



© ACCD, State of Vermont (USA)

Eau souterraine : Une planification à la source de la protection



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté d'aménagement,
d'architecture, d'art et de design
École supérieure d'aménagement du territoire
et de développement régional

Par :

Stéphanie Caron
Jérôme Cerutti
Francis Marleau Donais
Laurie Vallières

Sous la direction de :

Roxane Lavoie, Ph. D. et professeure adjointe
à l'ÉSAD



TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	1
LISTE DES FIGURES	1
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES	2
INTRODUCTION	3
LA GESTION DE L'EAU AU QUÉBEC : ACTEURS ET OUTILS.....	7
LE TERRITOIRE À L'ÉTUDE : LA CMQ	9
MÉTHODOLOGIE	
Identifier un aquifère prioritaire	13
Identifier les pressions actuelles sur le territoire	15
Identifier les services requis	15
Définir la structure de l'outil	16
L'ÉTUDE DE CAS	
L'unité de priorité de protection totale.....	17
L'étude de cas	18
Diagnostic : l'état de la ressource.....	19
L'utilisation du territoire	20
UN GUIDE D'AMÉNAGEMENT	
Le GAGES : Guide d'Aménagement et de Gestion de l'Eau Souterraine	21
Orientations	22
Axes d'intervention et objectifs	22
Actions et niveau d'implication	23
Comment l'utiliser ?	23
CONCLUSION.....	25
BIBLIOGRAPHIE	27
ANNEXE :	[Document séparé]
LE GUIDE D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DE L'EAU SOUTERRAINE	

FIGURES

1	Les acteurs de l'eau au Québec	p.7
2	Territoire de la CMQ	p.9
3	Les provinces géologiques	p.9
4	La recharge	p.10
5	L'indice DRASTIC	p.10
6	La piézométrie	p.11
7	Le potentiel	p.14
8	La qualité de l'eau	p.14
9	La recharge	p.14
10	La résilience	p.14
11	La vulnérabilité	p.14
12	L'utilisation de l'eau	p.14
13	Unité de priorité de protection (UPP) totale	p.17
14	L'étude de cas	p.18
15	La recharge de l'aquifère	p.19
16	L'épaisseur de dépôts meubles	p.19
17	La vulnérabilité de l'aquifère	p.19
18	L'utilisation du sol	p.20
19	La vraisemblance de pollution	p.20
20	Structure du GAGES	p.21
21	Liens et influences	p.24
22	Les actions du GAGES dans le processus de planification	p.24

TABLEAU

1	Acteurs et outils de la gestion de l'eau au Québec	p.8
---	--	-----

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES

CCU	Comité consultatif d'urbanisme
CMQ	Communauté métropolitaine de Québec
CRE	Conseil régional de l'environnement
ES	Eaux souterraines
FPQ	Fédération des pourvoiries du Québec
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
LAU	Loi sur l'aménagement et l'urbanisme
LDNA	Liquides denses non aqueux
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MRC	Municipalité régionale de comté
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
MTQ	Ministère des Transports du Québec
OBV	Organisme de bassin versant
PACES	Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines
PAE	Plan d'aménagement d'ensemble
PAEF	Plan agroenvironnemental en fertilisation
PDE	Plan directeur de l'eau
PDZA	Plan de développement de la zone agricole
PIIA	Plan d'implantation et d'intégration architecturale
PMAD	Plan métropolitain d'aménagement et de développement
PNE	Politique nationale de l'eau
PPCMOI	Projet particulier de construction, de modification ou d'occupation d'un immeuble
PPU	Programme particulier d'urbanisme
PU	Plan d'urbanisme
Q-2, r.22	Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées
RDD	Résidus domestiques dangereux
REA	Règlement sur les exploitations agricoles
ROBVQ	Regroupement des organismes de bassins versants du Québec
RPEP	Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection
RQES	Réseaux québécois sur les eaux souterraines
SAD	Schéma d'aménagement et de développement
SADR	Schéma d'aménagement et de développement révisé
SÉPAQ	Société des établissements de plein air du Québec
SIG	Système d'information géographique

L'eau recouvre près des trois quarts de la surface de la Terre. Cependant, l'eau douce n'en représente que 2,8 % et sa disponibilité répond à un cycle naturel expliquant sa présence sous diverses formes. Outre l'eau « piégée » dans les glaces polaires (2,15 %), l'eau souterraine représente 95,38 % de l'eau douce facilement exploitable sur Terre (Baechler, 2012). En plus de sa plus grande disponibilité spatiotemporelle, l'eau souterraine possède de nombreux avantages par rapport à l'eau de surface comme : une qualité supérieure, une plus faible vulnérabilité, de faibles coûts d'exploitations et une flexibilité pour répondre à la demande. Cependant, elle possède certains inconvénients comme : l'évaluation des ressources (longue, difficile, coûteuse) et une plus faible résilience face aux pollutions qui pourraient l'atteindre (Zektser et al., 2004).

Au fil du temps, ces avantages n'ont eu de cesse de renforcer la place de l'eau souterraine comme « pierre angulaire » du bon déroulement des activités humaines tout en étant un élément clé du fonctionnement des écosystèmes (Lavoie, 2013). Par exemple, plus de 20 % de la population du Québec en est dépendante (MDDELCC, 2016). De plus, les industries et l'agriculture s'en approvisionnent en grande partie pour ses avantages qualitatifs et spatiotemporels (Zektser et al., 2004). Ainsi, il est naturel de considérer l'eau souterraine comme une ressource précieuse et irremplaçable.

La part importante de l'eau souterraine dans l'eau douce disponible, ses nombreux avantages vis-à-vis de l'eau de surface et son importance capitale dans le bon déroulement des activités humaines expliquent l'éveil des nations à identifier et protéger cette ressource. En effet, c'est au début du 21^e siècle que la volonté de protéger l'eau souterraine a mondialement émergée sous deux aspects interdépendants : les dangers liés aux activités humaines et ceux liés aux changements climatiques qui représentent une pression supplémentaire encore peu connue (Desbois, 2009 ; Zektser et al., 2004 ; Kundzewicz et al., 2008). Concernant les dangers liés aux activités humaines, l'eau souterraine est très sensible à la surexploitation (Trabelsi et al., 2005) et elle est susceptible d'être contaminée par la quasi-totalité des activités pratiquées à la surface (Granato et Smith, 2002, cité dans Lavoie, 2013). À titre d'exemple, au début des années 2000 à Walkerton (Ontario), la contamination de l'aire d'alimentation de la municipalité par la bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*) a causé 2 300 cas d'infection et 7 décès (O'Connor, 2002). Selon un rapport d'enquête, les coûts directement liés à cette tragédie ont été estimés à 64 millions \$ CA sans compter les dédommagements aux victimes (Livernois, 2002). Les valeurs foncières de la ville ont chuté de plus de 30 % et la population a baissé de 3,7 % entre les recensements de 1996 et 2001 (Statistique Canada, 2002 et 2012). Ainsi, les impacts économiques et humains de cette tragédie démontrent la nécessité de bien protéger cette ressource. D'ailleurs, dès 1991, l'UNESCO tirait la sonnette d'alarme sur les aspects qualitatifs de l'eau souterraine due à une gestion inadéquate dans l'aménagement

du territoire. Elle stipulait que «L'aménagement du territoire en lien avec la gestion et la protection des eaux souterraines doit être vu comme un processus dynamique.» Elle soulignait que les conséquences d'un aménagement incontrôlé sur la qualité de l'eau souterraine sont complexes, à long terme et qu'il est très difficile d'y remédier (Vrba et al., 1991). Encore aujourd'hui, peu de plans de gestion font le lien entre l'aménagement du territoire et l'eau souterraine. Cependant, certains cas comme celui de la Suisse démontrent qu'il est possible d'atteindre une excellente qualité de l'eau souterraine grâce à un plan de gestion. En effet, elle a établi un ensemble de zones autour des captages municipaux et des aires de recharges. Elle y a ensuite adopté une réglementation des activités qui peuvent se développer dans chacune de ces zones (Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage [Suisse], 2004). Cet exemple démontre que l'intégration de l'eau souterraine dans l'aménagement du territoire est possible et qu'elle constitue une clé de voute dans la protection de la ressource.

Cette dépendance à l'eau souterraine a mené à un éveil récent sur sa sauvegarde. Cela explique que les données soient récentes et limitées aux deux dernières décennies. Cependant, c'est grâce à une meilleure connaissance de la ressource que des enjeux ont pu émerger dans le but de la protéger de façon efficace. Suivant les grandes lignes du développement durable, il s'agit d'assurer la pérennité qualitative et quantitative de l'eau souterraine (Berthelot, 2012 ; Galland, 2012 ; Larocque et Pharand, 2010). Un autre enjeu vient s'ajouter aux précédents : celui de la gestion des aquifères qui implique la clarification des pouvoirs et des actions de chaque acteur. D'ailleurs, au Québec, l'adoption de la politique nationale de l'eau (PNE) en 2002 a permis une révision complète de l'approche gouvernementale concernant sa gestion des ressources en eau.

L'apport de la PNE a aussi eu un impact majeur sur l'acquisition de connaissances. Par sa volonté de «développer les connaissances sur l'eau», le gouvernement s'est engagé à entreprendre un inventaire des grands aquifères du Québec. Cet engagement a été la première étape vers la création, en 2008, du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) dans le cadre duquel 13 projets ont été réalisés sur des régions différentes de 2009 à 2015. Dans la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ), les principales données sur l'eau souterraine proviennent du projet PACES-CMQ élaboré entre 2010 et 2013. Le fait que les données soient récentes constitue la principale explication de la pauvreté de plans de gestion de l'eau souterraine au Québec. Pourtant, ceux-ci permettent d'intégrer les grands enjeux de la ressource dans l'aménagement du territoire.

Dans la continuité de la problématique exposée par l'UNESCO, des grands enjeux de l'eau souterraine et grâce aux données PACES, ce rapport a pour objectif de présenter le processus d'élaboration d'un document intégrant l'eau souterraine à la planification du territoire : le guide d'aménagement et de gestion de l'eau souterraine (GAGES). Ce rapport y proposera une méthode de cheminement pour identifier un aquifère prioritaire à protéger et visera à l'utilisation efficace des outils de l'aménagement du territoire afin d'assurer la protection et la conservation de l'eau souterraine. Basé sur les étapes d'élaboration d'un plan de gestion qui sont proposées par Foster (2015), le GAGES vise au maintien quantitatif de la ressource, à la préservation de sa qualité, ainsi qu'à la gestion des conflits d'usages. Le GAGES doit prendre en compte les réalités du territoire et s'élaborer de manière dynamique et coordonnée par les parties prenantes (échange d'informations, soutiens technique et financier continus).

Ce rapport aborde dans un premier temps la gestion de l'eau au Québec et y décrit les acteurs à différentes échelles décisionnelles, leurs responsabilités et leurs outils. Ensuite, le rapport introduit le territoire à l'étude, la Communauté métropolitaine de Québec, et les caractéristiques de l'eau souterraine de celui-ci. Par après, la méthodologie nécessaire à l'élaboration d'un guide d'aménagement et de gestion de l'eau souterraine (GAGES) est détaillée. Il s'en suit une présentation de l'étude de cas du sud-ouest de la MRC de la Jacques-Cartier. Pour terminer, le cheminement d'élaboration, les modalités d'utilisation et les limites du GAGES sont détaillés.





© Photo Jérôme Cerutti

ACTEURS & OUTILS

Tout d’abord, le contexte québécois de gestion de l’eau souterraine comprend de nombreux acteurs répartis à différents paliers décisionnels, soit provincial, régional ou local. Ces acteurs prennent part à la gestion, au maintien de l’intégrité et à l’acquisition de connaissances sur l’eau souterraine. Afin d’appliquer ces compétences, ceux-ci utilisent des outils tant règlementaires que non règlementaires. Il résulte de cette pluralité d’acteurs et d’outils une complexification de la gestion de l’eau souterraine (figure 1). Le tableau 1 aide à la compréhension du contexte québécois en expliquant brièvement la portée des différents outils et mécanismes institutionnels ayant une incidence sur l’eau souterraine.

Il est important de saisir que le manque de connaissance de la ressource peut entraîner un manque de sensibilisation et d’expertise chez les acteurs. De plus, le nombre d’acteurs pouvant agir sur l’eau souterraine divise les responsabilités et complexifie sa gestion (Tremblay et al., 2015; CCME, 2010). En effet, bien qu’il existe de nombreux outils, ceux-ci possèdent des limites intrinsèques. Par exemple, peu sont prévus pour surveiller la quantité prélevée. Aussi, le manque de ressources financières peut constituer un frein à leur application (Blais-Montpetit, 2015; CCME, 2010). En tenant compte de ces éléments, la gestion de l’eau souterraine devient ardue. Le défi, pour protéger et bien utiliser l’eau souterraine, est d’avoir une planification transversale et des outils précis qui sont simples à utiliser. C’est dans ce contexte que le GAGES prend sa place; il aide la décision des acteurs de l’aménagement et intègre différentes actions dans les outils existants.

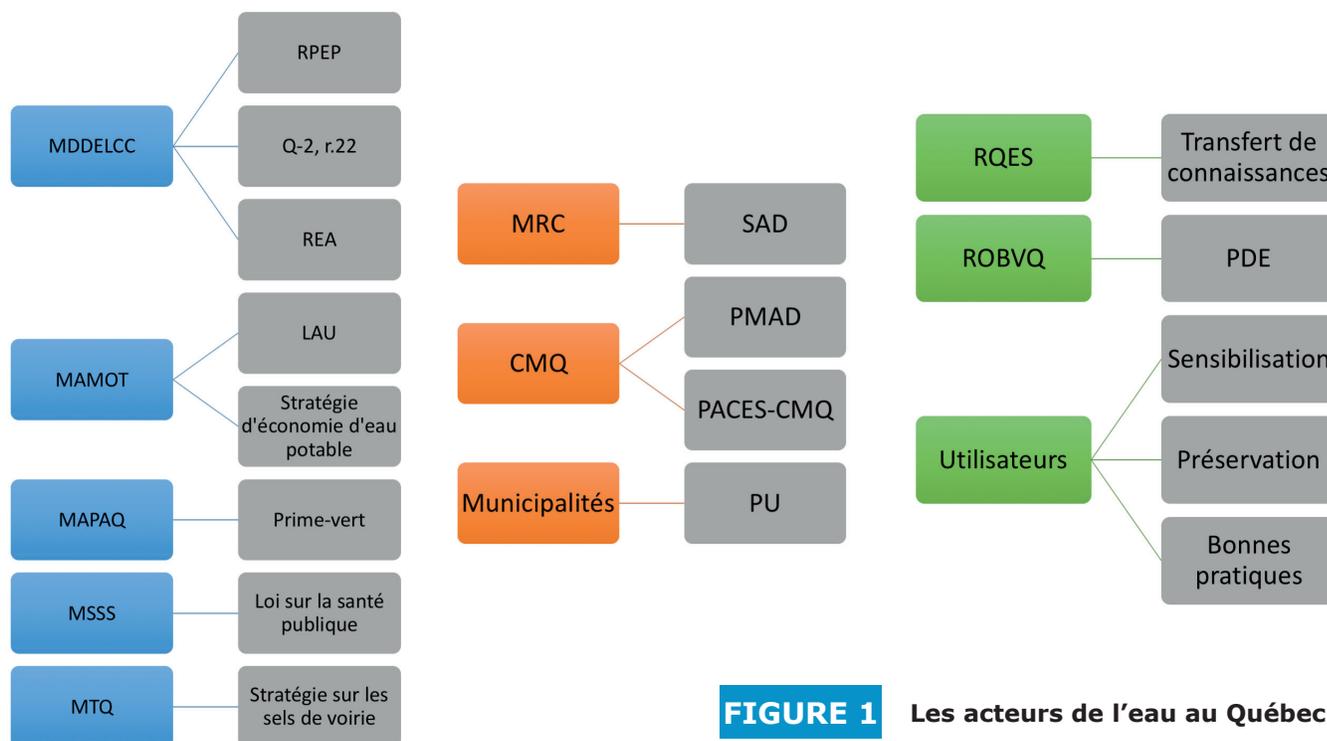


FIGURE 1 Les acteurs de l’eau au Québec

Acteurs	Outils/loi	Description
MDDELCC	RPEP	Oblige l'instauration d'aires de protection autour des puits pour restreindre toute activité pouvant avoir un impact négatif sur la qualité de l'eau.
	Q-2, r.22	Encadre la conception, la construction et l'exploitation des installations d'assainissement et prescrit l'obtention de permis.
	REA	Diminue, par des normes, l'impact de la pollution diffuse générée par les activités agricoles.
MAMOT	LAU	« Prévoit l'adoption de plusieurs outils permettant la protection et la conservation de l'eau souterraine (PEA, PPU, PIIA, règlements, etc.) » (MAMOT, 2015).
	Stratégie québécoise d'économie d'eau potable	Vise à réduire la consommation d'eau potable moyenne par personne pour l'ensemble du Québec et vise à réduire les pertes issues de fuites dans les réseaux d'aqueducs.
MAPAQ	Prime-vert	Encourage, par un soutien financier, les agriculteurs à adopter des pratiques durables.
MSSS	Loi sur la santé publique	Oblige le gouvernement à consulter le ministre lors de « l'élaboration de mesures prévues par les lois et règlements pouvant avoir un impact significatif sur la santé de la population ».
MRC	SAD	Constitue un outil de connaissance, de concertation et de mise en œuvre qui permet aux MRC de jouer un rôle de réglementation, de planification, de conciliation et de développement.
CMQ	PMAD	Le PMAD minimise l'impact sur les milieux naturels dans une optique de durabilité. Acteur de premier ordre dans la cohésion de la gestion et de la protection des eaux souterraines à grande échelle, la CMQ influence la prise de décision des municipalités.
Municipalités	PU	Par ses orientations, il guide les aménagistes dans la planification de règlements d'urbanisme.
RQES	Atelier de transfert de connaissances	Sensibilise les intervenants en aménagement du territoire sur l'ES et vulgarise les notions qui y sont associées.
OBV	PDE	Assure la mise en place de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant au Québec en rassemblant divers éléments permettant la compréhension des problématiques liées à l'eau.
Utilisateurs	Sensibilisation Préservation Bonnes pratiques	Agit sur la qualité et la quantité de l'ES en adoptant un certain mode de vie. Peut sensibiliser les autres acteurs.

PORTRAIT DE L'EAU SOUTERRAINE DANS LA CMQ

La CMQ (figure 2) est une entité supra-régionale composée de l'agglomération de Québec, de la ville de Lévis et de 24 autres municipalités réparties dans les municipalités régionales de comtés (MRC) de la Jacques-Cartier, de la Côte-de-Beaupré et de l'Île-d'Orléans.

Phénomène plutôt rare au Québec, la CMQ chevauche trois provinces géologiques (figure 3). Premièrement, la province de Grenville, située au nord du territoire, est principalement composée de roc fracturé avec de grandes quantités de dépôts meubles autour des rivières Jacques-Cartier, Montmorency et Sainte-Anne. Deuxièmement, le secteur du proto Saint-Laurent se situe plus au sud, autour de la rivière Saint-Charles et il est principalement composée de dépôts meubles. Troisièmement, la province des Appalaches se retrouve vers le promontoire de la ville de Québec et la rive sud. Celle-ci est principalement composée de roc fracturé. Par ailleurs, les dépôts meubles les plus importants se retrouvent autour des principales rivières de la CMQ. Ces dépôts meubles offrent un fort potentiel de recharge et une plus grande capacité de pompage.

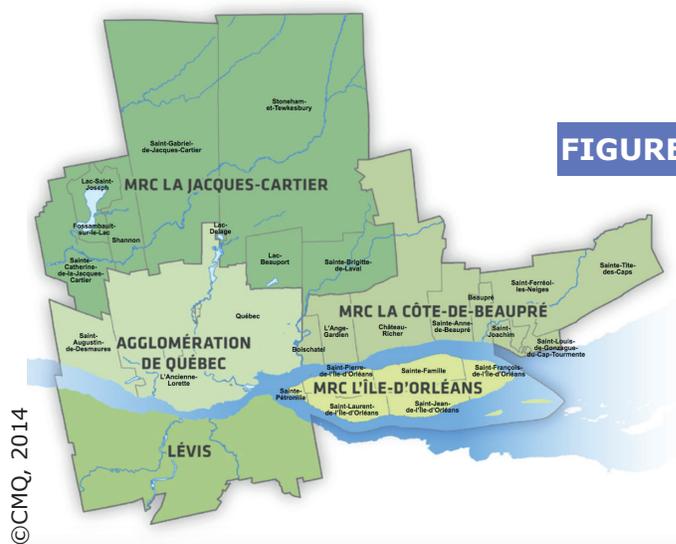
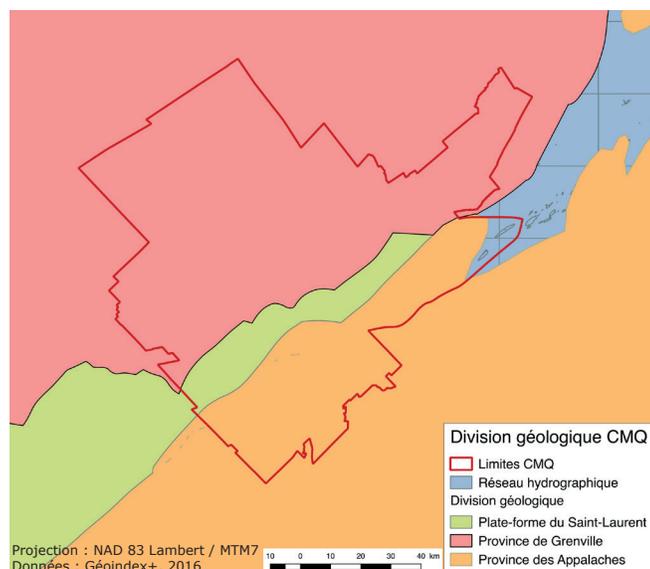


FIGURE 2 Territoire de la CMQ

Les provinces géologiques

FIGURE 3



- ▭ Limites CMQ
- ▭ Réseau hydrographique
- ▭ Division géologique
- ▭ Plate-forme du Saint-Laurent
- ▭ Province de Grenville
- ▭ Province des Appalaches

Dans le cadre du projet PACES-CMQ, mené en collaboration avec le RQES et financé par le gouvernement provincial, des données sur l'eau souterraine pour l'ensemble de la CMQ ont été collectées et traitées. Ces données permettent d'apprendre qu'une quantité d'eau souterraine relativement importante est prélevée sur le territoire. Afin de soutenir ces prélèvements annuels, il faut s'assurer d'avoir une recharge adéquate des aquifères sur le territoire et ainsi permettre la durabilité de ces aquifères. Il est primordial de ne pas épuiser les ressources d'eau souterraine, c'est pourquoi il est important de connaître le renouvellement de l'eau par l'infiltration des précipitations depuis la surface. Celle-ci varie en fonction du climat, de la végétation, de l'occupation du sol

et des propriétés physiques du sol. Les données démontrent que la recharge la plus élevée se situe dans la province de Grenville tandis qu'en milieu urbain et sur l'île d'Orléans, la recharge est moins importante (figure 4). Cela s'explique par le fait qu'ils se situent soit en milieu plutôt imperméable ou sur du roc, ce qui limite l'infiltration d'eau dans le sol.

FIGURE 4 La recharge

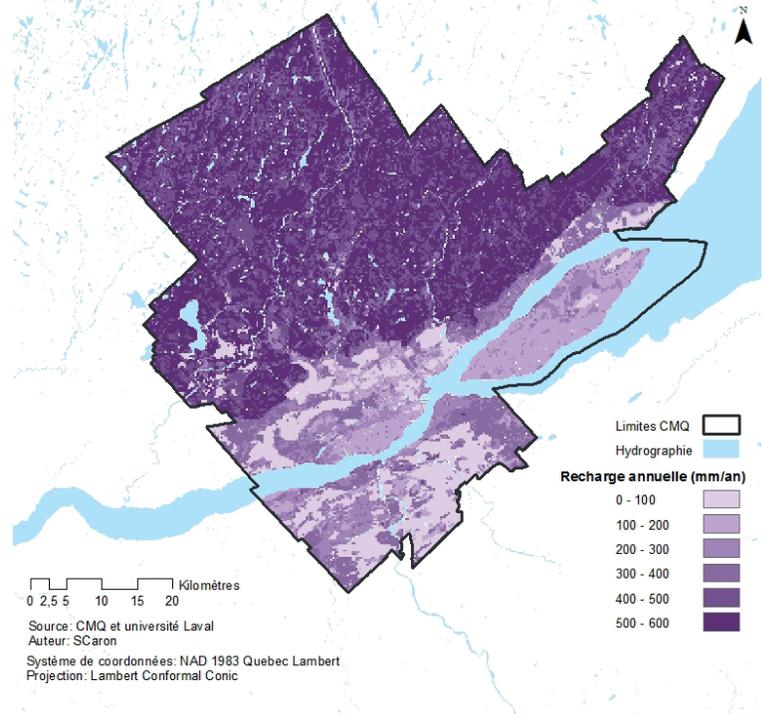
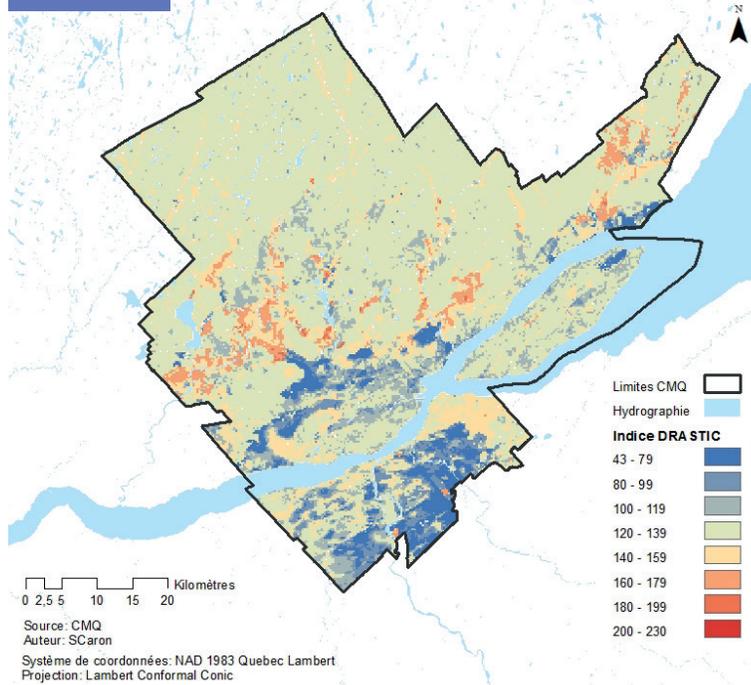


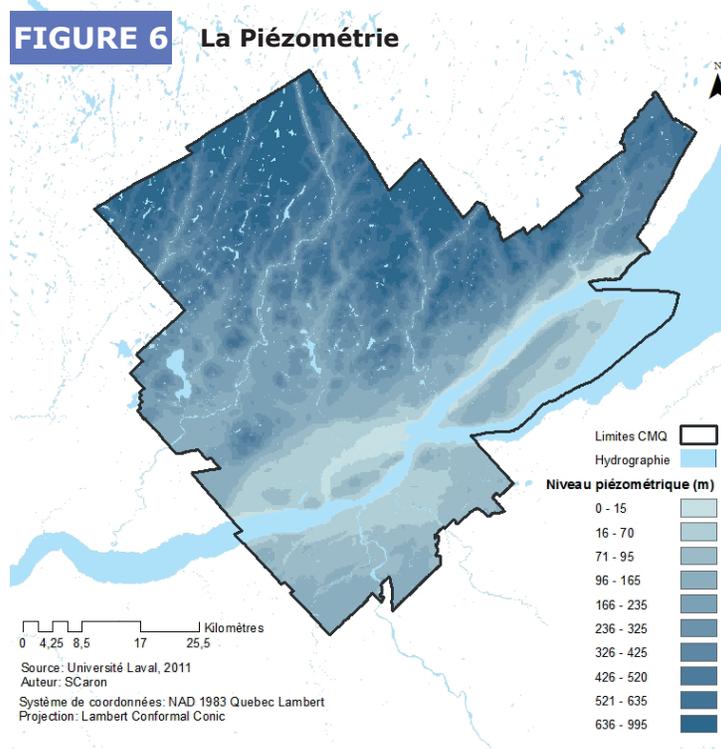
FIGURE 5 L'indice DRASTIC



Afin d'évaluer les risques de pollution, un indice de vulnérabilité a été développé par l'agence de protection de l'environnement des États-Unis. Cet indice permet une évaluation relative de la vulnérabilité d'un aquifère, c'est-à-dire la susceptibilité qu'a l'eau souterraine d'être affectée par une contamination à la surface du sol. L'indice se nomme DRASTIC et dépend de sept critères : la profondeur de l'aquifère, la recharge, la nature de l'aquifère, le type de sol, la pente du terrain, la nature de la zone et la conductivité hydraulique. La figure 5 permet de visualiser les risques qu'une eau souterraine soit polluée en fonction de ses caractéristiques hydrogéologiques. Plus l'indice DRASTIC est élevé, plus l'aquifère est vulnérable. Les

secteurs vulnérables du territoire à l'étude se situent dans les vallées de la province de Grenville, tandis que les secteurs moins précaires sont en périphérie de l'agglomération de Québec ainsi que sur une partie importante de la rive sud.

Par contre, afin d'avoir une analyse plus fine de la vulnérabilité, il serait intéressant de combiner l'indice DRASTIC et le sens d'écoulement de l'eau (la piézométrie). En effet, DRASTIC tient seulement compte des polluants directement à la surface. Dès lors, une prise en compte du sens de l'écoulement permettrait de mieux comprendre la conséquence réelle des polluants. La figure 6 illustre la piézométrie sur le territoire à l'étude. Il est possible de constater que l'eau souterraine de la rive nord s'écoule vers la ville et vers les prises d'eau actuelles, ce qui nécessite une attention plus particulière.



Finalement, le portrait du territoire à l'étude a permis de confirmer que les enjeux de la qualité et de la quantité de l'eau souterraine sont au cœur de l'élaboration du GAGES. Il est important de conserver la qualité de l'eau qui se retrouve sur le territoire pour pouvoir en assurer une quantité disponible suffisante. De plus, l'eau souterraine est vulnérable aux activités humaines et aux différentes sources de contamination agricoles (fumier, engrais, pesticides), domestiques (fosses septiques, pesticides) ou industrielles (sablères, entreposage de déchets, sels de voiries). Bien que cette ressource ne soit pas visible, elle n'en demeure pas moins vulnérable aux polluants, ce qui peut entraîner des répercussions non négligeables. Ainsi, viser à une gestion intégrée et à une utilisation durable et responsable de la ressource est pertinent.



IDENTIFIER UN AQUIFÈRE PRIORITAIRE

Le processus d'élaboration d'un guide d'aménagement et de gestion de l'eau souterraine s'inspire de la méthode proposée par Foster (2015). Ce processus s'articule autour de cinq étapes et vise à favoriser la prise en considération de l'eau souterraine dans la planification.

La première étape consiste en l'identification des aquifères prioritaires à protéger dans le territoire à l'étude. Cette évaluation a été réalisée à l'aide d'une méthode d'analyse multicritère. Cette méthode, qui fonctionne en synergie avec l'aménagement du territoire (Beinat et Nijkamp, 1998), est un outil d'aide à la décision qui peut être appliqué dans de nombreux contextes et avec une approche pluridisciplinaire aux problèmes. L'utilisation de la méthode d'analyse multicritère MACBETH a permis de comparer de façon rigoureuse et objective l'ensemble des éléments qui peuvent avoir un impact sur la priorité de protection d'un aquifère. Cette méthode a permis d'agrèger les différents critères selon une échelle cardinale en considérant l'attractivité relative de chaque élément par rapport à un autre (Bana e Costa et al., 2004). De plus, elle a l'avantage d'être facile d'utilisation puisque la décision se base sur les préférences d'un individu ou d'un groupe. Pour ce faire, un panel d'experts multidisciplinaire en eau souterraine a été organisé afin d'établir les critères et les repères d'évaluation. Le groupe définissait un repère « neutre » indiquant la limite d'attractivité et un repère « bon » exprimant ce qui lui était pleinement satisfaisant. Certains critères ont une échelle numérique (potentiel de l'aquifère, recharge et vulnérabilité) alors que d'autres critères sont évalués par des catégories (qualité de l'eau, résilience et utilisation de l'eau). Plus en détail, l'évaluation de la priorité de protection se base sur les critères suivants :

- Le « **potentiel de l'aquifère** » est évalué selon le type d'aquifère (roc fracturé ou dépôts meubles) et son épaisseur (figure 7) ;
- La « **qualité de l'eau** » se base sur les paramètres de toxicité et les critères de potabilité de Santé Canada (figure 8) ;
- La « **recharge** » se base sur la quantité d'eau qui s'infiltré dans le sol (figure 9) ;
- La « **résilience** » se base sur le confinement d'un aquifère. Ainsi, elle représente la capacité d'un aquifère à faire face aux changements climatiques (figure 10) ;
- La « **vulnérabilité** » se base sur l'indice DRASTIC (figure 11) ;
- L'« **utilisation** » se base sur l'utilisation actuelle de l'eau souterraine par les différentes activités humaines (figure 12).

Ensuite, les résultats de l'analyse multicritère ont été intégrés dans un système d'information géographique (SIG). Les données qui ont servi à l'évaluation des critères sont issues du projet PACES-CMQ. Celles-ci comportent certaines limites : la taille des pixels de 250mx250m ne permet qu'une analyse des tendances régionales. De plus, la qualité bactériologique de l'eau et la présence de pesticides n'ont pas été considérées.

FIGURE 7 Le potentiel

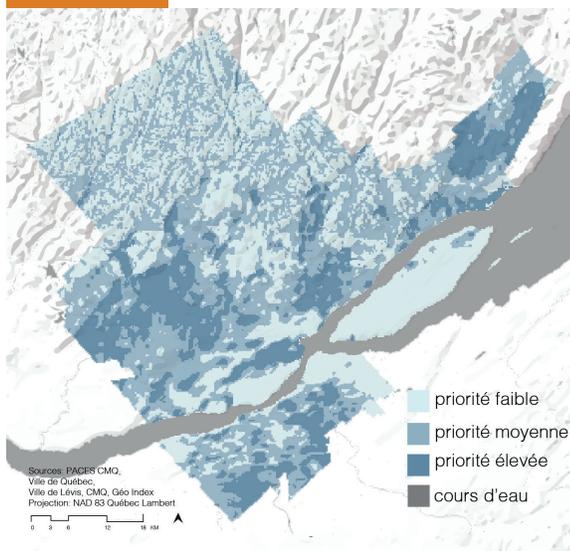


FIGURE 8 La qualité de l'eau

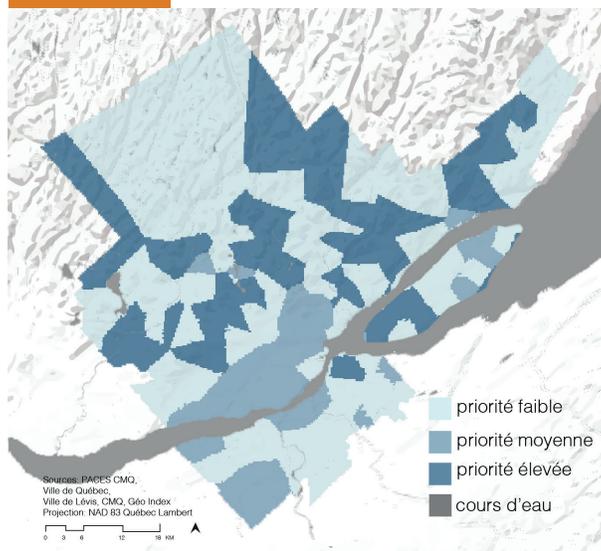


FIGURE 9 La recharge

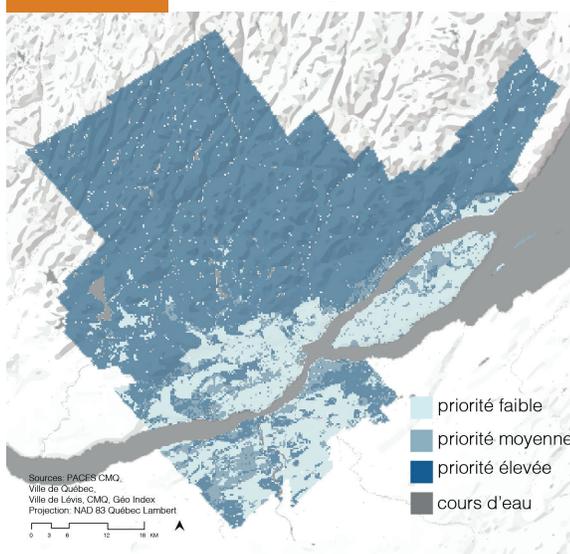


FIGURE 10 La résilience

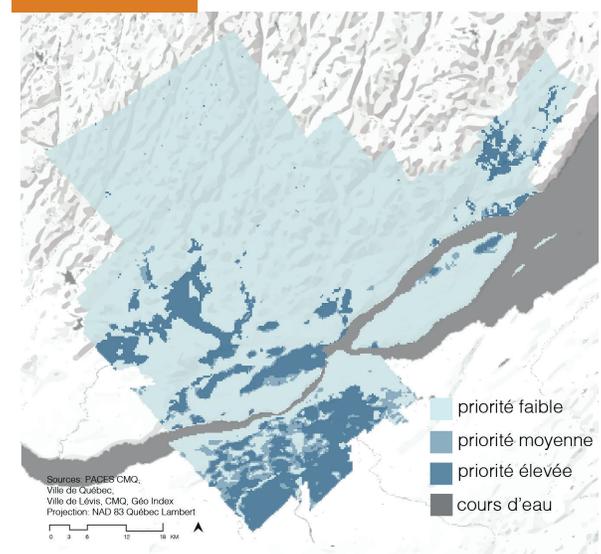


FIGURE 11 La vulnérabilité

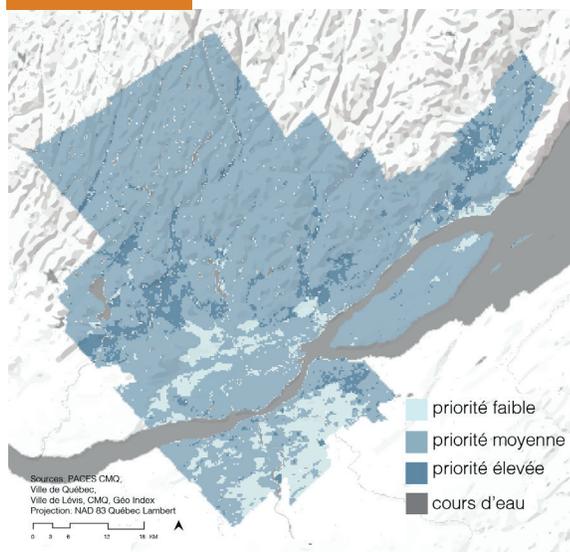
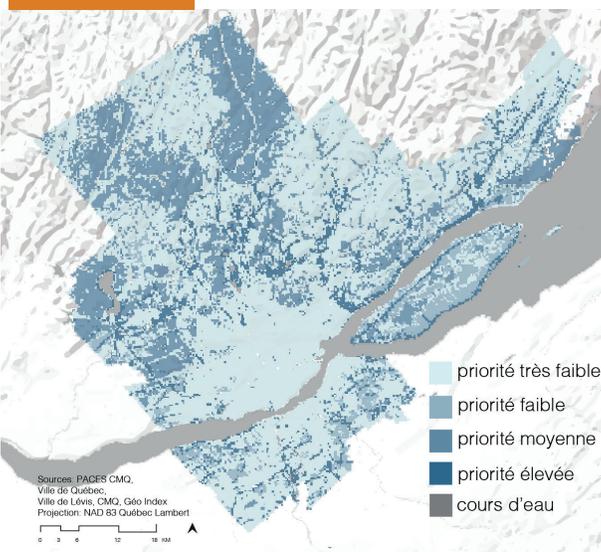


FIGURE 12 L'utilisation de l'eau



Pour chacun des critères, une première carte est conçue pour attribuer les valeurs liées aux échelles locales. Les valeurs des différents critères sont converties selon les repères définis par les experts. L'agrégation des cartes locales produit une carte globale qui comprend les critères et leur importance relative. Cette carte (figure 13) illustre la priorité de protection et a permis d'identifier le secteur constituant l'étude de cas pour y faire un nouveau diagnostic de la ressource.

IDENTIFIER LES PRESSIONS ACTUELLES SUR LE TERRITOIRE

Deuxièmement, il a été nécessaire d'évaluer la ressource pour identifier les pressions sur l'aquifère à l'aide d'un diagnostic. Cette étape se divise en trois sections : l'état de la ressource, l'utilisation du territoire et la vraisemblance de pollution. L'état de la ressource se base sur les données acquises par le projet PACES-CMQ. Il s'agit de dresser le portrait de l'aquifère contenant des éléments importants à considérer pour la planification de sa protection et de sa conservation. Notamment, la recharge, la vulnérabilité, l'épaisseur des dépôts meubles et la qualité de l'eau ont été évaluées. L'utilisation du territoire vise à identifier les usages actuels et futurs. Le rôle d'évaluation et les documents de planification locaux et régionaux ont été utilisés. Ces derniers ont permis d'identifier les objectifs et visions à long terme de chaque palier décisionnel. Enfin, la vraisemblance de pollution a été calculée selon la méthode proposée par Lavoie (2015). Cette méthode combine l'impact potentiel d'une activité humaine sur la qualité de l'eau et la vulnérabilité de l'aquifère. Ainsi, un indice de risque a été associé pour chaque usage présent sur le territoire. Cet impact potentiel a par la suite été agrégé avec la vulnérabilité de l'aquifère à l'aide d'un SIG selon les paramètres de l'analyse multicritère MACBETH. Le résultat représente la vraisemblance de pollution sur une échelle comprenant deux repères : 0 et 100. Si la valeur est au-dessus de 100, la vraisemblance de pollution est faible alors que si la valeur est inférieure à 0, la vraisemblance de pollution est élevée.

IDENTIFIER LES SERVICES REQUIS

Troisièmement, afin d'identifier les services requis, de compléter l'évaluation de la ressource et d'identifier les enjeux sur le territoire, une rencontre avec les acteurs locaux des villes et de la MRC a été organisée. Elle a permis d'identifier les priorités des acteurs locaux ainsi que leurs attentes par rapport au contenu et à la structure du guide. De cette façon, les bases conceptuelles du guide d'aménagement et de gestion de l'eau souterraine (GAGES) ont été fixées.

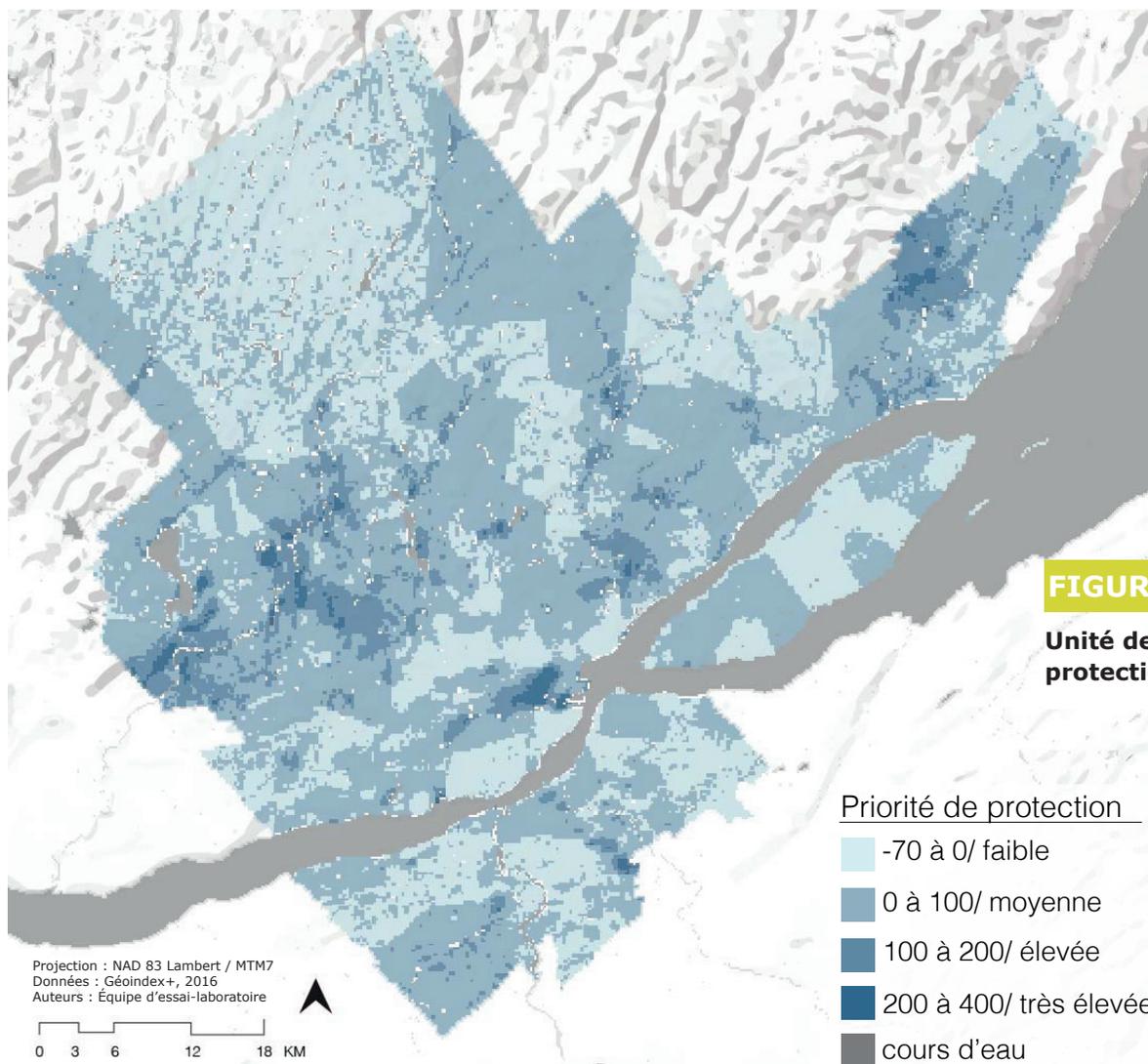
DÉFINIR LA STRUCTURE DE L'OUTIL

Quatrièmement, grâce aux éléments issus de la rencontre, l'élaboration du GAGES a pu débuter. Elle a commencé par un remue-méninge afin d'identifier l'organisation du contenu et de la mise en forme graphique du guide. Des recherches sur les rapports, guides, et autres documents tant ministériels que municipaux ont permis de définir l'organisation des contenus qui conviendraient au GAGES. Par sa clarté et sa capacité à bien transmettre les informations, le plan de mobilité et de transport de la Ville de Longueuil a été une source d'inspiration pour l'élaboration du GAGES. Ensuite, les divers éléments qui le composent sont issus d'une nouvelle recherche dans les guides, la littérature scientifique et les documents de planification. Cette recherche s'est aussi intéressée aux cas étrangers pour repérer les réussites, mais également les échecs de certaines actions. De plus, l'identification de cas au Québec a permis d'illustrer les actions avec des exemples de mise en œuvre similaire. Ces actions devaient suivre des attentes particulières exprimées par les acteurs locaux, dont l'identification de : plusieurs niveaux d'implication, les acteurs concernés et les efforts déjà entrepris sur le territoire. De plus, les actions proposées dans le GAGES devaient s'arrimer avec les documents de planification en vigueur ou en cours d'élaboration. Enfin, dans un contexte de processus itératif, une nouvelle rencontre a été organisée pour présenter et pour bonifier la structure et le contenu global du GAGES.

L'UNITÉ DE PRIORITÉ DE PROTECTION TOTALE

Cette quatrième section présente les résultats obtenus suite à l'analyse multicritère décrite dans la méthodologie. À partir de la carte de l'unité de priorité de protection totale (UPP) (figure 13), des aquifères prioritaires à protéger sur le territoire de la CMQ ont été identifiés. Il en ressort plusieurs secteurs pour lesquels il serait intéressant de développer un guide d'aménagement et de gestion :

- Le sud-ouest de la MRC de la Jacques-Cartier,
- Le long de la rivière Jacques-Cartier, près de la base militaire de Valcartier,
- À l'aval de la rivière Saint-Charles,
- Dans le secteur de Beauport,
- Un grand secteur à Saint-Ferréol-les-Neiges,
- Le long de la rivière Etchemin sur la rive sud.



L'ÉTUDE DE CAS

Le choix de l'étude de cas s'est arrêté sur le sud-ouest de la MRC de la Jacques-Cartier, qui comprend les municipalités de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier et de Fossambault-sur-le-Lac. Pour ce faire, différents critères ont été considérés. Tout d'abord, plusieurs activités sont présentes sur le territoire (résidentiel, agricole, industriel, récréotouristique) et permettent d'aborder l'eau souterraine sous différents angles. Ensuite, l'aquifère se situe sur le territoire des deux municipalités, ce qui ajoute un défi de gestion intéressant. En effet, les aquifères n'ont pas de limites administratives. Il devient alors nécessaire de gérer l'aménagement pour assurer la protection de cette ressource au-delà des frontières municipales. Enfin, les acteurs locaux ont été contactés et leur enthousiasme par rapport au projet a confirmé le choix du territoire.

FIGURE 14

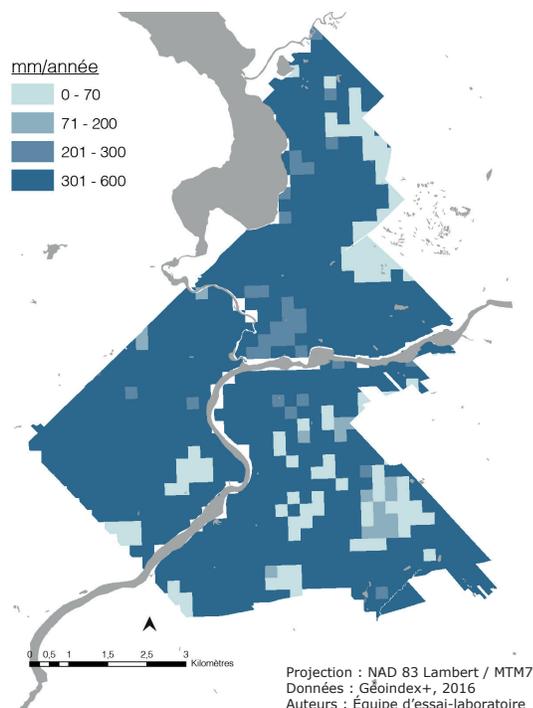
L'étude de cas



Projection : NAD 83 Lambert / MTM7
Données : Géoindex+, 2016
Auteurs : Équipe d'essai-laboratoire

DIAGNOSTIC : L'ÉTAT DE LA RESSOURCE

FIGURE 15 La recharge de l'aquifère



Par la suite, un diagnostic a été fait sur l'état de la ressource à partir de la qualité, de la recharge, du potentiel et de la vulnérabilité de l'aquifère. Tout d'abord, le cas à l'étude ne présente aucun dépassement des critères physico-chimiques de l'eau. De plus, la recharge est considérée comme étant bonne et varie principalement entre 300 et 600 mm/an (figure 15). L'aquifère possède une épaisseur de dépôts meubles supérieure à cinq mètres et comporte certaines zones avec plus de quinze mètres, ce qui indique un bon potentiel pour l'exploitation (figure 16). Par ailleurs, une grande superficie du territoire a une vulnérabilité élevée (figure 17) ce qui augmente la nécessité de sa protection. En somme, l'aquifère à l'étude possède une bonne qualité et un bon potentiel en termes de quantité d'eau, mais sa vulnérabilité exige une attention particulière aux usages potentiellement polluants.

FIGURE 16 L'épaisseur de dépôts meubles

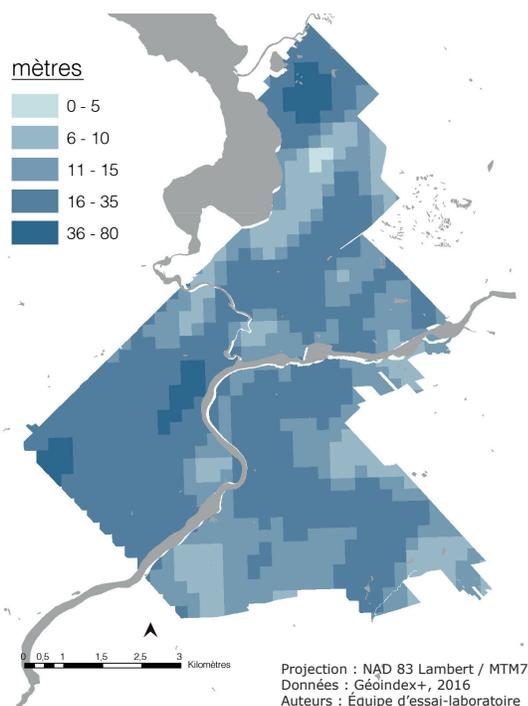
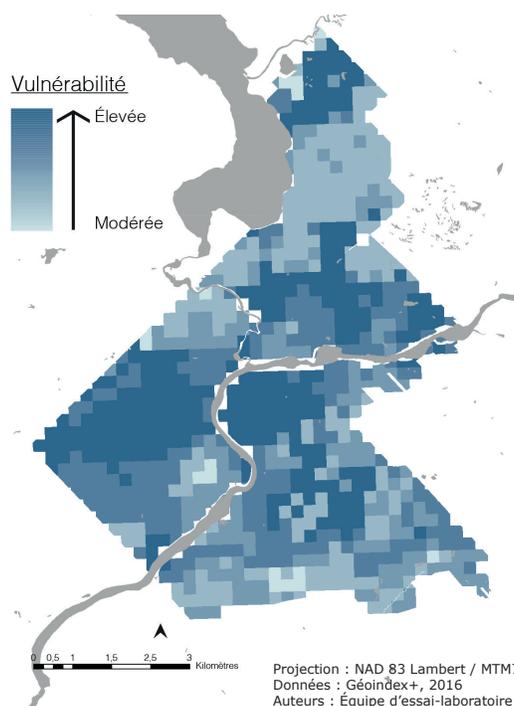


FIGURE 17 La vulnérabilité de l'aquifère



L'UTILISATION DU TERRITOIRE

Afin d'identifier les priorités d'action, un relevé des usages du sol a été fait. La figure 18 illustre que les principaux usages du sol sont résidentiels et agricoles. Ces deux activités couvrent près de la moitié du territoire à l'étude. Il est également prévu au plan d'urbanisme de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier que de nouveaux secteurs résidentiels soient développés dans le périmètre urbain. Cette situation peut être une occasion de planifier des développements axés sur la protection de la ressource en eau souterraine de la municipalité. Pour ce qui est des autres usages, le secteur comprend un parc industriel, des commerces, une pourvoirie, des terrains de golf, des sablières, deux cimetières, deux anciens dépotoirs, des établissements de production animale et des systèmes de traitement des eaux usées. Les activités mentionnées précédemment peuvent avoir un impact sur la qualité de l'eau. Celui-ci est évalué à l'aide de la vraisemblance de pollution, c'est-à-dire l'impact potentiel d'une activité sur la qualité de l'eau combiné à la vulnérabilité de l'aquifère. Après analyse, elle est considérée comme satisfaisante de manière générale sur le territoire à l'étude. Toutefois, les zones foncées sur la figure 19 sont à surveiller.

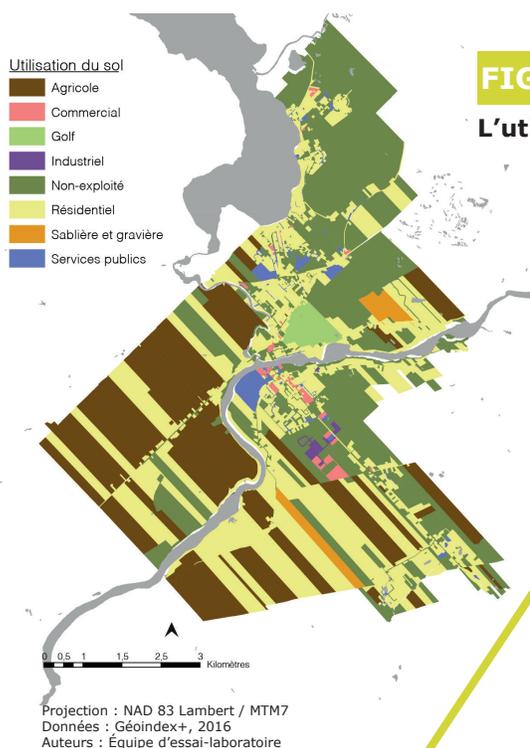
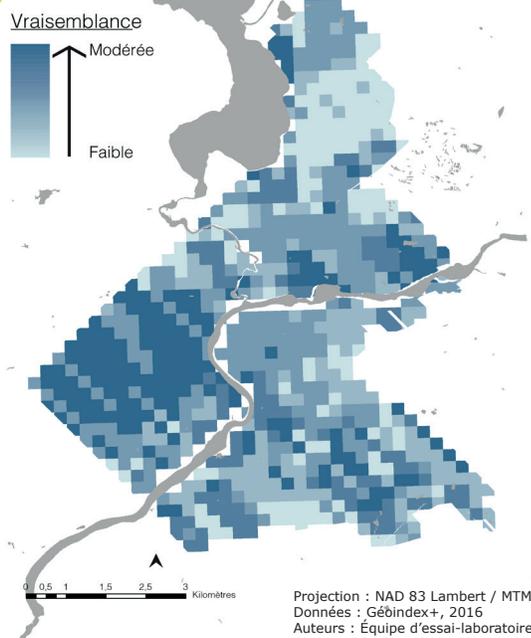


FIGURE 18

L'utilisation du sol

FIGURE 19
La vraisemblance de pollution

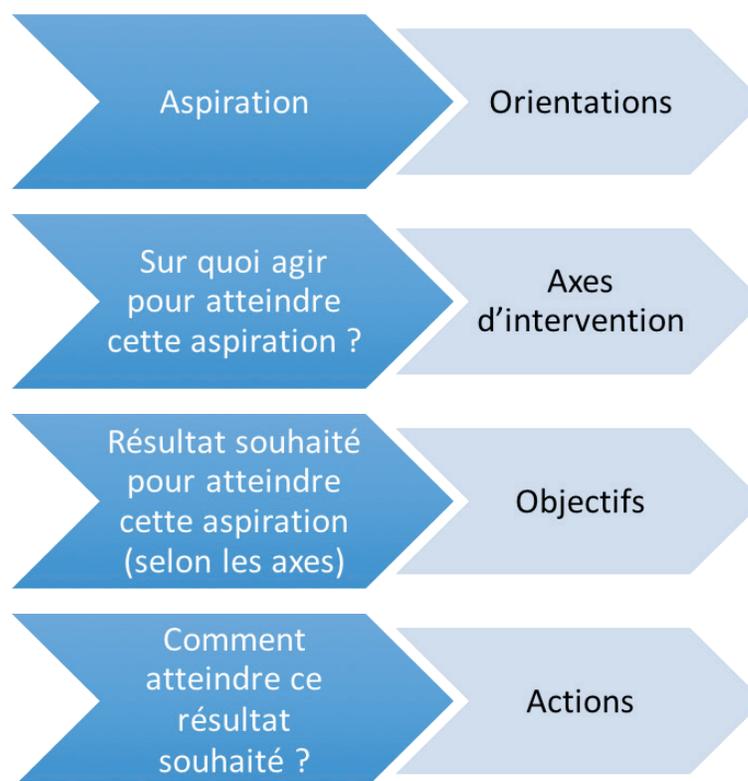


LE GAGES : GUIDE D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DE L'EAU SOUTERRAINE

Suite à l'identification du cas à l'étude et d'un diagnostic complet du territoire, il a été possible d'élaborer un guide d'aménagement et de gestion de l'eau souterraine (GAGES). Ce guide, présenté en annexe 1, est un outil d'aide à la décision favorisant la prise en compte de l'eau souterraine dans l'aménagement du territoire. Il vise au maintien quantitatif et qualitatif de la ressource ainsi qu'à la gestion des conflits d'usages grâce à des actions spécifiques aux volontés locales. En effet, comme montré dans la méthodologie, l'élaboration d'un GAGES est issue d'une collaboration entre les divers acteurs du territoire.

Cette collaboration a permis d'élaborer une structure et de cibler des actions faisant du GAGES un document d'arrimage entre les outils de planification. Sa structure est composée de plusieurs niveaux hiérarchiques qui sont : les orientations, les axes, les objectifs et les actions (figure 20). Cette structure, simple et efficace, permet d'identifier des actions au plus proche des volontés locales et d'établir une articulation sur différents niveaux avec le plan d'urbanisme (PU), le plan directeur de l'eau (PDE), le schéma d'aménagement et de développement (SAD) et divers autres règlements et plans dont le plan de développement des zones agricoles (PDZA), etc.

FIGURE 20 Structure du GAGES



ORIENTATIONS

Les orientations ont été définies grâce à l'analyse du site à l'étude, des documents de planification et des rencontres avec les acteurs. Elles identifient la direction que doivent prendre les objectifs énoncés : elles sont une aspiration. Trois grandes orientations composent le GAGES et permettent de renforcer la protection et la conservation de l'eau souterraine en agissant sur le présent, le développement futur et le suivi continu de la ressource :

1. Développer de manière durable les municipalités ;
2. Diminuer les pressions des activités sur le territoire ;
3. Assurer un suivi des caractéristiques de l'aquifère.

AXES D'INTERVENTION ET OBJECTIFS

Les axes d'intervention reliés aux orientations sont des éléments sur lesquels il est possible d'agir en aménagement du territoire. Ils divisent les orientations en plusieurs thématiques et permettent de structurer le cadre d'intervention afin d'élaborer des actions plus ciblées à entreprendre sur le territoire. Découlant de ces axes, différents objectifs sont énoncés afin de déterminer les résultats souhaités et la nature des changements attendus.

Les axes d'intervention structurant le développement durable des municipalités (Orientation 1) sont : l'eau de pluie, les contaminants et la planification de l'aménagement. Les objectifs rattachés à ces axes d'intervention permettent d'agir sur les pratiques actuelles et de modeler la planification future. Ainsi, ils orientent des actions qui favorisent un aménagement du territoire respectueux de l'environnement, tout en intégrant de bonnes pratiques pour impliquer la population.

Les axes d'intervention permettant de diminuer les pressions des activités sur le territoire (Orientation 2) sont focalisés sur les différents usages retrouvés sur le territoire à l'étude. En détail, il s'agit de : l'agriculture, le résidentiel, l'industriel, les cimetières et les activités récréatives. Les objectifs rattachés à ces axes d'intervention favorisent de meilleures pratiques concernant l'eau en sensibilisant et en luttant contre le gaspillage et les pollutions dans les usages définis. De plus, ils intègrent le suivi des limitations réglementaires voulues par les différents paliers gouvernementaux. Ainsi, il s'agit d'orienter les actions afin de réduire les impacts des usages potentiellement polluants.

Finalement, les axes d'interventions incitant au suivi des caractéristiques de l'aquifère (Orientation 3) sont : les usages, l'aquifère et les milieux humides. Les objectifs rattachés à ces axes visent à une meilleure connaissance des impacts des usages sur le territoire. Ils cherchent à mieux comprendre quels usages s'approvisionnent en eau souterraine et dans quelle mesure ils impactent l'aquifère. Ainsi, les actions sont orientées vers une acquisition constante des connaissances et un suivi des usages, des pratiques et des milieux humides du territoire.

ACTIONS ET NIVEAU D'IMPLICATION

Les actions s'adressant aux acteurs locaux correspondent à la mise en application des mesures précises, que ce soit par des politiques, des règlements, des programmes de sensibilisation ou l'aménagement du territoire. Par ailleurs, certaines actions concernant les milieux naturels et les milieux agricoles impliquent uniquement les ministères puisque seuls ceux-ci ont compétence vis-à-vis de ces milieux.

Ces différents types d'actions s'adaptent en fonction des ressources et des moyens financiers disponibles, c'est-à-dire qu'il est possible de répondre à un objectif souhaité avec différents niveaux d'implication. Graphiquement, des gouttes d'eau d'un niveau de 1 à 3 permettent aux utilisateurs du GAGES de visualiser au premier coup d'œil le niveau d'implication d'une action. Le niveau d'implication se base sur le nombre d'étapes et les ressources financières estimés pour la mise en œuvre de l'action associée.



Ressources financières ou niveau d'expertise nécessaire faible. Peu d'étapes de réalisation pour la mise en place.



Ressources financières ou niveau d'expertise nécessaire modéré et/ou quelques étapes de réalisation pour la mise en place.

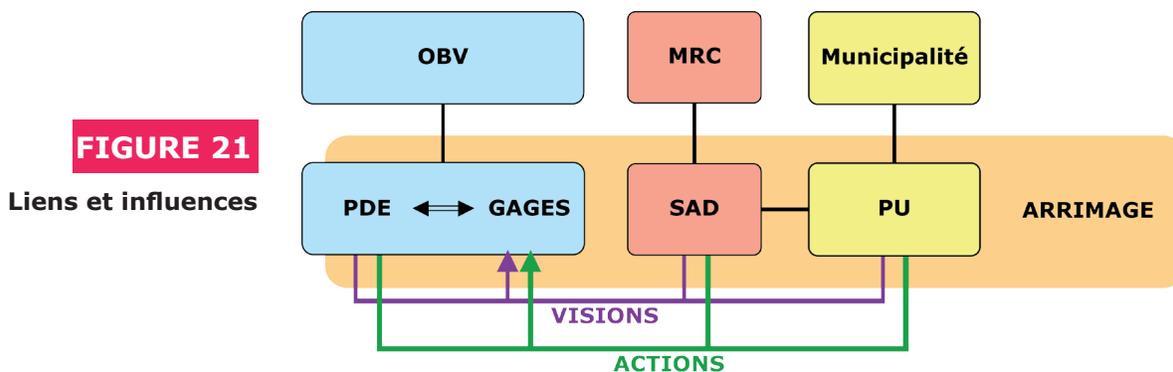


Ressources financières ou niveau d'expertise nécessaire important et/ou beaucoup d'étapes de réalisation pour la mise en place.

COMMENT L'UTILISER ?

Le guide d'aménagement et de gestion de l'eau souterraine (GAGES) est un outil transversal qui a pour but de guider la prise de décision en aménagement du territoire afin de favoriser la prise en compte de l'eau souterraine lors de la planification. Son utilité principale réside dans son usage en amont des projets puisqu'il permet de mieux effectuer le lien entre les

documents de planification existants. Ainsi, comme illustré à la figure 21, les visions des divers documents de planification se retrouvent dans le GAGES. En ce qui concerne les actions, le GAGES concorde ses actions avec celles des PDE, des SAD et des PU.



Par l'échelle d'action des OBV, leur impartialité politique et leur mandat de concertation, ceux-ci s'avèrent les acteurs les plus appropriés pour la réalisation d'un GAGES. Ce dernier deviendrait un complément au PDE en étant axé sur l'eau souterraine.

De plus, les étapes d'élaboration d'un PDE permettraient d'acquérir la majorité des informations et des données nécessaires à l'élaboration d'un GAGES. Une nouvelle synergie apparaîtrait entre ces deux documents. Par conséquent, il renforcerait le rôle des OBV et les placerait comme l'acteur incontournable de la gestion de l'eau de surface comme souterraine au Québec.

Enfin, le GAGES est un outil qui nécessite une collaboration continue entre les municipalités, les MRC et les OBV. Il permet de refléter les réalités du territoire, tout en étant vecteur d'un développement respectueux de l'environnement. Par ses actions, le GAGES agit sur un ensemble de documents de planification. La figure 22 illustre cette insertion au cœur du processus de planification. Grâce à cela, le guide permet des actions locales et régionales pour favoriser la protection et la conservation de l'eau souterraine. Bref, Le GAGES devient l'élément qui permet l'intégration des données du PACES à l'aménagement du territoire.

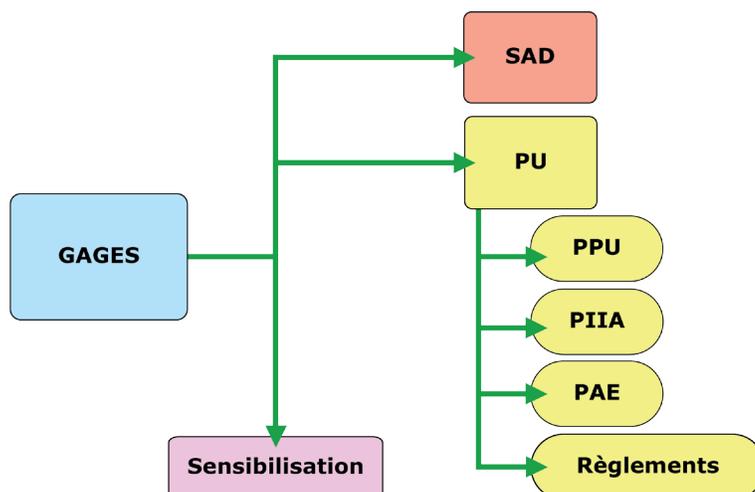


FIGURE 22
Les actions du GAGES dans le processus de planification

Le processus menant à la réalisation d'un GAGES a été inspiré de la méthode proposée par Foster (2015). Celle-ci comprend notamment l'identification d'aquifères prioritaires pour la conservation et la protection, l'évaluation de la ressource et l'accord sur les services requis. En guise de résultat, le GAGES s'inscrit comme un outil d'aide à la décision illustrant les bonnes pratiques d'aménagement et facilitant l'intégration d'actions en lien avec l'eau souterraine dans les outils déjà existants.

Sa principale limite réside dans la collaboration et l'implication des acteurs locaux puisque l'élaboration du guide nécessite une charge de travail supplémentaire pour l'ensemble des acteurs. Cette situation peut occasionner une difficulté dans l'organisation de rencontres, mais aussi vis-à-vis du temps qu'il leur est possible d'allouer à cet outil.

D'ailleurs, le GAGES pourrait être bonifié par l'ajout d'informations que seuls les acteurs locaux seraient en mesure de fournir. Dans les faits, trois aspects n'ont pas été inclus dans ce premier GAGES. Il s'agit de l'établissement d'un échéancier, de l'identification des priorités d'actions et de l'intégration de l'aspect politique dans l'élaboration des orientations.

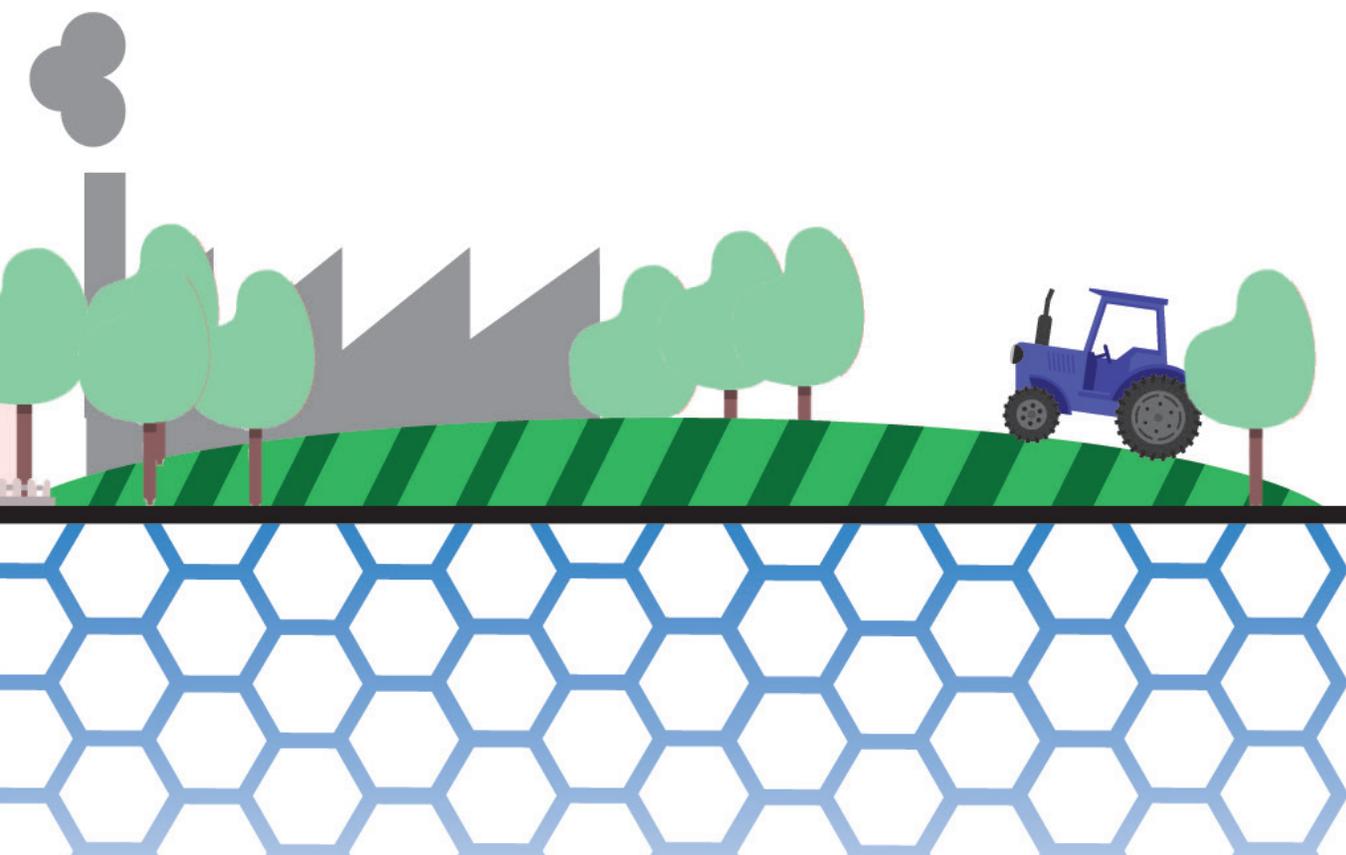
Par l'établissement d'un échéancier et l'identification des priorités d'actions, les acteurs locaux seraient en mesure d'organiser le GAGES en fonction de leurs capacités financières. De plus, l'intégration de l'aspect politique permettrait de valider les orientations en fonction des volontés des conseils municipaux. Cette considération apporterait un soutien politique au document et favoriserait l'acceptation de ses actions.



Dès lors, le GAGES s'inscrit comme un outil de demain. Fondé sur le principe de précaution et de prévention, il se doit de refléter les volontés du territoire et d'offrir la possibilité de s'adapter aux capacités financières des acteurs locaux. De cette façon, le guide aide à concilier le développement tout en favorisant la protection et la conservation de l'eau souterraine. Il constitue un document qui s'articule efficacement aux outils d'aménagement du territoire dont disposent les acteurs municipaux et régionaux. En effet, il contribue à l'arrimage d'orientations et d'actions des documents de planification afin de mieux cibler les actions influençant l'eau souterraine. Ainsi, le GAGES aura pour retombée de faciliter l'usage des outils existants pour la protection et pour la conservation de l'eau souterraine.

Par ailleurs, le guide se positionne comme un outil majeur en transposant les informations issues des projets du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) vers les outils de planification du territoire. Il est un exemple de ce qu'il est possible de réaliser en appliquant les données du PACES et renforce la pertinence des différents projets qui ont été menés au Québec.

En somme, l'aménagement du territoire s'avère une discipline clé pour la protection et la conservation de l'eau souterraine. Elle permet d'agir de manière préventive en assurant la cohérence entre l'utilisation du sol et les caractéristiques de la ressource. Le but de ce document était de simplifier la compréhension et la mise en application de la réglementation tout en espérant que le GAGES soit utilisé et non tabletté.



- Assemblée Nationale du Québec, Loi portant réforme de l'organisation territoriale municipale des régions métropolitaines de Montréal, de Québec et de l'Outaouais (loi 170), adoptée le 19 décembre 2000. Complétée par la Loi sur la communauté métropolitaine de Québec, L.Q.R., chapitre C-37-02, version en vigueur du 1er novembre 2015.
- Baechler, L. (2012). La bonne gestion de l'eau : un enjeu majeur du développement durable. *L'Europe en Formation*, 365 (3), 3. <http://doi.org/10.3917/eufor.365.0003>
- Bana e Costa, C., De Corte, J.-M., et Vansnick, J.-C. (2004) On the Mathematical Foundations of Macbeth. London: LSE, Dep. of Operational Research. <http://www.lse.ac.uk/collections/operationalResearch/pdf/Cover%20LSEOR%2003.61.doc>.
- Beinat, E., & Nijkamp, P. (1998). *Multicriteria Analysis for Land-Use Management*. Springer Science & Business Media.
- Berthelot, P. (2012). Eau, changement climatique et géostratégie. *Sécurité globale*, 21 (3), 45. <http://doi.org/10.3917/secug.021.0045>
- Blais-Montpetit, A. (2015), Évaluation de la durabilité du régime québécois d'autorisation de prélèvements d'eau souterraine. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.), Septembre 2015, 124 p.
- Comité de Bassin Rhône méditerranée. (2012). *SDAGE et urbanisme (Guide technique)* (p. 74). France.
- Communauté métropolitaine de Québec. (2015). *Les municipalités en chiffre*. Consulté 8 décembre 2015, à l'adresse <http://www.cmquebec.qc.ca/municipalites>
- Conseil des académies canadiennes, & Comité d'experts sur les eaux souterraines. (2009). *La gestion durable des eaux souterraines au Canada*. Ottawa : Conseil des académies canadiennes.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement (2010), *Bilan et évaluation des ressources canadiennes en eau souterraine, de leur gestion et des mécanismes et priorités de recherche*. PN 1442, 15 p.
- Côté, F. (2006), *La gestion de l'eau douce au Canada : IV. L'eau souterraine*. Le Parlement du Canada, division des sciences et de la technologie. En ligne : <http://www.parl.gc.ca/Content/LOP/researchpublications/prb0554-f.html>
- Desbois, D. (2009). Questions d'eau : vers une gouvernance solidaire et durable ? N° 202-203 (3), 207-213.
- Environnement Canada (2015), *À propos d'Environnement Canada*. En ligne : <https://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=BD3CE17D-1>

- Euzen, A., & Morehouse, B. (2014). De l'abondance à la raison : Manières d'habiter à travers l'usage de l'eau dans une région semi-aride, l'exemple de Tucson en Arizona. *Norois*, (231), 27-41. <http://doi.org/10.4000/norois.5074>
- Figueira, J., Greco S., et Ehr Gott, M. (2005) Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Vol. 78. Springer Science & Business Media. <http://books.google.com>
- Foster, S., Evans, R., & Escolero, O. (2015). The groundwater management plan: in praise of a neglected 'tool of our trade'. *Hydrogeology Journal*, 23(5), 847-850. <http://doi.org/10.1007/s10040-015-1261-2>
- Galland, F. (2012). Sécurité internationale et enjeux liés à l'eau. *Sécurité globale*, 21 (3), 61. <http://doi.org/10.3917/secug.021.0061>
- Halley, Paul (2012), La loi sur l'environnement a 40 ans. *Le devoir*, 21 décembre 2012. En ligne : <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/366907/la-loi-sur-la-qualite-de-l-environnement-a-40-ans>
- Herva, M., et Roca, E. (janvier 2013) « Review of Combined Approaches and Multi-Criteria Analysis for Corporate Environmental Evaluation ». *Journal of Cleaner Production* 39 : 355 71. <http://doi:10.1016/j.jclepro.2012.07.058>.
- Hillsdale County (Michigan). Les grandes lignes du guide sont disponibles en ligne à l'adresse suivante : <http://www.hillsdalecounty.info/planningeduc0029.asp>
- Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. W., DöLi, P., Jimenez, B., Miller, K.,... Shiklomanov, I. (2008). The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. *Hydrological Sciences Journal*, 53 (1), 3 — 10. <http://doi.org/10.1623/hysj.53.1.3>
- Larocque, M. & Pharand, M.-C. (2010). Dynamique de l'écoulement souterrain et vulnérabilité d'un aquifère du piémont appalachien (Québec, Canada). *Revue des sciences de l'eau*, 23 (1), 73. <http://doi.org/10.7202/038926ar>
- Lavoie, R., Joerin, F., Vansnick, J.-C., & Rodriguez, M. J. (2015). Integrating groundwater into land planning: A risk assessment methodology. *Journal of Environmental Management*, 154, 358-371. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.020>
- Lavoie, R. (2013). Stratégies pour faciliter l'intégration de l'eau souterraine dans la prise de décision en aménagement du territoire. Thèse, Université Laval, Québec (QC), Canada.
- Livernois, J. (2002). The Economic Costs of the Walkerton Water Crisis (Enquête judiciaire / Commissioned Paper 14). Toronto (ON): Ministère du procureur général. Consulté à l'adresse <http://www.uoguelph.ca/~live/WICP-14-Livernois1.pdf>
- Ministère des Affaires municipales et de la Métropole (2002), Orientations gouvernementales en matière d'Aménagement pour le territoire de la communauté métropolitaine de Québec. Gouvernement du Québec, direction de l'aménagement et du développement local. 46p.

- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire. (2009). Guide explicatif : la municipalité régionale de comté (2e édition). Consulté à l'adresse http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/amenagement_territoire/documentation/competences_mrc.pdf
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2014), Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées. En ligne : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/residences_isolees/reglement.htm
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2015a), Présentation du Ministère. En ligne : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/ministere/inter.htm>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2015 b), Programmes de recherche sur la connaissance des eaux souterraines. En ligne : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/recherche-connaissance.htm>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2015c), Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection. En ligne : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/EAU/prelevements/reglement-prelevement-protection/index.htm>
- Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs. (2012). Les milieux humides et l'autorisation environnementale. Consulté à l'adresse <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/2220519>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. (2011). Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau : un manuel pour assister les organismes de bassin versant du Québec dans la planification de la gestion intégrée des ressources en eau. Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Consulté à l'adresse <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/guide-elaboration-pde.pdf>
- O'Connor, D. R. (2002). Report of the Walkerton Inquiry. Ontario : Ontario Ministry of the Attorney General.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP). (2004). Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines (Guide technique) (p. 143). Suisse.
- Pelchat, J. (2015), La protection de la ressource en eau souterraine au Québec : Portée des outils d'aménagement du territoire et de l'information hydrogéologique régionale. Mémoire, université du Québec à Trois-Rivières, 105p.
- Radio-Canada. (2013). Gaspé : manifestation pour appuyer le règlement sur l'eau potable | ICI. Radio-Canada.ca. Consulté 6 décembre 2015, à l'adresse <http://ici.radio-canada.ca/regions/est-quebec/2013/02/03/003-reglement-gaspe-manifestation.shtml>

- République Française. (2015). La directive-cadre sur l'eau. Consulté 13 décembre 2015, à l'adresse <http://www.eaufrance.fr/comprendre/la-politique-publique-de-l-eau/la-directive-cadre-sur-l-eau>
- Regroupements des Organismes de Bassins Versants du Québec (ROBVQ). "Le projet". Portail Répertoire. En ligne : <http://reperteau.info/apropos/projet>
- Roy, Nadine (2015). Diffusion de la cartographie hydrogéologique : La diffusion des résultats du PACES ou comment rendre des données accessibles aux clientèles externes. Conférence présentée à la DSEE lundi le 30 novembre 2015. Québec.
- Statistique Canada. (2012, février 8). Profil du recensement, Recensement de 2011, produit no 98-316-XWF au catalogue de Statistique Canada. Ottawa. Diffusé le 24 octobre 2012.
- Statistique Canada. (2002). Profils des communautés de 2001. Diffusé le 27 juin 2002. Date de modification : 2005-11-30. No. 93F0053XIF au catalogue de Statistique Canada.
- Talbot Poulin, M.C., Comeau, G., Tremblay, Y., Therrien, R., Nadeau, M. M., Lemieux, J.M., Molson, J., Fortier, R., Therrien, P., Lamarche, L., Donati-Daoust, F., Bérubé, S. (2013). Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec, Rapport final. Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, mars 2013, 172 pages, 19 annexes, 28 cartes.
- Trabelsi, R., Zaïri, M., Smida, H., & Ben Dhia, H. (2005). Salinisation des nappes côtières : cas de la nappe nord du Sahel de Sfax, Tunisie. *Comptes Rendus Geoscience*, 337 (5), 515-524. <http://doi.org/10.1016/j.crte.2005.01.010>
- Tremblay, Y., Ruiz, J. et Talbot Poulin, M.C. (2014). 1er atelier de transfert des connaissances sur les eaux souterraines de la Communauté métropolitaine de Québec, cahier du participant. Document préparé par le RQES, l'Université Laval, la CMQ et l'UQTR pour les acteurs de l'aménagement du territoire.
- Union Européenne, Commission Européenne & Direction Générale de l'Environnement. (2008). Protection des eaux souterraines en Europe : la nouvelle directive sur les eaux souterraines : une consolidation du cadre réglementaire de l'UE. Luxembourg : EUR-OP.
- Vrba, J., Aldwell, C. R., Alfoldi, L., Andersen, L. J., Hahn, J., Kaden, S.,... van Waegeningh, H. G. (1991). *Integrated Land-Use Planning and Groundwater Protection in Rural Areas : A Comparative Study of Planning and Management Methodologies* (No. IHP-III Project 10.6). Paris : UNESCO.
- Zektser, I. S., Everett, L. G. & International Hydrological Programme. (2004). *Groundwater resources of the world and their use*. Paris : UNESCO



UNIVERSITÉ
LAVAL

**Faculté d'aménagement,
d'architecture, d'art et de design**
École supérieure d'aménagement du territoire
et de développement régional