


Les effets liés à l'exploration et l'exploitation des ressources naturelles sur les nappes phréatiques aux Îles-de-la-Madeleine, notamment ceux liés à l'exploration et l'exploitation gazière

6210-10-001

# Synthèse de l'état des connaissances sur les eaux souterraines aux Îles-de-la-Madeleine

## Impact de l'exploration et de l'exploitation des ressources naturelles sur les eaux souterraines

Développement durable,  
Environnement,  
Faune et Parcs

Québec 

Ressources  
naturelles

Québec 



# Contexte du projet



Aux Îles de la Madeleine, les réserves d'eau douce sont souterraines, sous forme de lentilles en équilibre avec l'eau de mer sous-jacente. La préservation et la gestion de ces réserves, uniques sources d'approvisionnement en eau pour la population, sont un enjeu social et économique majeur qui préoccupe les autorités et les communautés locales.

Ces préoccupations sont exacerbées dans un contexte de développement économique et notamment d'activités d'exploration et d'exploitation gazière qui se présentent actuellement dans l'archipel madelinot.

# L'équipe de réalisation



## **Coordination**

**Gwénaëlle Chaillou**, Ph.D. Biogéochimiste professeur à l'UQAR

Responsable du projet et rédaction

## **Analyse, recherche et rédaction**

Maud Touchette, M.Sc. Pédologue - géographe, agente de recherche, UQAR

Audrey M. Rémillard, M.Sc. Géomorphologue - géographe, agente de recherche, UQAR

## **Analyse, rédaction et relecture**

Thomas Buffin-Bélanger, Ph.D. Géomorphologue, professeur-chercheur, UQAR

Richard St-Louis, Ph.D. Chimiste environnemental, professeur-chercheur, UQAR

Bernard Hétu, Ph.D. Géomorphologue, professeur-chercheur, UQAR

## **Rédaction et relecture de la version finale**

Guglielmo Tita, Ph.D. Biologiste, directeur général scientifique du CERMIM, professeur-chercheur, UQAR

## **Cartographie**

Marie-Andrée Roy, technicienne en géomatique, UQAR

Maud Touchette, M.Sc. Pédologue - géographe, agente de recherche, UQAR

## **Collaborateur**

Luc Champagne, M.Sc. Hydrogéologue, agent de recherche, UQAR

# L'objectif général de l'étude

## *Globalement...*

Elle vise à dresser **un portrait** clair et rigoureux de la situation de **l'eau souterraine aux Îles-de-la-Madeleine** en se basant sur les données scientifiques acquises ces dernières décennies. Cette synthèse considère les aquifères côtiers des Îles-de-la-Madeleine dans un contexte global en dressant des portraits géographique, climatique et hydrogéologique de l'archipel madelinot.

Elle examine les activités d'exploration et d'exploitation des ressources naturelles, même potentielles, qui pourraient altérer les aquifères côtiers des Îles-de-la-Madeleine.

# L'objectif général de l'étude

## *Plus spécifiquement...*

- 1- Elle se veut être une synthèse exhaustive des connaissances acquises ces 40 dernières années sur les aquifères côtiers et insulaires et plus particulièrement sur les aquifères des Îles-de-la-Madeleine.
- 2- Elle présente un état des connaissances le plus exhaustif et objectif possible et traite la ressource « eau souterraine » dans une approche systémique multidisciplinaire qui permet de la replacer dans un contexte global.
- 3- Elle est conçu pour répondre aux besoins de connaissances des ministères et des décideurs afin de les aider à prendre des décisions, ainsi qu'aux communautés de l'archipel madelinot et des communautés côtières du Québec dépendantes des aquifères côtiers.

# Plan de la présentation



- 1- Les aquifères côtiers : un enjeu mondial
- 2- Portrait de la ressource en eau souterraine
- 3- Impacts potentiels des activités d'exploration /exploitation des ressources naturelles non renouvelables
- 4- Gestion durable : un enjeu local



# 1- Les aquifères côtiers : un enjeu mondial

# L'or bleu

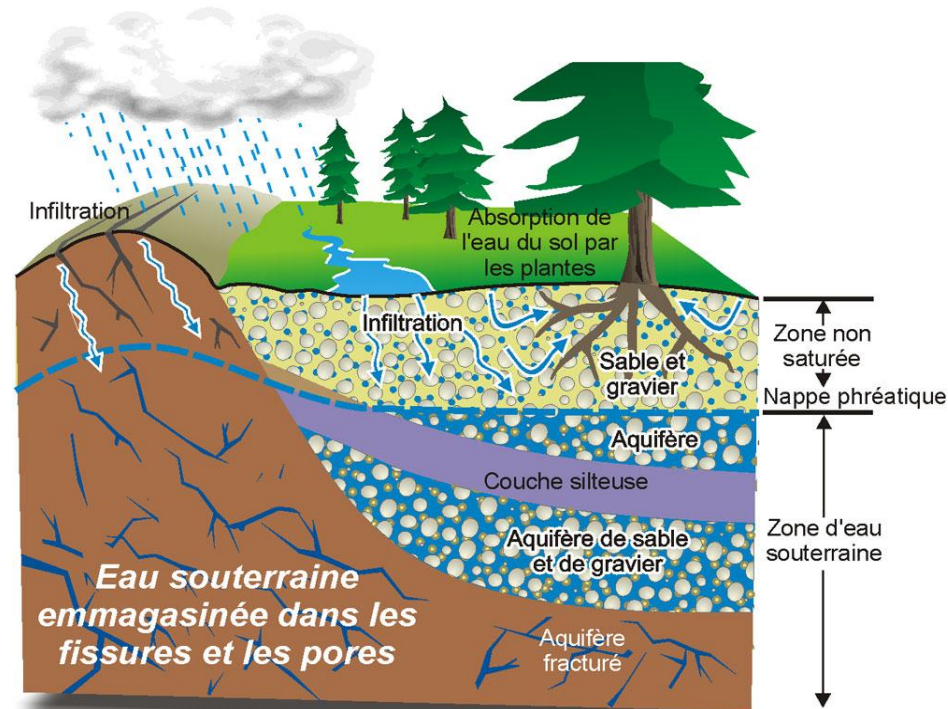
1/3 de l'eau douce utilisée mondialement provient de la ressource souterraine:

- Augmentation de la population mondiale et du développement économique
- Perte des eaux de surface due à la contamination
- Accès à de large quantité d'eau
- Grande qualité de l'eau par rapport à l'eau de surface

→ Au Québec, l'utilisation de l'eau souterraine comme source d'eau potable est favorisée.



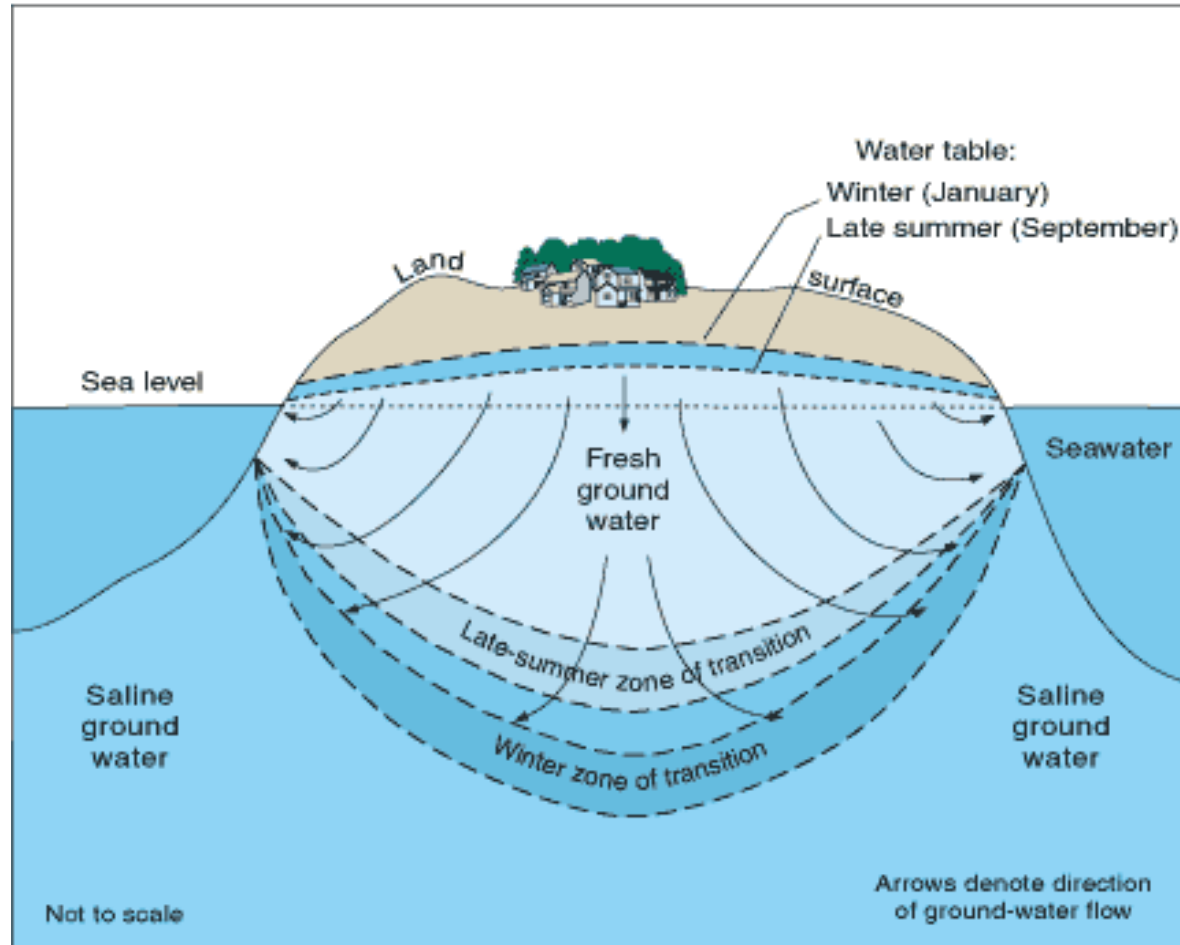
# l'écoulement d'eau souterraine



Infiltration des eaux de surface et alimentation des réservoirs poreux souterrains, les aquifères (tirée Ressources Naturelles Canada, 2012).

La distribution présente de l'eau douce, saumâtre et salée dans le sous-sol s'est développée au cours de l'histoire géologique...  
...et a été et est encore affectée par des processus naturels et les interventions humaines.

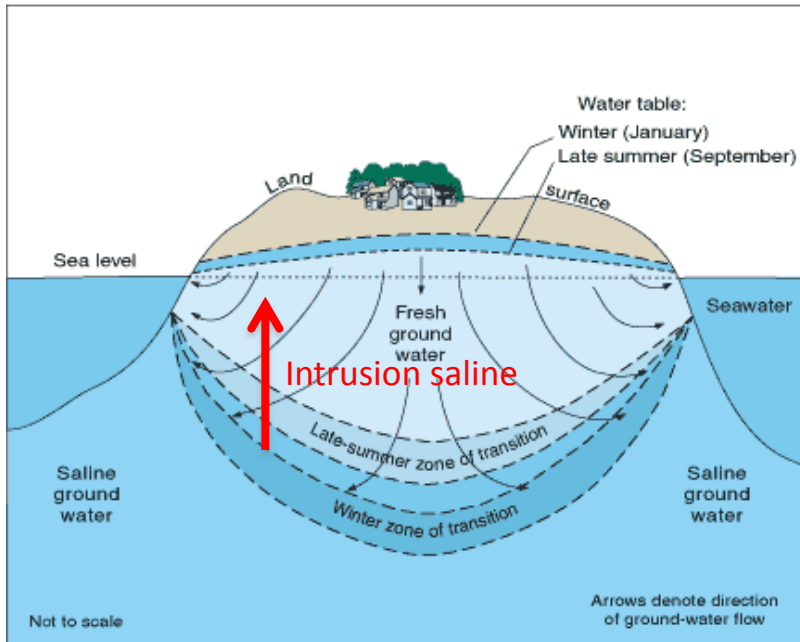
# Vulnérabilité des aquifères insulaires



*Tiré du site de L'USGS*

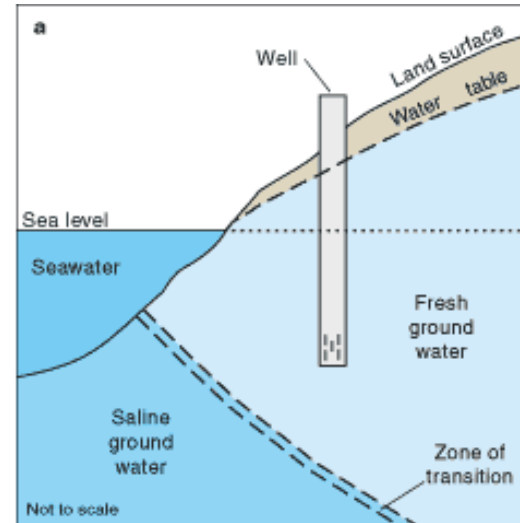
Un caractère hydrogéologique singulier

# Vulnérabilité des aquifères insulaires

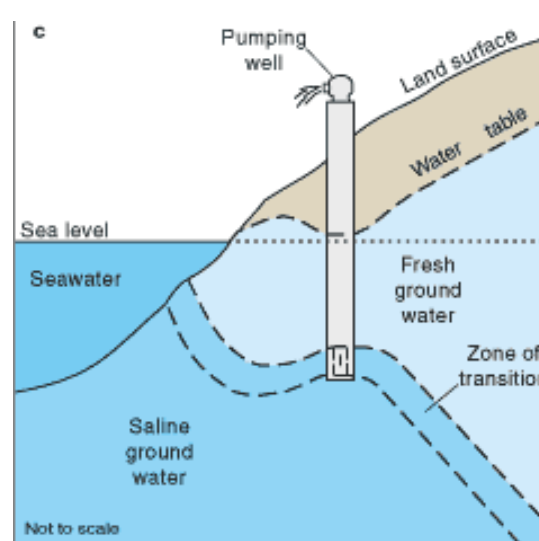


Tiré du site de L'USGS

## Équilibre initial

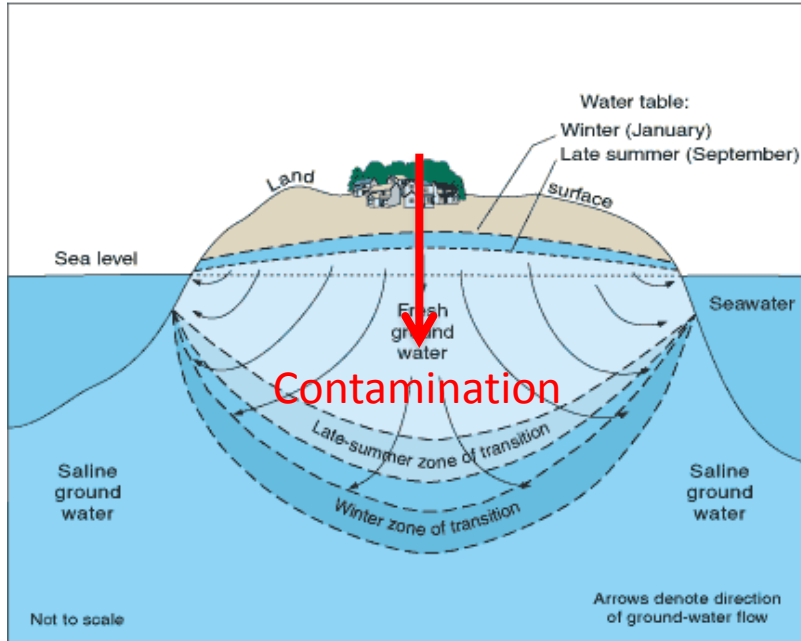


## Remontée de l'intrusion



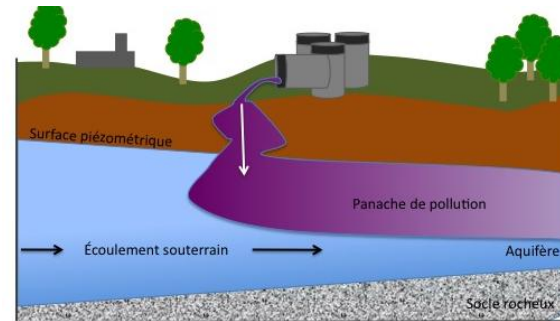
La salinisation du système aquifère:  
→ quantité et qualité

# Vulnérabilité des aquifères insulaires

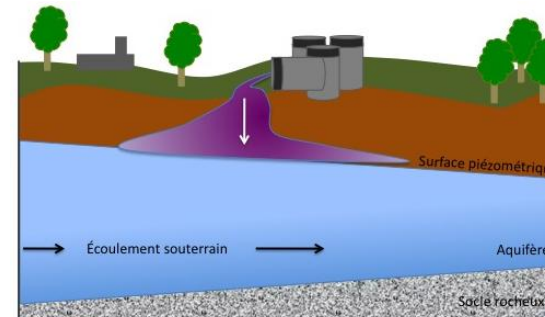


Tiré du site de L'USGS

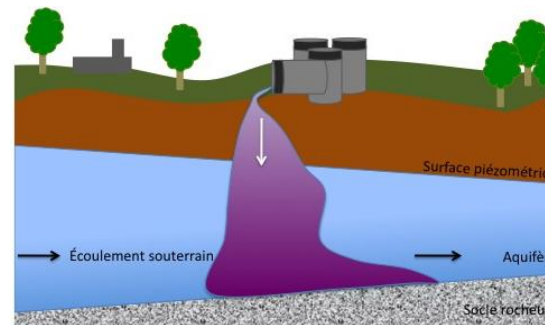
Exemple de diffusion de contaminant dans la nappe phréatique



diffusion d'un contaminant soluble  
Ex: engrais



diffusion d'un contaminant non soluble et moins dense que l'eau  
Ex: huile



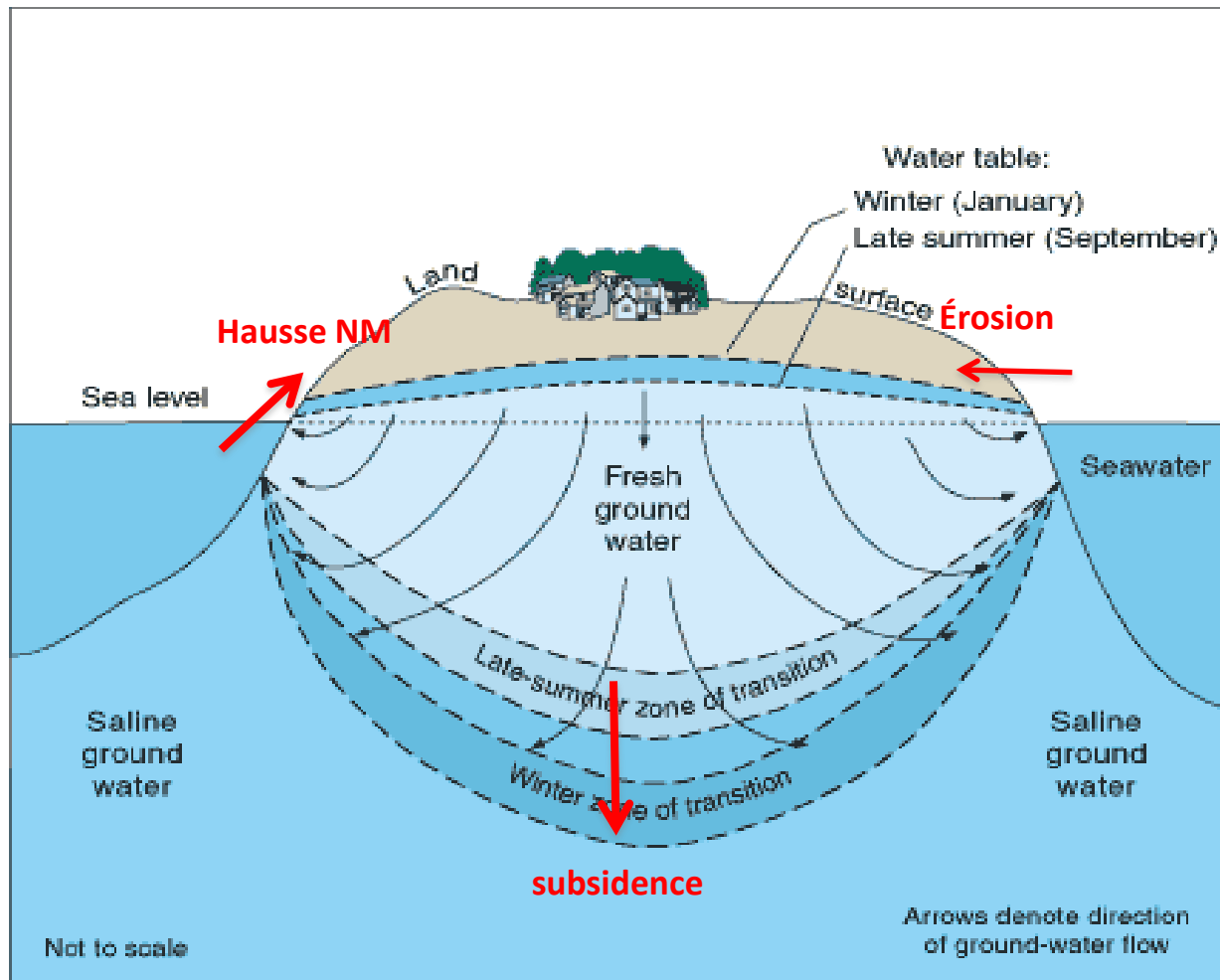
diffusion d'un contaminant non soluble et plus dense que l'eau  
Ex: solvant

La contamination du système aquifère:  
→ qualité

# Vulnérabilité des aquifères insulaires

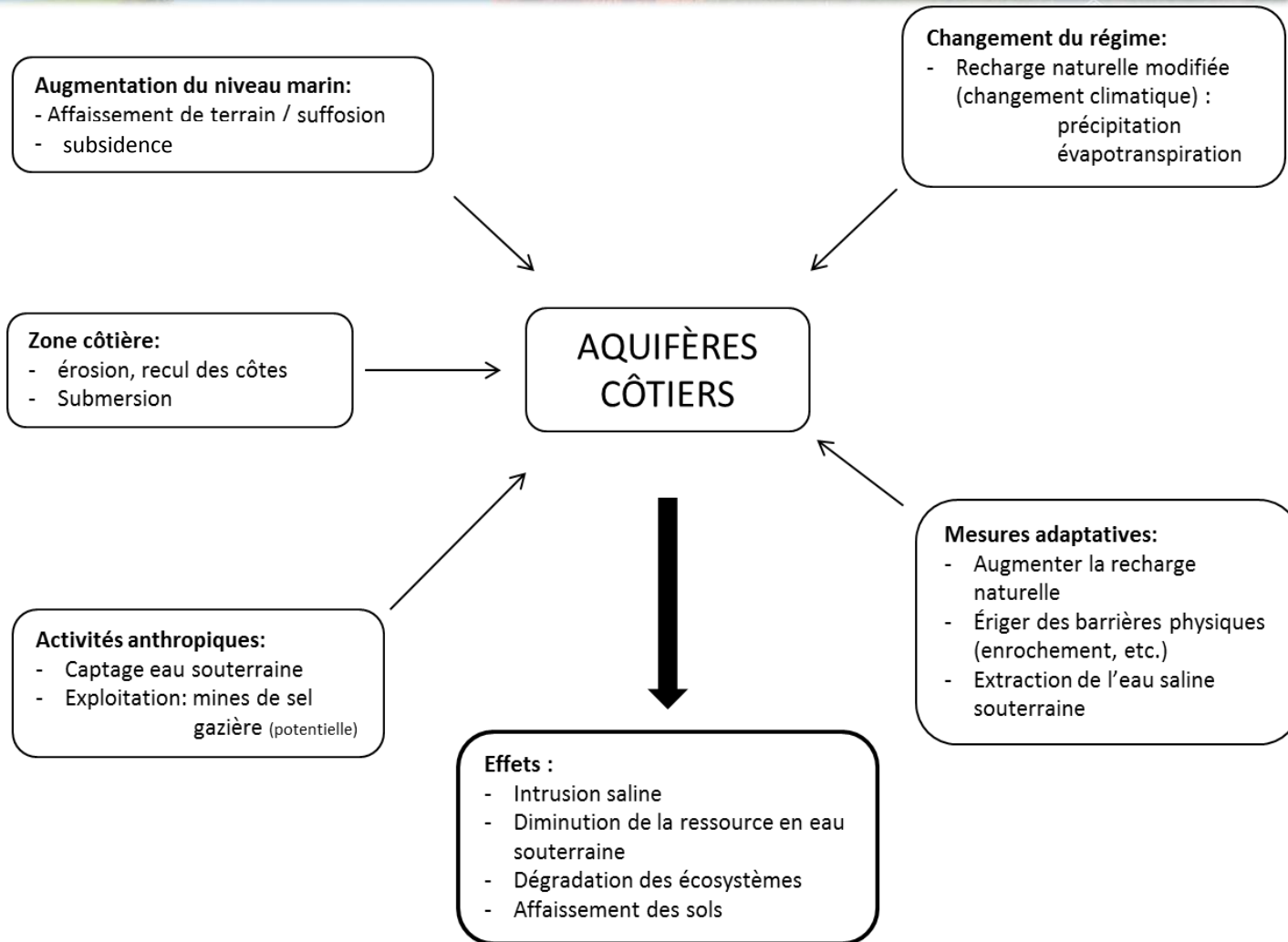
Les changements et aléas climatiques

→ quantité



Tiré du site de L'USGS

# Pressions et contraintes aux Îles



Résumé non exhaustif des variables et des contraintes qui affectent les aquifères côtiers (modifiée d'Oude Essink, 2001).



## **2- Portrait de la ressource en eau souterraine**

# Une ressource irremplaçable

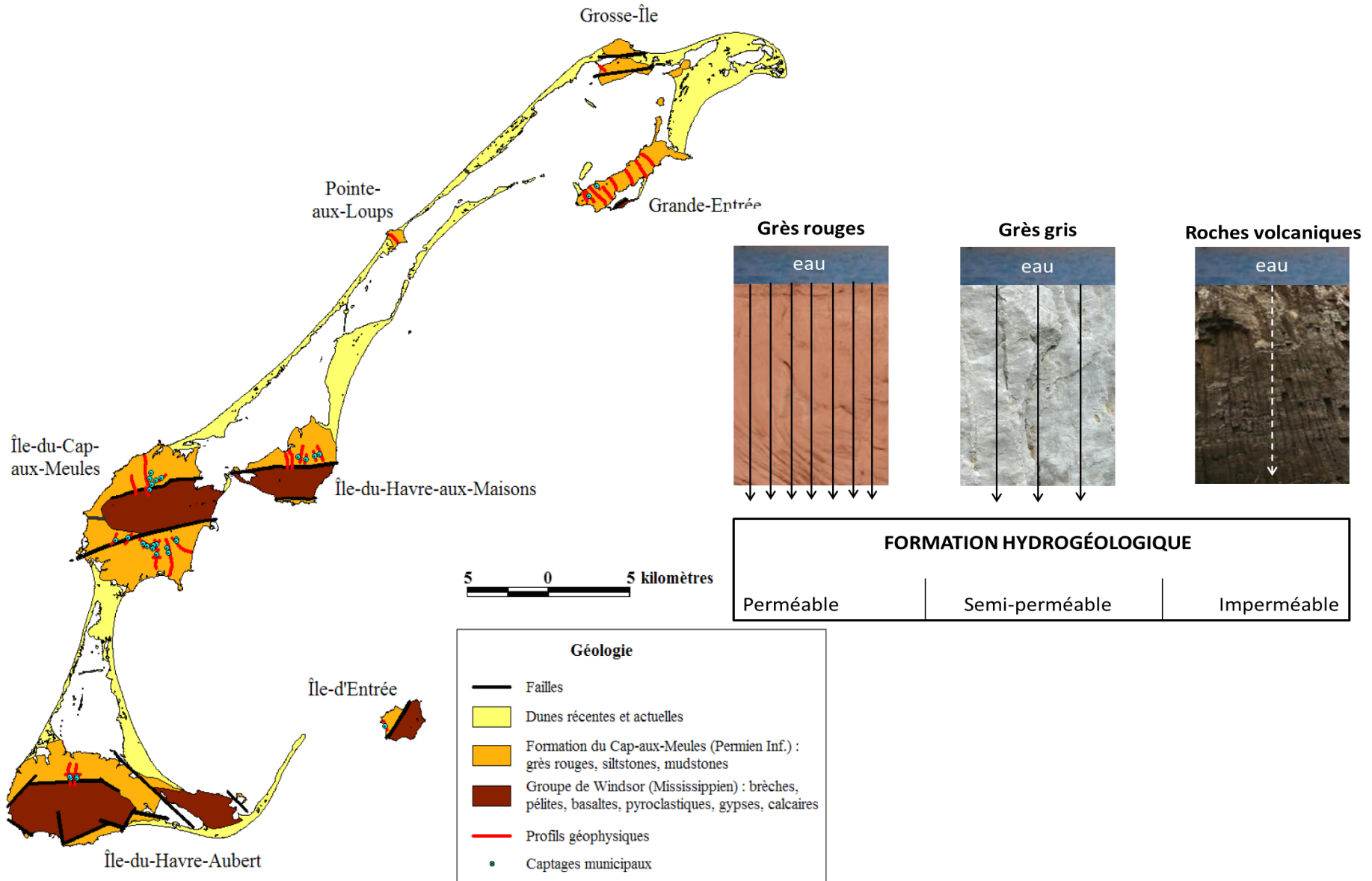


**Les eaux souterraines constituent la seule et unique source d'eau potable disponible pour la population des Îles-de-la-Madeleine. Elles représentent une ressource qui doit être qualifiée d'irremplaçable.**

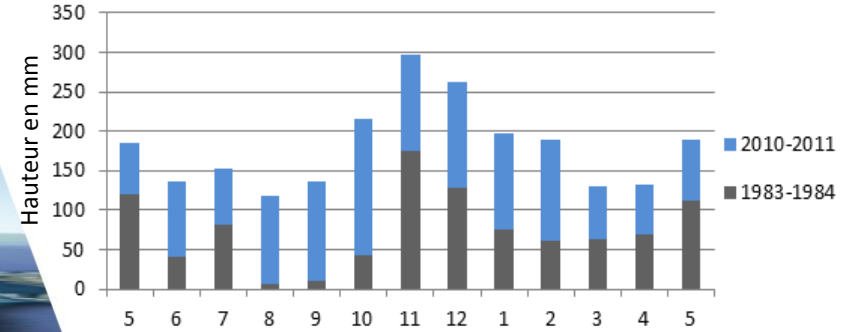
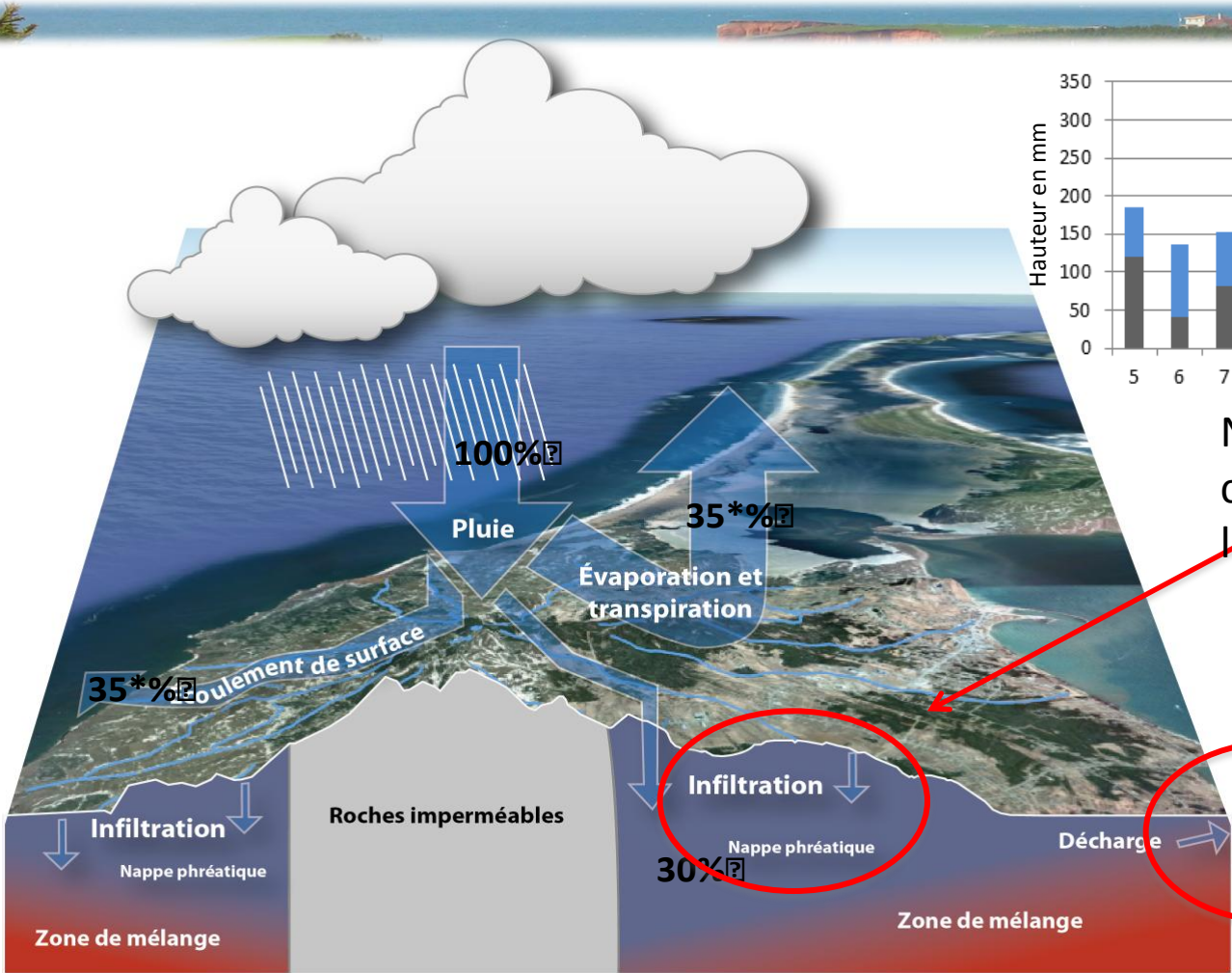
Suivant le Système de classification des eaux souterraines (MENV, 1999) utilisé au Québec, le caractère irremplaçable des eaux souterraines des Îles-de-la-Madeleine en fait une **ressource de classe I**.



# Les aquifères

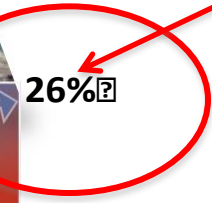


# Cycle hydrologique



Ne considère pas les changements observés dans les précipitations

Jamais mesuré



Bilan hydrologique et de la recharge des aquifères aux Îles-de-la-Madeleine. Les prélèvements par les puits complètent le bilan avec un 4 % d'extraction.

# Dynamique des eaux souterraines



La modélisation fait par le groupe Madelin'Eau a permis d'estimer :

- les temps de séjour et donc les **périmètres de protection** autour de chaque puits;
- la **profondeur** des aquifères;
- les niveaux piézométriques et donc **la direction des écoulements**;
- la **position de l'interface** eau douce/eau salée à partir des dômes piézométriques;
- les **risques actuels de contamination** par l'eau salée et les zones sensibles;
- la **capacité de pompage** et la simulation de possibles intrusions salines selon divers scénarios de pompage.

→ Simulations pour des conditions moyennes de recharge et de pompage.

# Dynamique des eaux souterraines



D'après les modèles:

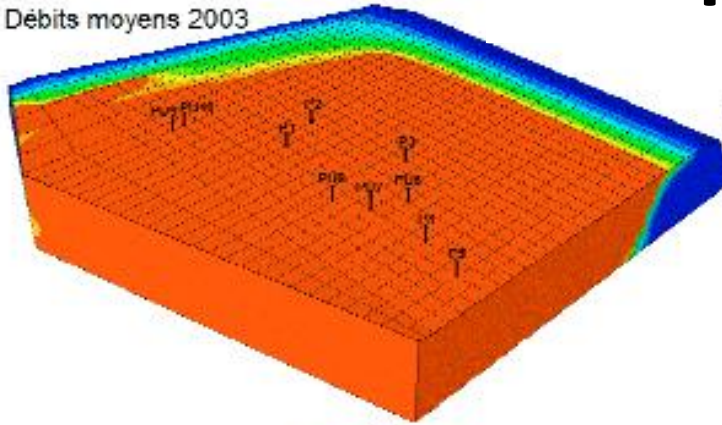
- Les captages municipaux et leurs réservoirs de distribution permettent de soutenir l'alimentation en eau potable des secteurs desservis, y compris l'été.
- La formation aquifère des grès rouges devrait suffire aux besoins en eau actuels et futurs des habitants des Îles-de-la-Madeleine.

De plus, des travaux mandatés par le MDDEFP sont en cours pour déterminer l'impact des changements climatiques sur:

- La position de l'interface eau douce / eau salée;
- La dynamique des aquifères.

# Risque de salinisation

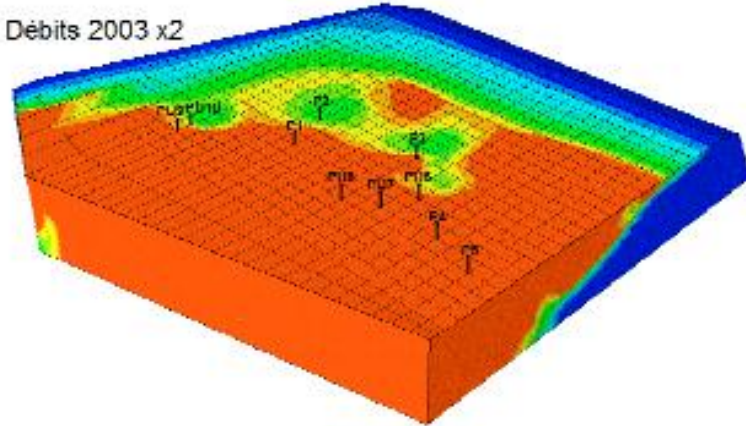
Débits moyens 2003



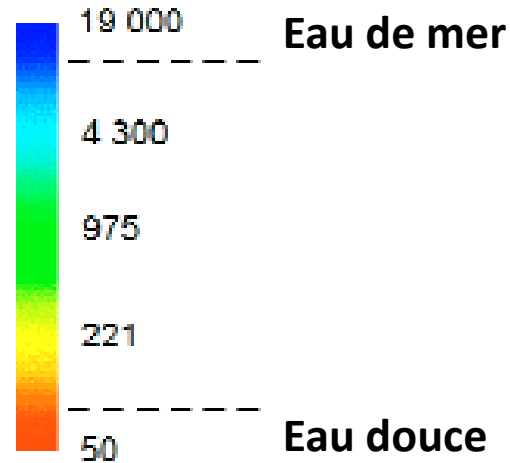
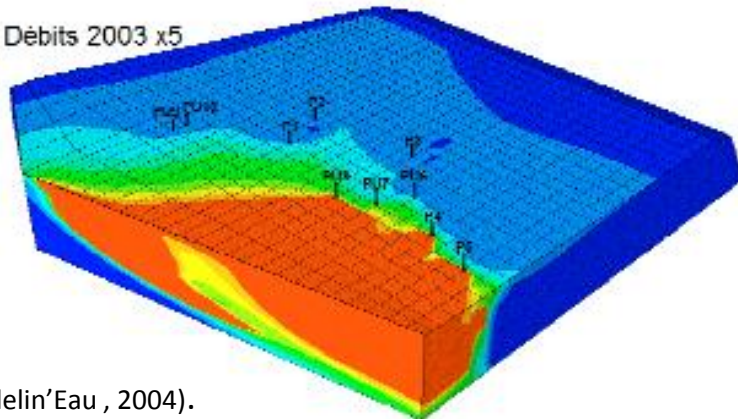
La localisation des puits et les débits de pompage jouent un rôle prédominant dans la dynamique des intrusions salines.

→ élaboration d'un plan d'exploitation par la Municipalité

Débits 2003 x2



Débits 2003 x5



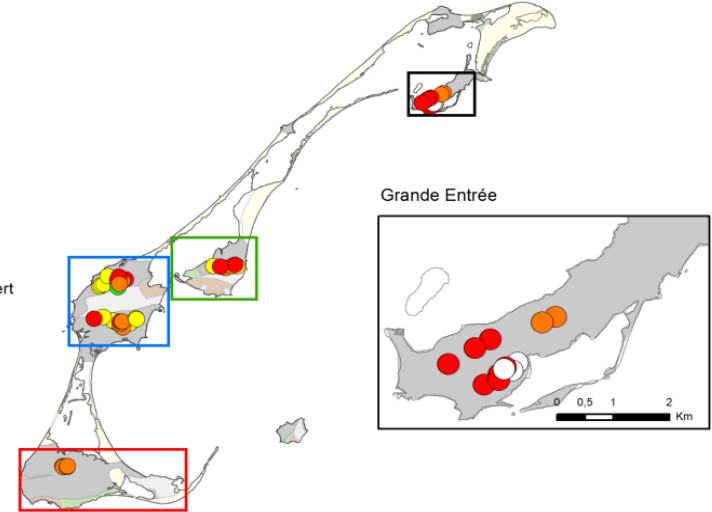
# Risque de contamination (DRASTIC)

≥100 : les propriétés du système aquifère ne garantissent pas une bonne protection contre l'infiltration et la migration de contaminants provenant de la surface du sol.

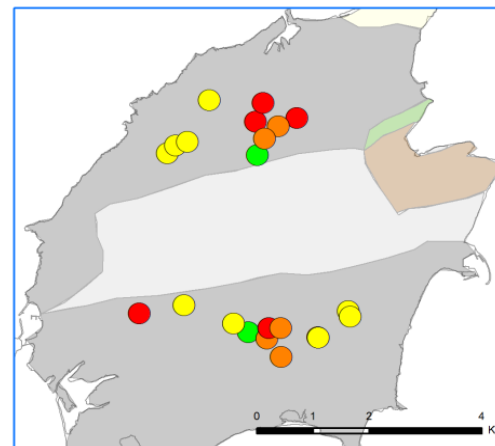
Puits avec indice DRASTIC

- Donnée non disponible
  - 100 et -
  - 101-115
  - 116-130
  - 130 et +
- Géologie

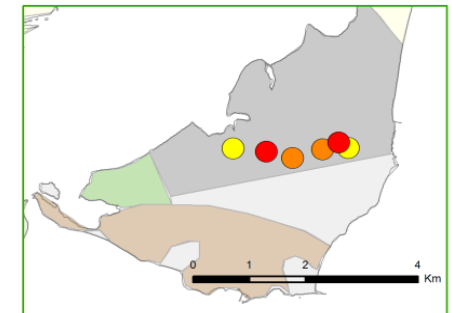
- Basalte, andésite
- Conglomérat, grès, mudstone rouge et vert
- Grès rouge et grès gris
- Argilite
- Sable, gravier, argile



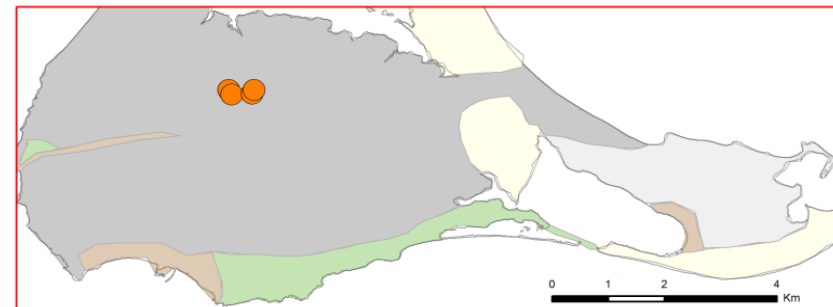
Île de Cap-aux-Meules



Havre-aux-Maisons



Havre-Aubert



# Qualité des eaux souterraines



L'eau douce souterraine est **d'excellente qualité** et répond aux exigences du Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP) et ce sans traitement, ou avec un traitement minimal (Ellis, 2012). À l'état naturel, l'eau souterraine de l'archipel est de très bonne qualité.



**3- Impacts potentiels des activités  
d'exploration /exploitation des ressources  
naturelles non renouvelables**

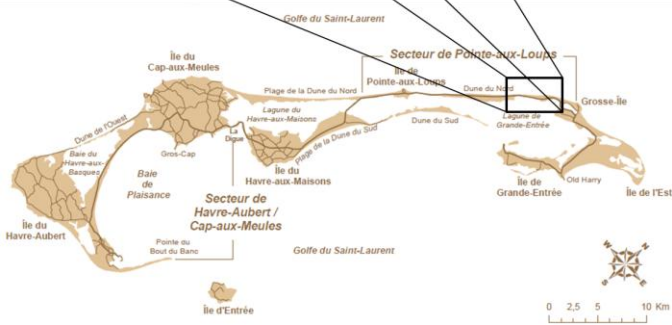


# Portrait des ressources

## Les ressources naturelles des Îles-de-la-Madeleine

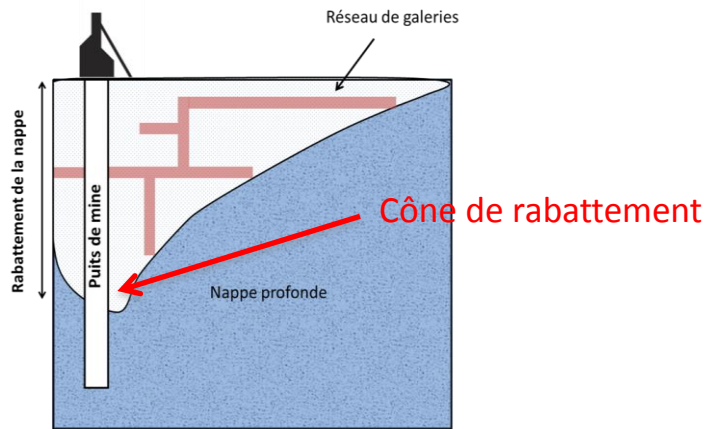
Ressources	Description	Exploitations actuelles et potentielles
<b>Forêt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploitation massive au début de la colonisation.</li> <li>• Occupation actuelle d'environ 27 % de la surface de l'archipel.</li> <li>• Problème de reboisement naturel et anthropique, car climat difficile (maritime humide avec forts vents) et forte compétition d'herbacées.</li> <li>• Forêt jeune et en reconstruction.</li> <li>• Composante essentielle pour la sauvegarde des IDM, car ralentit l'érosion.</li> <li>• Peuplements de sapins et d'épinettes qui peuvent atteindre une taille commerciale à l'abri du vent, sinon rabougries.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune exploitation commerciale actuellement.</li> <li>• Augmentation du reboisement.</li> <li>• Coupes d'assainissement et éclaircies précommerciales.</li> <li>• Augmenter le nombre d'essences non conventionnelles (mélèze larcin, bouleau à papier, peuplier faux-tremble, peuplier hybride, pin noir et cèdre).</li> <li>• Augmenter la proportion de feuillus dans les plantations et dans les peuplements naturels.</li> <li>• Sensibilisation de la population à l'importance de la ressource.</li> </ul>
<b>Faune</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faune terrestre et dulcicole (uniquement l'Omble de fontaine) peu abondante.</li> <li>• Faune aviaire (plus de 300 espèces) et marine riche (mammifères marins : phoques, rorquals, dauphins, marsouins).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chasse et pêche récréative uniquement.</li> <li>• Observation (mammifères marins et oiseaux).</li> </ul>
<b>Mines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trois grands diapirs de sel d'âge carbonifère ont été localisés aux Îles.</li> <li>• La ressource en gravier, en terre et en agrégats se trouve dans le noyau rocheux de chacune des îles.</li> <li>• La ressource en sable se trouve dans le milieu dunaire.</li> <li>• On retrouve aussi du quartz, du gypse et de la magnésite sur le territoire des Îles-de-la-Madeleine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploitation de gisements de sel par la compagnie Mines Seleine depuis 1982.</li> <li>• Par le passé, l'exploitation des carrières et des sablières était peu ou pas contrôlée ce qui a entraîné une altération du paysage ainsi que la déstabilisation du milieu dunaire déjà fragile.</li> <li>• Potentiel intéressant en pierre architecturale, en minéraux industriels et en matériaux de construction.</li> </ul>
<b>Énergie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indices de gaz naturel dans le sous-sol des Îles-de-la-Madeleine.</li> <li>• Omniprésence du vent sur l'archipel. Le régime des vents dans l'archipel est propice au développement de l'énergie éolienne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potentiel d'exploitation de gaz naturel.</li> <li>• Potentiel d'installation d'un parc éolien communautaire (5-7 MW).</li> </ul>

# Exemple d'une ressource naturelle exploitée



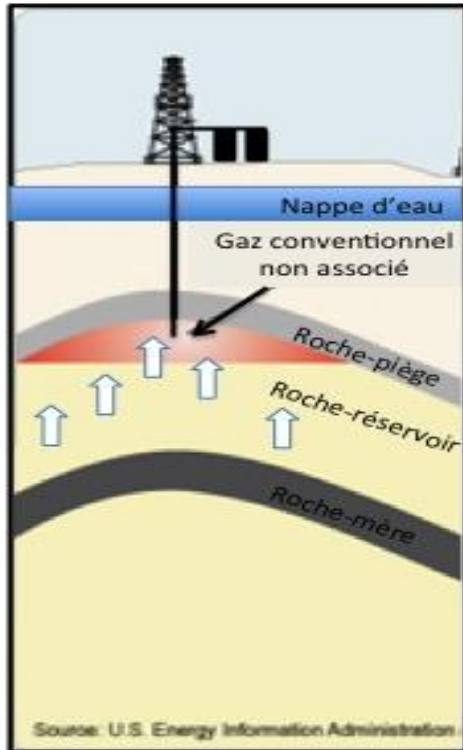
Gisement de sel exploité par Mines Seleines depuis 1982

- **puits de rabattement** servant à éliminer l'eau des galeries sont une des principales pressions qui s'exercent sur la nappe phréatique
- **Incidents**
- Mais d'après les données hydrogéologiques obtenues sur le réservoir aquifère de Grosse-Île, le volume et la potabilité des eaux souterraines ne sont **pas compromis** par l'exploitation des dômes de sel



Rabattement de la nappe phréatique lors de l'exploitation d'une mine (modifiée du BAPE, 2005).

# Exemple d'une ressource naturelle exploitable



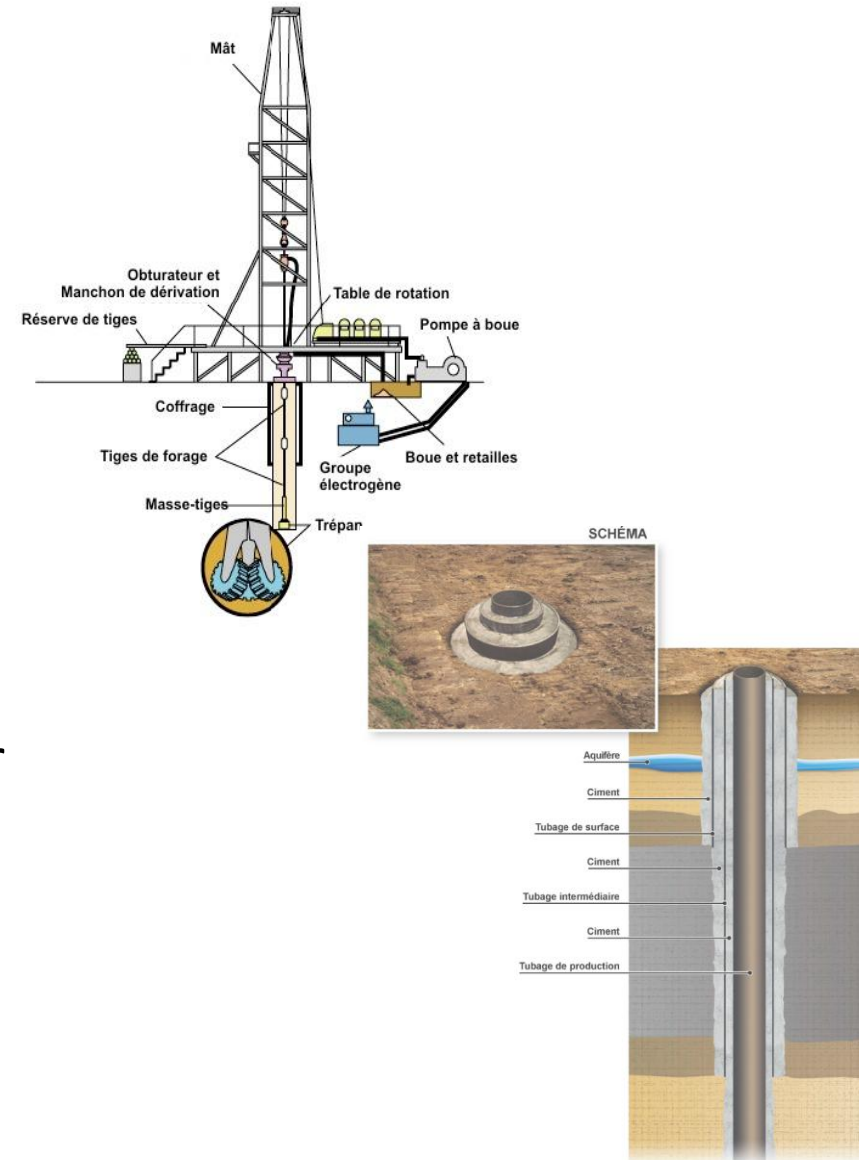
- le gaz potentiellement exploitable correspond à un **gaz naturel conventionnel non associé**. Les techniques de forage pour explorer et exploiter ces gisements sont conventionnelles.
- Les étapes de réalisation de l'exploration puis de l'exploitation sont encadrées par **des règlements** et l'obtention de divers **permis ou autorisations** selon les travaux menés. Les lois et règlements des ministères encadrent chaque étape.
- **Différencier les activités** liées à l'exploration de celles liées à l'exploitation.
- Différencier les **impacts potentiels directs** des **impacts potentiels indirects**

Forage de gaz conventionnel direct dans une poche de gaz. Les flèches blanches montrent la migration du gaz de la roche-mère vers et au sein d'une roche-réservoir.

# Exemple d'une ressource naturelle exploitable

## *Impacts potentiels liés aux activités exploration*

- La préparation puis l'exécution des travaux de forage sont des **étapes cruciales** pour empêcher la **migration accidentelle** d'un fluide vers un autre réservoir perméable.
  - Après chaque phase de forage, un coffrage cimenté est mis en place pour assurer l'isolation des différentes couches géologiques.
- Impact potentiel direct sur la qualité.



# Exemple d'une ressource naturelle exploitable

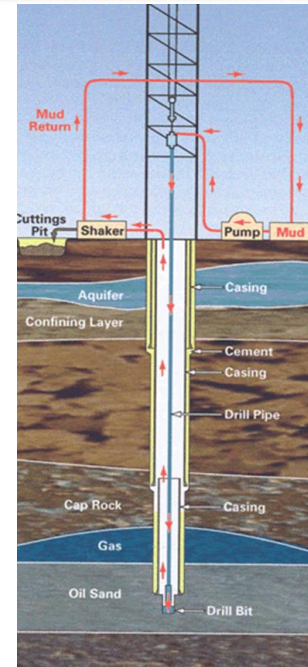
## *Impacts potentiels liés aux activités exploration*

- Volume d'eau nécessaire à la formation de boue utilisée lors du forage : **~200 à 300 m<sup>3</sup>** (salée ou douce) pour un puits de **~2000m**.
- **Consommation moy. annuelle = 187 m<sup>3</sup>**

→ Impact potentiel direct sur la quantité

- Le traitement des fluides de forage (quelques dizaines de m<sup>3</sup>) et déblais (~100 m<sup>3</sup>).
- Les fluides de forage sont tamisés et les eaux sont entreposées dans des bassins et des cuves. Cet entreposage peut se faire sur le site ou à l'extérieur de ce dernier.

→ Impact potentiel indirect sur la qualité (indices DRASTIC >100 = risques élevés).



# Exemple d'une ressource naturelle exploitable



## *Impacts potentiels liés aux activités exploitation: dépend de l'ampleur des projets*

Durant la phase d'exploitation, les travaux de forage et d'aménagement du puits n'ont plus cours;

→ la contamination indirecte des eaux souterraines par éruption ainsi que la contamination directe par la migration des fluides demeurent potentielles.

La phase d'exploitation nécessite la mise en place:

- 1- du coffrage de production;
- 2- d'infrastructures de stockage et de transport ;

→ Impacts potentiels locaux sur la qualité ou la quantité des eaux souterraines.

# Le risque zéro n'existe pas

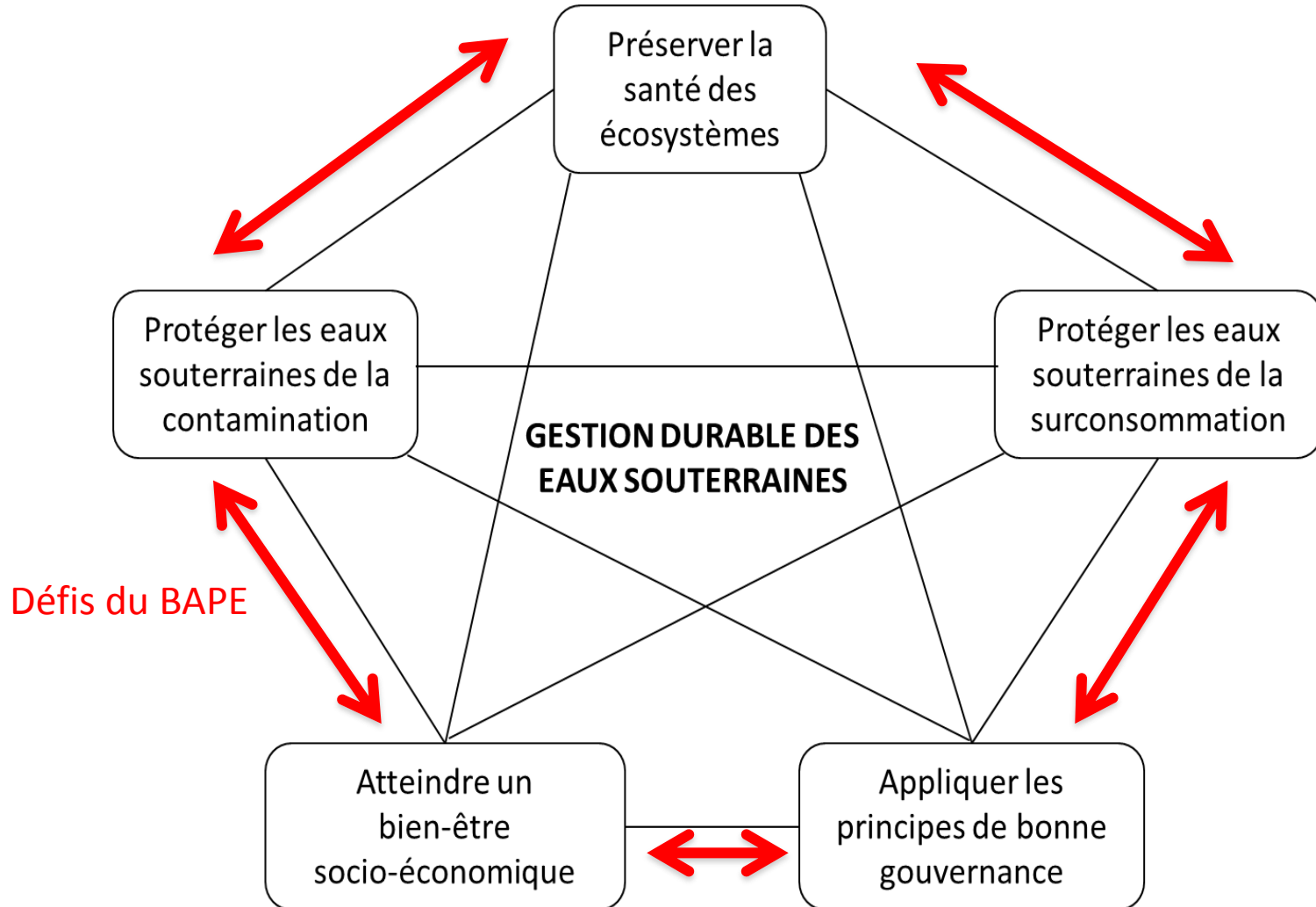


Les activités, l'installation et la fermeture des infrastructures sont sujettes à une réglementation stricte qui limite les risques. Cependant chaque projet engendre des impacts spécifiques sur les aquifères qui doivent être considérés.

## **4- Gestion durable : un enjeu local**



# Gestion durable...



Pentagone de la gestion durable des eaux souterraines (tirée du Conseil des Académies Canadiennes, 2009).

# Un défis de taille...

## ***Allier développement énergétique et gestion durable des eaux souterraines en milieu insulaire?***

L'énergie est un enjeu fondamental du développement durable.

*« La forte dépendance énergétique des petites îles envers les énergies fossiles importées les rend très vulnérables par rapport aux fluctuations des cours internationaux puisque leur approvisionnement peut être interrompu ou limité en cas de crise. Dans une perspective de développement durable, l'évolution souhaitée implique le développement local des énergies renouvelables et une maîtrise de l'énergie optimisée, l'objectif étant de réduire la dépendance énergétique, voire même de retrouver **l'indépendance énergétique**, tout en fournissant aux populations une énergie propre, disponible et à meilleur prix ».*

Christian Bouchard,

directeur du Département des sciences de l'environnement de l'université Laurentienne, dans son étude sur la  
**Transition énergétique dans le contexte des petits États et territoires insulaires (2009)**

→ il est impossible aujourd'hui d'ignorer les liens entre sécurité, changements climatiques et contraintes environnementales (Hallegate et Ambrossi, 2006 ; Carius *et al.*, 2008).

# Enjeux de conciliation

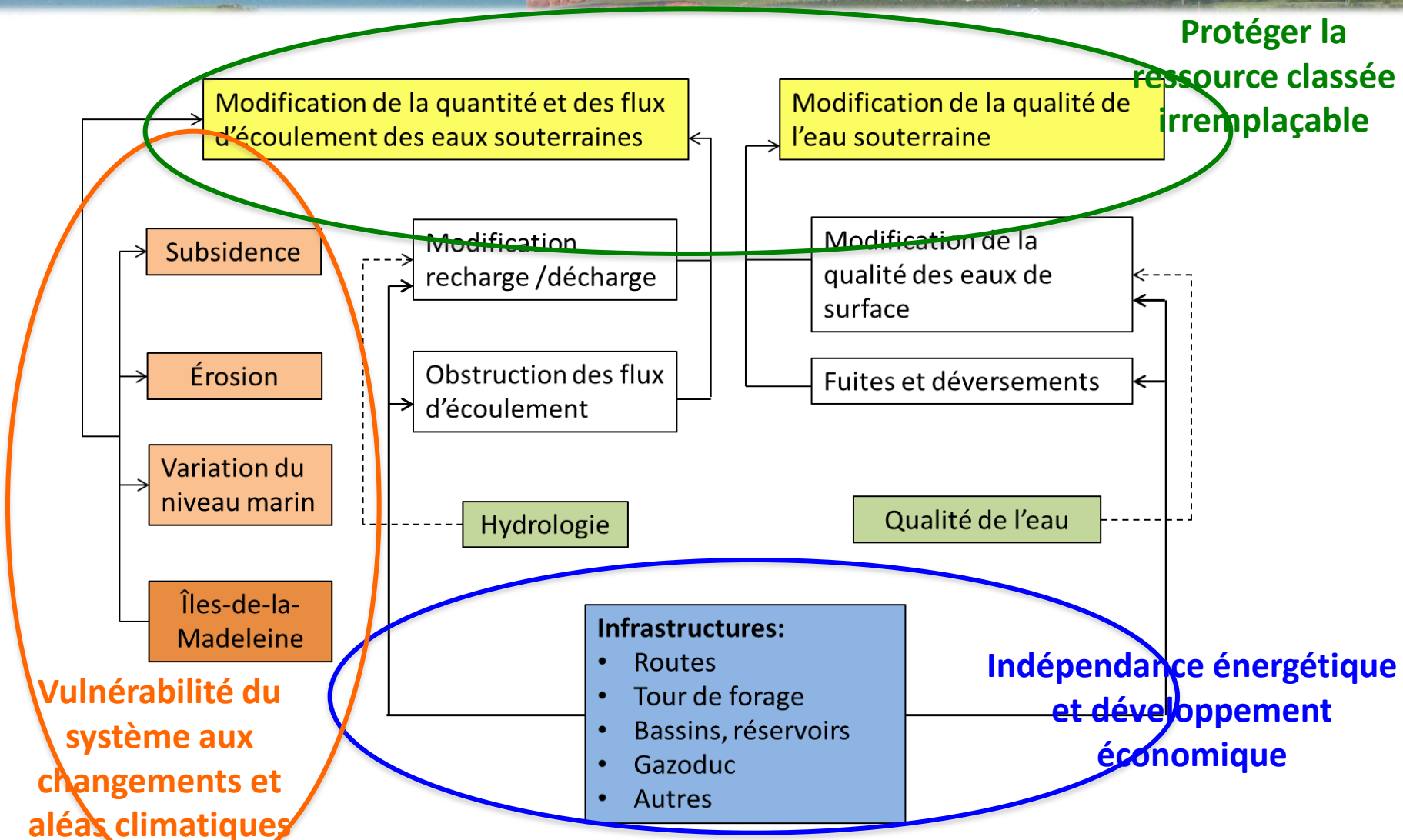


Diagramme résumant les impacts potentiels environnementaux liés aux **aléas** naturels et aux infrastructures nécessaires aux phases d'exploration et d'exploitation du gaz naturel pouvant affectés les eaux souterraines (modifiée de Mackenzie Gas Project 2004)