

Rapport de recherche

PROGRAMME ACTIONS CONCERTÉES

Stratégies de valorisation de l'information hydrogéologique pour supporter les décisions locales en aménagement du territoire

Chercheur principal
Manuel Rodriguez, U. Laval

Co-chercheur(s)
Christian Bouchard, U. Laval
Christiane Gagnon, U. du Québec à Chicoutimi
Markus Herrmann, U. Laval
Florent Joerin, U. Laval
Stéphane Roche, U. Laval
Alain Rouleau, U. du Québec à Chicoutimi
Julie Ruiz, U. du Québec à Trois-Rivières

Collaborateurs
Alexandre Bonton, U. Laval
Myriam Guimond, U. du Québec à Chicoutimi
Roxane Lavoie, U. Laval
Jessie Pelchat, U. du Québec à Trois-Rivières

Établissement gestionnaire de la subvention
U. Laval

Numéro du projet de recherche
2010-DD-137126

Titre de l'Action concertée
Aménagement du territoire et la gestion durable de la ressource eau souterraine

Partenaire(s) de l'Action concertée
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
et le Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQSC)

« Le Fonds s'engage à diffuser publiquement le contenu des Rapports de recherche produits dans le cadre des Actions concertées. Toutefois, le contenu des rapports n'engage que ses auteurs ».

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	5
2. PARTIE 1 : Apport de l'information hydrogéologique dans l'arrimage des stratégies de protection et de gestion de l'eau souterraine	7
3. PARTIE 2 : évaluer les modes d'appropriation de l'information hydrogéologique par les gestionnaires locaux (volet 2) / développement d'outils pour améliorer le processus décisionnel en regard des eaux souterraines (volet 3).....	17
4. PARTIE 3 : Élaboration et évaluation de scénarios d'aménagement agronomique pour la protection des eaux souterraines en milieu agricole (volet 4).....	29
5. Retombées des résultats du projet pour les politiques publiques.....	39

RAPPORT SCIENTIFIQUE

IDENTIFICATION

Chercheurs et co-chercheurs

Manuel RODRIGUEZ, U. Laval (chercheur responsable)

Christian BOUCHARD, U. Laval (co-chercheur)

Christiane GAGNON, UQAC (co-chercheure)

Markus HERRMANN, U. Laval (co-chercheur)

Florent JOERIN, U. Laval (co-chercheur)

Stéphane ROCHE, U. Laval (co-chercheur)

Alain ROULEAU, UQAC (co-chercheur)

Julie RUIZ, UQTR (co-chercheure)

Stéphane CAMPEAU, UQTR (collaborateur)

Étudiants-chercheurs

Alexandre BONTON (stagiaire postdoctoral), U. Laval: *volet 4/intégration*

Guillaume GAUDILLÈRE (stagiaire de 2^{ème} cycle), EPFL : *volet 3*

Myriam GUIMOND (maîtrise/professionnelle), UQAC: *volet 4*

Louis-Alexandre JACQUES (maîtrise), U. Laval : *volet 2*

Katherine LABRECQUE (stagiaire de 1^{er} cycle), U. Laval : *volet 2*

Roxane LAVOIE (doctorat), U. Laval : *volets 2 et 3*

Eric LESAGE (stagiaire de 1^{er} cycle), UQTR : *volet 4*

Gilles KOUMOU (stagiaire de 3^e cycle), U. Laval : *volet 4*

Marc-Ader NANKAM (maîtrise), U. Laval : *volet 4*

Jessie PELCHAT (maîtrise), UQTR : *volet 1*

Partenaires du milieu

Ministère du Développement Durable, de l'environnement, de la faune et des Parcs (MDDEFP)

Bassin versant de la Rivière Châteauguay (SCABRIC)

Bassin versant de la Rivière Chaudière (COBARIC)

Fédération québécoise des municipalités (FQM)

Union des municipalités du Québec (UMQ)

Ministère des Affaires Municipales, des Régions et de l'Occupation du Territoire (MAMROT)

Association des aménagistes régionaux du Québec (AARQ)

Communauté Métropolitaine de Québec (CMQ)

Municipalité de Pont-Rouge (région de Portneuf)

Réseau stratégique FQRSC Villes-Régions-Monde (VRM)

OBV de la Jacques-Cartier (CBJC)

OBV de la Yamaska

MRC de Portneuf et autres MRC

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)

Établissement gestionnaire de la subvention

Université Laval

Titre du projet de recherche

Stratégies de valorisation de l'information hydrogéologique pour supporter les décisions locales en aménagement du territoire

Numéro du projet de recherche

N° 137126

Titre de l'action concertée FRQSC:

Action concertée portant sur l'Aménagement du territoire et la gestion durable de la ressource eau souterraine

Partenaires de l'action concertée : Ministère du développement durable, de l'environnement, de la faune et des parcs (MDDEFP)

1. INTRODUCTION

L'objectif du projet consiste à développer des stratégies pour la mise en valeur de l'information sur les eaux souterraines afin de faciliter les prises de décision locale en aménagement du territoire. Les objectifs spécifiques du projet sont: 1) de comprendre les formes et les niveaux d'utilisation de l'information relative aux eaux souterraines par les responsables de l'aménagement du territoire (volets 1 et 2); 2) de proposer des moyens pour améliorer l'appropriation et l'intégration de cette information (volet 3); et 3) de tester, par le biais d'études de cas, l'utilité de l'information sur les eaux souterraines pour les prises de décisions en planification du territoire de même que le degré de compréhension des phénomènes hydrogéologiques en cause pouvant être atteint par l'ensemble des intervenants (volets 3 et 4).

Pour atteindre ces objectifs, le projet est composé des quatre volets complémentaires suivants :

Volet 1 : Évaluation de l'apport de l'information hydrogéologique dans l'arrimage des stratégies de protection et de gestion de la ressource eau souterraine

Volet 2: Évaluation des modes d'appropriation de l'information hydrogéologique par les gestionnaires locaux et identification de contraintes associées à cette appropriation

Volet 3 : Développement d'un outil d'aide à la décision pour améliorer la prise en compte de l'eau souterraine dans les processus décisionnels en aménagement du territoire

Volet 4 : Élaboration et évaluation de scénarios d'aménagement agricole pour la protection des eaux souterraines en milieu agricole

Les volets sont présentés dans la section suivante et sont développés dans quatre territoires différents: le bassin versant de la rivière Chaudière, le bassin versant de la rivière Châteauguay, le bassin versant de la rivière aux Pommes (MRC de Portneuf), et l'État du New-Hampshire.

(volet 1) Jessie Pelchat, Stéphane Campeau, Julie Ruiz

Partie 1-A : contexte de la recherche

Afin de protéger la ressource en eau souterraine, les acteurs québécois de l'aménagement du territoire disposent de nombreux outils, programmes et politiques relativement similaires à ceux des autres pays industrialisés (ex. : schéma d'aménagement, règlements de zonage). Toutefois, ces outils semblent encore peu utilisés pour protéger la ressource et ils relèvent d'une multiplicité d'acteurs. On peut par exemple constater que les municipalités locales ont une capacité limitée pour protéger l'eau souterraine (Tableau 1).

Une information hydrogéologique complète pourrait bien faciliter à la fois l'application de chaque outil d'aménagement, mais aussi leur mise en cohérence entre les acteurs. Dans ce contexte, ce volet poursuit deux objectifs: (1) identifier la portée, telles que perçue par les acteurs, des outils d'aménagement qui sont aptes à assurer la protection de la ressource; (2) cerner dans quelle mesure l'information hydrogéologique produite actuellement dans les programmes PACES permettrait d'améliorer la définition et la mise en cohérence des stratégies de protection de la ressource en eau souterraine développées par les acteurs de l'aménagement.

Tableau 1 : Capacités des municipalités locales à assurer la protection de l'eau souterraine

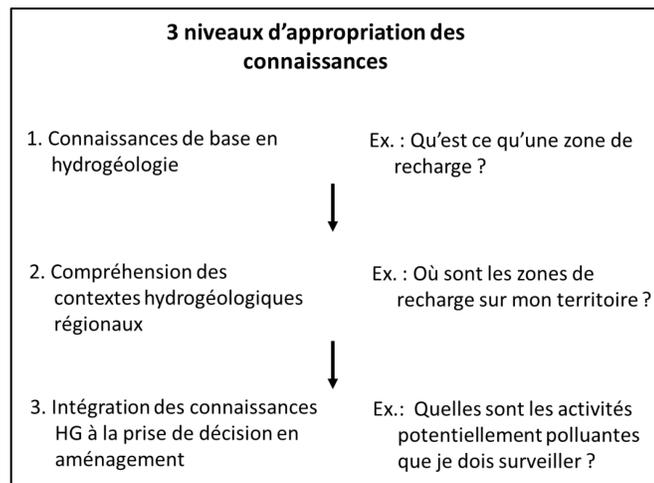
Financière	Politique	Institutionnelle	Technique	Social
<ul style="list-style-type: none"> • Manque de ressources pour l'élaboration et la mise en œuvre des stratégies, par exemple: • Embauche de personnel qualifié; • Acquisition des données; • Surveillance et suivi; • etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Multiplicité des acteurs; • Intérêts divergents des acteurs; • Difficile de valoriser des mesures contraignantes pour les élus locaux; • Manque de leadership des élus; • Manque partenariat (verticaux et horizontaux) avec les autres paliers gouvernementaux et organismes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limité par les ressources humaines disponibles (personnel hautement spécialisé) • Acquisition et traitement des données • Appropriation des données par les intervenants en aménagement du territoire 	<ul style="list-style-type: none"> • Limité par les ressources humaines disponibles (personnel hautement spécialisé) • Acquisition et traitement des données • Appropriation des données par les intervenants en aménagement du territoire 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilisation du public • Mobilisation et implication citoyenne

Partie 1-B : pistes de solution, retombées et implications

Au terme de ce volet, trois principales recommandations peuvent être retenues. Elles s'adressent particulièrement aux ministères de l'environnement et à celui des affaires municipales afin qu'ils puissent accompagner les intervenants en aménagement dans la mise en place de stratégies de protection durable de l'eau souterraine. Tout d'abord, compte tenu de la diversité du niveau de connaissance des outils d'aménagements par les intervenants et du caractère parfois nouveau de cet enjeu de protection de l'eau souterraine, il apparaît nécessaire de montrer aux intervenants comment les différents outils d'aménagement peuvent servir pour protéger l'eau souterraine et de quelle manière ils peuvent être complémentaires (ex.: application des règlements d'urbanisme à caractère discrétionnaire). Ensuite, la sensibilisation des élus est également primordiale afin d'assurer une protection durable de l'eau souterraine. Enfin, pour assurer une pleine intégration des connaissances sur les eaux souterraines acquises dans

les programmes PACES et compte tenu de leur complexité, une stratégie de transfert des connaissances devra impérativement être mise sur pied. Au sein de cette stratégie, il sera primordial: (1) que les acteurs de l'aménagement puissent avoir accès à une personne ressource au niveau régional, désignée par le milieu régional, pour les aider à interpréter les données et à en comprendre les limites (informations régionales et non locales); (2) que des formations continues soient développées dans l'objectif de transmettre les connaissances de base sur les eaux souterraines, celles qui concernent les contextes hydrogéologiques régionaux, mais aussi que ces formations incluent des exercices de mise en application en aménagement du territoire (ex. : quelles informations utiliser et que veulent-elles dire si je dois implanter un nouveau puits d'alimentation sur ma municipalité?) (Tableau 2).

Tableau 2. Niveaux d'appropriation des connaissances pour le transfert



Partie 1-C : méthodologie

Compte tenu du peu d'études québécoises sur l'objet de la recherche, une approche qualitative a été utilisée pour faire émerger la diversité des situations.

Cette approche permet d'examiner en profondeur l'objet de la recherche et sa complexité. Afin d'atteindre l'objectif 1, après une pré-analyse des outils législatifs, des programmes et des politiques relatifs à la gestion de l'eau souterraine et à l'aménagement, des entretiens semi-directifs téléphoniques ont été réalisés avec 28 intervenants occupants des postes décisionnels à chacun des paliers (provincial, régional, municipal), et ce, dans neuf régions du Québec. Une analyse thématique et interprétative des données a permis de mettre en évidence la perception des intervenants relativement aux enjeux de protection de l'eau souterraine, aux outils dont ils disposent pour en assurer la protection, et aux freins qu'ils rencontrent pour leur mise en œuvre. Afin d'atteindre l'objectif 2, une méthodologie originale, celle de l'exercice de mise en situation participatif, a été développée (Figure 1).

Cet exercice a été soumis à trois groupes d'intervenants agissant à différents paliers dans trois régions (Abitibi, Lac-Saint-Jean, Mauricie); au total 22 participants ont effectué l'exercice. Au cours de cet exercice, les intervenants devaient décider où implanter un futur puits d'alimentation en eau potable sur un territoire fictif et comment protéger l'eau souterraine. Ils disposaient tout d'abord des informations hydrogéologiques actuelles, puis des informations régionales produites dans les programmes PACES.

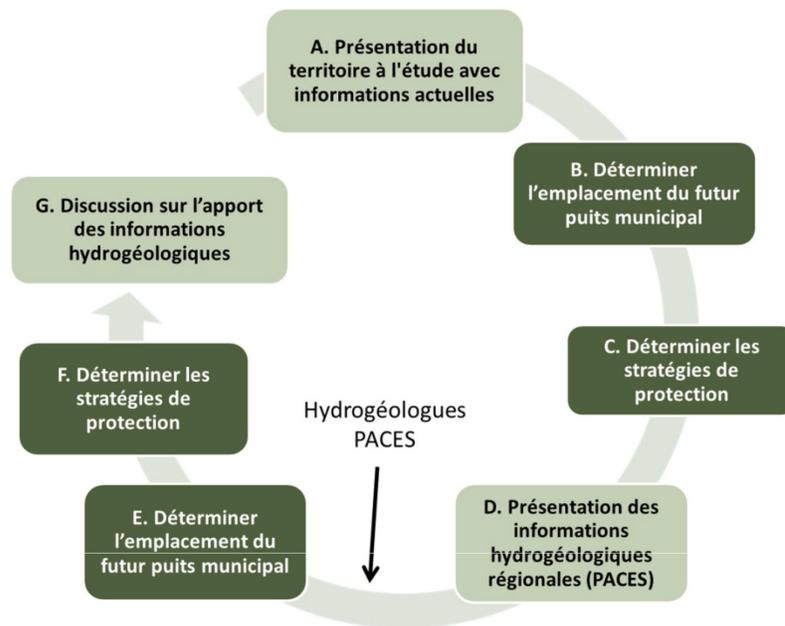


Figure 1. Étapes de l'exercice participatif de mise en situation fictive

L'analyse des données (voir Figure 2 et Figure 3 pour les résultats) a permis d'identifier les difficultés d'appropriation des informations hydrogéologiques des programmes PACES ainsi que leurs incidences potentielles sur les futures stratégies de protection de l'eau souterraine.

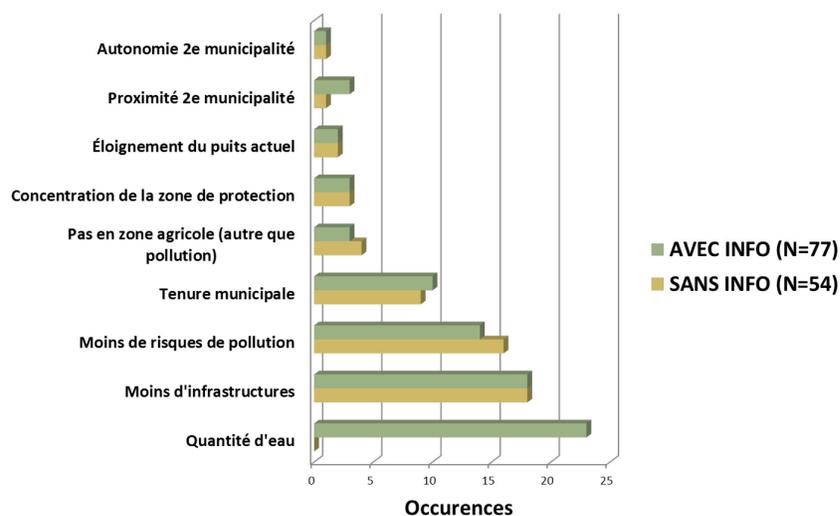


Figure 2. Critères ayant guidé le choix du terrain pour le puits

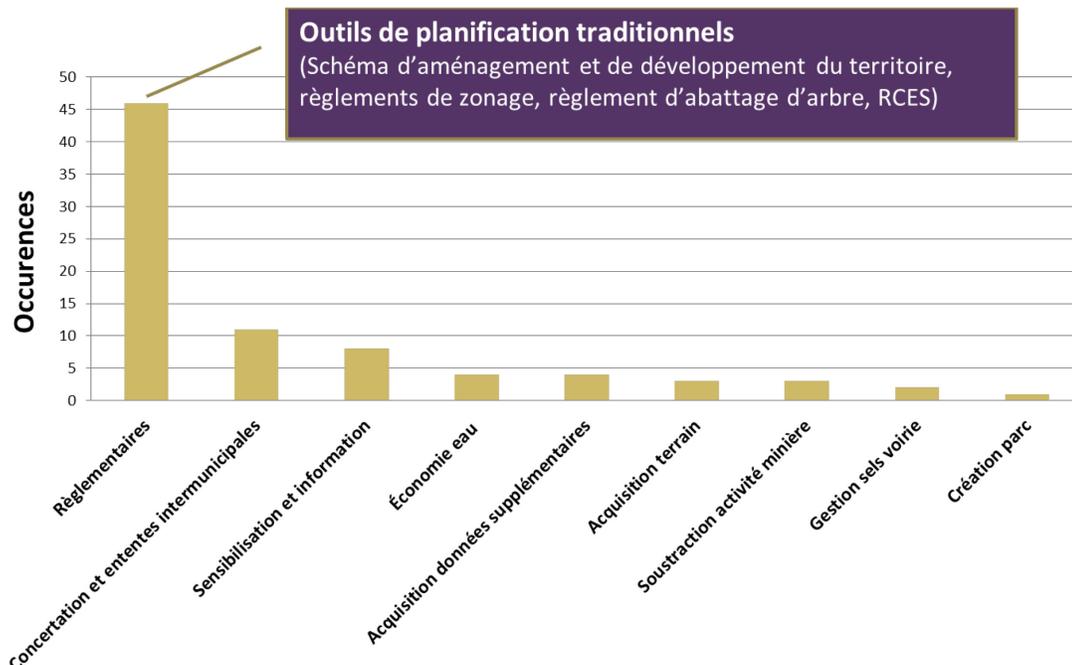


Figure 1. Les stratégies de protection privilégiées

Partie 1-D : résultats

Il apparaît clairement que les outils d'aménagement pour protéger les eaux souterraines existent au Québec. C'est actuellement la connaissance de ces outils et leur mise en application qui est problématique, ainsi que le fait que si les enjeux de protection des eaux souterraines sont connus, ils ne constituent pas un dossier prioritaire pour la majorité des intervenants (Figure 4). Ces derniers ont aussi relevé plusieurs limites propres aux outils réglementaires actuels (ex.: ils permettent de planifier pour les activités à venir, mais pas de modifier les activités polluantes existantes). En outre, la mise en application des outils réglementaires est freinée par le manque de personnel qualifié (pour comprendre l'enjeu de protection des eaux souterraines, faire appliquer les règlements,

sensibiliser les élus). Sur ce plan, une meilleure information hydrogéologique (programmes PACES) permettra surtout de mieux sensibiliser les élus et de faciliter l'adoption des outils réglementaires de protection, mais ce, seulement si les intervenants pourront les comprendre. Or, le niveau de connaissances en hydrogéologie est très diversifié parmi les acteurs, et les informations hydrogéologiques des programmes PACES sont complexes pour la très grande majorité des intervenants. Enfin, l'arrimage des outils de gestion et de protection de chacun des acteurs apparaît difficile, et ce, notamment car une confusion demeure quant aux responsabilités et rôles de chacun.

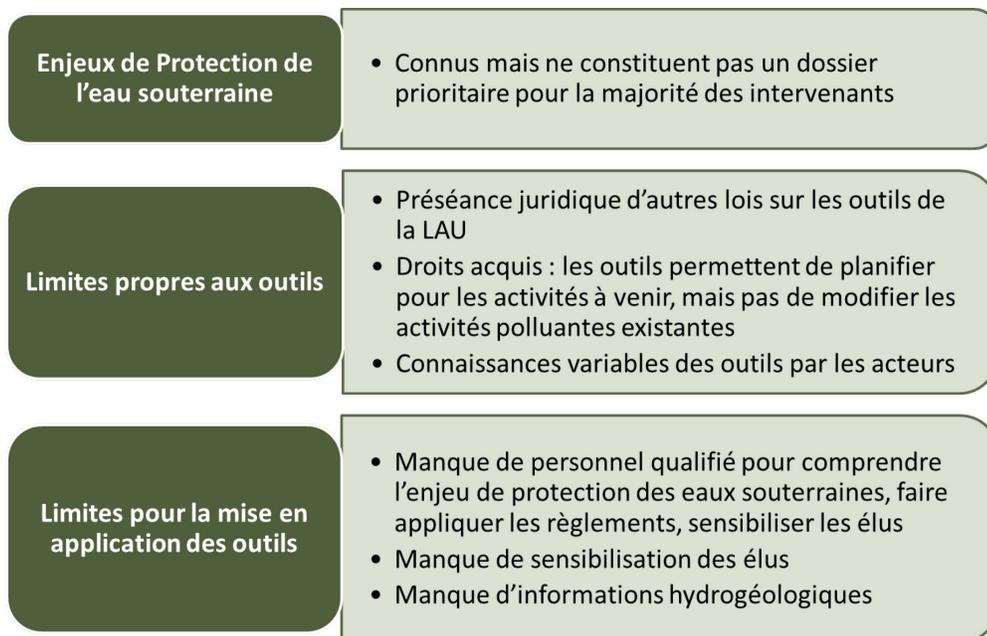


Figure 2. Principaux résultats des entrevues semi-dirigées: obstacles à l'utilisation des données hydrogéologiques

Compte tenu des objectifs poursuivis, les résultats de ce volet de la recherche portent sur trois aspects soit, les limites des outils d'aménagement et les freins à leur mise en application, l'apport spécifique des informations hydrogéologiques

dans la mise en application des outils d'aménagement et enfin, le défi de l'arrimage des stratégies de PGES entre les acteurs d'un même territoire (Tableau 3).

Tableau 3. Synthèse des principaux résultats de ce volet

Outils d'aménagement	<ul style="list-style-type: none"> • Les outils d'aménagement pour protéger les eaux souterraines existent et sont variés • Les outils réglementaires sont les plus utilisés pour la PGES • Chaque outil a des limites qui tiennent à sa portée intrinsèque (préséance d'autres lois, droits acquis, caractère non réglementaire de certains outils) • Les limites pour la mise en application des outils d'aménagement sont avant tout d'ordre technique, institutionnel et politique • Le niveau de connaissance des outils d'aménagement entre les acteurs d'un même palier décisionnel et entre les paliers décisionnels est diversifié • La protection et la gestion de l'eau souterraine n'est pas prioritaire pour la majorité des acteurs
Informations hydrogéologiques	<ul style="list-style-type: none"> • Les acteurs de l'aménagement ont beaucoup d'attentes face aux connaissances hydrogéologiques des programmes PACES : surmonter les limites pour la mise en application des outils d'aménagements • Les informations hydrogéologiques régionales issues des programmes PACES sont nouvelles et nombreuses, elles font appel à des notions complexes et il est difficile pour les acteurs de l'aménagement de se les approprier • Il est attendu que si les acteurs de l'aménagement sont capables de s'approprier des données hydrogéologiques, elles seront intégrées dans leur processus de prise de décision
Arrimage des stratégies de PGES entre acteurs	<ul style="list-style-type: none"> • Les acteurs qui sont susceptibles d'avoir un rôle à jouer dans la PGES sont nombreux et possèdent des outils diversifiés et complémentaires • Les rôles et les responsabilités de chacun de ces acteurs sont confus pour plusieurs • La diversité d'outils génère un chevauchement des objectifs dans la PGES • Dans une culture d'aménagement encore « sectorielle », la multiplicité d'acteur fait en sorte que les intérêts dans la PGES peuvent être divergents et qu'il y a un manque de coordination entre acteurs • Connaissances PACES vont faire émerger le besoin de stratégies d'aménagement concertées (ex. : protection des zones de recharge)

Au plan théorique, cette recherche a permis de valider la portée du cadre analytique des capacités des communautés locales à gérer et protéger l'eau souterraine (DE LOE et al. 2002) et, plus encore, de mieux comprendre le jeu des

interactions entre les capacités (techniques, financières, institutionnelles, sociales et politiques) qui influencent la portée des stratégies de protection des eaux souterraines. Au plan méthodologique, une méthodologie de recherche originale (exercice de mise en situation participatif), adaptée à la recherche en aménagement, a été développée.

Partie 1-E : pistes de recherche

Ce volet de la recherche a permis d'identifier les freins rencontrés par les intervenants pour la mise en œuvre des outils de protection de l'eau souterraine, ainsi que la portée potentielle des futures informations hydrogéologiques des programmes PACES. Toutefois, une question demeure: de quelle manière pourra-t-on arrimer et accentuer la mise en cohérence des outils d'aménagement développés par les différents acteurs au sein d'une stratégie concertée de protection de l'eau souterraine (ex.: une stratégie de protection d'une zone de recharge qui dépasse les limites administratives et celles des bassins versants) ? Cette question renvoie notamment à l'enjeu du mode de gouvernance à mettre en place pour gérer les eaux souterraines à une échelle régionale; un enjeu important en aménagement du territoire dans un contexte où les acteurs sont déjà nombreux. Nos résultats laissent présager de la nécessité d'opter pour des modes de gouvernance multiples et adaptés aux dynamiques régionales des acteurs, plutôt que pour un mode de gouvernance unique à l'échelle du Québec. À titre d'exemple, dans certaines régions, un organisme de gestion des eaux souterraines (ex.: SESAT en Abitibi) existe déjà pour créer un espace de collaboration entre les acteurs, alors que dans d'autres régions, la MRC apparaît

clairement comme l'organisme ayant la crédibilité de mettre en œuvre une stratégie concertée.

Partie 1-F : références et bibliographie

BOULANGER, M. 2004. Les politiques de protection de l'eau souterraine dans quatre municipalités, *Recherches sociographiques*, 45(3), 18.

CARTER, N., KREUTZWISER, R. D. et DE LOË, R. C. 2005. Closing the circle: linking land use planning and water management at the local level, *Land Use Policy*, 22(2): 115-127.

DE LOE, R. C., DI GIANTOMASSO, S. E. et KREUTZWISER, R. D., 2002. Local Capacity for Groundwater Protection in Ontario, *Environmental Management*, 29(2): 217-233.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1998. Guidance on Implementing the Capacity Development Provisions of the Safe Drinking Water Act Amendments of 1996. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC, URL : <http://www.epa.gov/ogwdw/smallsystems/pdfs/guidfin.pdf>, Consulté le 13 février 2013

IVEY, J. L., DE LOË, R. C. et KREUTZWISER, R. D, 2002. Groundwater management by watershed agencies: an evaluation of the capacity of Ontario's conservation authorities, *Journal of Environmental Management*, 64(3): 311-331.

TIMMER, D. K., DE LOË, R. C. et KREUTZWISER, R. D. 2007. Source water protection in the Annapolis Valley, Nova Scotia: Lessons for building local capacity, *Land Use Policy*, 24(1): 187-198.

3. PARTIE 2 : évaluer les modes d’appropriation de l’information hydrogéologique par les gestionnaires locaux (volet 2) / développement d’outils pour améliorer le processus décisionnel en regard des eaux souterraines (volet 3) Roxane Lavoie, Manuel Rodriguez, Florent Joerin, Stéphane Roche

Partie 2-A : contexte de la recherche

L’eau souterraine approvisionne environ 20% de la population du Québec. Mais il s’agit de la source d’eau potable de la majorité des municipalités québécoises. En effet, l’eau souterraine est, en général, de bonne qualité naturelle. Le traitement de cette eau est donc moins coûteux et elle constitue ainsi une réserve d’eau potable de choix pour les petites municipalités, qui n’ont pas toujours les moyens d’aménager des équipements de traitement de l’eau. Le Programme d’acquisition des connaissances sur l’eau souterraine (PACES) vise à cartographier l’ensemble des aquifères du Québec municipalisé, afin de mieux les connaître pour favoriser leur protection. Les données disponibles suite à ces projets pourraient être d’une grande valeur pour l’aménagement du territoire, notamment pour diriger le développement dans les secteurs où la quantité d’eau semble suffisante ou pour restreindre les activités potentiellement polluantes aux endroits où l’eau souterraine est vulnérable. Or, des atlas produits lors de projets pilotes

d'acquisition des connaissances n'ont pas été vraiment utilisés pour la prise de décision aménagement du territoire.

Ce projet de recherche vise donc à favoriser l'intégration de l'eau souterraine en aménagement du territoire. Il est réalisé en trois sous-objectifs :

1. Documenter l'utilisation des informations sur l'eau souterraine en aménagement du territoire.
2. Identifier les obstacles à la prise en compte de l'eau souterraine par les intervenants en aménagement du territoire.
3. Proposer une stratégie visant à favoriser l'intégration de l'eau souterraine en aménagement du territoire.
 - a. Développer un outil informatique géo-décisionnel pour faciliter la prise en compte de l'eau souterraine en aménagement du territoire.

Partie 2-B : pistes de solution, retombées et implications

Les résultats de ce projet de recherche s'adressent principalement aux gestionnaires du territoire, en particulier aux aménagistes. Certaines des recommandations s'adressent également au gouvernement provincial. Grâce aux résultats de ce projet et au prototype d'outil informatique élaboré (Figure 5), les intervenants en aménagement du territoire peuvent identifier les secteurs où l'eau souterraine est présentement menacée et gérer les utilisations du territoire en conséquence. Ils peuvent également prévoir l'impact potentiel d'un changement des utilisations du territoire sur l'eau souterraine. Il sera donc possible de prendre en compte la protection de l'eau souterraine lors de l'élaboration du schéma d'aménagement et de développement (SAD), par

exemple en délimitant des secteurs où certaines formes d'utilisation du sol ne sont pas autorisées en fonction du risque potentiel qu'elles posent à l'eau souterraine. Le prototype d'outil permet également aux intervenants de mieux comprendre les enjeux liés à l'eau souterraine. Il est aussi possible de produire des éléments visuels, tels que des cartes, pour permettre aux intervenants en aménagement du territoire d'argumenter avec les élus, la population ou des promoteurs par rapport aux risques liés à l'eau souterraine. D'autres recommandations sont plutôt dirigées vers les acteurs du gouvernement provincial. En effet, il faut en premier lieu sensibiliser la population aux enjeux associés à l'eau souterraine et aux conséquences potentielles d'une contamination de cette ressource. De plus, des politiques qui encouragent et encadrent la prise en compte de l'eau souterraine dans la planification territoriale sont nécessaires. Finalement, la formation des intervenants en aménagement du territoire devrait considérer l'eau souterraine et les impacts des utilisations du sol sur cette ressource. Cette recommandation vise autant les établissements de formation que les associations professionnelles offrant de la formation.

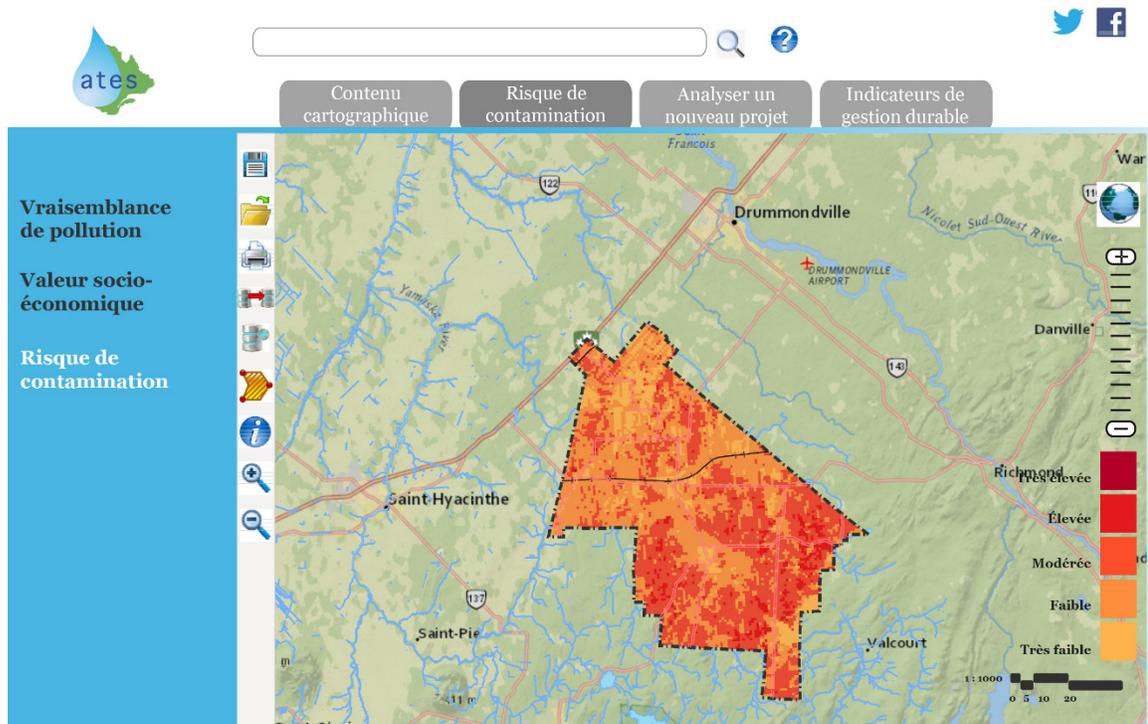


Figure 3. Outil géo-informatique pour évaluer le risque de contamination de l'eau souterraine. Ici illustré avec une carte du risque actuel de contamination de l'eau souterraine dans la MRC d'Acton

Partie 2-C : méthodologie

La méthodologie de ce projet de recherche comporte quatre grandes étapes qui permettent de rencontrer les objectifs secondaires énumérés précédemment. D'abord, une enquête par courriel a été menée auprès des ministères de l'environnement de chaque province canadienne et auprès des bureaux de l'United States Geological Survey (USGS) de chaque état des États-Unis. Cette enquête visait à dresser le portrait de la disponibilité des informations sur l'eau souterraine en Amérique du Nord et à répertorier les différentes méthodes possibles d'intégration de ces données dans la planification territoriale. En deuxième lieu, le cas d'un État des États-Unis, le New Hampshire, a été étudié afin de comprendre les facteurs qui ont poussé les aménagistes à intégrer les

données et les outils mis à leur disposition à des fins de protection de l'eau souterraine. Une revue exhaustive du cadre législatif associé à l'aménagement du territoire au New Hampshire a été réalisée; une enquête a été conduite auprès des aménagistes de cet État; et finalement, des visites de terrain en vue d'entrevues avec des intervenants sélectionnés. Ce protocole méthodologique a été réalisé avec la collaboration étroite du *New Hampshire Department of Environmental Services*. Ensuite, des entretiens semi-dirigés ont eu lieu dans deux régions du Québec, auprès de 21 intervenants en aménagement du territoire, afin de mieux connaître l'état de la question au Québec. Les entretiens ont notamment permis de cerner les besoins et les intérêts des intervenants par rapport à l'eau souterraine. Les principaux obstacles à la prise en compte de l'eau souterraine en aménagement du territoire ont également émergé de ces entretiens. La stratégie recommandée pour favoriser l'intégration de l'eau souterraine dans la planification territoriale découle fortement du résultat de ces entrevues. Finalement, le prototype d'outil informatique a été développé. Cet outil comprend plusieurs types d'analyses multicritère, réalisées à l'aide de la méthode MacBETH. Selon les analyses, les paramètres de la méthode ont été définis lors de rencontres avec des hydrogéologues, des aménagistes, des spécialistes de la production de l'eau et des spécialistes en génie des eaux. Les participants aux rencontres ont été sélectionnés de façon à représenter le milieu municipal, le gouvernement provincial, les consultants privés et le milieu académique. Chaque étape de la méthodologie du calcul du risque (Figure 6) de contamination de l'eau souterraine a ainsi été approuvée par au moins un spécialiste pertinent.

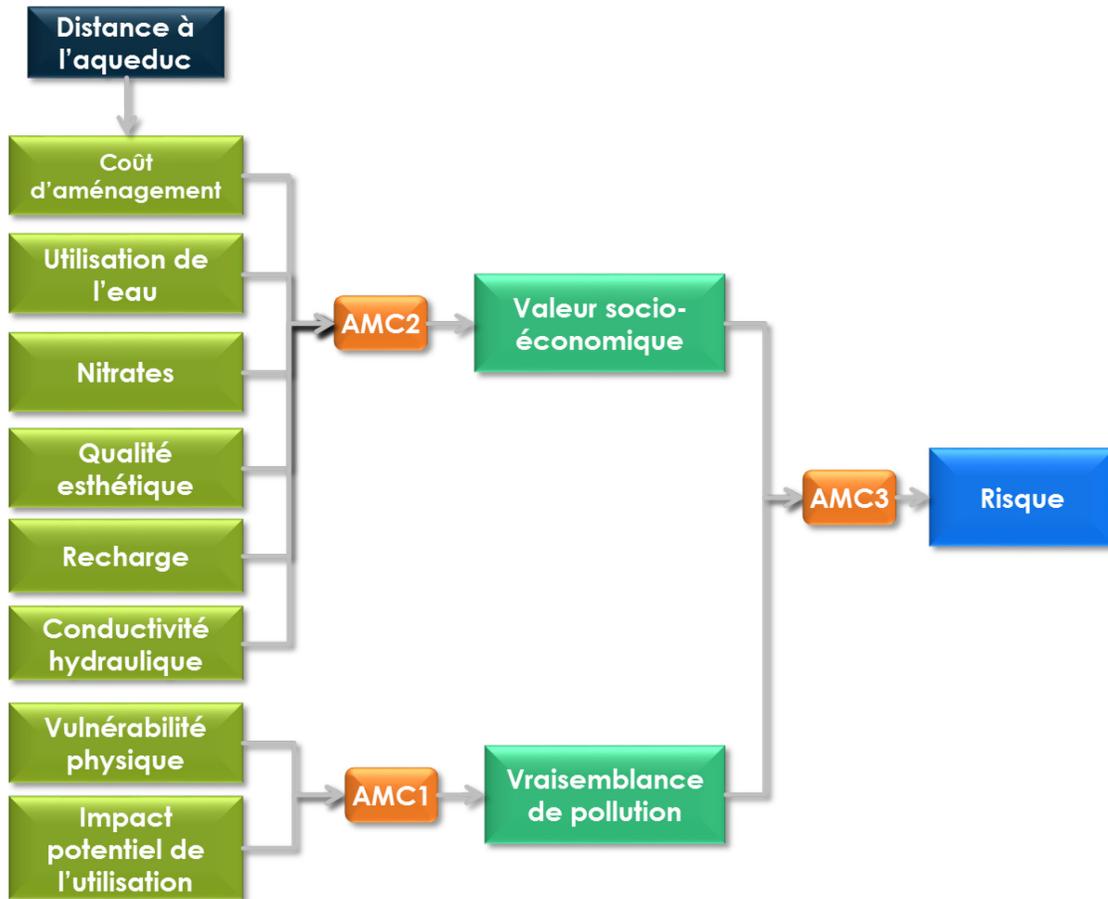


Figure 4. Modèle d'évaluation du risque de contamination de l'eau souterraine. Les boîtes de couleur orange signifient qu'une analyse multicritère à l'aide de MACBETH a été utilisée pour agréger les données.

Partie 2-D : résultats

L'enquête en Amérique du Nord a permis de constater que de l'information sur l'eau souterraine est disponible partout, mais que son utilisation en aménagement du territoire est souvent difficile. Des méthodes, telles que des guides, des classifications d'aquifères ou des formations ont été développées afin de pallier à cette difficulté. L'étude de cas au New-Hampshire a montré que les facteurs qui expliquent que les aménagistes de cet État utilisent l'information sur l'eau souterraine sont associés à la sensibilité face à la problématique de l'eau

souterraine, à leur connaissance relative aux données sur l'eau souterraine et aux outils réglementaires de protection de la ressource utilisés par l'État et à l'existence d'un règlement municipal de protection de l'eau souterraine. Les résultats montrent aussi que la disponibilité des données, la facilité d'accès et la capacité des intervenants municipaux à les manipuler sont des éléments clés pour leur valorisation dans les processus d'aménagement du territoire et de protection des ressources en eau souterraine. De manière générale, ces résultats démontrent donc la pertinence du programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines présentement en cours au Québec. Les entretiens réalisés au Québec ont mis en lumière les obstacles à la prise en compte de l'eau souterraine en aménagement du territoire: manque de sensibilisation par rapport à la vulnérabilité de l'eau souterraine et aux conséquences d'une contamination; manque de connaissances des intervenants par rapport à l'eau souterraine; mauvaise diffusion des données sur l'eau souterraine; manque de vulgarisation des données disponibles; manque de mécanismes clairs pour la prise en compte de l'eau souterraine; difficulté de convaincre les élus de l'importance de la protection de la ressource. Pour surmonter ces obstacles, plusieurs actions sont nécessaires (Figure 7): une campagne de sensibilisation de toute la population par rapport à l'eau souterraine, un outil législatif énonçant clairement qui doit protéger l'eau souterraine et comment, des formations sur l'eau souterraine pour les intervenants en aménagement du territoire et des outils permettant d'interpréter les données pour la planification territoriale. Afin de faciliter l'interprétation des données, un prototype d'outil informatique géo-décisionnel a été développé (Figure 5). Il permet de réaliser des cartes du risque potentiel de

contamination de l'eau souterraine. Il tient compte de la vulnérabilité de l'eau souterraine, du potentiel de contamination des utilisations du sol et de la valeur socio-économique de l'eau souterraine (Figure 6). Ce prototype d'outil en ligne peut être utilisé par les intervenants en aménagement du territoire pour identifier les zones où l'eau est présentement menacée ou analyser le risque d'un nouveau projet. Il peut ainsi servir lors de l'élaboration d'un schéma d'aménagement et développement (SAD) pour protéger des secteurs ou lors de l'implantation d'une nouvelle forme utilisation du territoire.



Figure 5. Actions à mettre en œuvre pour favoriser la prise en compte de l'eau souterraine en aménagement du territoire

Partie 2-E : pistes de recherche

Ce projet a fourni des pistes importantes quant aux stratégies à favoriser pour que les informations sur les eaux souterraines puissent être utilisées dans la prise

de décision en aménagement du territoire. Dans le futur, ces stratégies permettront certainement de mieux valoriser les nouvelles données disponibles par les projets PACES. Il serait pertinent, dans le cadre d'un projet pilote mené dans une ou plusieurs régions où les PACES viennent d'être complétés, de mettre en application les recommandations issues des entretiens menés avec les aménagistes: sensibilisation, formation et disponibilité d'outils. L'outil informatique qui a été développé est un prototype, plusieurs améliorations sont donc possibles. D'abord, l'outil utilise des données qui ont été produites par l'Institut National de Recherche Scientifique dans le cadre de leur projet PACES. Certaines des données utilisées ont été pré-analysées par les chercheurs. Il serait donc pertinent que tous les projets PACES produisent de telles informations, notamment par rapport à la qualité de l'eau souterraine. Les données pourraient être plus précises, en particulier celles liées à l'utilisation de l'eau. En effet, notre connaissance de l'utilisation de l'eau est très sommaire. Par ailleurs, il serait très utile de monter une base de données qui rassemble toutes les actions possibles en aménagement du territoire pour améliorer la protection de l'eau souterraine. Les actions devraient être associées aux utilisations du sol auxquelles elles s'appliquent. Un projet d'indicateurs de gestion durable de l'eau souterraine est en cours présentement au Québec. Il serait très intéressant, dans un futur proche, de pouvoir incorporer les résultats de ce projet dans l'outil. De plus, il faudrait éventuellement intégrer l'eau de surface et la stratégie de protection des sources dans l'outil, afin d'en faire un outil de gestion intégrée de la ressource eau.

Partie 2-F : références et bibliographie

Berardinucci, J., et K. Ronneseth. « Guide to Using the BC Aquifer Classification Maps for the Protection and Management of Groundwater ». Ministry of Water, Land and Air Protection, juin 2002.

http://www.env.gov.bc.ca/wsd/plan_protect_sustain/groundwater/aquifers/reports/aquifer_maps.pdf.

Jatel, Nelson R., Deborah Curran, Doug Geller, Barbara Everdene, et Kellie Garcia. « Groundwater Bylaws Toolkit 2009. An Appendix to the Green Bylaws Toolkit ». Okanagan Basin. Water Board, 2009.

http://www.obwb.ca/fileadmin/docs/groundwater_bylaws_toolkit.pdf.

Kreye, Peter, K. Ronneseth, et M. Wei. « An Aquifer Classification System for Ground Water Management in British Columbia ». Government. *Government of British Columbia - Ministry of Environment - Water Protection & Sustainability Branch*. Consulté le 2 novembre 2012.

http://www.env.gov.bc.ca/wsd/plan_protect_sustain/groundwater/aquifers/Aq_Classification/Aq_Class.html.

New Hampshire Department of Environmental Services. « The DES Guide to Groundwater Protection. Answers to questions about groundwater protection in New Hampshire ». New Hampshire Department of Environmental Services, octobre 2008.

<http://des.nh.gov/organization/commissioner/pip/publications/wd/documents/wd-07-29.pdf>.

USGS. « Protecting Wisconsin's Groundwater Through Comprehensive Planning », 1 octobre 2007.

<http://wi.water.usgs.gov/gwcomp/index.html>.

4. PARTIE 3 : Élaboration et évaluation de scénarios d'aménagement agronomique pour la protection des eaux souterraines en milieu agricole

(volet 4) Alexandre Bonton, Christian Bouchard, Markus Herrmann, Julie Ruiz, Christiane Gagnon, Alain Rouleau, Gilles Boevi, Myriam Guimond, Manuel Rodriguez

Partie 3-A : contexte de la recherche

La gestion intégrée de l'eau constitue une approche prometteuse pour assurer la durabilité de la ressource en eau. Sa mise en application pose toutefois de nombreux défis dont celui de concilier les intérêts de nombreux acteurs et celui d'aboutir à des actions concrètes sur le terrain. Au Québec, la prise en compte des eaux souterraines est encore timide alors que l'usage agricole est prépondérant en milieu rural et qu'il est une source potentielle de contamination des aquifères. Une hypothèse de ce volet était la nécessité de développer des stratégies afin que les décideurs et gestionnaires du milieu rural puissent utiliser l'information hydrogéologique disponible dans une approche similaire à celle de la gestion de l'eau par bassin versant. Il a été évalué dans quelle mesure et de quelle façon l'information hydrogéologique pouvait être intégrée à des stratégies d'aménagement du milieu agricole. Les objectifs poursuivis étaient de développer des stratégies agronomiques de protection de l'eau souterraine, d'appliquer ces stratégies au cas d'un bassin versant, et d'évaluer leurs impacts économique, environnemental et leur acceptabilité sociale.

Partie 3-B : pistes de solution, retombées et implications

Les stratégies développées dans ce volet s'adressent à un ensemble de décideurs et de gestionnaires d'un territoire rural tels que les aménagistes, les organismes de bassin versant, les agronomes, les exploitants agricoles ainsi que les municipalités. Elles s'adressent aux acteurs qui souhaitent établir une gestion durable des aquifères en territoire agricole. Les principales conclusions de ce volet pour les décideurs sont que la gestion actuelle de l'eau par bassin versant en territoire agricole peut être améliorée en intégrant la dimension eau souterraine, en développant des modèles d'évaluation des impacts sur la qualité de l'eau souterraine, en développant des méthodes d'analyse économique de stratégies agronomiques et en développant des approches participatives de gestion de l'eau souterraine. Aussi, la définition d'objectif environnemental est primordiale pour la recherche de solutions d'aménagement, et l'ion nitrate peut jouer à ce titre le rôle d'indicateur de contamination afin d'évaluer la qualité des eaux souterraines en milieu agricole. Enfin, l'aménagement du territoire en milieu rural passe avant tout par un partenariat durable avec les exploitants agricoles. Les retombées immédiates des travaux du volet 4 sont le développement de stratégies agronomiques de protection des eaux souterraines (reboisement, réduction des apports en fertilisants, modification des types de cultures), le développement d'une méthode d'analyse coût-efficacité de scénarios d'aménagement (coût économique et coût comptable de scénarios agricoles), et l'applicabilité d'un modèle environnemental d'évaluation des apports en nitrates dans l'eau alimentant un puits municipal et une rivière. Le volet 4 se limite au territoire agricole, mais la démarche pourrait être appliquée à d'autres types de

contaminants et d'autres usages du territoire. Le modèle environnemental et la méthode d'analyse coût-efficacité sont applicables à la province de Québec et à des aquifères poreux à nappe libre. Le modèle environnemental se limite à un écoulement en régime permanent. Le modèle environnemental et la méthode d'analyse économique devraient être testés dans une démarche d'élaboration de scénarios participatifs comme l'a montrée l'évaluation de l'acceptabilité sociale des scénarios d'expert. Les messages clés sont d'intégrer une stratégie de protection de l'eau souterraine dans la gestion de l'eau par bassin versant, d'autant plus que la qualité des eaux souterraines a un impact potentiel sur la qualité des eaux de surface (auditoire : OBV), d'améliorer et de préciser la concertation entre les différents acteurs du territoire (auditoire : municipalités), d'améliorer les pratiques culturelles en termes de fertilisation et de rotations de cultures (auditoire : exploitants agricoles, agronomes), de développer et de mettre en œuvre des outils et des approches participatives de protection de l'eau souterraine (auditoire : gestionnaires).

Partie 3-C : méthodologie

L'élaboration de stratégies de protection des eaux souterraines développées dans ce projet s'inscrit dans une démarche de gestion de l'eau par bassin versant (Figure 8). Cette démarche implique trois principales étapes préalables à l'application d'un plan d'action, soit la définition du problème de contamination de la source d'eau, l'adoption d'un objectif de réduction de la contamination, et l'élaboration d'un plan d'action incluant le choix d'outils (Gangbazo, 2011). Elle devrait s'appliquer dans une approche participative et évolutive, c'est-à-dire que les acteurs de l'eau devraient être amenés à participer au processus de planification dès le début et que ce processus devrait s'adapter au cours de sa réalisation.

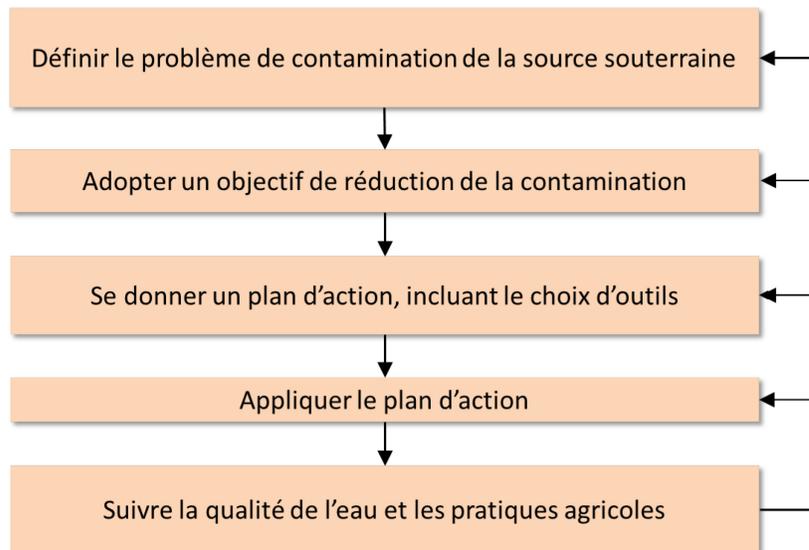


Figure 6. Approche de protection d'une source souterraine d'eau potable en milieu agricole

Néanmoins, compte tenu du temps et des moyens disponibles, une telle approche participative n'a pu être menée dans le cadre du présent projet. Une approche experte a plutôt été utilisée. Cela a consisté à élaborer et évaluer deux types de

scénarios agronomiques pour réduire la contamination de l'eau souterraine: des scénarios normatifs visant à atteindre des objectifs environnementaux donnés et des scénarios recommandés par un expert agronome. Cela a été fait dans le cas d'un bassin versant agricole où l'on pratique principalement la culture de pomme de terre et de maïs. En premier lieu, le territoire d'étude a été défini (une aire d'alimentation et un sous-bassin versant) à partir de données hydrogéologiques disponibles et de données cartographiques du bassin versant. La problématique de l'eau sur le territoire a été évaluée (Gagnon et Guimond, 2011), plus précisément en termes de contamination de l'eau souterraine et de l'eau de surface. En second lieu, la notion d'objectif environnemental a été définie. Une méthode de détermination très simple d'une valeur-cible à atteindre pour protéger un captage municipal a été développée. La difficulté de définir une telle valeur cible pour une rivière dont la qualité de l'eau est contrôlée par celle des eaux souterraines a été montrée pour le cas considéré. En troisième lieu, des stratégies agronomiques ont été développées en partenariat avec un expert agronome (Bonton et Bouchard, 2012). Un modèle environnemental a été appliqué afin d'évaluer l'impact de stratégies agronomiques sur les apports en nitrates dans l'eau souterraine. Une méthode d'analyse coût-efficacité de scénarios agronomiques a été développée. Le modèle environnemental et la méthode économique ont été appliqués à plusieurs scénarios agronomiques d'experts. Enfin, l'acceptabilité sociale d'un nombre limité de ces scénarios a été évaluée à partir d'entrevues individuelles et collectives de différents acteurs du milieu (Guimond et Gagnon, 2013). Dans ce volet, il a été privilégié de cibler l'usage agricole (car c'est le principal usage en milieu rural), d'utiliser des

méthodes simples d'évaluation des impacts (afin d'être utilisables par les décideurs) et d'axer le travail sur les nitrates (car il peut jouer entre autres le rôle d'indicateur de contamination des eaux souterraines en milieu agricole). Les données économiques sont des données provinciales, fédérales (Financière agricole du Québec; Statistique Canada) et d'experts agronomes. Les données des usages du territoire, géomorphologiques, pédologiques et hydrogéologiques sont issues de base de données sur les sols (IRDA), d'études universitaires (Bonton, 2010), de données de qualité d'eau (MDDEP, municipalité, OBV), de données agronomiques (Plan agro-environnementaux de fertilisation), de données cartographiques (Bourque et coll., 1998; Fagnan et coll., 1998). Les données sociales sont des données municipales et fédérales (Statistique Canada) et issues d'entrevues auprès des acteurs. L'échantillon de territoire (bassin versant de 100 km²) est représentatif du milieu rural québécois et regroupe six exploitants agricoles, une municipalité, et environ 200 parcelles agricoles (Figure 9). Les données ont été analysées par modélisation numérique des impacts environnementaux (lessivage de nitrates vers l'eau souterraine alimentant la rivière et un puits municipal) et économique (coûts économiques et coûts comptables). Les données d'acceptabilité sociale ont été analysées selon différents enjeux sous forme d'analyse des freins et potentiels des stratégies agronomiques, et des forces et faiblesses du territoire.

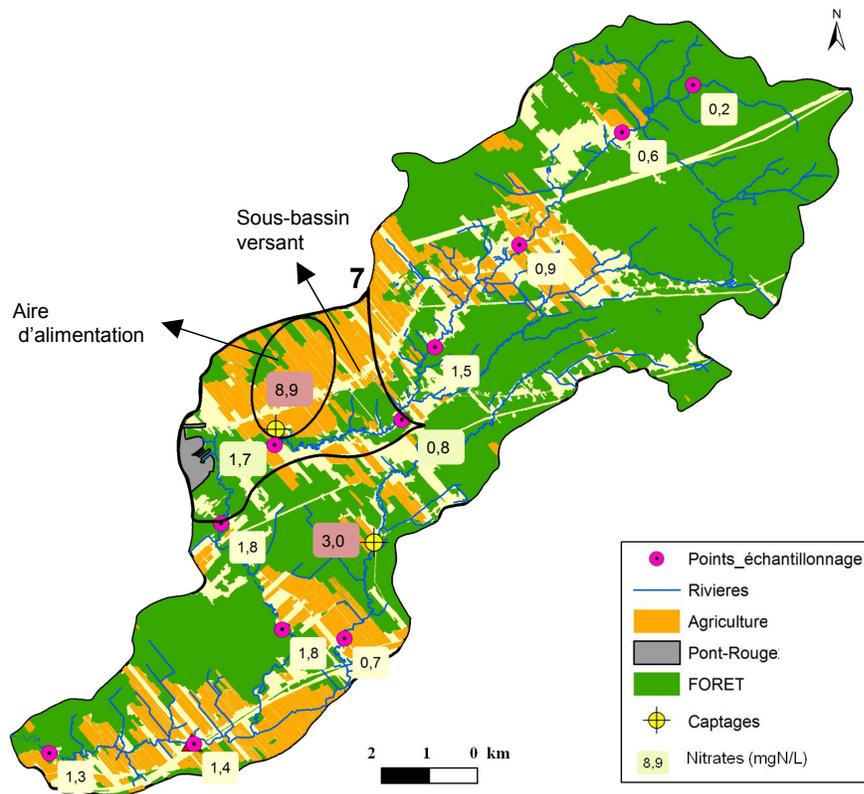


Figure 9. Caractéristique du territoire et du sous-bassin versant étudié

Partie 3-D : résultats

Les principaux résultats obtenus sont d'une part que les eaux souterraines peuvent avoir un impact significatif sur la qualité des eaux de surface et qu'il est donc nécessaire de les considérer dans la gestion de l'eau par bassin versant. Des modèles environnementaux et une analyse économique permettent d'évaluer l'efficacité de stratégies d'aménagement en milieu agricole. Il a été constaté que les différentes stratégies agronomiques n'ont pas toutes le même impact sur la qualité de l'eau souterraine (Bonton et Bouchard, 2012) et sur les profits économiques des exploitants agricoles (article de journal en cours de rédaction).

Parmi trois principales stratégies d'aménagement, la réduction des applications de fertilisant apparaît comme la plus prometteuse (Figure 10). Ceci a été confirmé par les résultats de l'acceptabilité sociale des scénarios où les acteurs sont plus réceptifs à des changements en termes de réductions des apports plutôt que de reboisement ou bien de modification des rotations de culture (Gagnon et Guimond, 2012).

Les résultats montrent de quelle façon il est possible d'utiliser l'information hydrogéologique dans une perspective d'aménagement durable du territoire agricole. À la lumière des résultats, il est nécessaire d'améliorer les connaissances en matière d'agronomie (notamment concernant les courbes de rendement), et de développer des outils d'aide à la décision dans une approche participative. Les travaux du volet 4 contribuent à évaluer de quelle manière il est possible d'utiliser l'information hydrogéologique pour protéger les eaux souterraines en milieu rural. Ce travail a de plus fait ressortir les contributions d'une gestion intégrée de l'eau à la gestion des eaux souterraines en milieu agricole, en considérant les dimensions environnementale, économique, et d'acceptabilité sociale.

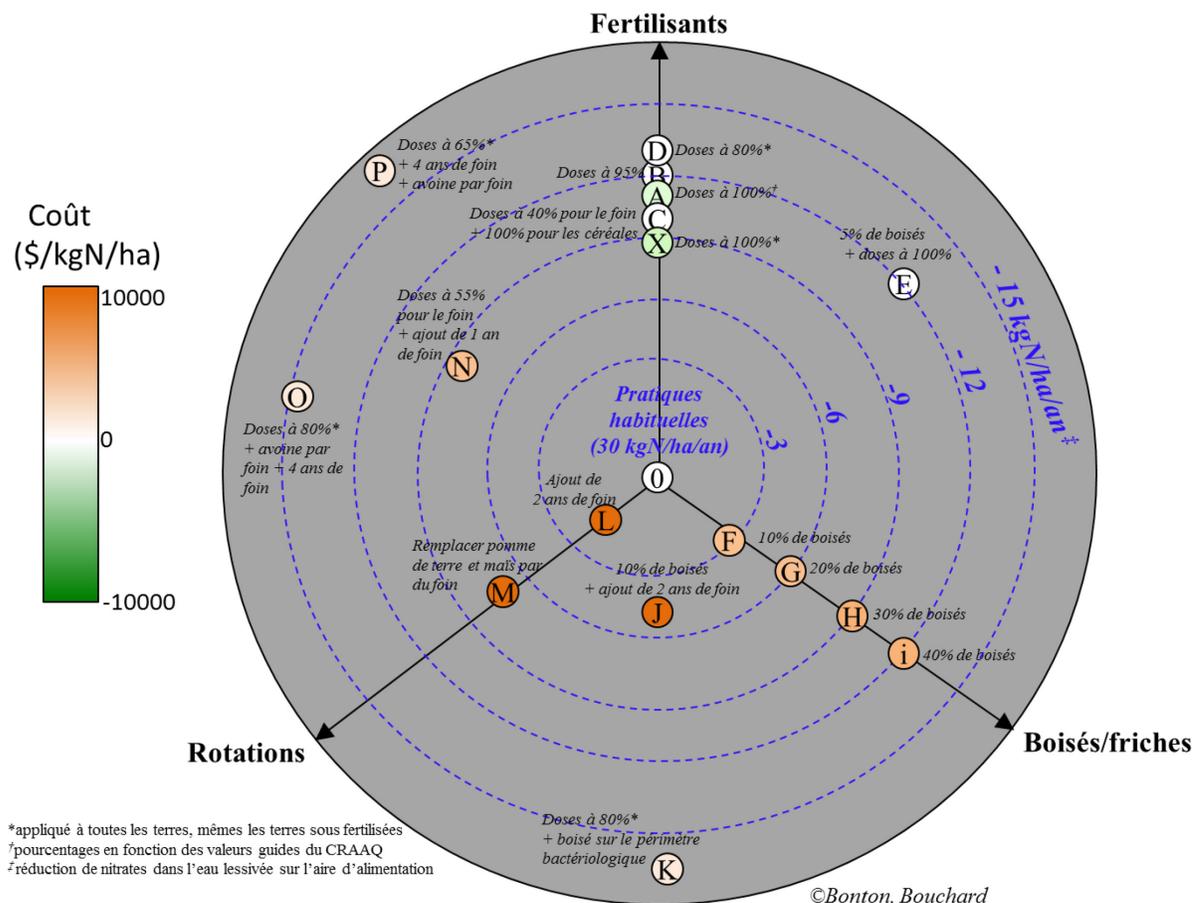


Figure 10. Représentation graphique des impacts économique (profit économique des exploitants agricoles) et environnemental (réduction d'apport en nitrates dans l'eau souterraine sur l'aire d'alimentation) de stratégies agronomiques sur l'aire d'alimentation d'un puits municipal.

Partie 3-E : pistes de recherche

Les travaux du volet 4 mettent de l'avant la nécessité de préciser les besoins en termes de données hydrogéologiques locales, de développer des méthodes d'évaluation des impacts environnemental et économique, de développer et mettre en œuvre des approches participatives de la gestion de l'eau, de préciser les connaissances agronomiques notamment concernant les courbes de rendement des cultures, et d'évaluer des possibilités de mise en œuvre d'outils économiques pour l'aménagement du territoire agricole et la protection des eaux

souterraines (subventions, taxes, permis échangeables, etc.). La principale piste de solution à cet égard est d'améliorer la concertation entre les différents acteurs du territoire à travers la mise en place de plans d'action participatifs et évolutifs de gestion de l'eau souterraine à l'échelle d'un bassin versant.

Partie 3-F : références et bibliographie

Références issues du volet 4

Bonton, A., Bouchard, C., 2012. Scénarios agronomiques d'amélioration de la qualité de l'eau souterraine sur le bassin versant de la rivière aux Pommes. Université Laval, Québec, Canada, 23 pages.

Gagnon, C., Guimond, M., 2011. Ville de Pont-Rouge : état des lieux sur le développement durable et viable. Université du Québec à Chicoutimi, 55 pages.

Gagnon, C., Guimond, M., 2012. Évaluation des impacts et de l'acceptabilité sociale de scénarios de pratiques agricoles du bassin versant de la rivière aux Pommes (Portneuf). Université du Québec à Chicoutimi, Canada, 69 pages.

Références externes au volet 4

- Bonton, A., 2010. Étude spatiotemporelle de la qualité de l'eau souterraine en milieu agricole sur l'aire d'alimentation d'un captage municipal. Thèse de doctorat, Université Laval, Canada, 205 pages.
- Bourque, E., Michaud, Y., Lefebvre, R., Boisclert, E. (Eds.), 1998. Cartographie hydrogéologique régionale du Piémont Laurentien dans la MRC de Portneuf: hydrogéochimie des eaux souterraines, Commission géologique du Canada. Dossier public #3664-c, Canada.
- Fagnan, N., Michaud, Y., Lefebvre, R., Boisvert, É., Parent, M., Martel, R., Paradis, D., Larose-Charrette, D., 1998. Cartographie hydrogéologique régionale du piémont Laurentien dans la MRC de Portneuf : hydrostratigraphie et piézométrie des aquifères granulaires de surface. Commission géologique Canada. Dossier public #3664b.
- Gangbazo, G., 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, Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 329 pages.

5. Retombées des résultats du projet pour les politiques publiques

Le projet *Stratégie de valorisation de l'information hydrogéologique pour supporter les décisions locales en aménagement du territoire* a permis de mieux comprendre la problématique de l'intégration de l'eau souterraine dans la planification territoriale et a conduit à l'élaboration d'outils pour faciliter l'utilisation des données hydrogéologiques par les intervenants en aménagement du territoire et en environnement. Les résultats de ce projet, notamment la définition des enjeux, l'identification des obstacles à la prise en compte de l'eau souterraine en aménagement du territoire et le développement de méthodologies pour le transfert et l'interprétation des données hydrogéologiques, peuvent contribuer à la mise en place et à l'amélioration de politiques publiques dans les domaines de l'Environnement et de l'aménagement du territoire.

Les résultats des volets 1 et 2 ont permis d'identifier les politiques publiques (ex. lois, règlements, orientations et programmes gouvernementaux) pouvant favoriser la protection de l'eau souterraine et de proposer des modalités de mise en œuvre de celle-ci, alors que les outils développés au cours des volets 3 et 4 faciliteront l'application des nouvelles responsabilités des intervenants en aménagement du territoire par rapport à l'eau souterraine.

Présentement, l'eau souterraine ne jouit d'aucune protection particulière. Le *Projet de Stratégie de protection des sources d'alimentation en eau potable* mènera à une meilleure connaissance et à la protection des aquifères utilisés comme source d'approvisionnement en eau potable. Dans le futur, des zones de

protection de l'eau souterraine devraient être instaurées. Elles pourraient être classées en plusieurs catégories: des zones de protection de futures sources d'approvisionnement en eau potable (déterminées à l'aide des projections démographiques et des plans de développement du territoire), des zones de protection d'aquifères particulièrement productifs et éventuellement des zones de protection d'aquifères qui ont un rôle écologique prépondérant. ATEs, soit l'outil développé dans le volet 3, facilitera la délimitation de ces zones en permettant d'identifier les secteurs où l'eau a la plus grande valeur et où elle est vulnérable. Les zones ainsi déterminées pourront être intégrées au schéma d'aménagement et au plan d'urbanisme (selon les dispositions de la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*), et les utilisations du sol y seront gérées en conséquence. Une orientation gouvernementale devrait d'ailleurs favoriser la prise en compte de l'eau souterraine dans les documents de planification territoriale et, éventuellement, l'identification de zones prioritaires de protection de l'eau souterraine pourrait même faire partie du contenu obligatoire du schéma d'aménagement et développement (SAD). Les zones pourront, par exemple, être identifiées comme des territoires d'intérêt, et ainsi bénéficier de dispositions spéciales quant à leur protection.

Les zones de protection de l'eau souterraine devraient également être intégrées aux *Plans directeurs de l'eau (PDE)* dans le cadre des prochaines mises à jour de ces documents, et ce dans le but de gérer la protection de l'eau souterraine à l'échelle des bassins versants. Un processus de concertation devra donc être mis en place avec les municipalités locales et les MRC afin de définir les zones de

protection, qui pourraient dans certains cas franchir les limites administratives, et afin d'assurer la cohérence des différents documents de planification territoriale.

Ces zones de protection de l'eau souterraine pourraient également être intégrées à de nombreux règlements, afin de faciliter l'application de normes de protection de l'eau souterraine en favorisant, en interdisant ou en régissant certaines activités selon le type de zone. Ainsi, des dispositions pourraient être ajoutées par exemple au *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains* (il pourrait y avoir des normes selon les contaminants et selon le type de zone de protection de l'eau souterraine), au *Règlement sur l'enfouissement de sols contaminés* (pour encadrer l'aménagement ou l'exploitation des lieux d'enfouissement de sols contaminés dans les zones de protection), au *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (dispositions particulières dans les zones de protection de l'eau souterraine et distances aux captages d'eau potable), au *Règlement sur les exploitations agricoles* (notamment sur les dispositions sur l'épandage dans les zones de protection, pas seulement pour le phosphore mais aussi pour les nitrates), à la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (pour promouvoir la réhabilitation ou la valorisation prioritaire dans les zones de protection de l'eau souterraine) ou au *Code de gestion des pesticides* (pour intégrer des normes pour l'application de pesticides selon les zones de protection).

Par ailleurs, l'approche de gestion intégrée de l'eau souterraine proposée dans le volet 4 pourra être utilisée par les municipalités et les MRC lors de l'élaboration et de l'application de mesures de gestion des activités localisées dans les aires d'alimentation des prises d'eau en milieu rural, dans le cadre du *Projet de Stratégie de protection et de conservation des sources destinées à l'alimentation en eau potable*. Cette méthodologie consiste à définir la problématique de qualité de l'eau souterraine, à déterminer la zone à prioriser, à développer des outils d'évaluation des impacts environnemental et économique et à développer des stratégies d'aménagement. De plus, les outils élaborés dans le cadre de ce même volet faciliteront la définition d'objectifs environnementaux grâce à l'indicateur de qualité d'une source d'eau potable par rapport aux nitrates. Les objectifs ainsi fixés pourront faire partie de stratégies de protection d'une prise d'eau en identifiant clairement les valeurs à atteindre et en indiquant une mesure claire pour le suivi des actions entreprises. La méthode d'évaluation des profils d'exploitations agricoles et de données agro-économiques proposée permettra d'évaluer l'impact économique de stratégies agronomiques élaborées dans le but de protéger les sources d'eau potable. Cette méthode, couplée à sa représentation par l'outil graphique sous forme de roue présenté à la figure 10 de la section III, permettra d'identifier les mesures financières à mettre en place pour compenser les pertes économiques dues à des modifications dans les pratiques agricoles. Elle permet également d'avoir les outils nécessaires pour discuter et négocier avec les propriétaires d'exploitations agricoles localisées dans une aire d'alimentation. Il sera ainsi possible de construire, en concertation avec les exploitants, des scénarios visant à minimiser les pressions sur la ressource en

eau, tout en évaluant les impacts économiques et écologiques des solutions proposées et en les visualisant à l'aide d'un outil simple et efficace. La méthode proposée s'avère donc également un outil d'aide à la décision pour le développement de programmes destinés aux exploitants agricoles pour mettre en œuvre des pratiques agricoles qui favorisent la protection des eaux souterraines en particulier dans les aires d'alimentation et de protection des captages municipaux.

De manière plus générale, les résultats issus de ce projet devraient également favoriser l'utilisation d'informations sur les eaux souterraines dans les différents processus d'évaluation environnementale, que ce soit à l'échelle locale ou régionale, incluant les démarches de consultation publique de projets.

Pour assurer une pleine intégration des connaissances sur les eaux souterraines acquises dans les programmes PACES et compte tenu de leur complexité, une stratégie de transfert des connaissances devra impérativement être mise sur pied. Au sein de cette stratégie, il sera primordial : (1) que les acteurs de l'aménagement puissent avoir accès à une personne ressource au niveau régional pour les aider à interpréter les données et à en comprendre les limites (ex.: informations régionales et non locales); (2) que des formations continues soient développées dans l'objectif de transmettre les connaissances de base sur les eaux souterraines, celles qui concernent les contextes hydrogéologiques régionaux, mais aussi que ces formations incluent des exercices de mise en application en aménagement du territoire (ex. : quelles informations utiliser et

que veulent-elles dire si je dois implanter un nouveau puits d'alimentation sur ma municipalité ?). Sur la base des résultats du volet 1, des pistes pour une stratégie de transfert des connaissances hydrogéologiques des programmes PACES aux acteurs de l'aménagement ont été formulées. Cette stratégie a d'ores et déjà été adoptée par le Réseau québécois sur les eaux souterraines (RQES) qui la testera en 2013-2014 auprès de deux régions pilotes disposant aujourd'hui des informations hydrogéologiques issues des programmes PACES.

Le programme de transfert des connaissances sur les eaux souterraines, notamment des résultats des projets PACES, pourrait se concrétiser par exemple par des suivis auprès des intervenants en aménagement du territoire. Dans cette optique, des cartes des limites des aquifères, de la direction et des vitesses d'écoulement de l'eau souterraine, des types d'aquifères, des caractéristiques hydrogéologiques ainsi que des liens entre l'eau souterraine et l'eau de surface devraient être développées de manière prioritaire. En effet, afin de supporter les intervenants en aménagement du territoire lors de la définition d'aires de protection de l'eau souterraine, des outils sont nécessaires pour faciliter l'interprétation des données des projets PACES. Ces outils pourraient inclure des modèles de transports de contaminants, des cartes de zones de qualité de l'eau souterraine, des indices d'accessibilité à l'eau souterraine ou des indicateurs liés à la gestion de l'eau souterraine avec des objectifs à atteindre (ou une plage de valeurs souhaitable). Il est également essentiel que la personne ressource au niveau régional puisse assurer un suivi auprès des intervenants en aménagement suite au transfert des données. En effet, les professionnels de l'aménagement

auront certainement plusieurs interrogations concernant les utilisations possibles et les limites des informations sur l'eau souterraine, et ils pourront à ce moment se tourner vers cette personne-ressource pour leur région. Cette dernière peut être, selon le contexte des régions, un individu ou une institution, par exemple un OBV. Dans tous les cas, un programme de formation continue de ces intervenants devrait être sérieusement envisagé puisque le succès de l'intégration de l'eau souterraine aux pratiques de planification territoriale reposera fortement sur des connaissances et des compétences suffisantes en gestion de l'environnement et de l'eau, en aménagement du territoire et urbanisme et en hydrogéologie.

Les résultats de ce projet de recherche devraient donc permettre de favoriser la protection et la conservation de l'eau souterraine en indiquant quelles données hydrogéologiques devraient être privilégiées pour la pratique de l'aménagement du territoire et en permettant de travailler sur les difficultés rencontrées lors de la prise en compte de l'eau souterraine en aménagement du territoire. Il faudra d'abord s'assurer que le transfert des données des projets PACES soit efficace et que le programme de suivi adéquat soit mis sur pied rapidement. Ce programme pourrait faire partie intégrante de la future Stratégie de protection et de conservation des sources destinées à l'alimentation en eau potable.

Les propositions présentées dans ce chapitre illustrent différents exemples d'implications des résultats de ce projet pour améliorer et ajuster les politiques publiques les programmes gouvernementaux aux nouvelles données sur l'eau

souterraine. D'autres retombées du projet sur les politiques publiques et leur mise en œuvre seront certainement identifiées lors de la diffusion des résultats aux différents acteurs concernés. Lorsque les données des projets PACES seront disponibles et la stratégie de transfert des connaissances des données issues de ces projets clairement identifiés, une étude exhaustive devrait être réalisée afin d'évaluer la manière dont les outils législatifs et les programmes gouvernementaux devraient être bonifiés pour protéger les aquifères, en particulier dans les endroits où la «valeur de l'eau souterraine» est potentiellement élevée.