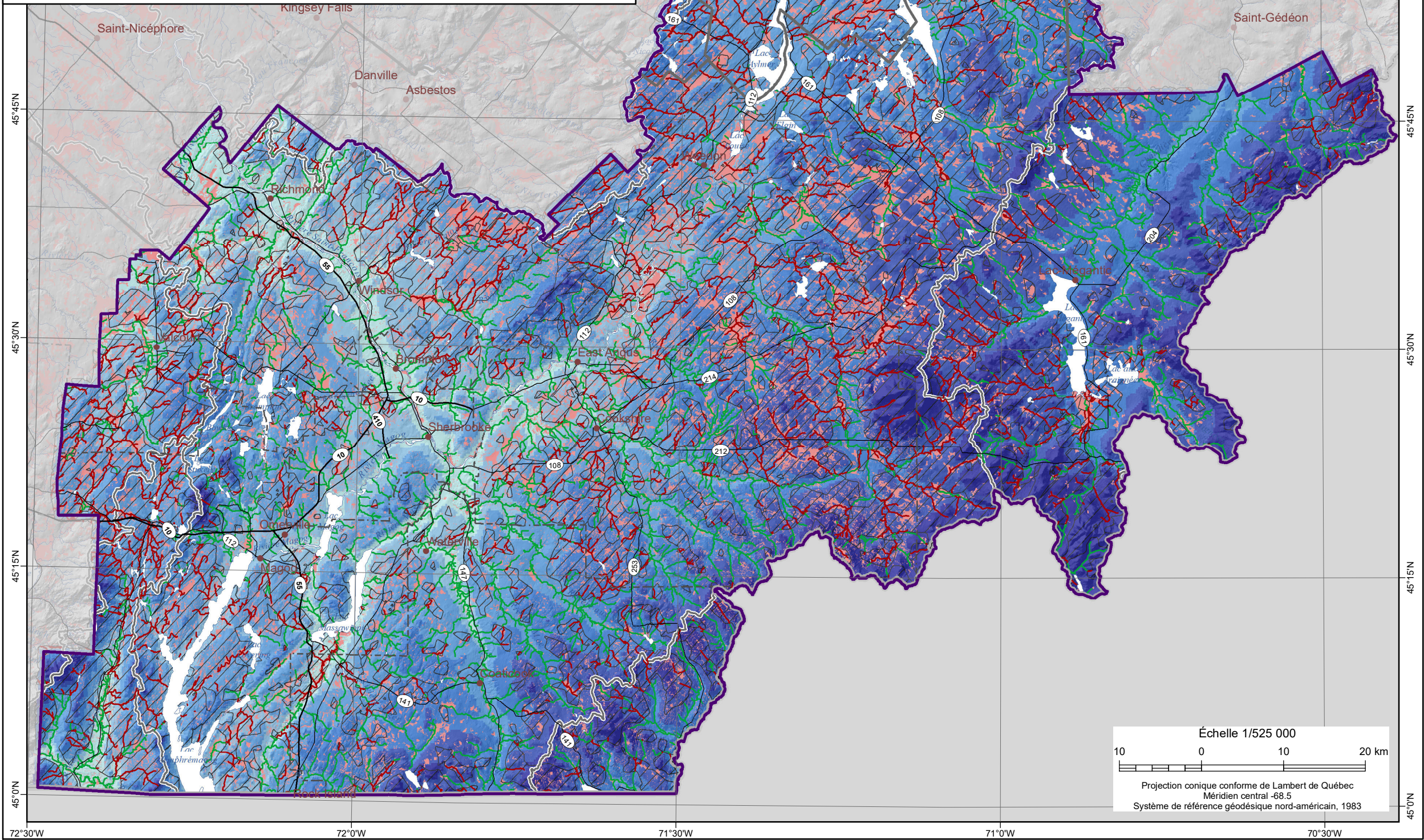
- Zone d'étude**
- Limite de la zone d'étude
- Toponymie**
- Lieu habité
- Réseau routier principal**
- Autoroute
  - Route nationale ou régionale
- Réseau hydrographique**
- Cours d'eau
  - Étendue d'eau
- Recharge au roc (mm/an)**
- < 100 mm/an (< 10e percentile)
  - 100 - 250 mm/an (10-25e percentile)
  - 250 - 300 mm/an (25-50e percentile)
  - 300 - 350 mm/an (50-75e percentile)
  - 350 - 450 mm/an (75-90e percentile)
  - > 450 mm/an (> 90e percentile)



# RÉGION DU PACES ESTRIE

## ZONES DE RECHARGE ET DE RÉSURGENCE DE L'AQUIFÈRE ROCHEUX

Livrable PACES n° 27B



### Légende

#### Zone d'étude

Limite de la zone d'étude

#### Toponymie

Lieu habité

#### Réseau routier principal

Autoroute

Route nationale ou régionale

#### Réseau hydrographique

Cours d'eau

Étendue d'eau

#### Lien hydraulique potentiel avec l'eau de surface

Lien direct

Lien indirect diffus ou lien inexistant

#### Zones de recharge préférentielles

Zones de recharge supérieure à 300 mm/an

#### Zones de résurgence potentielles

Milieux humides

#### Piézométrie (élévation en mNMM)

< 200 m (< 10e percentile)

200 - 250 m (10-25e percentile)

250 - 350 m (25-50e percentile)

350 - 450 m (50-75e percentile)

450 - 550 m (75-90e percentile)

> 550 m (> 90e percentile)

Voir les sources à la fin de l'Atlas hydrogéologique



Sources générales

Limites administratives

Système sur les découpages administratifs du Québec (SDA) à l'échelle 1/20 000. Gouvernement du Québec, Direction générale de l'information géographique, mise à jour de 2011.

Réseau hydrographique détaillé et courbes de niveau

Base de données pour l'aménagement du territoire (BDAT) à l'échelle de 1/100 000. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la faune, MRNF, 2008.

Toponymie, réseau routier et réseau hydrographique

Base de données géographiques et administratives (BDAG) à l'échelle de 1/1 000 000. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la faune, MRNF, 2008.

Sources spécifiques aux livrables

N° 1 – Topographie

Modèle altimétrique numérique à l'échelle 1/20 000, obtenu à la suite du traitement de données hypsométriques et hydrographiques; Gouvernement du Québec, Direction générale de l'information géographique, mise à jour de 2019.

N° 2 – Routes, limites administratives et toponymie

Réseau routier et réseau hydrographique : Base de données pour l'aménagement du territoire (BDAT) à l'échelle de 1/100 000. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la faune (MRNF), 2008.

Système sur les découpages administratifs (SDA) à l'échelle de 1/20 000. Gouvernement du Québec, Direction de la cartographie générale et administrative, Ministère des Ressources naturelles, juillet 2005.

N° 3 – Modèle altimétrique numérique

Modèle altimétrique numérique à l'échelle 1/20 000. Obtenu à la suite du traitement de données hypsométriques et hydrographiques; Gouvernement du Québec, Direction générale de l'information géographique, mise à jour de 2019.

Données topographiques du Canada - CanVec 1/50 000, 1944-2013, Gouvernement du Canada, Ressources naturelles Canada, 2013.

N° 4 – Pente du sol

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 5 – Hydrographie

Réseau hydrographique détaillé

Base de données pour l'aménagement du territoire (BDAT) à l'échelle de 1/100 000, Ministère des Ressources naturelles et de la faune, MRNF, 2008.

Cadre de référence hydrologique du Québec (CRHQ) à l'échelle 1/20 000, Gouvernement du Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), Direction du Patrimoine Écologique et des Parcs, mise à jour de 2011.

N° 6 – Limites de bassins et de sous-bassins

Réseau hydrographique détaillé

Base de données pour l'aménagement du territoire (BDAT) à l'échelle de 1/100 000, Gouvernement du Québec, Ministère des ressources naturelles et de la faune (MRNF), 2008.

Limites de bassins versants

Bassins hydrographiques multiéchelles du Québec à l'échelle 1/20 000; Gouvernement du Québec, Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), mise à jour de 2017.

N° 7 – Occupation du sol

Occupation du sol

Cartographie de l'utilisation du territoire du Québec 2018. Données de SIG [ArcMap, ESRI Canada]. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Gouvernement du Québec, Québec, Mise à jour de mai 2020.

N° 8 – Couverture végétale

Couvert végétal

Cartographie du 5<sup>e</sup> inventaire écoforestier du Québec méridional, Système d'information écoforestière (SIEF) à l'échelle 1/20 000; Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, mise à jour de 2018.

N° 9 – Milieux humides

Milieux humides détaillés

Canards Illimités Canada et le ministère de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MELCC), 2020. Cartographie détaillée des milieux humides des secteurs habités du sud du Québec – Données du projet global.

Milieux humides potentiels

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, MELCC, 2019. Cartographie des milieux humides potentiels - Version 2019. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Données de SIG [ArcMap, ESRI Canada], Québec (Québec).



N° 10 – Affectation du territoire

Affectation du territoire

Portrait provincial en aménagement du territoire (PPAT); Gouvernement du Québec, Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT), mise à jour d'avril 2018.

No 11 – Pédologie

Pédologie

Utilisation des feuillets pédologiques numériques à des échelles diverses; Données du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et de l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA), numérisation entre 1998 et 2006.

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 12 – Géologie du Quaternaire

Carte de la géologie du Quaternaire mise à jour dans le cadre du PACES Estrie.

N° 13 – Géologie du roc

Géologie du roc et failles

Système d'information géominière (SIGEOM), ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, MERN.

N° 14 – Coupes stratigraphiques et hydrostratigraphiques

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 15A à 15F – Épaisseur totale des dépôts meubles

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 16 – Topographie du roc

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 17A à 17C – Conditions de confinement

Livables cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 18 – Contextes hydrostratigraphiques

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 20 – Piézométrie dans le roc

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 23 – Qualité de l'eau souterraine – Critères de potabilité

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 24 – Qualité de l'eau souterraine – Objectifs esthétiques

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 25 – Utilisation de l'eau

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 26 – Stations de suivi

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 27A – Recharge de l'aquifère rocheux

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

N° 27B – Zones de recharge et de résurgence de l'aquifère rocheux

Livable cartographique produit dans le cadre du PACES Estrie.

