

Évaluation d'indicateurs de gestion durable des eaux souterraines

Projet pilote du CCME supporté par le MDDEFP

Alex Martin¹, Joshua Bleser¹, Marc-André Carrier², Christine Rivard³, René Lefebvre²

1 : OBV Yamaska

2 : INRS, Centre Eau Terre Environnement

3 : Commission géologique du Canada

Version préliminaire transmise au CCME, 8 février 2013

Introduction

Ce rapport documente les résultats d'un projet pilote visant à produire et évaluer des indicateurs de gestion durable des ressources en eau souterraine à partir des données issues du projet réalisé en Montérégie Est dans le cadre du *Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines* (PACES). Ces travaux font suite au rapport du *Conseil des académies canadiennes* (CAC, 2009) qui avait défini cinq objectifs à atteindre pour permettre une gestion durable des ressources en eau souterraine. Le CAC avait aussi recommandé le développement d'indicateurs appropriés qui permettraient d'évaluer l'atteinte des objectifs de gestion durable. Dans cette perspective, le *Conseil canadien des ministres de l'environnement* (CCME, 2011) a développé un projet pilote pour évaluer des indicateurs qui pourraient être appropriés pour la variété de contextes hydrogéologiques rencontrés au Canada. Le projet pilote et les indicateurs ont été définis par Gordon (2011) sur la base, entre autre, d'un rapport issu des travaux d'un comité conjoint Unesco-IAEA-IAH (Vrba & Lipponen, 2007).

Ce projet pilote a pu être réalisé grâce à la collaboration de certaines provinces qui ont proposé un territoire d'application à différentes échelles et dans différents contextes hydrogéologiques. Au Québec, le Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parc (MDDEFP) a choisi d'évaluer comment les données issues du *Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines* (PACES) pourraient être exploitées pour produire les indicateurs et a sélectionné le projet Montérégie Est, un des projets du PACES en voie de finalisation. Le PACES a pour but d'assurer la connaissance requise à la gestion et la protection des eaux souterraines sur l'ensemble du Québec municipalisé. Chaque projet réalisé dans le cadre du PACES doit fournir une base de données ainsi que de nombreux livrables cartographiques uniformisés. Il est donc pertinent d'évaluer si des indicateurs de gestion durable peuvent être produits sur la base des données fournies par les projets réalisés dans le cadre du PACES.

ISBN : 978-2-89146-821-3

L'objectif central du PACES est que les portraits des ressources en eau souterraine servent de base à une gestion informée de la ressource en eau souterraine. Pour ce faire, il faut que la connaissance issue des projets PACES soit transférée et comprise par les partenaires régionaux, de façon à permettre la gouvernance et l'aménagement du territoire dans une perspective de gestion durable de la ressource. Cependant, les livrables PACES sont des produits spécialisés directement utilisables surtout par des spécialistes. Des efforts sont donc requis pour permettre l'utilisation des connaissances PACES par des non spécialistes. Le projet pilote du CCME permet d'évaluer si des indicateurs de gestion durable peuvent être utiles pour définir l'état des ressources et aider à identifier des secteurs prioritaires d'action. Certains de ces indicateurs pourraient être intégrés dans des outils d'aide à la décision. Le présent rapport, de même que les tableaux 2 et 3, évaluent ainsi l'approche proposée par le CCME et le potentiel d'utilisation des données produites par le PACES pour dériver des indicateurs pertinents de gestion durable.

Contexte et particularités du PACES Montérégie Est

Dans le cadre du projet réalisé au Québec en Montérégie Est, le projet pilote a tenté d'évaluer quels sont les livrables ou les données produites par le PACES qui peuvent devenir utiles pour évaluer la pérennité de l'eau souterraine. Le présent rapport, de même que les tableaux 2 et 3, évaluent ainsi l'approche proposée par le Conseil canadien des ministres en environnement (CCME) et le potentiel d'utilisation des données produites par le PACES.

Le CCME a adopté les 5 objectifs de gestion durable proposés par le CAC : 1) Protéger la quantité d'eau souterraine; 2) Protéger la qualité d'eau souterraine; 3) Préserver la santé des écosystèmes; 4) Assurer le bien-être socio-économique; et 5) Appliquer les principes de bonne gouvernance. De plus, le CCME a intégré les indicateurs de gestion durable non seulement en lien avec ces objectifs, mais aussi en relation avec leur fonction dans le modèle *DPSIR*. La gestion durable des eaux souterraines est ainsi représentée dans le modèle *DPSIR* par rapport aux « forces motrices » (*Driver*), aux « pressions » naturelles ou humaines (*Pressure*), à son « état » (*State*), aux « impacts » socioéconomiques et sur les écosystèmes (*Impact*), ainsi que sur les réponses (*Response*) qui peuvent être apportées par les gestionnaires de la ressource en relation avec l'un ou l'autre des aspects du modèle *DPSIR* concernant les ressources en eau souterraine.

Le projet Montérégie Est couvre 9 000 km² et comprend trois bassins versants (rivières Richelieu et Yamaska et Baie Missisquoi), neuf municipalités régionales de comté (MRC) et 106 municipalités avec une population d'environ 792 000 habitants, dont près de 30% utilise l'eau souterraine pour son approvisionnement en eau. L'extrémité ouest de la région est résidentielle dû à sa proximité avec la ville de Montréal, mais le reste du territoire est principalement agricole. La région est bordée au nord-ouest par le fleuve St-Laurent et au sud par la frontière américaine. Cette région présente 5 contextes hydrogéologiques variés : les Basses-terres nord, les Basses-terres sud, le Piémont appalachien, les Appalaches et les Montérégiennes.

Le PACES Montérégie Est regroupe quatre types de participants qui ont participé à la fois au PACES et au projet pilote :

- Les responsables du programme : le projet implique des gestionnaires, issus du MDDEFP, qui voient au bon fonctionnement des projets;
- L'équipe de chercheur du PACES : ce type de participants, des hydrogéologues surtout, provient essentiellement de l'Institut national de recherche scientifique (INRS) et de la Commission géologique du Canada (CGC);
- Les gestionnaires régionaux de la ressource : ces gestionnaires sont issus des municipalités régionales de comté (MRC) et de certains organismes de concertation régionale. Ces participants sont désignés ci-après sous le nom de partenaires. Les partenaires sont inclus dans le projet depuis le début du PACES en 2009. Ce sont des aménagistes, des gestionnaires de cours d'eau, des maires de municipalités ou des administrateurs d'organismes environnementaux;
- L'Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBV Yamaska). Cet organisme de concertation représente un des trois bassins versants de la zone d'étude. Le coordonnateur des partenaires du projet PACES en Montérégie Est a été embauché par l'OBV Yamaska pour servir de liaison entre les chercheurs et les gestionnaires de la ressource.

Dans la suite du texte, les gestionnaires du MDDEFP, l'équipe de chercheurs ainsi que l'OBV Yamaska sont désignés sous l'appellation équipe du PACES.

Les indicateurs proposés par le CCME ont été produits dans cette région, ainsi que plusieurs autres indicateurs couvrant l'ensemble des objectifs de développement durable du CCA. Les indicateurs ont aussi fait l'objet d'une consultation auprès des partenaires régionaux qui sont impliqués dans la gouvernance ou la gestion des ressources en eau souterraine.

L'échéancier de réalisation du projet pilote coïncidait avec une intense période d'activité entre les partenaires et l'équipe du PACES. Quatre ateliers participatifs, pour quatre sous-groupes de partenaires, ont eu lieu au cours de l'automne 2012. Presque tous les partenaires étaient représentés lors de ces ateliers. L'équipe de chercheurs ainsi que l'OBV Yamaska animaient ces séances. Lors des ateliers, l'approche proposée, le modèle DPSIR, les objectifs et les indicateurs étaient présentés aux partenaires. Ceux-ci pouvaient faire part de leur opinion ou formuler des questions quant au projet pilote. Peu d'opinions ont toutefois été émises lors de ces ateliers. Dans les jours suivants, les partenaires recevaient un document résumant l'approche proposée. Finalement, la réalisation du projet pilote coïncidait aussi avec la rencontre de clôture du projet. Une discussion sur l'approche a aussi eu lieu lors de cette rencontre à laquelle tous les partenaires du PACES étaient invités. Plusieurs partenaires ont émis des commentaires sur l'approche proposée lors de cette rencontre.

Production et évaluation des indicateurs

Le tableau 1 résume les indicateurs de gestion durable des ressources en eau souterraine suggérés par le CCME et qui ont été évalués à l'aide des données disponibles pour le projet PACES réalisé en Montérégie Est. Le tableau A1 en annexe donne des détails sur les indicateurs, les critères d'évaluation appliqués à ces indicateurs, les données utilisées et leurs sources, les propriétés statistiques des données, l'usage des indicateurs pour la gestion et leur documentation, la pertinence des indicateurs dans le cadre *DPSIR* et des commentaires sur les indicateurs, particulièrement sur les avis des partenaires régionaux par rapport à la pertinence des indicateurs. La section suivante donne plus de détails sur les opinions des partenaires, tandis que certains indicateurs sont illustrés dans une section ultérieure.

Tableau 1. Indicateurs de gestion durable suggérés par le CCME.

Objectifs	No	Indicateurs
Protection contre l'épuisement (quantité)	1	Quantité d'eau disponible / Personne
	2	Eau consommée / Recharge
	3	Problème de quantité / Superficie
Protection contre la contamination (qualité)	4	Problème de qualité / Superficie
	5	Vulnérabilité / Superficie
	6	Sites contaminés / Superficie
Préservation des écosystèmes (viabilité)	7	Contribution au débit de base des plans d'eau
Parvenir à un bien-être socio-économique	8	Dépendance agricole à l'eau souterraine
	9	Efficacité de l'utilisation de l'eau souterraine
	10	Conflits d'usages ou problématiques locales
Application des principes de bonne gouvernance	11	Sensibilisation de la population
	12	Programmes sur l'eau souterraine

Opinion des partenaires

Les partenaires ont été consultés lors de 4 ateliers à l'automne 2012 et lors de la rencontre subséquente de clôture du projet tenue le 8 novembre 2012. Suite à la présentation des résultats obtenus pour les indicateurs en Montérégie Est, plusieurs commentaires pertinents ou suggestions constructives sur l'approche proposée pour la production des indicateurs ont été recueillis. Aucun commentaire n'a directement porté sur le modèle conceptuel *DPSIR* ni sur les cinq objectifs. La plupart des commentaires portaient sur les indicateurs. La dernière colonne du tableau A1 (tableau 3 du fichier Excel), intitulé *Commentaires*, présente plusieurs de ces opinions. Les paragraphes suivants rapportent l'ensemble des commentaires formulés. La première section présente un commentaire portant sur l'ensemble des indicateurs, la deuxième présente des commentaires sur les douze indicateurs de l'approche et la troisième contient les propositions de nouveaux indicateurs.

Commentaires généraux sur les indicateurs

Les indicateurs semblaient un peu trop généraux pour certains partenaires. Selon eux, il serait préférable de les adapter aux conditions locales avant d'évaluer ces indicateurs dans le temps. Il faut toutefois préciser que lors des présentations les indicateurs étaient présentés intégralement. Certains exemples accompagnaient quelques indicateurs pour imaginer les possibilités, mais essentiellement les indicateurs étaient présentés tel que proposés dans l'approche préliminaire.

Commentaires spécifiques à un ou plusieurs indicateurs

Indicateur 1 : Quantité d'eau disponible / Personne

Cet indicateur devrait établir une distinction claire entre l'eau disponible (qui dépend principalement de la recharge) et l'eau exploitable ou accessible (qui dépend principalement de la présence d'unités aquifères, granulaires ou rocheuses permettant de forts débits). La réflexion est survenue notamment lorsque les partenaires ont constatés que des municipalités aux prises avec des problématiques d'approvisionnement en eau potable au moment de l'atelier présentaient de grandes quantités d'eau dites disponibles selon la recharge. Le potentiel d'exploitation semble d'un plus grand intérêt que l'eau disponible pour les partenaires régionaux.

Indicateurs 3 et 4 : Aire affectée par des problèmes de quantité ou de qualité / Superficie totale

Le commentaire reçu pour ces indicateurs concerne la relation entre la superficie présentant des problèmes de quantité ou de qualité et la superficie totale. La superficie exacte présentant des problèmes de quantité ou de qualité est difficile à déterminer. Selon certains partenaires, il serait plus facile et utile de mettre en relation le nombre de municipalités présentant des

problématiques par rapport au nombre total de municipalités de la région évaluée. Une MRC représenterait une échelle intéressante pour la production de cet indicateur.

Indicateur 4 : Aire affectée par des problèmes de qualité / Superficie totale

Pour certains partenaires, une évaluation des superficies vulnérables semble poser problème dans une perspective de gestion intégrée des ressources en eau. Ces partenaires font valoir que, le fait de considérer les zones vulnérables est en contradiction avec la logique de gestion intégrée de l'eau qui implique de considérer l'effet de chaque action sur l'ensemble du réseau hydrographique, indépendamment de la vulnérabilité locale.

Indicateur 5 : Aire vulnérable / Superficie totale

En plus d'évaluer l'emplacement et les proportions de zones vulnérables pour chaque région, les partenaires suggèrent que cet indicateur précise la densité d'activités humaines possibles sans dégradation de la nappe. Chaque niveau de vulnérabilité pourrait présenter une densité d'activités possibles.

Un partenaire a précisé que malgré le caractère peu évolutif de la vulnérabilité, celle-ci est sujette à changement. Par exemple, la création d'une nouvelle carrière peut modifier la vulnérabilité de l'eau souterraine. Il faut donc considérer la possibilité de réévaluer cet indicateur.

Indicateur 6 : Nombre de sites contaminés / Superficie

Plutôt que d'utiliser la densité de terrains contaminés, certains partenaires suggèrent d'utiliser les activités potentiellement polluantes pour évaluer la possibilité de contamination selon les usages actuels du territoire.

Indicateur 7 : Contribution de l'eau souterraine au débit de base des plans d'eau

La contribution de l'eau souterraine au débit de base devrait être formulée par rapport à son pourcentage du débit total moyen. De cette façon, il serait possible de comparer l'importance relative des zones d'émergence dans le maintien d'un débit minimal (d'étiage). De plus, puisque l'objectif lié à cet indicateur est de préserver la viabilité des écosystèmes, il est fort probablement nécessaire de considérer que le débit requis pour assurer la survie des espèces est plus important que le simple débit de base d'un cours d'eau.

Indicateur 8 : Dépendance de la population à l'eau souterraine

Le nombre d'agriculteurs ne semble pas une mesure pertinente pour évaluer la dépendance à l'eau souterraine. Cette donnée est trop susceptible de varier sans que la quantité d'aliments produits ou les surfaces cultivées ne varient. Les superficies cultivées semblent une unité plus appropriée pour évaluer la dépendance à l'eau souterraine. Une distinction entre les principaux usages agricoles serait aussi pertinente pour cet indicateur puisque certains types de culture nécessitent plus d'eau.

Indicateur 12 : Programmes sur l'eau souterraine

Les partenaires se questionnent sur la possibilité d'utiliser les ressources humaines attirées à la gouvernance de l'eau comme indicateur. Certains suggèrent l'utilisation de personnes-jours pour calculer la contribution en ressources humaines. D'autres suggèrent plutôt d'utiliser le nombre de municipalités avec une personne attirée aux eaux souterraines sur le nombre de municipalités dans la MRC. Dans tous les cas et selon la faible quantité de personnes allouées à la gouvernance de l'eau souterraine, il n'apparaît pas pertinent d'utiliser un indicateur relatif aux ressources humaines. Certains partenaires considèrent que cet indicateur doit tenir compte de la distinction entre gestion et gouvernance.

Nouveaux indicateurs suggérés

Densité de développement maximale

Un nouvel indicateur pourrait évaluer la densité maximale de développement résidentiel soutenable pour un secteur domiciliaire sans services (égouts et aqueduc). L'indicateur pourrait mettre en relation la densité maximale et la densité actuelle de cette zone. Cet indicateur permettrait à la fois d'évaluer l'objectif de quantité (recharge et utilisation du secteur donnée) et l'objectif de qualité (capacité d'éliminer les rejets). L'indicateur pourrait être relatif à la quantité d'eau souterraine disponible et aux caractéristiques du sol.

Niveau d'eau

Puisque plusieurs puits de suivi ont été installés dans le cadre du PACES, il serait dorénavant possible de suivre le niveau d'eau dans plusieurs puits à l'aide de moniteurs (ce qui est réalisé par le MDDEFP qui a intégré ces puits à son réseau de surveillance). Cet indicateur du niveau d'eau permettrait de connaître avec une bonne précision les changements dans la quantité d'eau souterraine. L'indicateur serait encore plus représentatif après quelques années d'observation. Cet indicateur pourrait aussi présenter des seuils d'alerte préventifs en cas de niveau d'eau anormalement bas.

Relation milieux humides et eau souterraine

Les partenaires considèrent qu'un indicateur qui mettrait en relation l'eau souterraine et les milieux humides serait pertinent. L'indicateur pourrait mettre en lumière les impacts de l'un sur l'autre, selon les zones d'émergence qui contribuent aux milieux humides ou les milieux humides qui contribuent à la recharge de l'eau souterraine. Les milieux humides qui ont une grande influence sur l'eau souterraine pourraient alors être connus et protégés.

Influence des changements climatiques sur l'eau souterraine

Bien que les partenaires n'aient pas formulés clairement une façon d'évaluer un tel indicateur, certains ont fait part d'un intérêt pour un indicateur qui présenterait les effets à long terme des changements climatiques sur la disponibilité et la qualité de l'eau souterraine.

Opinion de l'équipe du projet PACES

Plusieurs acteurs de l'équipe PACES Montérégie Est ont participé au projet pilote du CCME. En plus de collecter l'opinion des partenaires sur l'approche proposée, les membres de l'équipe PACES ont émis certaines opinions sur l'approche. Les paragraphes suivants présentent certaines opinions de l'équipe PACES sur le modèle *DPSIR* et la mise à jour et le suivi des indicateurs. Certaines analyses se retrouvent aussi à l'intérieur du tableau A1.

Le modèle DPSIR

Un élément de discussion important entre les partenaires a été le modèle *DPSIR*. Le cadre conceptuel qu'offre ce modèle apparaissait soit comme très intuitif et compréhensible pour les partenaires, soit comme complexifiant l'approche proposée. Puisque la plupart de nos partenaires agissent dans leur domaine respectif selon une logique semblable à celle du modèle *DPSIR*, cette approche conceptuelle semblait s'imposer et être facilement intégrable pour les partenaires. Toutefois, la prise en compte simultanée des objectifs, des indicateurs et du modèle semblait complexifier l'approche proposée pour les partenaires. Enfin, plusieurs indicateurs pouvaient être considérés comme étant en relation avec plus qu'un élément *DPSIR*.

Aucun commentaire n'a porté sur le modèle *DPSIR* lors des rencontres avec les partenaires du PACES, ce qui peut confirmer à la fois la thèse de l'aspect intuitif et la thèse de l'élément complexe. Que les partenaires fonctionnent déjà selon une logique semblable au modèle *DPSIR* ou qu'ils considèrent inutile d'ajouter une couche d'analyse supplémentaire à l'évaluation de l'eau souterraine, dans les deux cas, le modèle ne semble pas un élément positif de la méthode évaluative. Bien que l'utilité du modèle *DPSIR* à saisir les différents mécanismes environnementaux soit incontestée, l'intégration de ce schéma conceptuel dans l'approche ne semble pas être un élément important pour les partenaires.

Ainsi, Le modèle *DPSIR* semble un élément utile pour élaborer l'approche, mais pas pour évaluer la gestion durable de l'eau souterraine. Le modèle pourrait donc être utilisé dans la préparation d'une méthode uniforme d'évaluation puis ne pas faire partie de la méthode remise aux gestionnaires locaux. Ainsi, les avantages d'analyse du modèle *DPSIR* seraient intégrés dans le choix des indicateurs et la méthode évaluative serait simplifiée. Dans l'expansion que nous proposons aux indicateurs soumis par le CCME à partir des données PACES (tableau A2), nous avons combiné des éléments du modèle *DPSIR* pour classer les indicateurs proposés. Les aspects

force motrice et pression ont été regroupés, de même que l'état et l'impact. Les réponses peuvent être prises à partir des indicateurs mais il n'y a pas d'indicateur relié aux réponses elles-mêmes.

La mise à jour et le suivi des indicateurs

Pour que les indicateurs contribuent à améliorer la gestion de l'eau souterraine, l'assemblage des données et le suivi des indicateurs doivent se faire de manière continue. L'échelle de production des indicateurs est importante pour que chacun soit utile. Certains indicateurs doivent être produits par municipalités, d'autres par MRC, d'autres par régions et possiblement d'autres pour le Québec entier. Afin que ces différentes évaluations soient réalisées efficacement, il n'est pas possible de miser sur les gestionnaires de la ressource actuels qui travaillent à un seul des niveaux présentés. La mise à jour de plusieurs indicateurs dépend d'une ressource qui créerait le lien entre les différentes entités productrices d'indicateurs. L'état actuel des ressources humaines dédiées à la gouvernance ou à la gestion de l'eau souterraine permet difficilement de dériver les indicateurs locaux et ne permet aucunement de dériver les indicateurs régionaux ou nationaux. L'équipe PACES a longuement discuté de cet état des choses et insiste sur la nécessité de répondre à la question : qui, ou quel mécanisme, sera responsable de la mise à jour des indicateurs? L'approche proposée par l'équipe du PACES est de créer et supporter des comités régionaux de concertation qui pourraient assurer le transfert des outils aux niveaux des OBV et des MRC, tout en faisant le lien avec les milieux de la recherche et le MDDEFP. La forme de tels comités pourrait être adaptée aux situations régionales et à la dynamique existant entre les organismes en place.

Retombées du projet pilote

Au Québec, le PACES couvre déjà une grande partie du Québec municipalisé. Les différents projets réalisés dans le cadre du PACES ont été réalisés en trois phases. La phase 1 a débuté en 2009 et se terminera en mars 2013. Le projet pilote du CCME se retrouve à l'intérieur d'un PACES de la première phase. Les PACES des phases 2 (2010-2013) et 3 (2012-2015) se termineront donc simultanément ou ultérieurement à la réalisation du projet pilote. Puisque les projets PACES s'inscrivent tous dans un même programme, les données qui seront produites d'un projet à l'autre sont très similaires. Il sera donc possible d'utiliser des indicateurs basés sur les mêmes types de données. Le projet pilote permettrait donc de produire un modèle d'évaluation des indicateurs applicable à l'ensemble du Québec.

Ce projet pilote du CCME donne l'opportunité au MDDEFP de développer une approche nationale « complète » pour assurer la gestion de l'eau souterraine; les données issues des projets PACES fournissant la connaissance sur la ressource et les indicateurs assurant à la fois le transfert de cette connaissance aux gestionnaires régionaux et servant d'outil pour identifier les problématiques et les régions prioritaires, constituent une base solide pour la prise d'action. Le ministère pourrait utiliser le projet pilote, ou ses conclusions, pour développer une méthode

d'évaluation qui utilise de façon relativement uniforme les données produites par le PACES, mais qui soit aussi adaptable aux réalités de chaque région. Pour maximiser le suivi des indicateurs et donc s'assurer de la pérennité de l'eau souterraine, le MDDEFP pourrait coordonner un ensemble de personnes ressources réparties dans les différentes régions du Québec qui feraient le lien avec les gestionnaires régionaux.

Dans cette perspective, nous avons évalué l'ensemble des indicateurs qui pourraient être dérivés des données produites par les projets PACES en relation avec les objectifs de gestion durable (figure 1). Le tableau A2 en annexe compile les résultats de cette évaluation préliminaire. Les indicateurs suggérés par le CCME qui ont été jugés les plus pertinents sont repris dans le tableau A2 (indiqués par un astérisque), mais d'autres indicateurs considérés intéressants sont aussi identifiés. Comme le montre la figure 1, l'ensemble de ces indicateurs permettrait aux gestionnaires régionaux 1) de mieux saisir l'état de la ressource, 2) d'identifier les problématiques pertinentes à leur région, et 3) de cibler les secteurs prioritaires d'intervention.

Au tableau A2, les objectifs de gestion durable sont mis en relation avec les données issues des projets PACES qui sont jugées d'intérêt par rapport avec cet objectif. Ensuite, des indicateurs utilisant ces données, seules ou combinées, sont identifiés et regroupés en relation avec les éléments du modèle *DPSIR*. Les aspects force motrice et pression ont été regroupés, de même que l'état et l'impact. Les réponses peuvent être prises à partir des indicateurs mais il n'y a pas d'indicateur relié aux réponses elles-mêmes. La liste des réponses potentielles donne des indications des types d'actions qui pourraient être faites si une situation ou une zone problématique était identifiée par des indicateurs reliés à l'objectif de gestion durable. L'échelle de production du livrable qui semble la plus pertinente

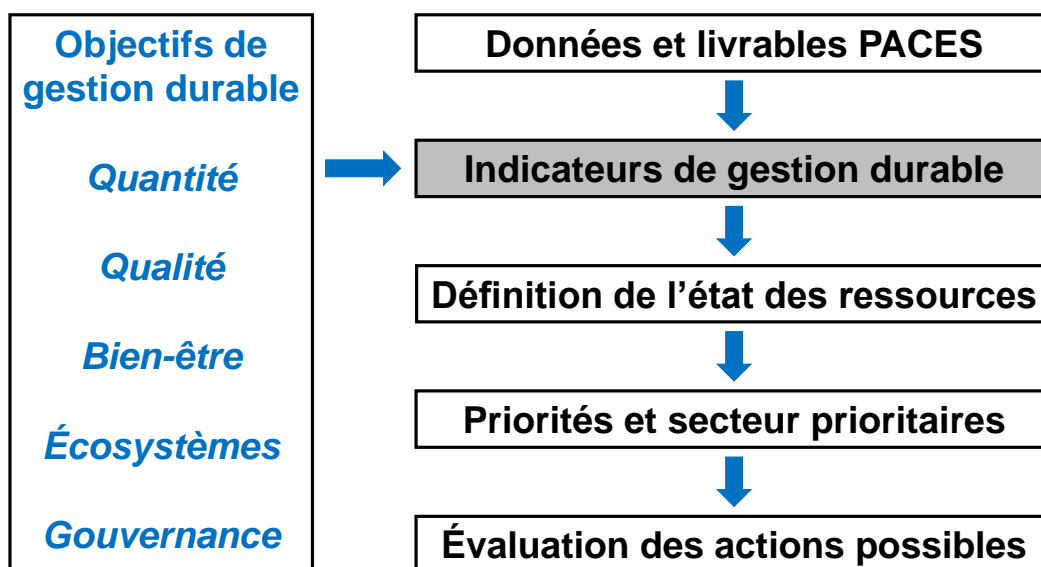


Figure 1. Indicateurs de gestion durable suggérés par le CCME.

Certains nouveaux indicateurs proposés semblent importants pour bien définir l'état des ressources et les besoins de protection. Au niveau des usages de l'eau souterraine et de sa contribution au bien-être socioéconomique, il a été jugé important de produire des indicateurs qui permettraient de mieux préciser les différentes utilisations de l'eau souterraines et leurs proportions de l'usage totale de l'eau souterraine, mais aussi la proportion d'usage de l'eau souterraine par rapport à l'usage total de l'eau (souterraine et de surface). Dans la perspective où l'eau souterraine est souvent la seule source d'approvisionnement en milieu rural, un indicateur a aussi été dérivé pour montrer la densité des puits résidentiels par unité de surface. Cet indicateur est intéressant en soi, mais aussi lorsqu'il est mis en relation avec la vulnérabilité ainsi que la densité d'activités anthropiques qui pourraient dégrader la qualité de l'eau souterraine. Ces informations peuvent ainsi permettre de cibler les secteurs où l'eau souterraine doit être protégée en priorité. Le tableau A2 représente l'ébauche d'un cadre qui pourrait faciliter le transfert de l'information concernant l'état des ressources en eau souterraine, ainsi que guider les actions par rapport aux problématiques et aux régions prioritaires. Quelques exemples de cartes illustrant certains des indicateurs proposés sont montrés en annexe (figures A1 à A5). Ces cartes montrent qu'il est envisageable de transmettre l'information sur l'état des ressources de façon relativement simple. Ces cartes feront partie de l'atlas hydrogéologique annexé au rapport du projet PACES Montérégie Est et elles serviront à guider l'établissement des priorités régionales de gestion durable des ressources en eau souterraine dans cette région.

Conclusions

Le projet pilote s'est bien intégré dans le contexte du projet PACES Montérégie Est. L'analyse de l'approche proposée a permis de vérifier le potentiel d'utilisation des données produites par le PACES pour produire des indicateurs d'intérêt pour les partenaires régionaux. Les partenaires locaux et régionaux ont été consultés à diverses reprises afin d'enrichir l'évaluation de l'approche proposée. Les retombées possibles du projet pilote sont nombreuses et pourraient avoir un impact important sur la gestion de l'eau souterraine au Québec. Certains efforts sont nécessaires à l'échelle nationale pour organiser une gestion pérenne de l'eau souterraine.

Références

Conseil des académies canadiennes (CAC), 2009. La gestion durable des eaux souterraines au Canada. Le Comité d'experts sur les eaux souterraines au Canada, 276 p.

CCME, 2011. Initiative: Groundwater Assessment Approach Pilot Projects. CCME, WMC Groundwater Project Team, 2012/13 Workplan Proposal.

Gordon, S., 2011. Sustainable groundwater management: Preliminary approach for assessing the sustainability of groundwater. Gordon Groundwater Consultancy, Report submitted to CCME, May 2, 2011. 41 pp.

Vrba, J., Lipponen, A., ed., 2007. Groundwater Resources Sustainability Indicators. Groundwater Indicators Working Group, Unesco, IAEA, IAH, IPH-VI Series on Groundwater No. 14.

Tableau A1. Évaluation des indicateurs de développement durable pour le projet PACES de la Montérégie Est.

Note : ce tableau correspond au tableau 3 du CCME dans le fichier Excel annexé au rapport (disponible en anglais et en français)

Cadre DPSIR	Indicateur	Critère d'évaluation	Données utilisées et source	Données (Lacunes, Incertitudes, Suppositions)	Propriétés statistiques	Gestion et documentation	Pertinence des indicateurs dans le cadre DPSIR	Commentaires
Force motrice –	<i>Quantité</i> : Recharge par personne (m ³ /an)	Recharge / Personne	Taux de recharge évalués par le PACES. Chiffres de population des municipalités et des MRC.	La précision des données de recharge ne sera pas la même pour tous les projets PACES, toutefois, les données seront complètes et faciles à utiliser pour toutes les régions.	L'estimation de la recharge correspond à une valeur moyenne qui n'évolue pas dans le temps (sauf exception). Les projections démographiques seraient utiles pour prévoir l'augmentation des pressions sur l'eau. Indicateur à dériver par municipalité ou par MRC.	L'indicateur n'implique pas d'actions à entreprendre mais peut être utilisé à des fins de comparaisons avec d'autres municipalités. Les résultats seront compilés par tableau et par carte pour comparer les municipalités.	La recharge est élevée par rapport à la population dans la plupart des régions de l'étude. L'indicateur permet toutefois de discerner les municipalités où la recharge est plus importante par rapport à la population. L'indicateur ne reflète pas la différence entre accessibilité (Est-ce que l'ES est renouvelée?) et exploitabilité (Est-ce que l'ES peut être pompée à un débit suffisant?).	L'indicateur serait plus pertinent en considérant aussi l'eau de surface et les besoins totaux en eau. L'indicateur ne semble pas représenter une préoccupation pour les partenaires puisque le taux de recharge par personne n'est pas relié à l'exploitabilité réelle de l'eau.
	<i>Socioéconomique</i> - Dépendance de la population agricole à l'eau souterraine	% du territoire dédié à des activités agricoles	Information sur l'utilisation du territoire du MAPAQ et du MAMROT compilés par le PACES. Données d'utilisation de l'eau du PACES.	L'information est simple à utiliser et peut facilement être mise à jour. Le suivi permet de vérifier l'évolution de la dépendance à l'eau souterraine.	L'utilisation du pourcentage de territoires dédiés à l'agriculture est plus pertinent que le nombre d'agriculteurs.	Indicateur à produire au niveau municipal ou des MRC. L'indicateur ne tient pas compte de l'utilisation d'eau souterraine ou d'eau de surface pour les zones cultivées.	Cet indicateur témoigne de l'importance de l'activité agricole dans une municipalité ou une MRC.	Un indicateur utilisant les données réelles de consommation d'eau ou la superficie agricole témoigne mieux de la dépendance en eau souterraine qu'un indicateur qui s'appuie sur le nombre d'agriculteurs.

	<i>Socioéconomique - Dépendance à l'eau souterraine</i>	<i>Eau souterraine utilisée :</i> 1. <i>Usage agricole / Usage total (municipalité) %</i> 2. <i>Usage industriel et commercial / Usage total (municipalité) %</i> 3. <i>Usage résidentiel / Usage total (municipalité) %</i>	Données d'utilisation de l'eau PACES.	Les données d'utilisation de l'eau sont facilement utilisables. Toutefois, les données contiennent des estimations qui impliquent un certain niveau d'incertitude.	La mise à jour des données est difficile puisque les sources d'informations sont très variées et incertaines. Le pourcentage d'eau souterraine utilisée pour chaque secteur semble moins pertinent dans la zone d'eau saumâtre où certains types d'activités seront à 0 %.	L'indicateur semble plus pertinent à l'échelle municipale et permet de comparer l'importance de l'eau souterraine par municipalité et par secteur.	Le pourcentage d'utilisation d'eau souterraine par secteur établit clairement quelles sont les forces motrices en place.	La dépendance à l'eau souterraine pourrait être évaluée selon d'autres types d'activités (industrielle, commerciale, résidentielle).
Pression –	<i>Qualité- Vulnérabilité de l'eau souterraine</i>	Densité des activités potentiellement polluantes dans des zones vulnérables (nombre / km ²) (municipalité)	Cartes de vulnérabilité DRASTIC produites par tous les PACES. Registre des activités potentiellement polluantes et leur classement PACES (CUBF, MAMROT et MDDEFP)	Les données du PACES permettent de calculer une densité des activités à risque et permettent de cibler les zones exigeant une évaluation plus poussée.	L'indicateur peut évoluer dans le temps. Il pourrait être plus pertinent de dériver l'indicateur pour des zones vulnérables plutôt que l'ensemble des municipalités.	Cet indicateur peut être utilisé pour faire des choix quant à l'utilisation du territoire.	La densité d'activités potentiellement polluantes démontre bien la pression qui est exercée sur les zones vulnérables.	La pondération des différents niveaux de risques potentiels associés aux différentes activités pourrait être intégrée au calcul de densité d'activités.
État	<i>Quantité - Eau souterraine consommée / Recharge %</i>	L'eau captée ne doit pas représenter plus de 50 % de la recharge.	La recharge et l'utilisation de l'eau souterraine sont disponibles dans les livrables du PACES.	En dépit de l'incertitude reliée aux estimés d'utilisation d'eau souterraine, les données sont faciles à utiliser. Une mise à jour des données d'utilisation de l'eau permettrait de suivre l'évolution de l'état de la ressource.	L'indicateur peut être mis à jour bien que les données sur l'utilisation de l'eau sont difficiles à obtenir. L'indicateur permet de déceler des situations d'utilisations importantes.	L'indicateur est pertinent, mais ne semble pas un outil d'aide à la décision.	L'eau souterraine captée est parfois puisée à l'extérieur des limites d'une municipalité. Le ratio d'utilisation de la recharge ne témoigne donc pas toujours de l'état dans une municipalité.	Les partenaires régionaux ont démontré de l'intérêt pour cet indicateur qui illustre l'importance réelle de l'usage actuel de l'eau souterraine.

	<i>Quantité</i> - Densité de puits résidentiels	Nombre de puits résidentiels / km ²	Compilation du Système d'information hydrogéologique (SIH) du MDDEFP par le PACES.	Le site du MDDEFP mentionne que le SIH ne contient pas tous les puits existants.	L'information est évolutive et peut être mise à jour. Pour obtenir une échelle d'évaluation intéressante, il peut être nécessaire d'utiliser des zones plus petites que des municipalités. Il serait particulièrement intéressant de calculer les densités des développements résidentiels existants ou prévus.	La densité potentielle ou la capacité maximale de puits résidentiels est d'un grand intérêt pour planifier le développement des municipalités.	L'indicateur témoigne plutôt de la pression appliquée sur la ressource plutôt que de l'état de la ressource.	La limite des superficies à calculer est primordiale afin d'obtenir des informations pertinentes.
	<i>Qualité</i> - Nombre de terrains contaminés	Densité de terrains contaminés par municipalité.	Répertoire des terrains contaminés du MDDEFP.	Le répertoire contient toujours les sites réhabilités ainsi que les terrains contaminés ne nécessitant pas de réhabilitation.	La mise à jour de l'indicateur est relativement facile. L'échelle des municipalités est pertinente pour cette évaluation.	L'indicateur est simple et permet de comparer avec d'autres municipalités, mais n'engage pas à des actions.	Le nombre de terrains contaminés ne témoigne pas nécessairement de l'état de l'eau souterraine.	Les partenaires régionaux ont démontrés un plus grand intérêt à analyser les activités polluantes actuelles plutôt que les terrains contaminés.
	<i>Qualité</i> - Vulnérabilité de l'eau souterraine (Σ Superficies présentant une vulnérabilité élevée / Superficie totale) %	% d'étendue vulnérable de la zone considérée.	Carte de vulnérabilité produite par le PACES. Vulnérabilité selon la méthode DRASTIC.	Classes de vulnérabilité : Élevée : 150 (quartile supérieur); Moyenne : 120-150; Faible : <120 (quartile inférieure)	L'indicateur n'est pas dynamique et facile à utiliser. La municipalité semble la meilleure échelle pour utiliser l'indicateur.	L'indicateur peut aider dans la planification de l'aménagement du territoire en fonction de la vulnérabilité de l'eau souterraine.	L'indicateur reflète bien l'état de la vulnérabilité naturelle de l'eau souterraine.	Les partenaires régionaux sont intéressés par cet indicateur en fonction de sa pertinence pour l'aménagement du territoire.

	Écosystèmes- Contribution de l'eau souterraine au débit d'étiage des cours d'eau	Débit d'étiage / Débit moyen	Le CEHQ produit des données pour les débits de base et les débits moyens pour tous les PACES. La contribution de l'eau souterraine au débit de base peut être évaluée pour plusieurs cours d'eau majeurs en utilisant les données sur les zones de résurgence produites par le PACES. Le modèle hydrologique de l'IRDA permet aussi d'évaluer la contribution de l'eau souterraine aux débits de base.	Les données du CEHQ sur les débits d'étiage et les débits moyens est le résultat de plusieurs années de suivi. L'IRDA a produit un modèle hydrogéologique pour la Montérégie Est qui permettra d'estimer les débits de base des cours d'eau. Ce modèle ne devrait pas être disponible pour les autres PACES.	L'indicateur ne devrait pas varier beaucoup avec le temps, mais permet de cibler les zones de résurgences importantes pour le maintien du débit de base des cours d'eau.	Le jumelage des informations entre les débits d'étiage du CEHQ et les zones de résurgences évaluées par le PACES permet de prendre les actions nécessaires pour protéger les zones d'importance pour les cours d'eau. Par contre, la rapidité de réponse ne semble pas assurée par l'indicateur.	L'indicateur permet de constater les débits d'étiage. La difficulté réside dans la possibilité d'établir des liens entre les changements dans les débits de base et les changements dans la contribution de l'eau souterraine, ainsi que les effets de cette contribution sur les habitats.	Les partenaires régionaux ont insisté sur l'importance d'utiliser la mesure du débit d'étiage / le débit moyen afin de mieux évaluer l'importance relative de la contribution des eaux souterraines par rapport au débit moyen du cours d'eau.
--	--	---------------------------------	--	---	---	--	--	---

Impact –	<i>Quantité-</i> (Σ Aires avec problème de quantité / Superficie totale %)	Maintien ou diminution des aires présentant des problématiques de quantité.	Les municipalités de la zone d'étude ont répondu à un sondage incluant des questions sur les problématiques de quantité connues.	Les informations du sondage ne sont pas complètes et les superficies des aires concernées ne sont pas mentionnées. Ces informations ne sont pas disponibles pour tous les projets PACES. Pour diminuer l'incertitude reliée à l'évaluation des aires problématiques, le suivi pourrait se faire à l'aide de puits de surveillance.	Les puits de surveillance existants actuellement sur la zone d'étude sont trop récents pour présenter une évolution significative du niveau de la nappe. Un suivi sur plusieurs années pourrait établir les tendances dans l'évolution du niveau de l'eau. L'indicateur pourrait considérer les municipalités affectées par des problèmes de quantité sur le nombre total de municipalités dans la MRC.	L'évaluation des tendances dans l'élévation de la nappe permettrait de constater des variations dans le temps et de d'entreprendre des solutions pour corriger la situation.	Un indicateur utilisant la hauteur d'eau, reflèterait les changements, l'impact, sur la quantité d'eau souterraine.	Les superficies présentant des problèmes de quantité n'ont pas semblé d'un intérêt particulier pour les partenaires. Par contre, l'évolution dans le temps de la hauteur de la nappe phréatique a semblé d'intérêt pour les partenaires.
	<i>Qualité-</i> (Σ Aires avec problème de qualité / Superficie totale) %	Maintien ou diminution des aires contaminés.	Les municipalités de la zone d'étude ont répondu à un sondage incluant des questions sur les problématiques de qualité connues.	Les informations du sondage ne sont pas complètes et les superficies des aires concernées ne sont pas mentionnées. Ces informations ne sont pas disponibles pour tous les projets PACES.	L'indicateur pourrait être mis à jour, mais il n'existe actuellement aucun mécanisme pour le faire. Les compilations actuelles de problématiques n'utilisent pas les aires concernées par une problématique. Une échelle intéressante serait de considérer le nombre de municipalités affectées par un ou plusieurs problèmes de qualité sur le nombre total de municipalité de la MRC.	L'indicateur n'est pas utile pour les municipalités de la zone d'eau saumâtre. Le critère devrait être différent pour les municipalités de cette zone.	Les problématiques de qualité ne sont pas toujours un impact. C'est le cas notamment de la zone d'eau saumâtre. Une distinction en qualité naturelle et contamination serait nécessaire pour cet indicateur.	Ce sont les discussions avec les partenaires régionaux qui ont mis en lumière l'intérêt des partenaires pour un indicateur différent dérivant : le Nombre de municipalité présentant des problèmes de qualité / le Nombre de municipalités de la MRC.

Réponse –	<i>Socioéconomique- Efficacité de l'utilisation de l'eau souterraine</i>	Cet indicateur n'est pas évalué.	L'utilisation d'eau souterraine est évaluée par le PACES. L'information économique nécessaire pour dériver l'indicateur n'est disponible qu'à l'échelle de la CRÉ ME.	L'information nécessaire n'est pas disponible puisque confidentielle.	L'évaluation d'une efficacité économique pour l'ensemble de la CRÉ ME n'est pas d'intérêt.	L'indicateur ne semble pas nécessaire puisqu'il ne semble pas conduire à des actions pour corriger la situation.	L'indicateur ne semble pas nécessaire. Le bien-être socioéconomique apparaît déjà maximal si l'approvisionnement en eau souterraine n'est pas restreint par des conflits d'usages entre différents secteurs, indépendamment de leur efficacité.	L'efficacité de l'utilisation de l'eau souterraine ne semble pas intéresser les partenaires régionaux.
	<i>Socioéconomique- Restriction d'accès à l'eau souterraine liée à des conflits d'usages</i>	Nombre de restrictions comptabilisé par type de conflit : Conflit agricole - Conflit industriel ou commercial Conflit résidentiel	Les municipalités de la zone d'étude ont répondu à un sondage incluant des questions sur les restrictions d'utilisation et les conflits d'usages.	Les informations du sondage concernant les restrictions et les conflits ne sont pas complètes.	L'indicateur peut être mis à jour, mais les mécanismes de collecte de ces informations ne sont pas existants actuellement.	L'utilisation de cet indicateur par MRC permet de constater le nombre de municipalités ou d'organismes au prise avec des restrictions.	Les restrictions d'accès à l'eau souterraine ne découlent pas nécessairement de conflits d'usages. L'indicateur ne témoigne donc pas seulement de la réponse socioéconomique aux eaux souterraines.	Les conflits ont des impacts sur des usages différents, il sera parfois difficile d'évaluer la cause du conflit ou de la restriction.
	<i>Gouvernance - Sensibilisation de la population à la gestion durable de l'eau souterraine</i>	Nombre d'initiatives de sensibilisation.	L'information sur la sensibilisation grand public n'est actuellement pas comptabilisée.	Les efforts à investir pour réaliser ce travail ne semblent pas représenter de grands bénéfices.	L'indicateur semble difficile à mettre à jour. Une utilisation de cet indicateur à l'échelle nationale semble plus pertinente qu'une utilisation à l'échelle régionale ou municipale.	S'il était raisonnablement possible de dériver l'indicateur, il serait possible de cibler les endroits où des actions seraient nécessaires.	Cet indicateur n'est pas utile actuellement pour évaluer la gouvernance de l'eau souterraine. Il pourrait être intéressant d'évaluer les retombées des PACES sur la quantité d'initiatives de sensibilisation qui auront débutées.	Cet indicateur n'a pas semblé intéresser les partenaires.

	<i>Gouvernance-Programmes dédiés à la ressource eau souterraine</i>	Nombre de personnes, de groupes ou montant alloué à la gouvernance de l'eau souterraine.	Le programme PACES est un programme dédié à l'eau souterraine. D'autres initiatives nationales (RQES, GRIES) couvrent aussi l'eau souterraine.	Les montants investis dans les PACES ne sont pas l'indicateur qui définit le mieux l'importance du programme. L'implication des partenaires est plus représentative du fonctionnement des PACES.	Cet indicateur serait pertinent à l'échelle nationale pour attester l'importance de la gouvernance de l'eau souterraine dans les différentes régions du Québec. L'évaluation de l'indicateur au niveau régional ou municipal ne semble pas d'un grand intérêt.	Peu de changement ou d'actions sont à entreprendre relativement à cet indicateur. Il s'agit plutôt de témoigner de l'avancement de la protection de l'eau souterraine.	Cet indicateur témoigne de l'évolution de l'importance accordée à la gouvernance de l'eau souterraine.	L'indicateur ne semble pas représenter un grand intérêt pour les partenaires.
--	---	--	--	--	--	--	--	---

Acronymes

CEHQ	Le Centre d'expertise hydrique du Québec.
CRÉ	Conseil régional des élus.
CUBF	Codes d'utilisation des biens-fonds.
ES	Eau souterraine.
GRIES	Groupe de recherche interuniversitaire sur l'eau souterraine.
IRDA	Institut de recherche et développement en agroenvironnement.
MAMROT	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire du Québec.
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
MDDEFP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec.
MRC	Municipalité régionale de comté.
PACES	Programme d'acquisition de connaissances sur l'eau souterraine du MDDEFP.
RQES	Réseau québécois sur l'eau souterraine.
SIH	Système d'information hydrogéologique du MDDEFP (contenant les données sur les puits).

Tableau A2. Indicateurs de développement durable qui pourraient être dérivés des données des projets PACES.

Notes : ce tableau correspond au tableau 2 du CCME (fichier Word annexé). Le numéro (L*) est celui du livrable PACES. L'échelle municipale (Mu) ou de la MRC pour la production des indicateurs est indiquée. * : Indicateur produit dans le tableau A1 (indicateurs suggérés par le CCME)

Objectif de gestion durable et lien avec le projet pilote	Enjeu(x)	Données PACES reliées à l'objectif	Forces motrices – Pression	État – Impact	Réponses potentielles
Quantité d'eau souterraine Relation avec le projet pilote - <i>Les taux de recharge et de pompage variant grandement dans la vaste région d'étude. Certaines municipalités sont au prise avec des conflits d'usage, alors que d'autres considèrent l'utilisation d'eau souterraine alors que la pression sur l'eau de surface augmente, tant au niveau de sa quantité que de sa qualité.</i>	<i>Utilisation</i>	- Population - Usage total d'eau (L26) - Usage total d'eau souterraine (ES) - Usage ES résidentiel - Usage ES agricole - Usage ES industriel - Puits municipaux - Puits résidentiels (SIH)	- Population (Mu) - Densité de population (#/km ²) - Population utilisant l'eau souterraine (Mu) - % de la consommation en eau souterraine (Mu & MRC) - Usage résidentiel/usage total (Mu) - Densité de puits résidentiels (nb/km ²) *	- Eau souterraine consommée / Recharge (Mu) * - Problèmes municipaux d'approvisionnement (MRC) *	- Nouvelles sources d'approvisionnement - Économie d'eau - Règlement de conflits d'usage - Suivi périodique des niveaux d'eau pour les zones de forte utilisation (ex. : secteurs avec puits municipaux ou secteurs à forte densité de puits résidentiels)
	<i>Disponibilité & Accessibilité</i>	- Recharge - Suivi des niveaux d'eau (L27) - Occupation du sol (L7) - Contextes des puits municipaux - Épaisseur des dépôts granulaires grossiers (≈ L15) - Paramètres hydrogéologiques (L21)	- % de milieux urbanisés - Superficie drainée (ou densité de drainage agricole) - Densité de puits résidentiels (/km ²) dans les zones vulnérables (ou de recharge) (Mu)	- Recharge (Mu) - Tendance des niveaux d'eau (local) - Recharge / Population (Mu)* - Capacités typiques et capacités spécifiques des puits (résidentiels et municipaux) (Mu) - Zones de dépôts meubles grossiers épais (>10 m)	- Définition de zones de conservation ou zones à protéger - Recherche en eau / travaux locaux
Qualité de l'eau souterraine Relation avec le projet pilote - <i>Plusieurs secteurs où</i>	<i>Dégradation actuelle</i>	- Sites contaminés - Dépassements de normes de composés d'origine anthropique (L24 L25)		- Problèmes municipaux de qualité (MRC) * - Nombre de sites contaminés (Mu) *	- Traitement de l'eau - Élimination de la source - Nouvelles sources d'approvisionnement - Suivi périodique de qualité pour secteurs à forte densité de puits

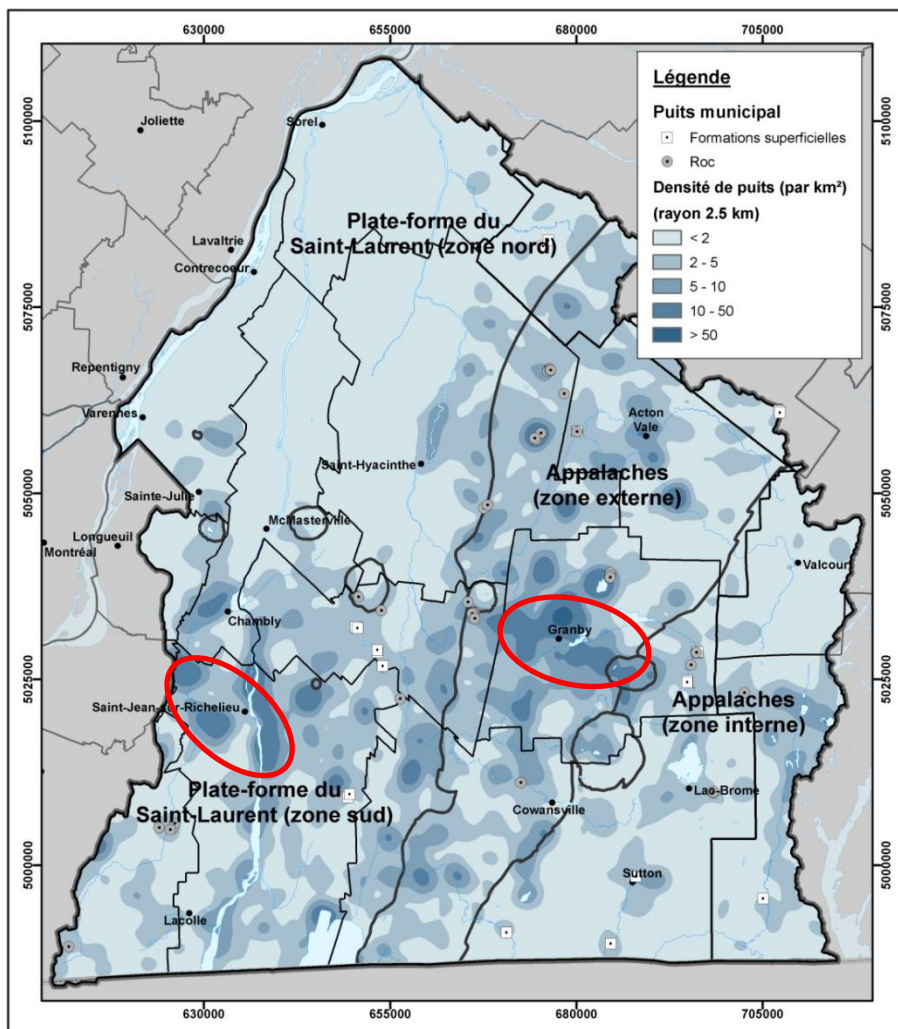
Objectif de gestion durable et lien avec le projet pilote	Enjeu(x)	Données PACES reliées à l'objectif	Forces motrices – Pression	État – Impact	Réponses potentielles
<p><i>l'utilisation de l'eau souterraine est important ou dont la qualité naturelle est bonne sont vulnérables à la contamination. De l'eau saumâtre occupe 2 200 km² au nord-ouest de la région. Le gouvernement provincial veut mettre en œuvre une stratégie de protection des sources d'approvisionnement en eau et l'approche proposée par le projet pilote devrait faciliter la mise en œuvre de la stratégie aux niveaux local et régional.</i></p>	<p><i>Dégradation potentielle</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vulnérabilité (L22) - Activités potentiellement polluantes (L23) - Zones de recharge (L28) - Puits résidentiels - Puits municipaux - Aires d'alimentation des puits municipaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Activités potentiellement polluantes pondérées par niveau de risque relatif de l'activité (/km²) - % des aires d'alimentation dans des zones relativement vulnérables régionalement (ou de recharge) (Mu) - Densité des activités potentiellement polluantes dans les zones vulnérables (ou de recharge) (Mu) * 	<ul style="list-style-type: none"> - Proportion de zones de vulnérabilité élevée (Mu) * 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification des sources potentielles - Plan de suivi de la qualité de l'eau souterraine pour les activités présentant des risques significatifs et situées dans des zones d'utilisation significative d'eau souterraine jugées vulnérables - Changement des pratiques pour réduire le risque - Changement de vocation ou d'affectation du territoire - Élimination des sources présentant un risque élevé - Nouvelles sources d'approvisionnement moins à risque
	<p><i>Qualité naturelle</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Zones de qualité avec % de dépassements de normes - Dépassements de normes de composés d'origine naturelle (L24 L25) 	<ul style="list-style-type: none"> - Puits municipaux dans les zones de faible qualité (Mu) - Densité de puits résidentiels (/km²) dans les zones de faible qualité (Mu) - Carte de zones de 	<ul style="list-style-type: none"> - Problèmes municipaux de qualité (MRC) 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyser les paramètres chimiques susceptibles d'avoir des dépassements de qualité - Suivi ponctuel de qualité (ou mise en place de mesures incitatives afin de supporter les
					<ul style="list-style-type: none"> - privés où des problématiques anthropiques ont été identifiées

Objectif de gestion durable et lien avec le projet pilote	Enjeu(x)	Données PACES reliées à l'objectif	Forces motrices – Pression	État – Impact	Réponses potentielles
			qualité		utilisateurs à le faire) pour les secteurs à forte densité de puits privés où des problématiques ont été identifiées dans des contextes similaires (ex. : dépassements d'origine naturelle) - Traitement de l'eau - Nouvelles sources d'approvisionnement
Écosystèmes Relation avec le projet pilote – <i>Des modèles numériques d'écoulement de l'eau souterraine et de surface ont été développés dans le cadre du projet PACES ME. Les données à la base de ces modèles définissent les zones d'émergence de l'eau souterraine et indiquent aux gestionnaires les relations entre les eaux souterraines et de surface, ainsi que parfois les liens avec les milieux humides. L'usage d'indicateurs reliés à cet objectif comporte des défis</i>	<i>Évaluer les débits requis pour atteindre cet objectif pour toute la région</i>	- Débit total (L27) - Débit de base (L27)		- Débit de base / débit total (par sous bassin jaugé) *	- Définition des zones de conservation
	<i>Considérer l'eau souterraine dans les modèles hydrologiques, intégrant l'eau de surface, la consommation d'eau et le ruissellement</i>	- Zones d'émergence (L28) - Lien entre aquifères et cours d'eau - Milieux humides (L9)		- Relations entre zones de recharge et d'émergence et milieux humides	- Définition des zones de conservation

Objectif de gestion durable et lien avec le projet pilote	Enjeu(x)	Données PACES reliées à l'objectif	Forces motrices – Pression	État – Impact	Réponses potentielles
<i>puisque il est difficile d'évaluer les débits requis pour supporter la santé des écosystèmes et que l'évaluation des changements dans les débits de base est difficile.</i>					
Socioéconomique Relation avec le projet pilote – <i>Plus de la moitié de la région est dédiée à l'agriculture, et presque tous les agriculteurs en dehors de la zone d'eau saumâtre dépendent de l'eau souterraine. L'eau souterraine est aussi beaucoup utilisée dans la transformation alimentaire et l'industrie touristique, et elle est aussi la principale source d'eau potable pour 58% des municipalités avec moins de 5 000 habitants.</i>	<i>Assurer l'usage agricole</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Usage agricole de l'eau souterraine - Territoire agricole (L7, L10) - Valeur de la production agricole^d 	<ul style="list-style-type: none"> - Usage agricole / usage total (Mu) % * - % de territoire agricole (Mu) * 	<ul style="list-style-type: none"> - Conflits d'usage agricole (MRC) * 	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des pratiques - Nouvelles sources d'approvisionnement
	<i>Assurer l'usage industriel</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Usage industriel de l'eau souterraine - Valeur de la production industrielle^d 	<ul style="list-style-type: none"> - Usage industriel / usage total (Mu) % * - Nombre d'industries avec réseau privé 	<ul style="list-style-type: none"> - Conflits d'usage industriel (MRC) * 	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des pratiques - Nouvelles sources d'approvisionnement
	<i>Assurer l'usage résidentiel</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Population - Usage ES résidentiel - Puits municipaux - Puits résidentiels (SIH) 	<ul style="list-style-type: none"> - Usage résidentiel / usage total (Mu) % * - Approvisionnement municipal souterrain 	<ul style="list-style-type: none"> - Conflits d'usage résidentiel (MRC) * 	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des pratiques - Nouvelles sources d'approvisionnement
Bonne gouvernance Relation avec le projet pilote – <i>La gestion de l'eau</i>	<i>Assurer que l'information et les outils requis pour</i>			<ul style="list-style-type: none"> - Organisme régional coordonnant la gouvernance de l'eau souterraine * 	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert - Formation - Développement d'outils - Accompagnement - Synthèse/Mise à jour

Objectif de gestion durable et lien avec le projet pilote	Enjeu(x)	Données PACES reliées à l'objectif	Forces motrices – Pression	État – Impact	Réponses potentielles
<p><i>souterraine est une responsabilité partagée entre les niveaux locaux, régionaux et provinciaux. Jusqu'à récemment, la faible connaissance sur l'eau souterraine ne permettait pas de considérer la gestion de la ressource dans la planification du développement régional durable. Il est souhaité que le projet PACES ME et le projet pilote du CCME vont créer des opportunités pour des campagnes de sensibilisation et d'éducation, le transfert d'outils d'aide à la décision, et une plus grande collaboration entre chercheurs, gestionnaires et usagers.</i></p>	<p><i>des politiques publiques basées sur des données probantes circulent librement entre les chercheurs, les gestionnaires du territoire et de la ressource, les élus, et les citoyens.</i></p>				<p>des informations</p>

Densité de puits résidentiels



Proportion d'eau souterraine utilisée à des fins résidentielles

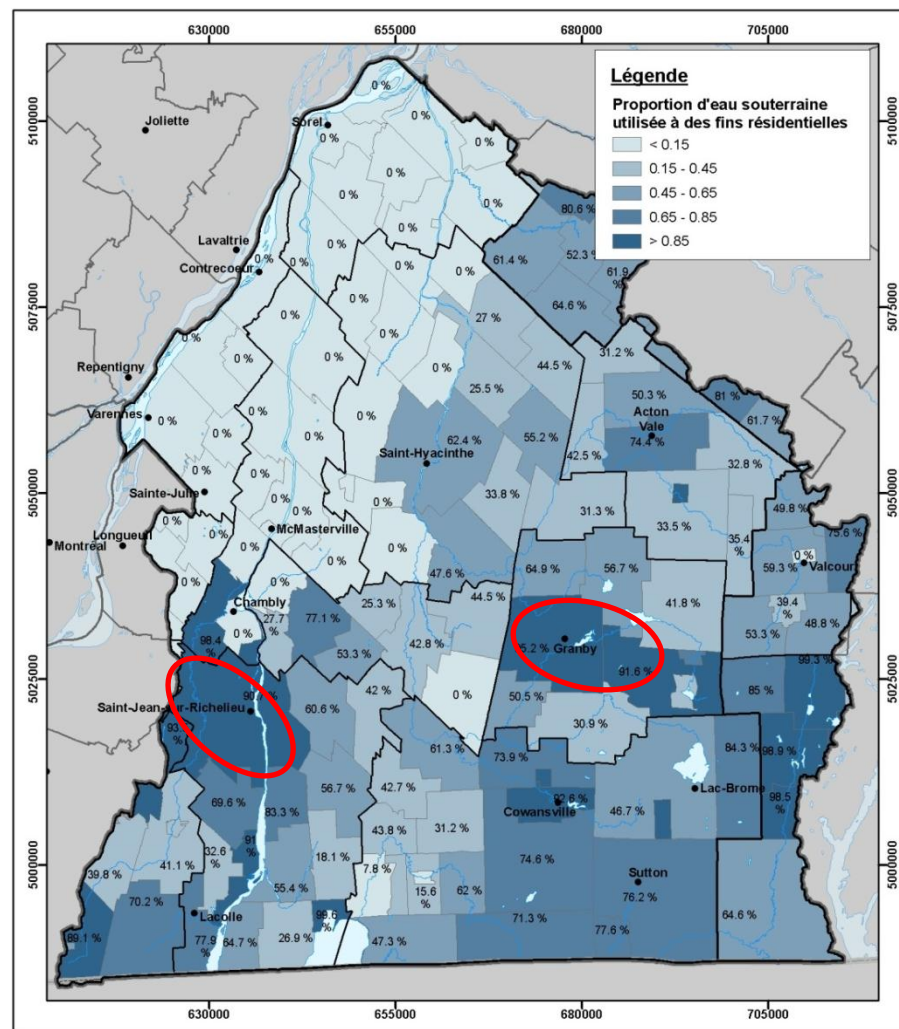
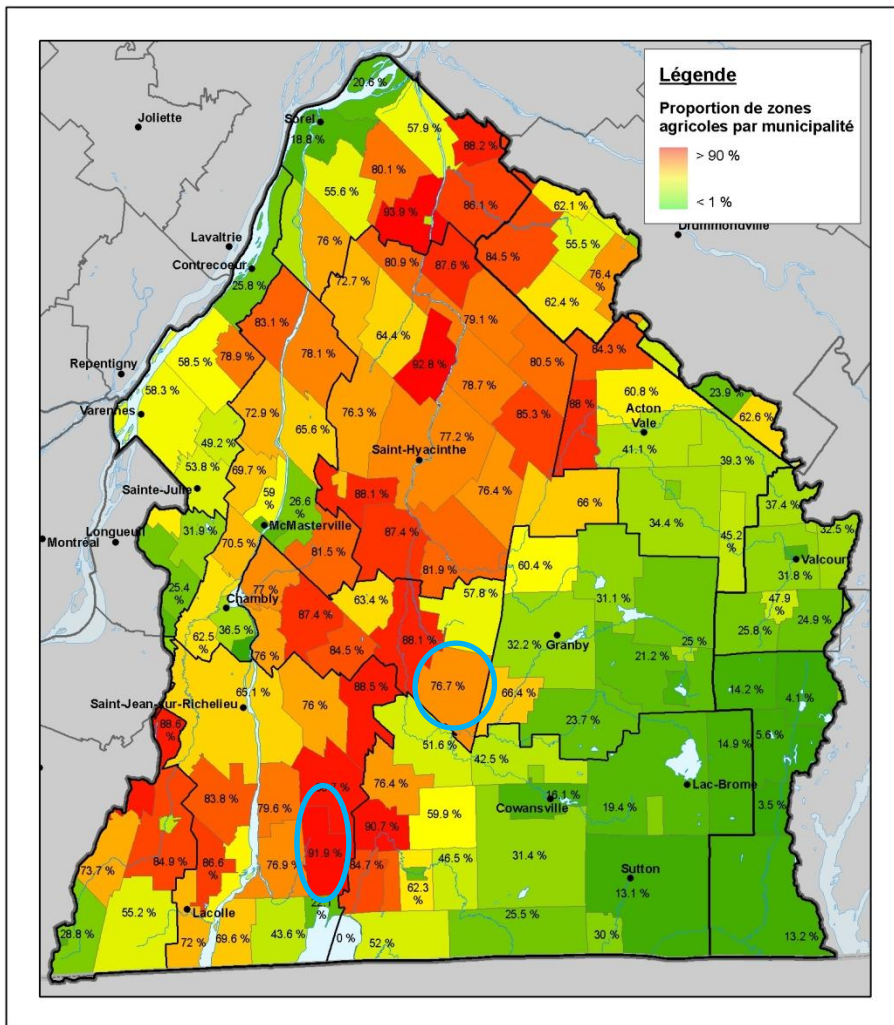


Figure A1. Indicateurs permettant d'évaluer l'importance de l'usage résidentiel de l'eau souterraine.

Proportion de zones agricoles



Proportion d'eau souterraine utilisée à des fins agricoles

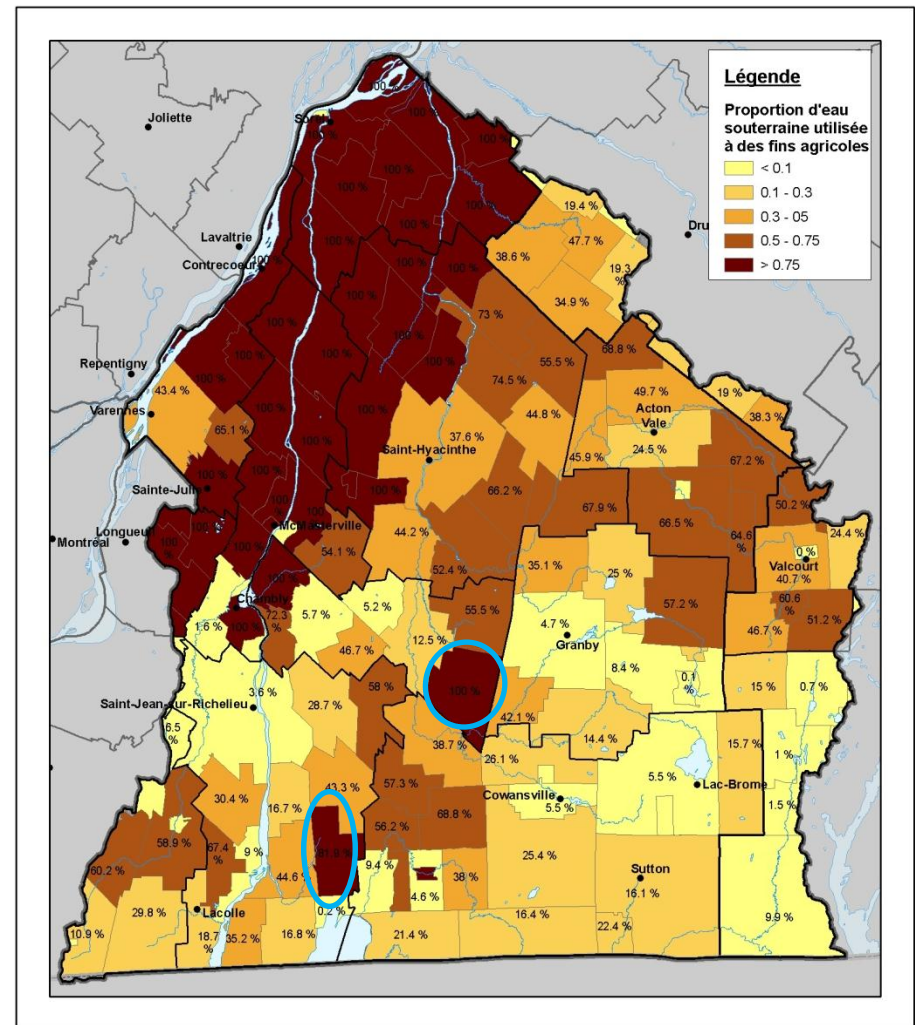
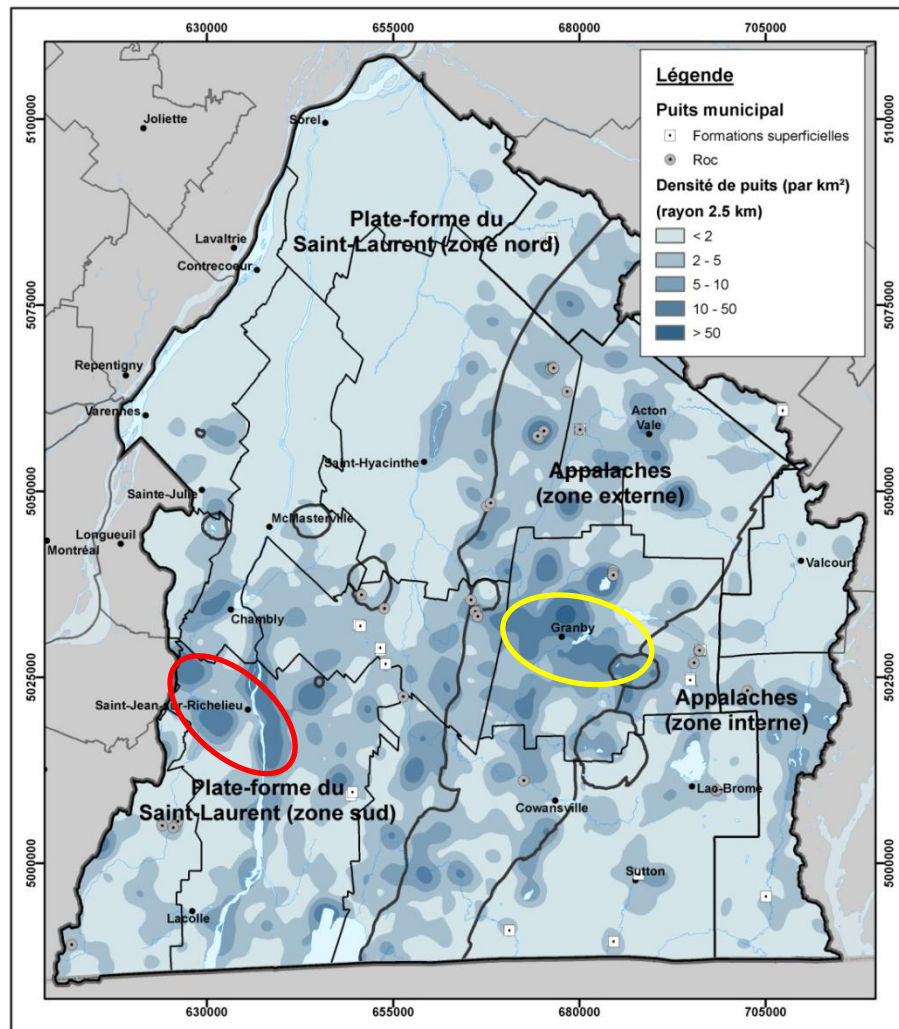


Figure A2. Indicateurs permettant d'évaluer l'importance de l'usage agricole de l'eau souterraine.

Densité de puits résidentiels



Zones de qualité relative de l'eau souterraine

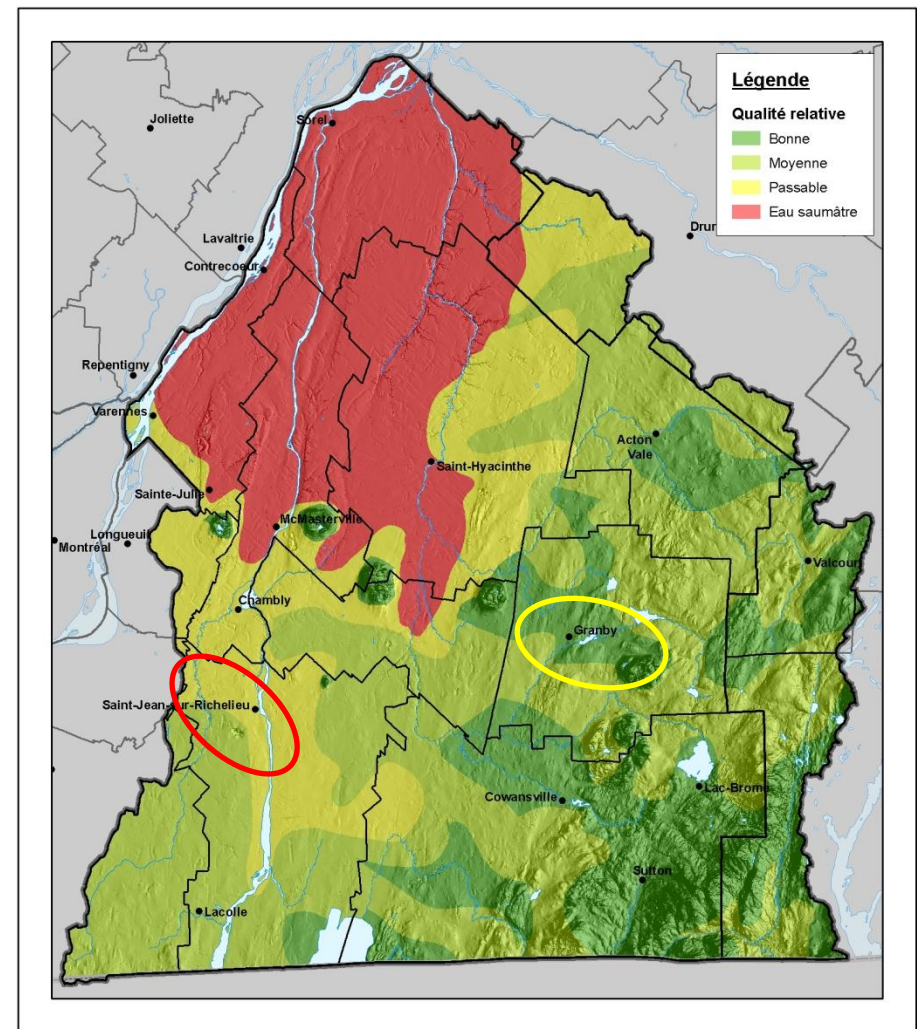
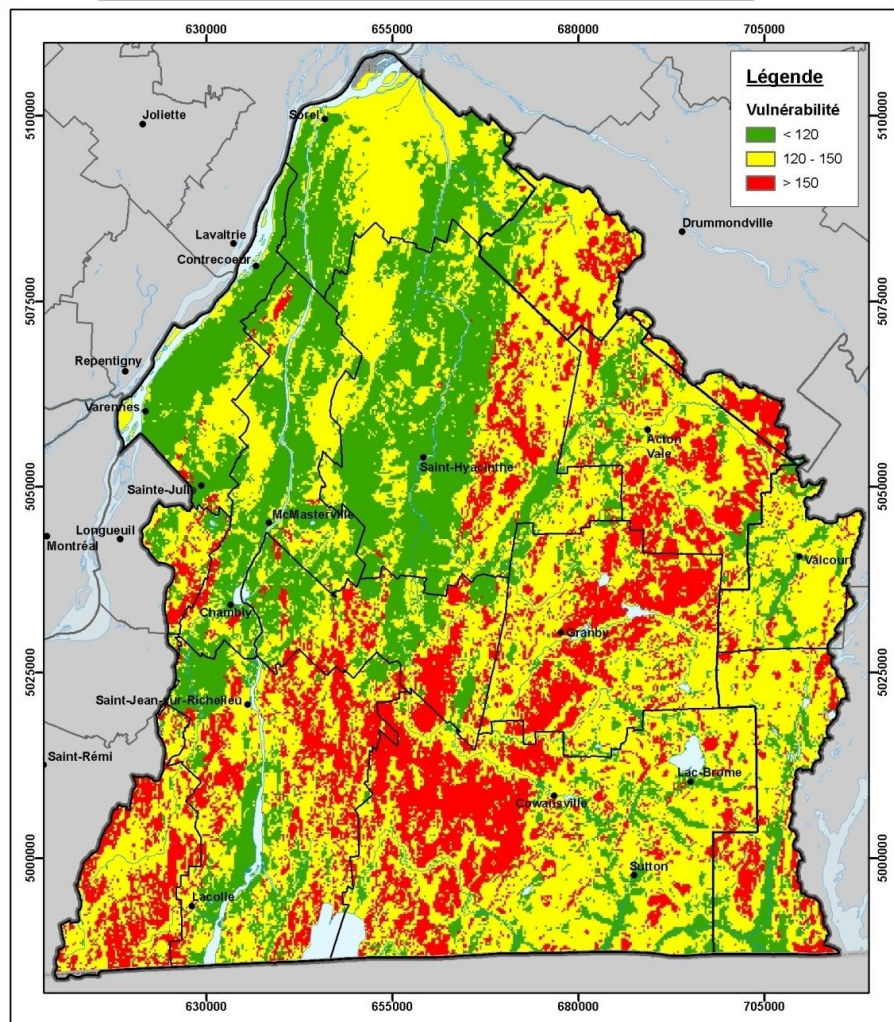


Figure A3. Indicateurs de la qualité naturelle de l'eau souterraine en relation avec l'usage résidentiel.

Vulnérabilité de la nappe régionale



Densité des activités anthropiques

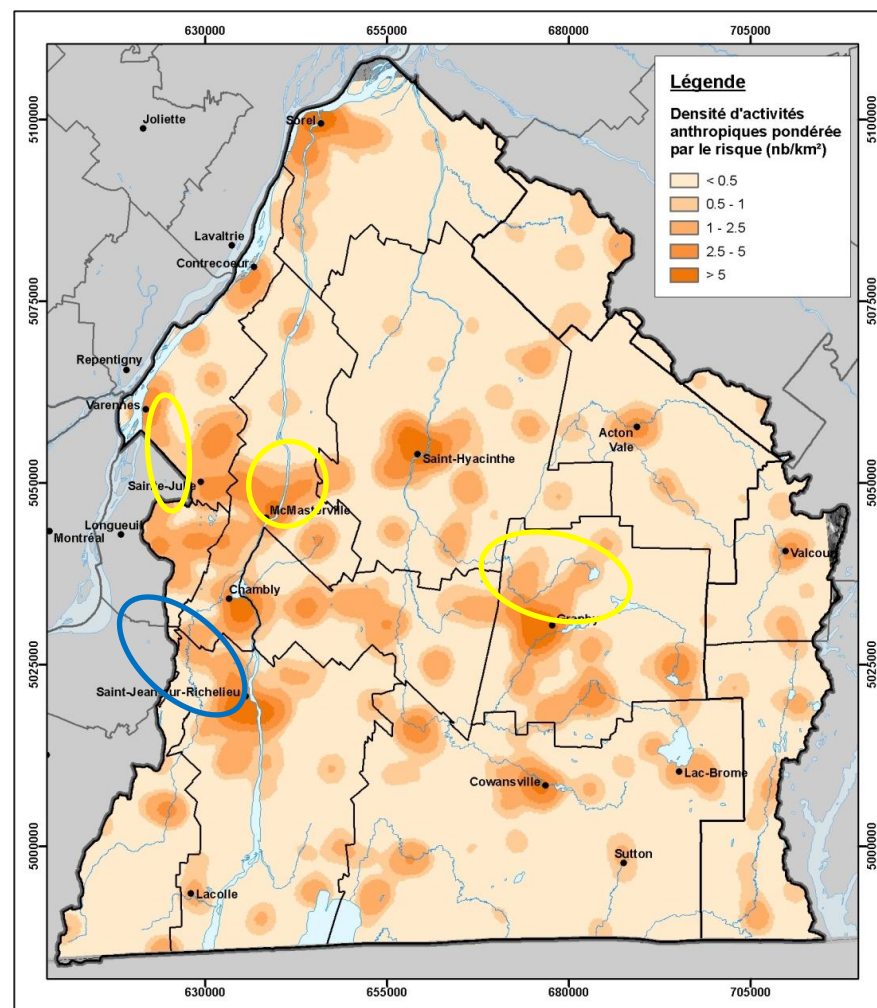
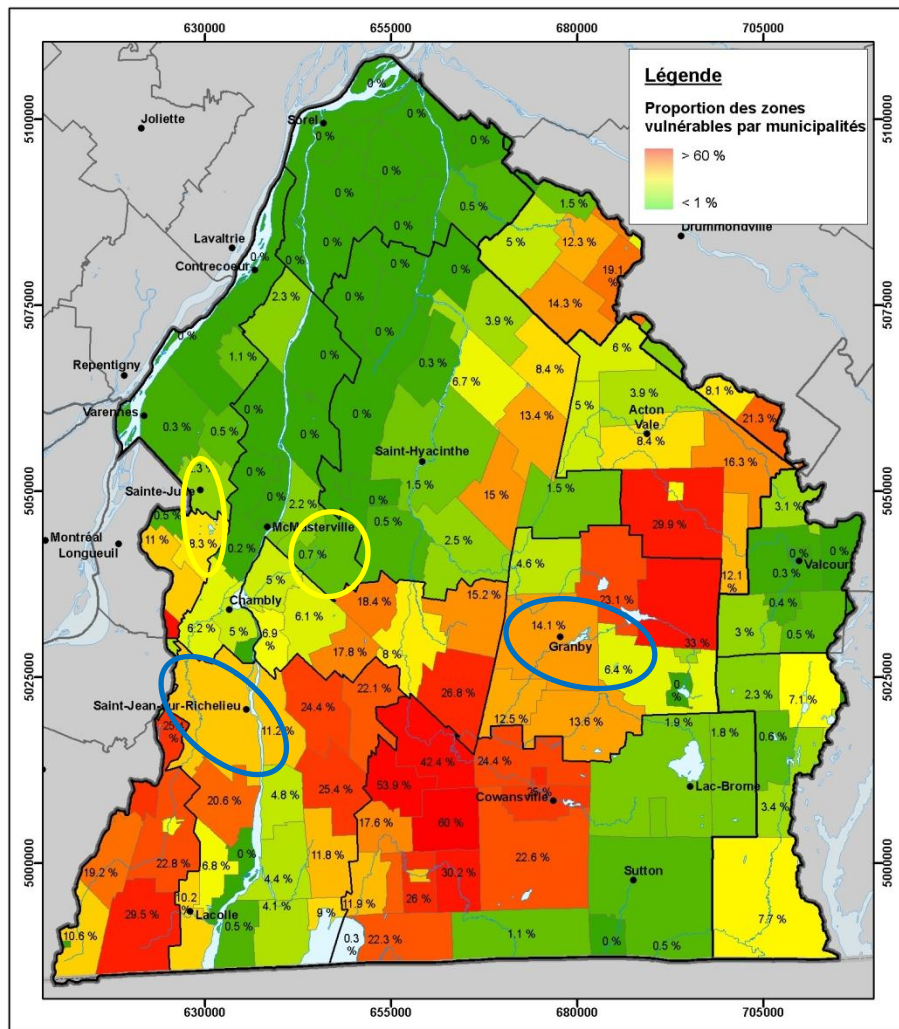


Figure A4. Indicateurs de la vulnérabilité en relation avec la densité des activités anthropiques.

% de superficie vulnérable



Densité d'activités dans les zones vulnérables

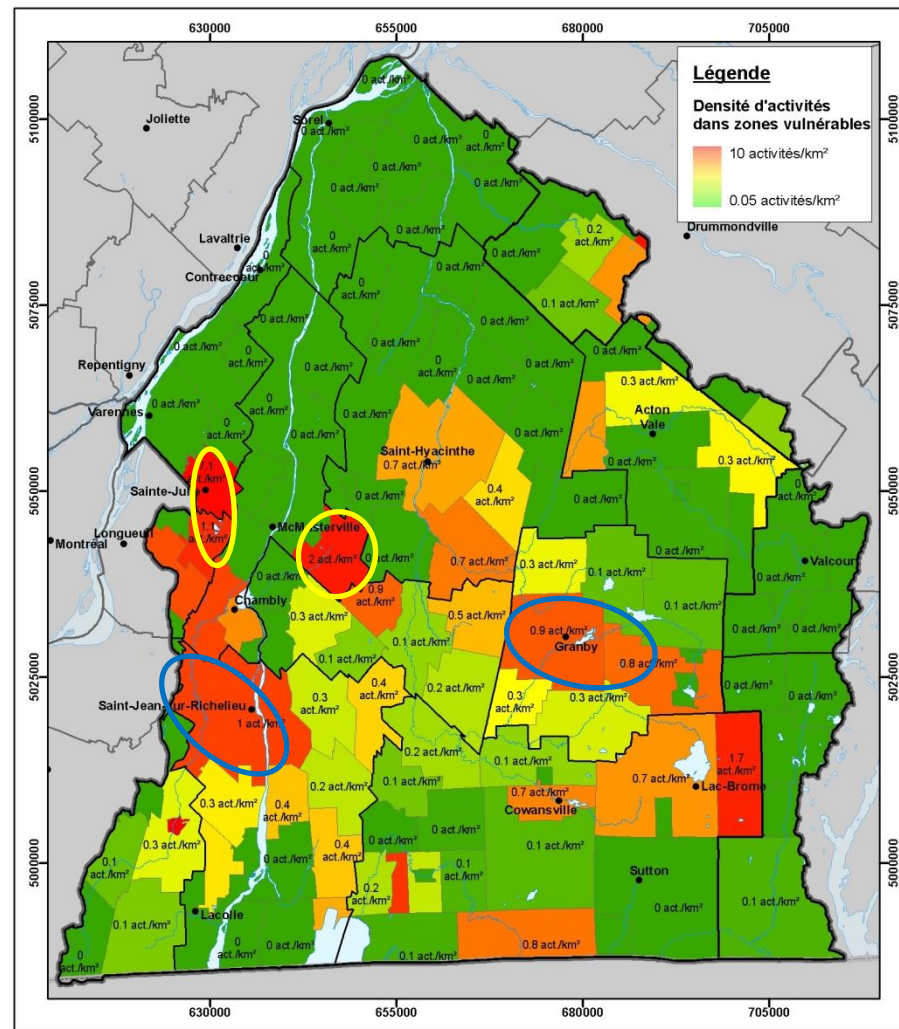


Figure A5. Indicateurs de la proportion de zones vulnérables en relation avec la densité des activités anthropiques dans ces zones.