

## FICHE DE SYNTHÈSE DE PROJET

# Évaluation spatiale du risque de consommation d'eau (potable) contaminée en période d'inondation

**Responsable** : Geneviève Bordeleau (professeure agrégée, Institut national de la recherche scientifique, [genevieve.bordeleau@inrs.ca](mailto:genevieve.bordeleau@inrs.ca))

### **Cochercheurs et cochercheuses :**

- Roxane Lavoie (professeure adjointe, Université Laval, [roxane.lavoie@esad.ulaval.ca](mailto:roxane.lavoie@esad.ulaval.ca))
- Karem Chokmani (professeur titulaire, Institut national de la recherche scientifique, [karem.chokani@inrs.ca](mailto:karem.chokani@inrs.ca))

### **Collaborateurs et collaboratrices :**

- Hachem Agili (président directeur général, Géosapiens, [hachem.agili@geosapiens.ca](mailto:hachem.agili@geosapiens.ca))
- Jasmin Gill Fortin (scientifique SIG sénior, Géosapiens, [jasmin.gill-fortin@geosapiens.ca](mailto:jasmin.gill-fortin@geosapiens.ca))
- Yachar Ben Arous (étudiante à la maîtrise, INRS)
- Chloé Roy-Michel (étudiante à la maîtrise, Université Laval)

**Axe de recherche du RIISQ** : 1, 2, 3, 4, 5

**Secteurs du FRQ** : Nature et technologies, Société et culture

## Partenaire du projet

---



**GEOSAPIENS**

## Partenaires financiers d'Ouranos et du RIISQ

---

- Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
- Fonds de recherche du Québec

*Environnement,  
Lutte contre  
les changements  
climatiques,  
Faunes et Parcs*

Québec 

*Fonds  
de recherche*

Québec 

# Sommaire

Résumé .....	4
Mise en contexte .....	5
Méthodologie .....	5
Objectifs et résultats attendus .....	6
Résultats obtenus .....	7
Conclusion et recommandations .....	8
Transfert et valorisation des connaissances	
Publications .....	9
Autres activités .....	10
Retombées et prolongements	
Formation de la relève .....	13
Suite et autres projets financés.....	14

## Résumé

Les inondations entraînent des dommages matériels considérables, mais peuvent aussi compromettre la qualité de l'eau potable, particulièrement pour les personnes utilisant des puits privés. Afin de mieux comprendre et réduire ce risque, le projet interdisciplinaire « Évaluation spatiale du risque de consommation d'eau (potable) contaminée en période d'inondation » vise à **évaluer, dans un contexte de crue, la vulnérabilité de l'eau des puits résidentiels à la contamination** ainsi que les **comportements de consommation associés**, en intégrant à la fois les dimensions biophysiques et sociales du problème.

Le volet en **sciences naturelles** consiste à documenter la qualité de l'eau de puits situés à proximité de la rivière des Hurons (Stoneham-et-Tewkesbury) à différents moments (en période de référence et lors d'inondations). Quinze **campagnes d'échantillonnage** ont permis de collecter des données physico-chimiques et microbiologiques sur treize puits et trois points d'eau de surface. Des **analyses statistiques multivariées et spatio-temporelles** ont été réalisées pour identifier les facteurs influençant le risque de contamination, sa durée, et son étendue latérale. En parallèle, le volet en **sciences sociales** a mobilisé des **entrevues** auprès de personnes résidant dans la région et d'organismes locaux afin d'explorer la **perception des risques, les pratiques de consommation** en contexte de crue, ainsi que les rôles et responsabilités attribués à différents acteurs dans la gestion de l'eau potable.

Les résultats préliminaires révèlent une **variabilité importante** des concentrations de contaminants d'un puits à l'autre, ainsi qu'un **manque de connaissances ou de ressources** pour assurer une consommation d'eau sécuritaire pendant les crues. Ce projet renforce les capacités locales en fournissant des **recommandations fondées sur la science** et les savoirs locaux pour protéger la santé publique. Il contribue ainsi à la résilience des communautés face aux aléas hydrologiques, dans un contexte de changements climatiques.

## Mise en contexte

Les inondations représentent une menace croissante dans un contexte de changements climatiques, affectant non seulement les infrastructures, mais aussi la qualité de l'eau potable, notamment pour les personnes approvisionnées par des puits privés. Ce projet interdisciplinaire vise à mieux comprendre les risques liés à la contamination de l'eau de puits résidentiels lors d'épisodes d'inondation, dans une perspective à la fois environnementale et sociale. En combinant des analyses scientifiques rigoureuses et une exploration des perceptions citoyennes, le projet met en lumière les défis vécus par les populations riveraines. Il s'ancre principalement dans la municipalité de Stoneham-et-Tewkesbury, où plusieurs résidents dépendent des eaux souterraines. L'intégration de données physico-chimiques, microbiologiques et de récits d'expériences vécues permettra de proposer des recommandations concrètes et adaptées, contribuant ainsi à la résilience collective face aux risques hydrométéorologiques.

## Méthodologie

Le projet adopte une approche mixte en deux volets complémentaires. Le volet en sciences naturelles évalue la qualité de l'eau de treize puits résidentiels, échantillonnée à quinze reprises avant, pendant et après les inondations, ainsi qu'en trois points de surface. Les analyses en laboratoire ciblent des contaminants microbiens (*E. coli*, coliformes), chimiques (ions majeurs, isotopes) et des marqueurs de sources microbiennes, appuyées par des mesures en continu du niveau d'eau. Parallèlement, le volet en sciences sociales explore les perceptions du risque et les pratiques de consommation d'eau de dix participant·es (résident·es, organismes), à travers des entretiens semi-dirigés. Ces données sont croisées avec les résultats de terrain pour évaluer la cohérence entre le risque perçu et le risque mesuré. Des analyses statistiques et spatiales multivariées sont ensuite appliquées pour dégager les facteurs déterminants de la contamination et soutenir la formulation de recommandations adaptées aux besoins du territoire.

## Objectifs et résultats attendus

**Objectif 1 : Les puits riverains sont-ils contaminés en période d'inondation?**

**Objectif 2 : Pendant combien de temps sont-ils contaminés?**

**Objectif 3 : Jusqu'à quelle distance de la rivière observe-t-on une contamination?**

**Objectif 4 : Les riverains connaissent-ils les risques de contamination de leur eau?**

**Objectif 5 : Modifient-ils leurs habitudes de consommation en conséquence des risques?**

## Résultats obtenus

- **Caractérisation fine de la contamination des puits résidentiels** : Grâce à 15 campagnes d'échantillonnage, l'analyse de plus d'une dizaine de paramètres de qualité de l'eau (ex. : coliformes, isotopes, radon) a permis d'identifier la fréquence, la durée et l'étendue spatiale des épisodes de contamination liés aux inondations.
- **Analyse des facteurs de risque environnementaux** : Les puits riverains n'étaient pas plus contaminés que les autres. Les seules contaminations dépassant les normes pour l'eau potable provenaient de bactéries fécales, surtout après les inondations. Même les puits hors zone inondable ont pu être touchés par des matières fécales à la surface du sol, des fosses septiques ou des débordements d'égouts.
- **Compréhension des perceptions citoyennes** : Les entretiens réalisés ont mis en lumière une diversité de perceptions des risques, allant d'une confiance totale à une méfiance marquée envers la qualité de l'eau, souvent liée à l'expérience passée ou au manque d'information.
- **Identification de pratiques de consommation variables** : Certaines personnes consomment leur eau de puits sans traitement même après une inondation, tandis que d'autres adoptent des mesures préventives (bouillir, achat d'eau embouteillée), révélant des disparités importantes de comportements.
- **Engagement des parties prenantes et transfert des connaissances** : Le projet a mobilisé avec succès des résident·e·s, des chercheur·e·s, des municipalités et des organismes régionaux, à travers plus de dix événements de diffusion, dont des panels, webinaires et présentations publiques.

## Conclusion et recommandations

Ce projet a permis de documenter de manière intégrée les risques de contamination de l'eau de puits résidentiels en contexte d'inondation, en conjuguant rigueur scientifique et savoirs citoyens. Il ressort que les épisodes de contamination peuvent persister plusieurs jours après la décrue et que leur occurrence dépend de facteurs environnementaux spécifiques. Toutefois, le risque n'est pas uniquement d'ordre technique : les comportements adoptés en matière de consommation d'eau, influencés par les perceptions individuelles, les ressources disponibles et l'accès à l'information, jouent un rôle tout aussi central.

Face à ces constats, il est recommandé :

- Mise en place de **protocoles municipaux d'avertissement et de soutien en cas d'inondation** pour les personnes résidentes utilisant des puits privés, incluant des tests gratuits post-crue.
- Élaboration de **guides pratiques** épicènes sur les bons réflexes à adopter, diffusés avant la période printanière.
- Renforcement des **liens entre les scientifiques, les personnes citoyennes et autorités locales** pour co-construire des solutions ancrées dans les réalités de terrain.
- Valorisation continue des **connaissances locales** à travers des démarches participatives lors de projets similaires.
- Intégration du risque lié à l'eau potable dans les **plans municipaux de sécurité civile**, en considérant tant les dimensions environnementales que sociales.

Ces recommandations visent à soutenir une gestion préventive et équitable du risque, contribuant à renforcer la résilience des communautés face aux inondations.

## Transfert et valorisation des connaissances - Publications

- Ben Arous, Y. (en réaction). La classification du niveau de risque des puits aux abords des cours d'eau en utilisant des cartes de zones inondables, des données de niveaux d'eau dans les puits privés, et les isotopes stables de l'eau dans les puits et la rivière.
- Ben Arous, Y. (en réaction). Les principaux contaminants identifiés et la sélection des meilleurs traceurs pour déceler une intrusion d'eau de surface dans les puits.

### **Essai (maîtrise professionnelle) et mémoire de maîtrise :**

- Roy-Michel, C. (2024). Contamination des sources d'eau potable en période d'inondation : représentations et habitudes. Essai-projet menant à l'obtention du diplôme de Maîtrise en aménagement du territoire et développement régional, Université Laval, 58 p.
- Ben Arous, Y. (2025, dépôt prévu en août). Évaluation spatiale du risque de contamination des puits privés en période d'inondation à Stoneham-et-Tewkesbury. Mémoire de maîtrise en science de l'eau, Institut nationale de recherche scientifique.

## Transfert et valorisation des connaissances – Autres activités

### Rencontres et présentations grand public ou vulgarisées :

- « Inondations et eau potable : risques de contamination pour les puits privés, perception du risque par les riverains, et enjeux de gouvernance », présentation de Geneviève Bordeleau et Roxane Lavoie, 11 avril 2025, webinaire du RIISQ, <https://youtu.be/BDXyVDTQkw4?si=XjJAJ2f3TODKJ8IN>.
- « Risque de contamination des puits privés lors des inondations dans la région de Stoneham-et-Tewkesbury au Québec », vidéo de vulgarisation réalisée par Yachar Ben Arous, dans le cadre du concours étudiant de vulgarisation scientifique du Pôle ISE-CIRODD-RIISQ, mars 2025. Troisième prix. <https://www.youtube.com/watch?v=Vy-TFFgeNtE>
- Présentation du projet à l'occasion du séminaire « Midis Sciences de la Terre », UQAC, G. Bordeleau, webdiffusion, février 2025. Présence du RQES, plus de 100 participant.es.
- Séminaire d'avancement des travaux de maîtrise, donné devant des étudiants de l'INRS et un des résidents participant au projet, Y. ben Arous, Québec, 11 décembre 2024.
- Présentation publique du volet sciences sociales du projet lors du colloque étudiant de l'ÉSAD, C. Roy-Michel, Québec, 28 novembre 2024. <https://www.esad.ulaval.ca/actualites/enregistrement-du-colloque-etudiant-de-lesad-2024-disponible>

## Transfert et valorisation des connaissances – Autres activités

- Présentation du projet, Symposium sur la gestion de l'eau de Réseau Environnement, G. Bordeleau, Québec, octobre 2024. Plus de 100 personnes participantes de tous les secteurs.
- Présentation du projet (volet sciences naturelles), Géojeudis du Pôle géoscientifique de Québec (PGQ), INRS et Commission géologique du Canada, Y. ben Arous, 13 juin 2024, Québec, QC.
- Présentation du projet et discussion, « Panel Eau et santé. De l'inondation à la pénurie d'eau : quelles implications pour les populations et les organisations? », webinaire du RIISQ, G. Bordeleau, 9 juin 2024.  
<https://youtu.be/z2dqjwQvZFQ>
- Présentation du projet, comparaison avec la situation locale et discussions multilatérales, Ateliers de transfert de connaissances à Antananarivo, G. Bordeleau, Madagascar, février 2024. 60 participant.es de plusieurs secteurs, dont des maires de communes et chefs traditionnels de villages.
- Présentation du projet lors d'une soirée du conseil municipal de Stoneham, ayant permis d'obtenir l'aval des élus et d'informer les citoyens sur le démarrage du projet, G. Bordeleau, Stoneham, janvier 2023.
- Présentation du projet lors de l'assemblée générale annuelle du RIISQ, G. Bordeleau, Québec, mai 2022.

## Transfert et valorisation des connaissances – Autres activités

### Présentations dans des congrès scientifiques :

- Bordeleau, G., Lavoie, R., ben Arous, Y., Roy-Michel, C., Chokmani, K. (2025). Contamination potentielle de l'eau potable dans les puits privés lors d'inondations: intégration de la géochimie de l'eau, de la perception des risques et des changements de comportement. Colloque du RIISQ au Congrès de l'Acfas, 8-9 mai, Montréal, QC.
- Bordeleau, G., Ben Arous, Y., Gloaguen, E. (2025). Combined use of water levels and stable isotopes to assess the risk of contamination in private wells near a flood-prone river. Congress of the Geological Association of Canada, Mineralogical Association of Canada, and Canadian chapter of the International Association of Hydrogeologists (GAC-MAC-IAH), Ottawa, ON.
- Ben Arous, Y., Bordeleau, G., Lavoie, R., Roy-Michel, C. (2025). Potential contamination of drinking water in private wells during floods in southern Quebec, Canada: an integration of water geochemistry, risk perception and behavioural changes. European Geophysical Union (EGU) General Assembly, special session "Co-creation in Hydrology and Water Resources Management", Vienna, Austria.
- Ben Arous, Y., Bordeleau, G. (2024). Spatial assessment of the risk of drinking water contamination during flooding in the region of Stoneham-et-Tewkesbury in Quebec. GeoMontreal convention, Montreal, QC.
- Ben Arous, Y., Wong, C., Bordeleau, G. (2024). Spatial assessment of the risk of drinking water contamination during flooding: the case of Stoneham-et-Tewkesbury, Quebec. Congress of the Geological Society of America (GSA), Sept. 22-25, Anaheim, CA, USA.
- Ben Arous, Y., Bordeleau, G., Wong, C. (2024). Évaluation spatiale du risque de contamination de l'eau potable en période d'inondation dans la région de Stoneham-et-Tewkesbury au Québec. Journée des Sciences de la Terre et de l'Environnement (JSTE), 14 mars, Québec, QC. (poster).

## Retombées et prolongements - Formation de la relève

- Yachar Ben Arous (maîtrise, sciences de l'eau, INRS, encadrement : Geneviève Bordeleau, contrat de 2 ans)
- Chloé Roy-Michel (maîtrise professionnelle, aménagement du territoire et développement régional, Université Laval, encadrement : Roxane Lavoie, contrat de 2 ans)
- Rihab Brik (stagiaire, génie hydraulique, Université de Jendouba, Tunisie, encadrement : Genevieve Bordeleau, contrat de 3 mois, été 2023)
- Emna Bouzaiene (stagiaire, génie des géosciences, Université de Tunis El Manar, Tunisie, encadrement : Genevieve Bordeleau, contrat de 3 mois, été 2024)

## Retombées et prolongements - Suite et autres projets financés

Le projet n'a pas encore servi de tremplin pour obtenir un nouveau financement, car nous sommes encore en train d'analyser tous les résultats. Toutefois, les résultats obtenus et analysés à ce jour sont déjà hautement intéressants et soulèvent de nouvelles questions qui mériteraient d'être adressées dans d'autres projets. Nous restons à l'affût des plateformes de financement possible pour ce nouveau projet.

Grâce à ce projet, Geneviève Bordeleau a été invitée à siéger sur un comité pancanadien visant à définir et produire des recommandations pour un approvisionnement en eau potable individuel (puits privés) résilient aux changements climatiques. Ce comité, piloté par Environnement Canada, inclut des représentants de Santé Canada, d'Affaires Autochtones et du Nord Canada, de ministères provinciaux et d'autres chercheurs du milieu académique.