

Sous la direction de

Philippe Archambault · Irene R. Schloss · Cindy Grant · Steve Plante

# LES HYDROCARBURES DANS LE GOLFE DU SAINT-LAURENT

Enjeux sociaux, économiques  
et environnementaux



*J'ai pris souffle dans le limon du fleuve  
Je suis la terre et je suis la parole  
Le soleil se lève à la plante de mes pieds  
Le soleil s'endort sous ma tête  
Mes bras sont deux océans le long de mon corps  
Le monde entier vient frapper à mes flancs  
J'entends le monde battre dans mon sang  
Je creuse des images dans la terre  
[...]  
Je suis mémoire je suis avenir  
[...]  
C'est le fleuve qui revient d'océan chaque soir  
Et c'est l'océan qui tremble dans chaque regard  
C'est ici le plus beau paysage du monde.*

Gatien Lapointe, *Ode au Saint-Laurent* (1961)

## LES HYDROCARBURES DANS LE GOLFE DU SAINT-LAURENT

Enjeux sociaux, économiques et environnementaux

© Notre Golfe, 2017

ISBN : 978-2-9817103-0-7

### Citation du document :

Archambault P, Schloss IR, Grant C, Plante S (2017) Les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent - Enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Notre Golfe, Rimouski, Qc, Canada, 324 p.

### Photo de couverture, mise en page graphique et recherche iconographiques :

Carole Petetin - carolepetetin.com

Le centre administratif de Notre Golfe se situe à l'Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Québec, Canada.

Le réseau intersectoriel Notre Golfe est appuyé par le programme Appui aux réseaux d'innovation du Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies.

Fonds de recherche  
sur la nature  
et les technologies  
Québec 

# Les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent

---

Enjeux sociaux, économiques et environnementaux

## SOUS LA DIRECTION DE

Philippe Archambault

Irene R. Schloss

Cindy Grant

Steve Plante



## Auteurs

---

Philippe Archambault, Département de biologie, Université Laval

René Audet, Département de stratégie, responsabilité sociale et environnementale, Université du Québec à Montréal

Barbara Bader, Département d'études sur l'enseignement et l'apprentissage, Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval

Danielle Boucher, Département des sciences infirmières, Université du Québec à Rimouski, Laboratoire de recherche sur la santé en région (LASER)

David Beauchesne, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Dominique Beaulieu, Département des sciences infirmières, Université du Québec à Rimouski, Laboratoire de recherche sur la santé en région (LASER); Centre de recherche du CHU de Québec, Axe Santé des populations et pratiques optimales en santé

Daniel Bourgault, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Mathieu Cusson, Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi

Jean-Yves Desgagnés, Module du travail social, Université du Québec à Rimouski

Dany Dumont, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Gustavo Ferreyra, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Peter Galbraith, Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada

Joëlle Gauvin-Racine, Laboratoire de recherche sur la santé en région (LASER)

Cindy Grant, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Claire Graziani-Taugeron, Université du Québec à Montréal

Kamelia Kolli, Faculté de droit, Université de Montréal

Karine Lemarchand, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Lily Lessard, Département des sciences infirmières, Université du Québec à Rimouski, Laboratoire de recherche sur la santé en région (LASER)

Maurice Levasseur, Département de biologie, Université Laval

Émilie Morin, Unité départementale des sciences de l'éducation, Université du Québec à Rimouski; Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval

Émilien Pelletier, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Steve Plante, Département sociétés, territoires et développement, Université du Québec à Rimouski

Jonathan Reeves-Latour, Université du Québec à Montréal

Irene R. Schloss, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski; Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, Argentina

Richard St-Louis, Département de biologie, chimie et géographie, Université du Québec à Rimouski

Geneviève Therriault, Unité départementale des sciences de l'éducation, Université du Québec à Rimouski

Hugo Tremblay, Faculté de droit, Université de Montréal

Réjean Tremblay, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Jonathan Verreault, Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, Centre de recherche en toxicologie de l'environnement (TOXEN)

Jean-Philippe Waaub, Département de géographie, Université du Québec à Montréal

Sebastian Weissenberger, Institut des sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal

## Remerciements

Nos remerciements vont d'abord aux auteurs et aux réviseurs des chapitres du livre. Merci d'avoir couché sur papier les efforts d'intersectorialité déployés par les membres du réseau Notre Golfe.

Nous souhaitons remercier tout particulièrement Serge Demers, qui a instauré la démarche et qui y a cru dès le départ, et Ariane Plourde d'avoir pris brillamment le relais.

Pour leur précieuse collaboration, nous remercions Sylvain Archambault, Pierre Boivin, Emmanuelle Bouchard-Bastien, Marc Boutet, Geneviève Brisson, Angela Carter, Frédéric Cyr, Mélanie Desrosiers, Anne Fauré, Michel Gosselin, Paule Halley, Agnieszka Jeziorski, Sandy Lamalle, Pierre Langlois, Diane Lavoie, Alain Legardez, Nicolas Lemaire, Michel Starr, Leandro Steinmander, Gaëlle Triffault-Bouchet, André Turmel et Jean-Paul Vanderlinden.

Nous sommes très reconnaissants à Carole Petetin pour son travail d'édition et à Stéphanie Tétreault pour la révision linguistique.

Nous remercions aussi chaleureusement les membres du comité éditorial pour leur implication dans le projet.

### Comité d'édition

Philippe Archambault | Université Laval  
René Audet | Université du Québec à Montréal  
Dany Dumont | Université du Québec à Rimouski  
Cindy Grant | Université du Québec à Rimouski  
Sandy Lamalle | Loyola Sustainability Research Centre, Concordia University  
Steve Plante | Université du Québec à Rimouski  
Irene R. Schloss | Université du Québec à Rimouski, Instituto Antártico Argentino  
Geneviève Therriault | Université du Québec à Rimouski

Nous souhaitons remercier nos partenaires institutionnels pour leur soutien au réseau Notre Golfe. Cet ouvrage a été rendu possible grâce à la participation financière du Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies, via le programme Appui aux réseaux d'innovation. Nous remercions également les regroupements stratégiques du FRQNT Québec-Océan, Ressources Aquatiques Québec et Geotop, l'Association de gestion halieutique autochtone Mi'gmaq et Malécite, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, l'Observatoire global du Saint-Laurent, le Campus Grenfell (Memorial University), l'Institut des sciences de la mer (Université du Québec à Rimouski) et l'Université du Québec à Rimouski.



# Table des matières

---



## INTRODUCTION

- Les enjeux de la gestion du Saint-Laurent
- L'exploitation des hydrocarbures
- L'émergence du réseau Notre Golfe
- Le livre et son contenu



## CHAPITRE 1

Exploitation des hydrocarbures du golfe du Saint-Laurent dans le contexte global de la crise climatique

*Sebastian Weissenberger, Jean-Philippe Waaub*



## CHAPITRE 2

Hydrographie du golfe du Saint-Laurent

*Daniel Bourgault, Peter Galbraith, Dany Dumont*



## CHAPITRE 3

Toxicité des hydrocarbures et impacts des déversements sur les organismes marins et leur environnement

*Mathieu Cusson, Philippe Archambault, Karine Lemarchand, Jonathan Verreault, Émilien Pelletier*



133

#### CHAPITRE 4

Impacts potentiels cumulés des facteurs de stress liés aux activités humaines sur l'écosystème du Saint-Laurent

*Irene Schloss, Philippe Archambault, David Beauchesne, Mathieu Cusson, Dany Dumont, Gustavo Ferreyra, Maurice Levasseur, Émilien Pelletier, Richard St-Louis, Réjean Tremblay*



167

#### CHAPITRE 5

Impacts sanitaires et sociaux de l'exploitation des hydrocarbures sur les populations côtières

*Lili Lessard, Dominique Beaulieu, Danielle Boucher, Jean-Yves Desgagnés, Joëlle Gauvin-Racine*



191

#### CHAPITRE 6

Projets et revendications des organisations de la société civile québécoise autour de l'exploration et de l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent

*René Audet, Claire Graziani-Taugeron, Jonathan Reeves-Latour*



215

#### CHAPITRE 7

Impact de la fragmentation du droit sur le développement des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent

*Hugo Tremblay, Kamelia Kolli*



247

#### CHAPITRE 8

Encadrer l'exploitation des hydrocarbures extracôtiers

*Dany Dumont, Cindy Grant, Irene Schloss*



275

#### CHAPITRE 9

Données environnementales commercialement sensibles. Une étude de cas

*Daniel Bourgault, Philippe Archambault, Émilien Pelletier, Steve Plante, Irene Schloss, Hugo Tremblay*



295

#### CHAPITRE 10

Éducation à l'environnement et au développement durable du Saint-Laurent. Principes, démarches éducatives et types d'engagement écocitoyen des jeunes

*Barbara Bader, Émilie Morin, Geneviève Therriault*



321

#### CONCLUSION

· À la lumière de cet ouvrage  
· Mot de la fin



# INTRODUCTION

*Nous sommes des riverains du fleuve.  
Nous connaissons le fleuve sous différentes lumières.  
Nous venons ici les rassembler.*

Le bassin, le fleuve et la communauté socioéconomique du Saint-Laurent, depuis les Grands Lacs jusqu'au golfe, sont parmi les plus importants au monde. Le fleuve Saint-Laurent est le troisième cours d'eau en Amérique du Nord, après le Mississippi et le Mackenzie. Avec sa superficie de près de 1,6 million de km<sup>2</sup>, il draine plus de 25 % des réserves mondiales d'eau douce. Aussi, 45 millions de Nord-Américains habitent le bassin du Saint-Laurent (30 millions aux États-Unis et 15 millions au Canada). Les activités maritimes de la plus longue voie navigable du monde (3 700 km) génèrent aujourd'hui plus de 30 G\$ US en revenus commerciaux dans les deux pays (Martin Associates, 2011) et ont entraîné, au fil du temps, des transformations majeures de ses systèmes social et écologique. La navigation hivernale y est réputée comme étant l'une des plus difficiles au monde en raison du froid, de la glace, des fortes marées, de la topographie et des conditions météo-océaniques changeantes.

Situés à la limite sud de la frontière subarctique, le Saint-Laurent et ses berges représentent une zone de productivité unique, parmi les plus riches du monde, qui abrite une grande biodiversité, des invertébrés aux cétacés, en passant par les oiseaux marins, dont plusieurs espèces sont menacées (Pêches et Océans Canada, 2005). Le Saint-Laurent est certes un système remarquable fournissant des services écologiques précieux, mais il est soumis à des pressions naturelles et anthropiques importantes.

Photo :  
S. Weissenberger

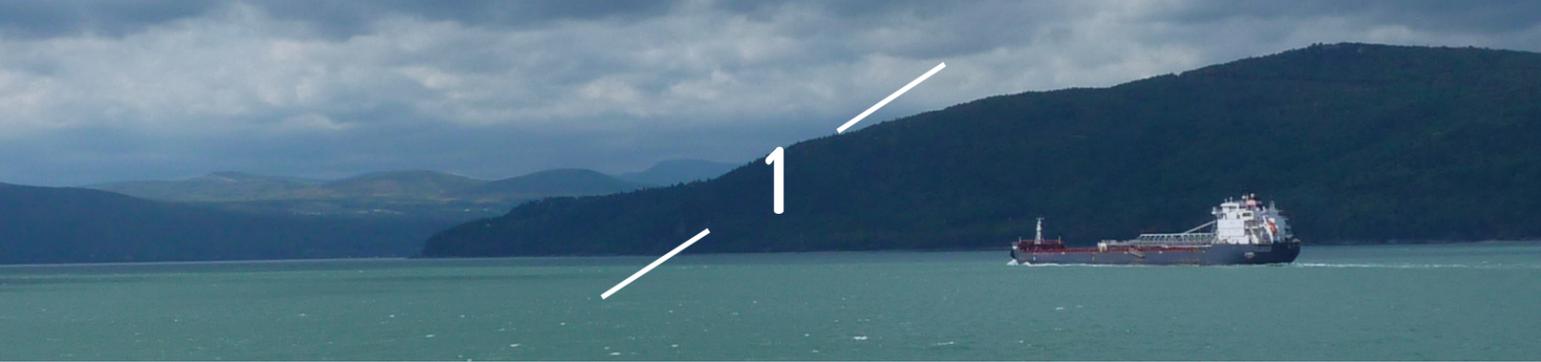


Photo : S. Weissenberger

## LES ENJEUX DE LA GESTION DU SAINT-LAURENT

Les enjeux relatifs à la gestion de ce système et des services qu'il nous rend sont nombreux, complexes et interreliés. Le Saint-Laurent nous fournit entre autres de l'eau, une voie de transport maritime, des fonctions de recyclage et de régularisation, des ressources naturelles tangibles, mais aussi un patrimoine intangible inestimable. Ces enjeux transcendent les frontières, qu'elles soient matérielles ou conceptuelles, et concernent une grande diversité d'acteurs individuels et institutionnels. La division traditionnelle et historique des champs du savoir et des compétences, en disciplines ou en secteurs, n'est souvent pas compatible avec les enjeux en conflit. La formulation de politiques publiques adéquates et efficaces à long terme nécessite l'adoption d'approches innovantes qui transcendent, comme les défis auxquels elles s'adressent, les frontières sectorielles et les structures décisionnelles.

Désormais, l'impact des activités humaines sur le climat global implique la dégradation de l'environnement et la perte de la biodiversité, mais aussi les questions de l'approvisionnement en ressources vitales, des mouvements de populations, de la santé des êtres humains et de la paix. L'appréhension du changement climatique et de ses conséquences, qui sont de plus en plus fréquemment observées (GIEC, 2014), presse davantage la reconsidération des cadres d'action disciplinaires, sectoriels et institutionnels. Des considérations déterminantes et inéluctables s'imposent alors aux différents acteurs du gouvernement, des affaires et de la société civile, par exemple les questions de diversification et de transition énergétiques, de mise en œuvre rapide de solutions pour contrer les effets néfastes associés aux changements climatiques ainsi que de protection de l'environnement

Le Saint-Laurent nous fournit entre autres de l'eau, une voie de transport maritime, des fonctions de recyclage et de régularisation, des ressources naturelles tangibles, mais aussi un patrimoine intangible inestimable.

et des populations. Le Plan d'action sur les changements climatiques 2013-2020 du Québec et les travaux du Sommet de Québec sur les changements climatiques en 2015 sont un pas dans cette direction en cherchant notamment à concerter, sur le plan vertical, différents paliers de gouvernance (local, provincial et fédéral). Sur un plan horizontal des domaines d'action, le chantier reste vaste pour l'articulation des différents domaines concernés. Dans

la perspective d'une gestion intégrée des ressources, des travaux ont été menés sur l'application de l'approche écosystémique à l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Savenkoff *et al.*, 2016). Certaines politiques publiques transversales peuvent être envisagées comme des démarches d'articulation dans la perspective d'une mise en cohérence de l'action publique pour la gestion du fleuve, notamment au regard du Plan d'action Saint-Laurent<sup>1</sup>. /



Photo :  
É. Pelletier

<sup>1</sup> Le Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026 est une entente entre les gouvernements du Canada et du Québec dont l'objectif est de favoriser la conservation et la mise en valeur du Saint-Laurent. Ce partenariat met en place des projets pour protéger la biodiversité du Saint-Laurent ainsi que pour assurer la pérennité de ses usages et la qualité de son eau. Les investissements s'inscrivent dans le cadre du nouveau programme 2016-2021 de l'Entente Canada-Québec sur le Saint-Laurent.



Photo : Berardo62 / Wikimedia

## L'EXPLOITATION DES HYDROCARBURES

Si c'est à partir de 1963 que les premiers travaux d'exploration ont été effectués dans le golfe et dans l'estuaire du Saint-Laurent par Hydro-Québec, en 1984, le rapport de la Société québécoise d'initiatives pétrolières (SOQUIP) conclut que le potentiel d'hydrocarbures n'est pas suffisant pour l'exploitation (Turmel, 2011). En 1995, la découverte de pétrole sur la côte ouest de Terre-Neuve relance les initiatives d'exploration dans la région et,



en 2002, le Plan d'exploration pétrole et gaz naturel au Québec 2002-2010 est alors formulé. Le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement publie, en 2004, un rapport du comité d'experts sur les enjeux environnementaux à cet égard dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Plus récemment, le contexte d'instabilité politique au Moyen-Orient, la forte croissance mondiale et l'augmentation des prix du pétrole ont conduit plusieurs pays, dont le Canada, à accroître leur capacité de production d'hydrocarbures, soit par l'exploitation de réserves, soit par l'exploration de gisements potentiels.

En 2006, l'administration fédérale du premier ministre Stephen Harper se donne comme mission de positionner le Canada comme une puissance énergétique émergente en créant un contexte législatif favorable au développement des hydrocarbures (Winfield, 2015). Au Québec, les politiques énergétiques adoptées au cours de la dernière décennie envisagent la filière des hydrocarbures comme une possibilité à laquelle il faut se préparer dans le but d'affranchir le Québec de sa dépendance énergétique au pétrole extérieur, de diminuer sa dette et de favoriser la croissance économique (Québec, 2006).

En février 2011, la compagnie néo-écossaise *Corridor Resources* annonce à l'Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers (OCTNLHE) son intention de procéder au forage d'un

puits d'exploration au prospect *Old Harry*, situé dans le sud-est du golfe du Saint-Laurent (figure 1). Ce dépôt engendre de très nombreuses réactions provenant de la société civile, qui fait part de ses inquiétudes quant aux potentiels effets négatifs liés au projet. La difficulté des ministères responsables et des experts consultés à établir clairement les risques et enjeux d'une éventuelle exploitation sur l'environnement force les ministres fédéraux de l'époque à demander à ce qu'un processus de consultation strict et exhaustif soit mis en place, et que les évaluations environnementales soient actualisées et

approfondies. Les évaluations environnementales stratégiques conduites par le Québec ainsi que la mise à jour de l'évaluation environnementale du projet *Old Harry* réalisée par *Corridor Resources* et ses consultants ont conduit à un constat quasi identique : les connaissances disponibles concernant l'écosystème du Saint-Laurent et son fonctionnement sont insuffisantes pour que la société et ses représentants élus ou nommés puissent prendre une décision éclairée quant à l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent (GENIVAR, 2013). /

Figure 1

Carte géopolitique de la région du golfe du Saint-Laurent.



— Zone économique exclusive (ZEE)

— Ligne de séparation des eaux territoriales de 1964

— Frontières entre États

----- Frontières provinciales



Photo : S. Weissenberger

## L'ÉMERGENCE DU RÉSEAU NOTRE GOLFE

Notre capacité à gérer le golfe du Saint-Laurent est fonction de notre compréhension des multiples relations et interactions qui régissent la dynamique du golfe. Les approches interdisciplinaires et intersectorielles sont désormais reconnues à la fois comme des modes de production des connaissances (Callard *et al.*, 2015), mais aussi comme des moyens de traduire les connaissances en action sur la société et l'environnement (Wagner *et al.*, 2011; Pedersen, 2016).

En 2013, des chercheurs du milieu universitaire se penchent sur la question de l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe. Une première étude indépendante et non gouvernementale de la dispersion d'hydrocarbures dans le golfe est réalisée (Bourgault *et al.*, 2014) et permet l'amorce



Photo : Katemangostar / Freepik

d'un dialogue entre les chercheurs de plusieurs disciplines et le grand public. En avril 2013, à l'initiative du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP, aujourd'hui MDDELCC, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques) et de l'Institut des sciences de la mer (ISMER) de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), une quarantaine de chercheurs et professionnels de différentes disciplines et provenant des milieux universitaire, gouvernemental (notons la participation importante du ministère fédéral des Pêches et Océans) et non gouvernemental tiennent un premier atelier visant la priorisation de la recherche et l'identification de moyens permettant d'aborder ces priorités de manière interdisciplinaire, c'est-à-dire en impliquant de façon synergique des chercheurs provenant de différentes disciplines afin de pousser plus avant les connaissances. Un second atelier, organisé un an plus tard, en avril 2014, implique cette fois des chercheurs des sciences naturelles et des sciences humaines et sociales dans le but de mettre en place un réseau intersectoriel qui permettrait d'aborder de telles questions environnementales complexes dans leur ensemble. Le réseau Notre Golfe voit le jour en janvier 2015 lorsque le Fonds de recherche du Québec – Nature et technologies (FRQNT) évalue positivement la proposition et accorde le financement principal (Archambault *et al.*, 2016).

En mai 2015, le réseau Notre Golfe organise un autre atelier de travail, réalisé dans le cadre du 83<sup>e</sup> Congrès de l'Association francophone pour le savoir (ACFAS) à Rimouski, et ouvert cette fois-ci au public. Plus de 75 participants y prennent part : chercheurs de différents horizons disciplinaires, représentants des ministères, membres de groupes écologistes et organisations, citoyens engagés, élèves du secondaire et étudiants universitaires. Tous inspirés par le thème « Sommes-nous prêts pour l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures ? », ils ont contribué à formuler les principaux enjeux et les questions prioritaires liés à l'éventuel

développement de cette filière. Plus de 70 questions ont été élaborées. Celles-ci ont par la suite été regroupées en 14 questions plus larges, mais suffisamment circonscrites pour que chacune puisse éventuellement faire l'objet de recherche et de réflexion scientifiques.

Le livre que nous vous présentons découle donc de ce processus de réflexion, qui se veut interdisciplinaire et transdisciplinaire, et de l'engagement de chercheurs désireux de favoriser le débat public sur la question des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. /





Mockup : C. Petetin

## LE LIVRE ET SON CONTENU

Le livre vise à la fois à synthétiser l'état des connaissances en relation avec ces aspects, à porter un regard réflexif sur ces données et à éclairer le champ de questions et d'enjeux d'ordre intersectoriel. Dix chapitres sont donc proposés dans cet ouvrage. Certains de ces chapitres dessinent le paysage des connaissances existantes, en référant aux ouvrages et documents pertinents. Certains relatent des résultats issus de la recherche en cours et d'autres présentent des résultats nouveaux obtenus à la confluence de différentes disciplines dans le cadre de la rédaction de l'ouvrage.

Weissenberger et Waaub (**chapitre 1**) ouvrent la réflexion en situant la question pétrolière dans le contexte global et analysent les options de développement de la filière des hydrocarbures dans la région du Saint-Laurent qui pourraient influencer les bilans d'émissions de gaz à effet de serre aux échelles provinciale, nationale et même internationale.

Afin de répondre aux interrogations soulevées par plusieurs concernant les conséquences d'un potentiel déversement majeur dans le golfe du Saint-Laurent, Bourgault, Galbraith et Dumont (**chapitre 2**) présentent quelques notions utiles de la physique des océans et du contexte du golfe. On y apprend notamment pour quelles raisons il est difficile de prévoir avec grande précision l'évolution d'un déversement de pétrole et quels pourraient être les impacts associés à de

possibles déversements dans le golfe du Saint-Laurent. Cusson, Archambault, Lemarchand, Verreault et Pelletier (**chapitre 3**) discutent plus spécifiquement des impacts potentiels des déversements sur les organismes et leurs habitats, sur le fonctionnement des écosystèmes marins et sur les services écologiques qu'ils procurent, et ce, en fonction des types de pétrole déversé, des méthodes d'intervention (p. ex., utilisation de dispersants ou nettoyage physique) et des diverses voies d'exposition, à la lumière des cas du naufrage de l'*Exxon Valdez* en 1989 et de l'explosion de la plateforme *Deepwater Horizon* en 2010.

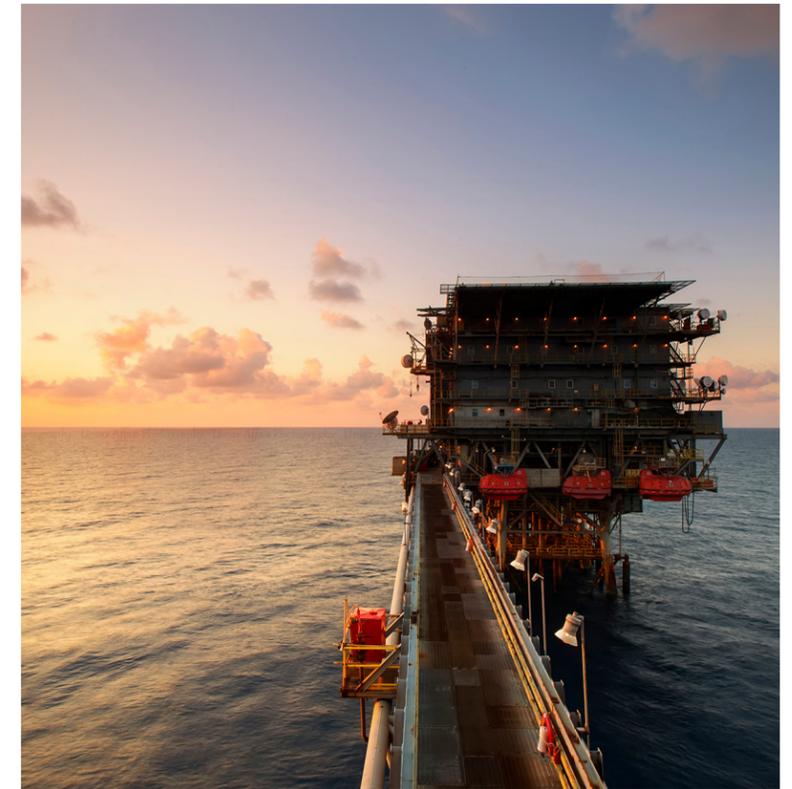


Photo : NOAA / FlickrR

La contamination par le pétrole n'est cependant pas l'unique source de perturbations pour l'écosystème. Schloss, Archambault, Beauchesne, Cusson, Fer-

reya, Levasseur, Pelletier, St-Louis et Tremblay (**chapitre 4**) font un survol des connaissances actuelles concernant les effets cumulés associés à la présence de multiples facteurs de stress agissant simultanément sur l'écosystème du Saint-Laurent. Alors que les effets associés à plusieurs facteurs sont mal ou pas connus, il en ressort que les effets cumulés sont encore moins bien documentés. De même, les effets sur la santé des populations, notamment sur le plan des impacts sociaux, sont souvent négligés dans le cadre d'études sur l'exploration et l'exploitation pétrolières. Lessard, Boucher, Desgagnés, Beaulieu et Gauvin-Racine (**chapitre 5**) effectuent un inventaire de la littérature sur les impacts sanitaires et sociaux pour les populations côtières, et mettent en relief ceux associés à l'effet *boomtown* et aux déversements accidentels d'hydrocarbures.

L'enjeu sociétal est d'autant plus déterminant que les risques identifiés sont importants, multiples et à long terme. Sur la scène publique, diverses organisations prennent la parole et portent différents messages. Audet, Graziani-Taugeron et Reeves-Latour (**chapitre 6**) présentent une analyse des postures adoptées par les groupes de la société civile autour de la question de l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. Une typologie d'acteurs est proposée et ceux-ci sont répertoriés selon les positions qu'ils soutiennent. Sur le plan du droit, Tremblay et Kolli (**chapitre 7**) établissent le cadre normatif de la gestion des ressources naturelles dans le golfe, et mettent en exergue les difficultés et importants enjeux relatifs à la détermination des juridictions dans le cas de fonds marins, notamment au regard de la décision et de l'imputation de la responsabilité. Dumont, Grant et Schloss (**chapitre 8**), quant à eux, font l'exercice de tenter de déterminer quelles seraient les meilleures pratiques en matière d'encadrement d'une éventuelle exploitation des



hydrocarbures dans un milieu extracôtier et d'en discuter dans le contexte canadien. Le cas particulier de la mer de Barents en Norvège est présenté, duquel sont dégagés des éléments de réponse.

La question de la communication et du traitement de l'information et des données scientifiques est un aspect crucial des controverses socio-techno-scientifiques. La transparence, pourtant jugée essentielle à la mise en œuvre de projets d'envergure, est parfois déficiente. Bourgault, Tremblay, Schloss, Plante et Archambault (**chapitre 9**) illustrent cet élément à l'aide d'un exemple impliquant *Corridor Resources*, selon qui il y aurait, dans le golfe du Saint-Laurent, des écoulements naturels persistants (suinements) de pétrole en provenance des flancs du prospect *Old Harry*. Les auteurs exposent dans ce chapitre les contextes juridique, économique et politique relatifs à la rétention d'information, puis posent un regard critique sur l'impact que cela peut avoir sur les prises d'importantes décisions de société.

L'ouvrage culmine avec une série de réflexions au sujet de l'exploitation de ressources dans la perspective de sa signification pour les nouvelles générations, en incluant dans ce contexte une étude sur l'éducation environnementale. Bader, Morin et Therriault (**chapitre 10**) présentent les fondements théoriques et les principes qui guident leurs travaux d'innovation pédagogique et de recherche en éducation aux sciences et à l'environnement ainsi qu'au développement durable. Pour illustrer leurs propos, ils discutent de la manière de mettre en pratique une éducation des jeunes qui les initie aux connaissances actuelles, aux pratiques de recherche et à la complexité des enjeux soulevés dans le cas de l'exploitation des hydrocarbures, concernant la préservation et le développement durable du golfe du Saint-Laurent.



Si ce premier ouvrage du réseau Notre Golfe ouvre ainsi de nouveaux champs d'investigation, tout en prenant en compte différents travaux, il instaure aussi une nouvelle démarche et invite à poursuivre à l'avenir l'exercice de décloisonnement et de partage des connaissances scientifiques avec le public. Bien qu'au moment d'écrire ces lignes le climat politique semble un peu plus favorable à la protection des aires marines qu'au développement des hydrocarbures extracôtiers, la porte n'est pas totalement fermée. Les choix de société que nous sommes amenés à faire concernent aussi les générations futures et demandent qu'on poursuive la recherche sur le Saint-Laurent et l'éducation au fleuve dans une perspective qui devra transcender les frontières disciplinaires et sectorielles. /

## BIBLIOGRAPHIE

- Archambault, P., Grant, C., Audet, R., Bader, B., Bourgault, D., Cusson, M., Doyon, S., Dumont, D., Lamalle, S., Lévasseur, M., Morin, É., Pelletier, É., Schloss, I.R., St-Onge, G., Therriault, G., Tremblay, H., Tremblay, J.-É., Tremblay, R., Plante, S., 2016. Notre Golfe : l'émergence d'un réseau intersectoriel pour l'étude de l'environnement socio-écologique du golfe du Saint-Laurent. *Le Naturaliste canadien*, 140(2) : 41-44, doi:10.7202/1036502ar.
- Bourgault, D., F. Cyr, D. Dumont, A. Carter, 2014. Numerical simulations of the spread of floating passive tracer released at the Old Harry prospect, *Env. Res. Lett.*, 9(5), doi:10.1088/1748-9326/9/5/054001.
- Callard, F., Fitzgerald, D., Woods, A., 2015. Interdisciplinary collaboration in action: Tracking the signal, tracing the noise. *Palgrave Communications*, 1 : 1-7, doi:10.1057/palcomms.2016.36.
- GENIVAR, 2013. Évaluation environnementale stratégique sur la mise en valeur des hydrocarbures dans les bassins d'Anticosti, de Madeleine et de la baie des Chaleurs. Rapport de GENIVAR au ministère des Ressources naturelles. 660 pp. et annexes.
- Groupe intergouvernemental d'expert sur le climat (GIEC), 2014. Rapport sur les Changements climatiques – Incidences, adaptation et vulnérabilité, Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC, 2014.
- Martin Associates, 2011. The economic impacts of the Great Lakes – St. Lawrence System, Lancaster, PA, USA, 98 pp.
- Pêches et Océans Canada, 2005. Le Golfe du Saint-Laurent, un écosystème unique. Plateforme pour la gestion intégrée du Saint-Laurent. ISBN 0662-69499-6, 30 pp.
- Pedersen D.B., 2016. Integrating social sciences and humanities in interdisciplinary research, *Palgrave Communications*, doi:10.1057/palcomms.2016.36.
- Gouvernement du Québec, 2006. L'énergie pour construire le Québec de demain, La Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune.
- Savenkoff, C., Gagné, J.A., Gilbert, M., Castonguay, M., Chabot, D., Chassé, J., Comtois, S., Dutil, J.-D., Galbraith, P.S., Gosselin, J.F., Grégoire, F., Larocque, R., Larouche, P., Lavoie, D., Lebeuf, M., Lesage, V., Maps, F., McQuinn, I.H., Mosnier, A., Nozères, C., Ouellet, P., Plourde, S., Sainte-Marie, B., Savard, L., Scarratt, M., Starr, M., 2016. Le concept d'approche écosystémique appliqué à l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Canada), *Env. Reviews*, 25 : 26-96, doi:10.1139/er-2015-0083.
- Turmel, A., 2011. Pétrole et gaz dans le golfe du Saint-Laurent: de l'exploration à la production', *Bulletin Énergie*, Faskin Martineau, Montréal, 17 août.
- Wagner, C.S., Roessner, J.D., Bobb, K., Klein, J.T., Boyack, K.W., Keyton, J., Rafols, I., Börner, K., 2011. Approaches to understanding and measuring interdisciplinary scientific research, *J. Informetrics*, 5(1) : 14-26, doi:10.1016/j.joi.2010.06.004.
- Winfield, M., 2015. *Implementing Environmental Policy in Canada*, dans D. VanNijnatten, Ed., *Canadian Environmental Policy and Politics*, 4th Edition, Oxford University Press, Toronto.



## Exploitation des hydrocarbures du golfe du Saint-Laurent dans le contexte global de la crise climatique

---

**PAR** Sebastian Weissenberger

Institut des sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal

Jean-Philippe Waaub

Département de géographie, Université du Québec à Montréal

Les changements climatiques constituent à l'heure actuelle une des plus importantes préoccupations environnementales et le respect des engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris sur le climat est essentiel en vue de limiter leur ampleur. Autant le Canada que le Québec ainsi que les provinces Atlantiques se sont dotés de plans climatiques à moyenne échéance. Nous analysons ici l'impact du développement de la filière des hydrocarbures dans la grande région du Saint-Laurent, sur les bilans d'émissions de gaz à effet de serre à l'échelle provinciale, nationale et planétaire. Cette analyse comprend l'exploration et exploitation d'hydrocarbures (gaz naturel, pétrole) en milieux terrestre et marin dans la région du Saint-Laurent (fleuve, estuaire et golfe inclus), le transport d'hydrocarbures à travers la région, en particulier les oléoducs de pétrole brut provenant de l'Ouest canadien vers le Québec et le Nouveau-Brunswick, et le raffinage. Étant donné que les réserves exploitables d'hydrocarbures dans les différents gisements ne sont que peu connues, il est difficile d'effectuer une analyse quantitative à ce stade pour toutes les composantes du bilan d'émissions. Les émissions liées à l'exploration et l'exploitation d'hydrocarbures sur le sol québécois s'ajouteront évidemment au bilan d'émission provincial. Il en est de même pour les autres provinces Atlantiques. Ces émissions sont cependant dans la plupart des cas nettement inférieures à celles liées à l'utilisation finale des hydrocarbures, qui auront principalement lieu à l'extérieur de la province, et probablement du Canada. Il pourrait y avoir des effets de substitution limités par rapport à d'autres sources d'approvisionnement de pétrole ou d'autres formes d'énergie. Le transport par pipeline, sur le territoire québécois, de pétrole brut provenant de l'extérieur de la province, occasionne des émissions

Photo :  
D. Kalenitchenko

---

de gaz à effet de serre qui s'ajouteront également au bilan provincial du Québec. Il en est de même pour les autres provinces traversées par les pipelines. Cependant, le transport est une faible source d'émissions comparée à la production, au raffinage et à l'utilisation finale de ce pétrole. Étant donné que le pétrole brut provient de l'Ouest du Canada, les émissions occasionnées par sa production ne figurent pas dans le bilan d'émissions du Québec. Le raffinage, s'il était effectué dans les installations de Lévis ou de Montréal, alourdirait le bilan provincial, mais il existe de bonnes raisons de penser que le pétrole brut sera raffiné ailleurs, et probablement à l'étranger. L'impact climatique principal du pétrole vient de la consommation finale, qui aura principalement lieu à l'extérieur du Canada. À défaut d'alourdir les bilans d'émissions provinciaux ou national, l'utilisation de ce pétrole contribuera potentiellement à accélérer les changements climatiques. Cela dépend cependant de certaines hypothèses, notamment de savoir si l'utilisation de ce pétrole sera additionnelle à la consommation mondiale ou si elle se substituera à d'autres sources de pétrole et, dans le dernier cas de figure, comment les bilans d'émissions des différentes provenances de pétrole se comparent. Dans une perspective macroéconomique, il est certain qu'un investissement massif dans la filière des hydrocarbures mènerait à un lock-in technologique et économique et déterminerait les trajectoires énergétiques pour plusieurs décennies, aux dépens d'autres sources d'énergie ou de l'efficacité énergétique, ce qui est contradictoire aux objectifs climatiques annoncés par les provinces de l'est du Canada et par le gouvernement fédéral, et à la volonté exprimée par la communauté internationale, y compris le Canada, de limiter le réchauffement climatique à 2°C et préférablement 1,5°C.



## INTRODUCTION

Dans un contexte de changements climatiques qui se font de plus en plus sentir à l'échelle mondiale et d'adoption le 12 décembre 2015 de l'Accord de Paris sur le climat, nous voulons analyser de quelle manière le développement de la filière des hydrocarbures dans la grande région du Saint-Laurent pourrait modifier les bilans d'émissions de gaz à effet de serre (GES) aux échelles provinciales, nationale et planétaire. Dans cette analyse, nous considé-

rons l'extraction de combustibles fossiles (gaz naturel, pétrole) en milieux terrestre et marin dans la région du Saint-Laurent (fleuve, estuaire et golfe inclus) ainsi que le transport d'hydrocarbures vers la région, et spécifiquement les oléoducs de pétrole brut provenant de l'Ouest canadien vers le Québec et le Nouveau-Brunswick et son raffinage possible. Plusieurs facteurs sont à prendre en compte dans cette analyse. Outre les émissions directes reliées aux



## FAITS MARQUANTS

- Dans le contexte d'une éventuelle « transition énergétique » liée à la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre responsables des changements climatiques, les stratégies énergétiques basées sur des investissements massifs dans le secteur des hydrocarbures détermineront les trajectoires énergétiques pour des décennies à venir.
- Il n'existe aucune estimation fiable quant à la quantité totale de gaz à effet de serre que l'exploitation d'hydrocarbures pourrait ajouter aux totaux canadiens et québécois.
- Une partie des émissions de gaz à effet de serre sera comptabilisée dans les bilans provinciaux, mais les émissions liées à la production, au transport, au raffinage et à l'utilisation des hydrocarbures hors du territoire des provinces ou hors du Canada ne le sont pas, même si elles contribueront à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre.
- La substitution du charbon pour la production d'électricité ou du mazout pour le chauffage par du gaz naturel ferait diminuer les émissions de gaz à effet de serre; substituer l'hydroélectricité par du gaz naturel au Québec ferait au contraire augmenter ces émissions.

activités d'extraction, de transport et de transformation des hydrocarbures, il convient de considérer tous les effets indirects, c'est-à-dire la substitution de différentes formes d'énergie, de provenance d'hydrocarbures et de moyens de transport de ceux-ci, ainsi que l'impact de l'exploitation des hydrocarbures dans la région du golfe du Saint-Laurent et des investissements dans la filière des énergies fossiles sur les marchés nord-américains et mondiaux, et donc sur la consommation des hydrocarbures. Ce dernier aspect est particulièrement important puisque l'impact climatique principal des hydrocarbures provient de leur combustion, bien plus que des étapes d'extraction, de transport et de transformation. Or, la grande majorité des hydrocarbures provenant de la région du golfe du Saint-Laurent ou transitant par celui-ci est vouée à l'exportation. L'analyse complète est difficile à effectuer puisque beaucoup de données de base ne sont pas connues, en particulier les volumes d'hydrocarbures présents dans le sous-sol continental ou marin et donc de la production potentielle. Les effets indirects sont éga-

lement difficiles à anticiper, étant donné que leur évaluation repose sur un certain nombre d'hypothèses ne pouvant pas être validées *ad hoc*. Pour le Québec, il est certain que le développement de la filière des hydrocarbures causera une augmentation des émissions provinciales, étant donné que ces hydrocarbures ne peuvent pas remplacer d'autres combustibles à plus fortes émissions, sauf, dans une certaine mesure, dans les domaines du transport et de la consommation résidentielle et commerciale (substitution du pétrole par le gaz naturel). À l'échelle du Canada, l'enjeu principal est l'impact indirect de la réalisation du projet *Énergie Est* sur le développement des sables bitumineux de l'Ouest canadien, difficile à prévoir. À l'échelle mondiale, l'impact net dépendra surtout de savoir si les combustibles de la région du golfe du Saint-Laurent remplaceront d'autres combustibles fossiles – avec un bilan de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) peut-être plus important, d'où la réduction nette des émissions – ou s'ils s'ajouteront à la combustion mondiale, auquel cas les émissions planétaires augmenteraient en conséquence. /



Photo : Pixabay



## L'ACCORD DE PARIS ET LES EFFORTS INTERNATIONAUX

Le 12 décembre 2015, à Paris, les 195 participants à la 21<sup>e</sup> Conférence des Parties (CdP-21) de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) ont adopté par consensus l'Accord de Paris sur le climat, avec pour objectif de limiter le réchauffement climatique à 2°C et, si possible, à 1,5°C au-dessus du niveau préindustriel (UNFCCC, 2015a). La limite de 2°C avait en principe déjà été adoptée à la CdP-15 de Copenhague en 2009 comme cible à long terme pour le nouvel accord devant faire suite au protocole de Kyoto. Cette cible doit permettre de respecter l'objectif fondamental de la CCNUCC de 1992 qui est de « stabiliser [...] les concentrations de GES dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique » (Nations unies, CCNUCC, 1992, art. 2). La cible plus ambitieuse de 1,5°C avait été réclamée par certains pays particulière-

ment vulnérables et, en premier lieu, par les membres de l'Alliance des petits États insulaires (en anglais, *Alliance of Small Island States* ou AOSIS), voués à la disparition en cas de forte augmentation du niveau de la mer.

Afin d'atteindre cette cible, 186 pays ont, au cours de l'année 2015, déposé des plans de réduction d'émissions à long terme nommés « contribution décidée à l'échelle nationale » (en anglais, *intended nationally determined contribution* ou INDC). Ces cibles seront réévaluées tous les cinq ans à partir de 2020 afin de s'assurer qu'elles convergent vers l'objectif à long terme de 2°C (1,5°C), ce qui n'est pas encore le cas puisque les INDC annoncées jusqu'à ce jour ne se situent pas sur la trajectoire de réduction d'émissions de moindre coût permettant de respecter l'objectif de 2°C (UNFCCC, 2015b) et mèneraient plutôt vers un réchauffement planétaire moyen de 2,5 à 2,7°C (CAT, 2015). Cela représente tout de même une nette amélioration par rapport au réchauffement moyen de 3,6°C qui résulterait des politiques actuelles (CAT, 2015). En effet, les trajectoires d'émission de GES se situent loin des objectifs fixés lors des différents sommets climatiques. Depuis la conférence sur le climat de Toronto en 1988, qui a marqué le début de la mobilisation mondiale sur le climat (Fenech, 2013), les émissions de GES ont augmenté à un rythme fulgurant et se trouvent aujourd'hui à 60% au-des-

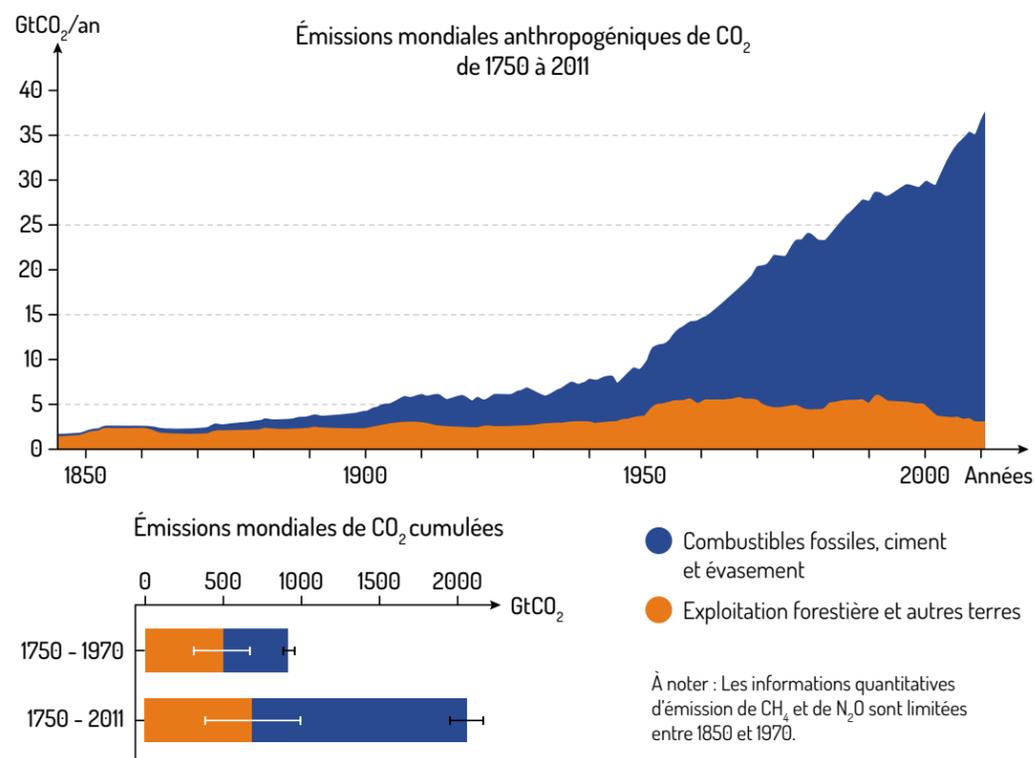


sus du niveau de 1990, bien loin de la cible fixée dans le protocole de Kyoto (5,2% de réduction en 2008-2012 par rapport à 1990). Le rythme des émissions de GES s'est accéléré au cours des deux dernières décennies ; son taux annuel est passé de 1,1% dans la décennie 1990 à plus de 3% durant la décennie 2000, dépassant ainsi tous les scénarios d'émission du 3<sup>e</sup> rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (Olivier *et al.*, 2014; Raupach *et al.*, 2007).

Le défi est de taille et l'action, urgente (Weissenberger *et al.*, 2015). Les émissions ainsi que les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> ont dramatiquement augmenté depuis le début de la révolution industrielle et de manière particulièrement prononcée au cours de la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle (figures 1.1 et 1.2). Afin de maintenir l'objectif de limiter l'augmentation globale moyenne de la température à 2°C au-dessus du niveau préindustriel, la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub> ne doit pas dépasser 450

parties par million (ppm), ce qui nécessite une réduction des émissions de 46% en dessous du niveau de 1990 ou de 53% en dessous de celui de 2005 jusqu'en 2050 (UNEP, 2011). La réponse de la température finale est très sensible au moment où les réductions d'émissions sont effectuées : retarder l'action de cinq ans (de 2020 à 2025) réduirait de 34 à 56% la probabilité de respecter la cible de 2°C; en revanche, l'avancer de cinq ans (de 2020 à 2015) augmenterait cette probabilité de 60% (Rogelj *et al.*, 2013). Il s'avère important de s'engager le plus rapidement possible dans la « bonne » voie. Bien sûr, ces conclusions ne sont pas fondamentalement nouvelles puisque, déjà en 1979, un rapport de l'Académie nationale des sciences, aux États-Unis, statuait qu'une politique attentiste pourrait signifier attendre jusqu'à ce qu'il soit trop tard (Charney *et al.*, 1979, traduction libre). Tous les rapports scientifiques depuis ont renforcé ce constat, dont les cinq rapports d'évaluation du GIEC et ceux des académies des sciences de plus de 80 pays (Cook *et al.*, 2016). /

**Figure 1.1**  
Émissions mondiales anthropogéniques de gaz à effet de serre (en équivalents CO<sub>2</sub>) sur la période 1750-2011. (D'après GIEC, AR5, 2014.)



**Figure 1.2**

Concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> mesurées à Mauna Loa, Hawaï, États-Unis (MLO) sur la période 1969-2016. (D'après NOAA, 2016.)

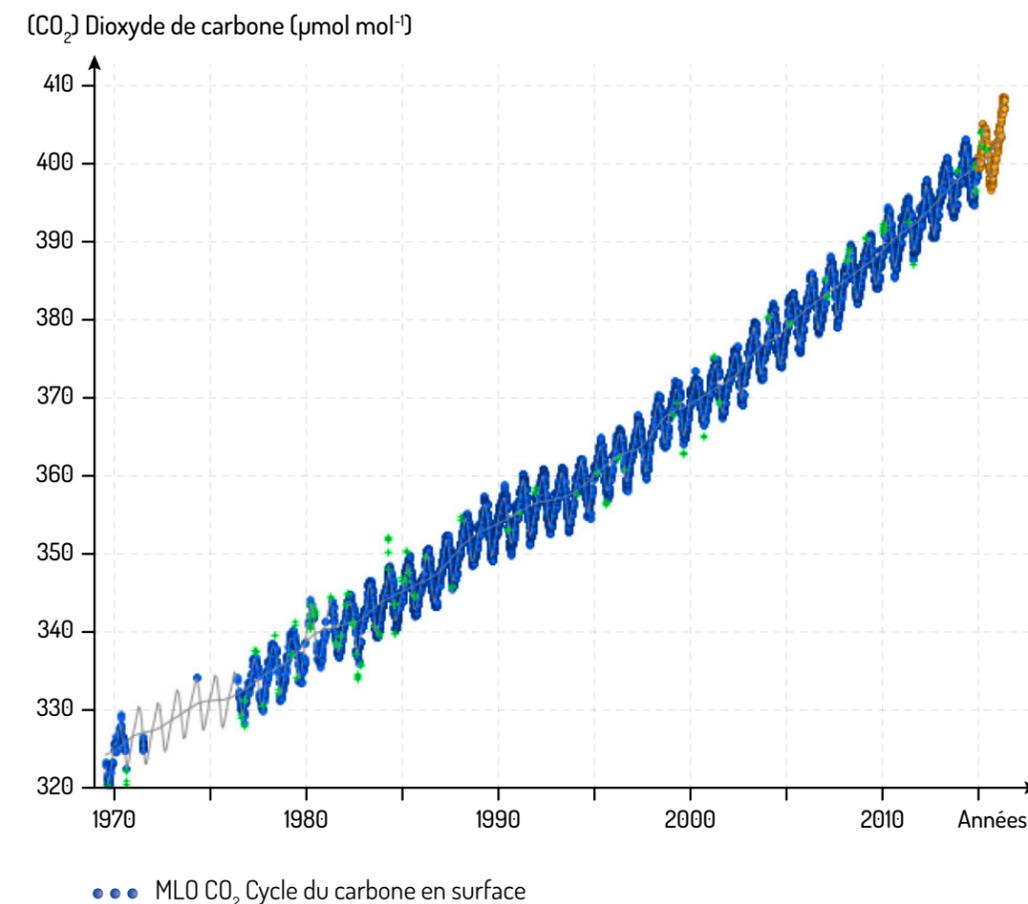




Photo : Pixabay

## LA FIN DE L'ÂGE DES COMBUSTIBLES FOSSILES ?

Le phénomène des changements climatiques est essentiellement le problème des combustibles fossiles. En 2010, 65 % des émissions de GES (mesurées en tonnes équivalent CO<sub>2</sub> ou t éq. CO<sub>2</sub>)<sup>1</sup> étaient dues au CO<sub>2</sub> émis par les combustibles fossiles, tandis que 11 % étaient dus au CO<sub>2</sub> provenant de la déforestation et des changements d'affectation des terres, le reste se répartissant sur les autres GES (Victor *et al.*, 2014). Au fil du temps, la part du CO<sub>2</sub> issu des combustibles fossiles a constamment augmenté, reflétant l'usage toujours croissant de ceux-ci par l'humanité. Ainsi, les émissions du secteur de l'électricité ont triplé, tandis que celles du secteur du transport ont doublé depuis 1970 (Victor *et al.*, 2014). Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de combustibles fossiles ont augmenté de manière exponentielle, passant de virtuellement 0 à plus de 30 Gt<sup>2</sup> de CO<sub>2</sub> par an (IEA, 2014). Les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> sont maintenant 40 %

plus élevées qu'avant l'ère industrielle (IEA, 2014).

Il n'est pas étonnant de constater que l'Accord de Paris est souvent assimilé à la fin de l'âge des combustibles fossiles et à la période de transition vers une économie décarbonisée<sup>3</sup>. Le calcul est simple. Selon les modèles climatiques, l'humanité peut émettre en tout (les émissions historiques cumulées) environ 1000 Gt de carbone<sup>4</sup> sous forme de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère pour pouvoir espérer limiter le réchauffement climatique à 2°C (Allen *et al.*, 2009; UNEP, 2014). Cette quantité représente le « budget carbone » de l'humanité, à ne pas dépasser sous peine de manquer la cible de 2°C. Or, depuis le début de l'industrialisation jusqu'à la première moitié du 21<sup>e</sup> siècle, 770 Gt de carbone ont déjà été émises, ne laissant qu'une marge d'environ 230 Gt de carbone à émettre, soit l'équivalent de 20 à 30 ans de consommation au rythme actuel (Friedlingstein *et al.*,

2010). Une analyse plus fine de chercheurs de l'Institut de recherche sur les effets du changement climatique de Potsdam, en Allemagne, conclut qu'en limitant les émissions à 272 Gt de carbone entre 2000 et 2050, on obtient une probabilité de 75 % de limiter le réchauffement à 2°C. En les limitant à 393 Gt de carbone sur la même période, la probabilité n'est plus que de 50 % (Meinshausen *et al.*, 2009).

Cependant, les réserves de combustibles fossiles dépassent de loin ce budget carbone. Les réserves connues des 200 principales compagnies de combustibles fossiles se chiffrent autour de 750 Gt de carbone (*The Economist*, 2013, citant Carbon Action Tracker, 2012)<sup>5</sup>, tandis que les ressources totales sont estimées entre 2 000 et 10 000 Gt de carbone. Il est clair qu'une grande partie de ces réserves doit rester sous le sol pour pouvoir limiter le réchauffement climatique à 2°C. Pour cette raison, on parle de « carbone imbrutable ». Cela signifie aussi qu'en continuant d'investir dans l'exploration et l'exploitation des produits carbonés, on est en train de créer une « bulle de carbone » aux conséquences économiques potentiellement désastreuses puisqu'une grande partie de ces investissements le seront en perte, si les ressources découvertes ne peuvent pas être utilisées. La taille de cette bulle est considérable puisque, durant l'année 2012 par exemple, les compagnies énergétiques ont investi 674 G\$ dans le développement de nouvelles ressources fossiles (*The Economist*, 2013, citant Carbon Action Tracker, 2012). Les conséquences économiques et sociales d'une telle bulle peuvent être jaugées à l'exemple de la crise du pétrole au Canada depuis 2014-2015.

Dans ce contexte, le rôle des subventions étatiques (sous forme de subventions directes, d'allègements fiscaux, de réduction des redevances, de recherche et développement subventionnée, d'aide à l'exportation, etc., mais sans inclure les externalités) doit aussi être reconsidéré. Celles-ci se situent autour de 490 à 775 G\$ US par an (en dollars américains courants) au cours des dernières années (Bast *et al.*, 2014; IEA, 2015), correspondant en 2011 à 0,7 % du produit brut mondial ou à 2 % du revenu des États (Clements *et al.*, 2013). La moitié est dédiée au pétrole. Ces subventions sont quatre fois plus élevées que celles attribuées aux énergies renouvelables ou à l'efficacité énergétique. En particulier, les 88 G\$ par an de fonds publics que les pays du Groupe des vingt (G20) dédient à l'exploration de nouvelles sources de pétrole, gaz naturel et charbon sont critiqués dans le contexte du budget « carbone imbrutable » (Bast *et al.*, 2014). C'est pour ces raisons que l'Agence internationale de l'énergie propose l'élimination des subventions comme une des principales mesures permettant de réduire les émissions de GES de 3,1 Gt de CO<sub>2</sub> par an d'ici 2020 (IEA, 2013). Au Canada, les subventions et allègements fiscaux se situaient en 2013-2014 entre 2,7 et 2,8 G\$ (Bast *et al.*, 2014; Sawyer et Stiebert, 2010), dont 1,6 G\$ de sources fédérales et 1 G\$ de programmes provinciaux, en comparaison à des investissements privés de 81 G\$ et à des revenus pour les gouvernements de 17 G\$ en 2014 (CAPP, 2016). /

<sup>1</sup> Étant donné que certains GES ont une capacité d'absorption de radiation et une durée de vie supérieures à celles du CO<sub>2</sub>, on leur assigne un facteur multiplicatif nommé potentiel de réchauffement climatique, qui permet de traduire leur impact climatique en unités de CO<sub>2</sub>.

<sup>2</sup> 1 kt (kilotonne) = 1000 tonnes; 1 Mt (mégatonne) = 1 million de tonnes; 1 Gt (gigatonne) = 1 milliard de tonnes.

<sup>3</sup> Voir notamment : Goldenberg, S., Vidal, J., Taylor, L., Vaughan, A. et Harvey, F. (2015, 12 décembre). Paris climate deal: Nearly 200 nations sign in end of fossil fuel era, *The Guardian*; Scott, M. (2015, 13 décembre). Paris climate change deal could spell the beginning of the end of the fossil fuel age, *Forbes*; Boulet, J. et Thijs, J. (2015, 17 décembre). L'accord sur le climat de Paris marque la fin de l'ère des énergies fossiles, *Greenpeace*; Evans-Pritchard, A. (2015, 29 novembre). COP-21 climate deal in Paris spells end of the fossil era, *The Telegraph*.

<sup>4</sup> 1 tonne de carbone équivaut à 3,67 tonnes de CO<sub>2</sub>.

<sup>5</sup> On considère comme réserve la quantité économiquement et technologiquement récupérable, tandis que les ressources incluent tous les gisements connus, mais pas nécessairement récupérables. La quantité de réserves dépend donc d'hypothèses technologiques et des projections des prix de marché. Plus le prix d'une ressource est élevé, plus ses réserves sont importantes. En fonction des hypothèses adoptées, les chiffres de différentes sources ne coïncident pas forcément.



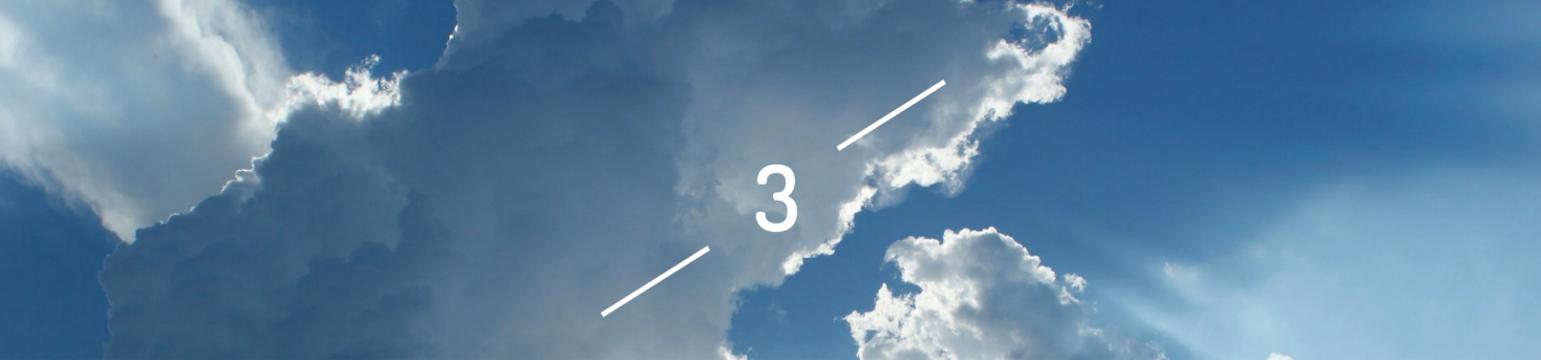


Photo : Pixabay

## LES OBJECTIFS CLIMATIQUES DU CANADA

### DE KYOTO À COPENHAGUE

Le Canada a successivement pris trois engagements internationaux de réduction d'émissions de GES résultant du protocole de Kyoto, de la CdP de Copenhague et de l'Accord de Paris, résumés dans le tableau 1.1.

**Tableau 1.1**

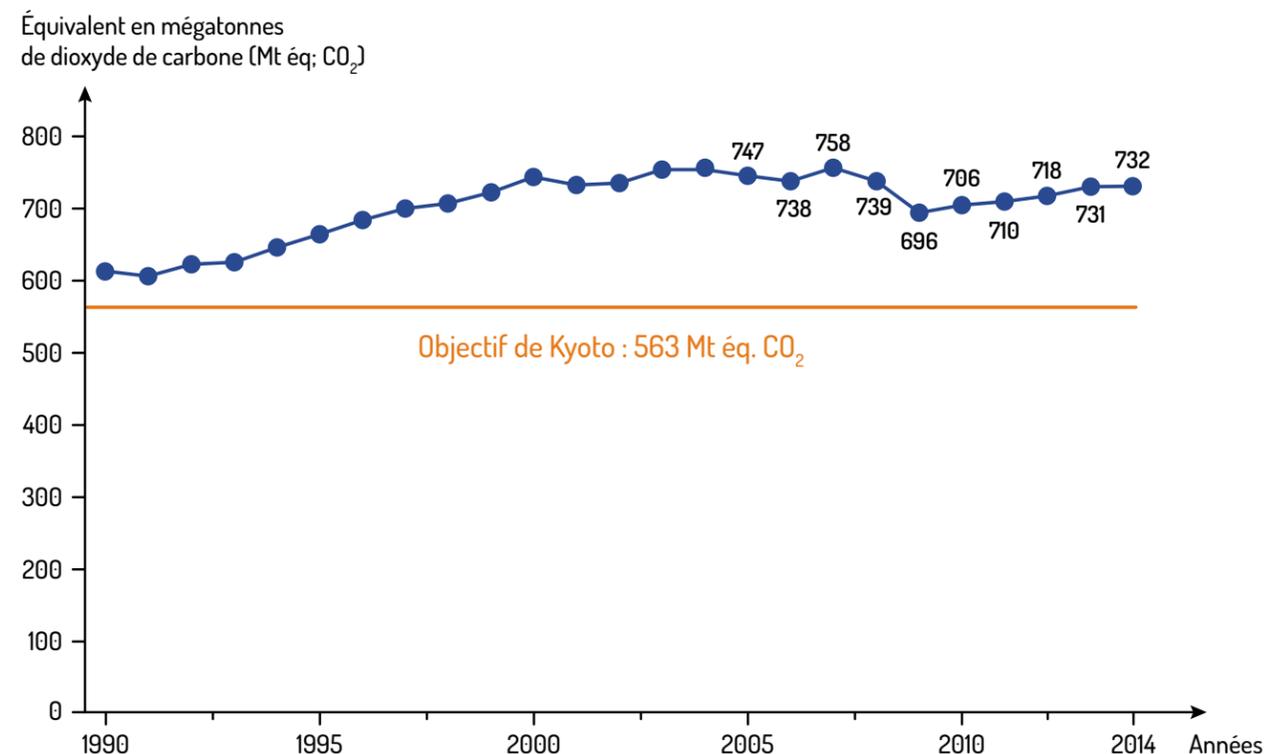
Engagements politiques du Canada dans le domaine des changements climatiques.

	DATE DE SIGNATURE	DATE D'ARRIVÉE	CIBLE DE RÉDUCTION
Protocole de Kyoto	1997	2008-2012	6 % en dessous du niveau de 1990
Copenhague	2009	2020	17 % en dessous du niveau de 2005
Accord de Paris	2015	2030	30 % en dessous du niveau de 2005

Le Canada a, depuis le début, été fortement impliqué dans le processus de négociations internationales. C'est à l'invitation du gouvernement canadien qu'a eu lieu la conférence de Toronto en 1988, qui a débouché sur la première proposition mondiale d'accord climatique. Le Canada a signé en 1992 la CCNUCC lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro. Cependant, malgré plusieurs programmes de lutte contre les changements climatiques mis en place au fil des ans, le Canada n'a pas été en mesure de respecter ses engagements (figure 1.3). Il s'est retiré du protocole de Kyoto en 2012, juste avant l'échéance de la première période d'engagement, et ne s'est pas joint à la deuxième période d'engagement. Cette décision suivait une période de désengagement de la cause climatique de 2006 à 2015.

**Figure 1.3**

Émissions de CO<sub>2</sub> du Canada de 1990 à 2014.



### L'ACCORD DE PARIS ET LE CANADA

L'INDC déposée par le Canada en mai 2015 propose une réduction des émissions de GES de 30 % par rapport au niveau de 2005 jusqu'en 2030. Pour atteindre cette cible, le Canada propose plusieurs mesures, dont l'interdiction de construire des centrales électriques traditionnelles au charbon, le retrait progressif de celles qui sont en activité, l'élaboration des standards d'émissions pour les centrales au gaz ainsi que pour les véhicules routiers et, enfin, des règlements sur les émissions de méthane des secteurs pétrolier et gazier (Canada, 2015).

L'INDC du Canada a cependant été critiquée par plusieurs observateurs (encadré « Commentaires sur l'INDC du Canada »). En effet, la cible du Canada, ramenée à 1990, l'année de base du protocole de Kyoto, est équivalente à une augmentation de 1 % des émissions par rapport au

niveau de 1990 ou à une diminution de 11 % si l'on inclut les sources et puits naturels (Yeso, 2015). Comparée à la réduction des émissions de 40 % par rapport à 1990 proposée par l'Union européenne, la cible du Canada apparaît peu ambitieuse (Damassa et Fransen, 2015).

Une autre critique est qu'au sein de l'approche sectorielle préconisée par le Canada, aucune mention n'est faite du secteur de l'exploitation des ressources en hydrocarbures, à part la régulation des émissions de méthane. Pourtant, ce secteur est responsable de 9 % des émissions du Canada et ses émissions ont augmenté de 79 % depuis 2005 (CAT, 2015). Il représente la principale source d'augmentation projetée des émissions de GES au pays d'ici 2030 (figure 1.4). L'INDC mentionne aussi que les domaines des ressources naturelles et de l'énergie sont

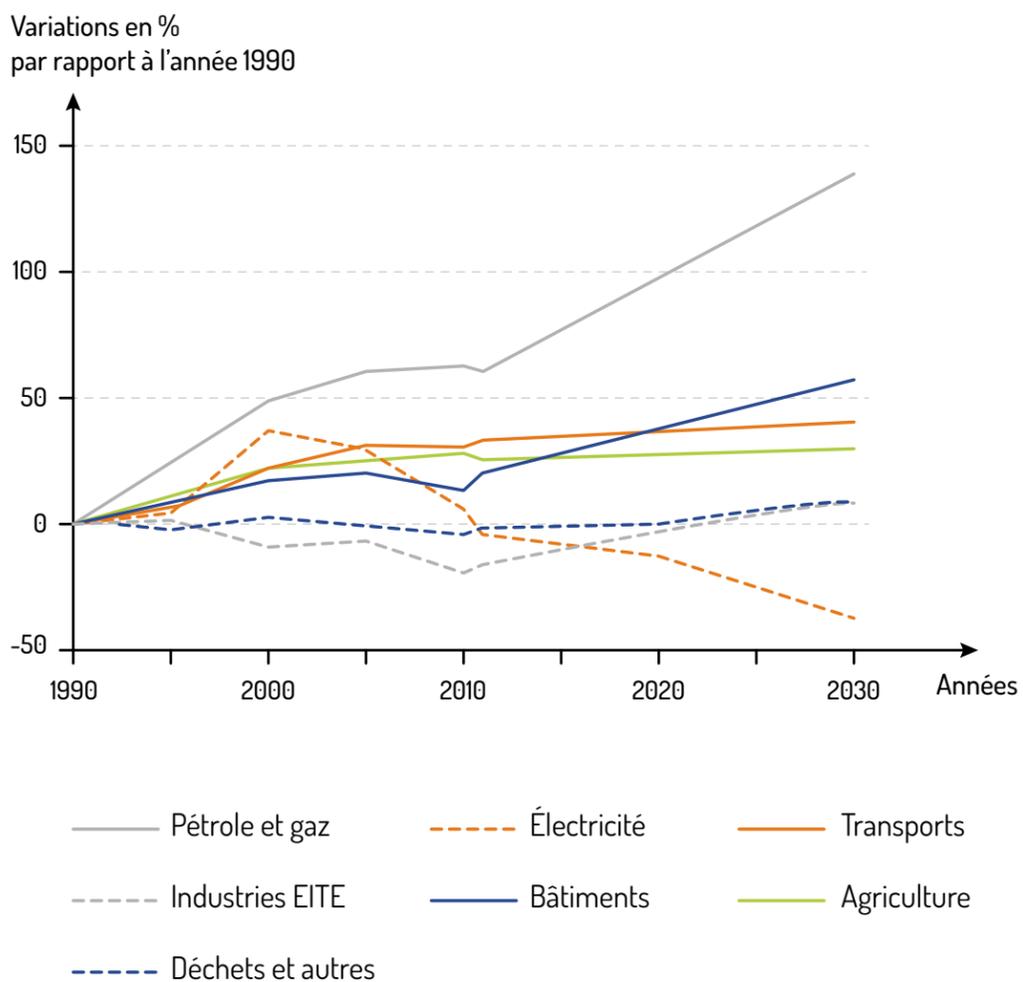
sous l'autorité des provinces et territoires, ce qui pourrait suggérer que les initiatives de réduction d'émissions dans ces secteurs devraient en conséquence être portées par les provinces et territoires, plutôt que par le gouvernement fédéral.

Les objectifs du Canada pourraient changer substantiellement à la suite des élections canadiennes d'octobre 2015. Ainsi, lors de la CdP-21 à Paris, le Canada s'est joint à un groupe informel, la *High Ambition Coalition*, formée de l'Union

européenne, des États-Unis et de nombreux pays africains, océaniques, caribéens et sud-américains, et demandant une cible de 1,5°C au lieu de 2°C. Rappelons que la plateforme électorale libérale ne comportait pas d'objectifs climatiques précis, mais proposait d'abolir les subventions aux combustibles fossiles et de taxer le carbone. Les détails du nouveau plan climatique devaient être précisés 90 jours après la CdP de Paris, mais le gouvernement a provisoirement reporté cette échéance. /

**Figure 1.4**

Changements projetés des émissions de GES du Canada sur la période 1990-2030. (D'après *Environnement Canada, Emissions Trends, 2014.*)



## COMMENTAIRES SUR L'INDC DU CANADA RECUEILLIS PAR CLIMATE ACTION TRACKER (2015, TRADUCTION LIBRE)

« Il est clair que le Canada n'est pas sérieux à propos de l'action climatique. Sans nouvelles politiques mises en place, les émissions vont vraisemblablement exploser d'ici 2030, les sables bitumineux représentant une portion significative de l'augmentation. Il est difficile d'imaginer comment le Canada pourra respecter sa cible de 2020 et son INDC de 2030 » (Bill Hare de Climate Analytics).

« Les puits forestiers du Canada devraient augmenter jusqu'en 2030<sup>6</sup>. Cela générera une quantité substantielle de crédits de carbone que le gouvernement peut utiliser pour éviter l'action sur la réduction des émissions des combustibles fossiles. Les options de comptabilité proposées par le Canada sont empreintes de nombreuses difficultés, notamment du fait que le Canada ne fait plus partie du protocole de Kyoto et peut donc utiliser des règles plus permissives » (Louise Jeffery de l'Institut de recherche sur les effets du changement climatique de Potsdam).

« Avec cette cible inadéquate, le Canada ne va pas faire usage de son large potentiel de réduction de la consommation d'hydrocarbures. Le Canada risque de devenir un retardataire dans l'innovation propre comme l'efficacité énergétique » (Kornelis Blok d'Ecofys).

« En octroyant au Canada la mention "inadéquate", notre mention la plus basse, nous notons que d'autres gouvernements devront fournir des efforts supplémentaires pour combler le vide causé par le manque d'ambition du Canada, si l'on veut limiter le réchauffement à 2°C » (Niklas Höhne de NewClimate Institute).

<sup>6</sup> Il convient cependant de préciser que l'évolution des puits de carbone forestiers au Canada dépendra de l'impact des changements climatiques et des perturbations au cours des prochaines décennies. Ainsi, les feux de forêt ou les épidémies de dendroctone du pin ponderosa, plus fréquents au cours des dernières années, affectent négativement la capacité de la forêt boréale à emmagasiner et à stocker du carbone, de sorte que, durant certaines années récentes, celle-ci est devenue une source nette de CO<sub>2</sub> plutôt qu'un puits (Kurz *et al.*, 2008; NRCan, 2016; Oris *et al.*, 2013). D'ailleurs, le Canada, après avoir été un des pays à insister sur l'inclusion des puits forestiers dans le protocole de Kyoto lors de la CdP-7 à Marrakech en 2001, avait choisi en 2007 de ne pas inclure ces puits, qui devaient compter pour au moins 24 % des réductions d'émissions selon le Plan de mise en œuvre d'octobre 2002.



Photo : É. Pelletier

## LES OBJECTIFS CLIMATIQUES DU QUÉBEC ET DES PROVINCES ATLANTIQUES

Parmi les provinces en bordure du fleuve et du golfe du Saint-Laurent, seuls le Québec et le Nouveau-Brunswick sont impliqués dans tous les aspects du développement de la filière des hydrocarbures : exploitation et exploration, transport (oléoduc, ferroviaire et maritime) et raffinage. C'est sans question le Québec qui verra ses objectifs climatiques le plus affectés par le développement de la filière des hydrocarbures. À cause de l'importance de la raffinerie Irving et d'une exploitation projetée des gisements de gaz de schiste, le Nouveau-Brunswick pourrait cependant avoir à revoir ses plans climatiques.

Le Québec s'est toujours engagé en faveur du protocole de Kyoto et de la lutte contre les changements climatiques. L'Assemblée nationale du Québec a adopté en 2006 une motion unanime approuvant le protocole de Kyoto, geste bien sûr symbolique puisque ce sont les États qui sont impliqués dans la signature, la ratification et la mise en œuvre de cet accord international. Le gouvernement du Québec s'est néanmoins engagé en 2007 par décret à mettre en œuvre le protocole de Kyoto dans ses domaines de compétence. Le Québec a successivement élaboré trois plans d'action sur les changements climatiques : les plans 2000-2003, 2006-2012 et 2012-2020. Dans le plan d'action 2000-2003, une approche volontaire a été ins-

crite et des ententes ont été conclues avec certaines entreprises. Entre 1990 et 2005, le secteur industriel au Québec a réduit ses émissions de GES de 8,5 % (Québec, 2008), en grande partie grâce à la modernisation d'équipements et à la réduction de certains GES autres que le CO<sub>2</sub> et le méthane.

Le Québec s'est aussi engagé sur la scène internationale. En 2011, il s'est joint au Plan d'action sur les changements climatiques de la Conférence des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est du Canada (GNA/PMEC), qui s'était donné comme objectif pour 2010 de stabiliser les émissions régionales de GES au niveau de 1990, et de les réduire ensuite, entre 2010 et 2020, de 10 % sous le niveau de 1990 (Québec, 2008). En 2008, le Québec est devenu membre de la Western Climate Initiative, un regroupement d'États nord-américains qui travaillent conjointement à la mise en place d'un système d'échange de droits d'émission de GES pour certains secteurs économiques fortement émetteurs de GES (Québec, 2008). La même année, le Québec et l'Ontario ont lancé l'Initiative provinciale et territoriale sur les marchés climatiques, qui a débouché sur un marché interprovincial du carbone incluant également le Manitoba, annoncé en décembre 2015 (Ontario, 2015; Québec, 2008).

## LE PLAN D'ACTION SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2006-2012 DU QUÉBEC

Le Plan d'action sur les changements climatiques (PACC) 2006-2012, doté de 1,2 G\$, est essentiellement calqué sur le protocole de Kyoto. La cible était de réduire les émissions du Québec de 6 % au-dessous du niveau de 1990, soit une réduction de 14,6 Mt éq. CO<sub>2</sub> (Québec, 2008). Puisque le secteur de l'énergie, alimenté à plus de 90 % par l'hydroélectricité, n'offre que très peu de possibilités de réduction d'émissions, les actions proposées se situent dans d'autres secteurs, dont ceux du transport, de l'industrie, des déchets, de l'agriculture ainsi que de l'efficacité énergétique. L'amélioration de l'efficacité énergétique permettrait d'exporter de l'électricité dans des marchés voisins et d'y déplacer de l'électricité produite par de l'énergie fossile, mais ces réductions d'émissions ne seraient pas comptabilisées au Québec. De plus, le plan préconisait l'innovation technologique, les instruments économiques et la sensibilisation du public (Québec, 2008). Étant donné l'importance du secteur énergétique pour le développement du Québec, il était prévu de lier étroitement le PACC avec la Stratégie énergétique du Québec



2006-2015, dévoilée en 2006 et qui prévoyait des investissements en énergies renouvelables (hydroélectricité, éolien et biomasse) ainsi que l'augmentation de l'efficacité énergétique (Québec, 2008).

## LE PLAN D'ACTION SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES 2013-2020 DU QUÉBEC

Le PACC 2013-2020 prend la relève du précédent. La cible du Québec pour cette période est une réduction des émissions de GES de 20 % en dessous du niveau de 1990 (Québec, 2012). Le plan d'action est doté de 2,7 G\$, presque entièrement issus des revenus du marché du carbone. Comme dans le plan précédent, les efforts sont orientés vers les secteurs du transport, de l'industrie et des bâtiments, qui totalisent plus de 85 % des émissions de la province. En ce qui concerne le secteur de l'énergie, le PACC mentionne que 97 % de la pro-

duction d'électricité provient de sources renouvelables (hydroélectricité et éolien). Il souligne que « cette situation enviable est en grande partie le résultat des choix judicieux de développement énergétique faits par le Québec, il y a plus de 50 ans, lors du développement massif du potentiel hydroélectrique du Québec » (Québec, 2012, p. 32). Pour l'avenir énergétique du Québec, le développement des énergies renouvelables (essentiellement l'hydroélectricité et l'éolien) ainsi que des bioénergies est préconisé. L'éloge des choix passés

et futurs en faveur d'un développement des énergies renouvelables se trouve donc nettement en porte-à-faux par rapport au développement de la filière des énergies fossiles. Les objectifs du PACC 2013-2020 ne coïncident pas avec la Politique énergétique 2030, qui ne laisse que peu de place à la filière de l'éolienne. (On mentionne seulement sa mise en valeur grâce à

l'exportation et à l'utilisation dans le cadre du Plan Nord.) Toutefois, un des quatre chapitres est dédié au développement de la filière des hydrocarbures, préconisant « une exploitation limitée et encadrée des hydrocarbures, compatible avec ses objectifs de réduction d'émissions de GES » (Québec, 2016a, p. 60).

## LE MARCHÉ DU CARBONE DU QUÉBEC

Le marché du carbone du Québec (soit le Système québécois de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre ou SPEDE) a débuté le 1<sup>er</sup> janvier 2013. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2014, le SPEDE est couplé au marché du carbone de la Californie dans le cadre de la *Western Climate Initiative*. L'Ontario et le Manitoba ont signé un protocole d'entente avec le Québec en 2015 visant à lier les systèmes de plafonnement des trois provinces sous l'égide de la *Western Climate Initiative* (Ontario, 2015). Notons que l'Alberta et la Colombie-Britannique ont instauré des taxes sur le carbone, de sorte que 90 % de

la population canadienne est désormais assujettie à une tarification du carbone, mais pas au même taux et pas de manière coordonnée sur l'ensemble du territoire canadien. Depuis 2013, le secteur de l'énergie est assujetti au marché, ce qui signifie que tout émetteur de plus de 25 000 t éq. CO<sub>2</sub> par an doit acheter des permis d'émission. Le prix de ces permis est négocié sur le marché, mais un prix plancher augmentant graduellement de 10,75 \$/t éq. CO<sub>2</sub> en 2013 à 15 \$/t éq. CO<sub>2</sub> en 2020 (en dollars constants de 2013) a été fixé pour éviter un effondrement du marché, comme en Europe.

## LES PLANS D'ACTION CLIMATIQUES DES PROVINCES ATLANTIQUES

Les provinces atlantiques (Île-du-Prince-Édouard, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve-et-Labrador) se sont ralliées à l'objectif de réduire les émissions de 10 % par rapport à 1990 en 2020 issu de la Conférence des GNA/PMEC (PEI, 2015; Nouveau-Brunswick, 2014; Nova Scotia, 2009; Newfoundland and Labrador, 2011). L'Île-du-Prince-Édouard a réussi à réduire ses émissions de 3 % entre 1990 et 2009 grâce au développement de l'éolien, qui produit environ 30 % de l'électricité de la province (David Suzuki Foundation, 2012). Les émissions de la Nouvelle-Écosse restent élevées (4<sup>e</sup> position pour les émissions par habitant

les plus élevées au Canada), notamment en raison de la forte proportion d'utilisation du charbon dans la production électrique. La province veut réduire ses émissions dans le cadre de son plan stratégique en favorisant les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique (Nova Scotia, 2009). Le secteur des combustibles fossiles pèse lourd dans le bilan d'émissions de Terre-Neuve-et-Labrador puisque la production et le raffinage comptent pour 19 % des émissions provinciales, tandis que les activités minières et l'extraction de pétrole et de gaz naturel, incluant les émissions fugitives, comptent pour 14 % (David Suzuki Foundation, 2012). Les

émissions de ces deux secteurs ont augmenté de 50 % depuis 1990 (David Suzuki Foundation, 2012). Les forages au large de Terre-Neuve ont débuté en 1997, accompagnés d'importantes émissions dues au torchage de gaz. Ces émissions s'amenuisent généralement avec le temps, au fur et à mesure que le gaz contenu dans les réservoirs diminue.

Dans son Plan d'action sur les changements climatiques 2014-2020, le Nouveau-Brunswick s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 10 % en dessous du niveau de 1990 à moyen terme (en 2020) et de 75 à 85 % en dessous du niveau de 2001 à long terme (en 2050) (Nouveau-Brunswick, 2014). Ce second plan fait suite au plan d'action précédent de 2007-2012. Les cibles de 2012 et 2020 sont calquées sur les objectifs décidés en 2001 par la Conférence des GNA/PMEC (Nouveau-Brunswick, 2007). Après avoir fortement augmenté durant les années 1990, les émissions de GES de la province ont nettement chuté au cours des années

2000, et ce, grâce à la mise hors service de plusieurs centrales électriques thermiques. En 2012, les émissions se situaient à peu près au même niveau qu'en 1990 (New Brunswick, s. d.). Malgré tout, le Nouveau-Brunswick est en 3<sup>e</sup> position pour les émissions par habitant les plus élevées au pays, directement après l'Alberta et la Saskatchewan. Entre 1990 et 2012, ce sont les secteurs des industries fossiles et des mines qui ont été responsables de la plus grande augmentation des émissions de GES de la province, passant de 1,135 à 2,722 Mt éq. CO<sub>2</sub> (New Brunswick, s. d.). Un cinquième des émissions de la province provient de la raffinerie Irving à Saint-Jean, qui est également un maillon important dans le projet *Énergie Est*, dont il sera question dans la sous-section 5.3. La fracturation hydraulique constitue une autre source potentielle d'augmentation des émissions, mais, pour l'instant, le gouvernement Gallant, élu en octobre 2014, a prononcé un moratoire à durée indéfinie sur cette filière. /





Photo : S. Weissenberger

## L'IMPACT CLIMATIQUE DES PROJETS D'EXPLORATION, D'EXPLOITATION ET DE TRANSPORT D'HYDROCARBURES DANS LA RÉGION DU FLEUVE ET DU GOLFE DU SAINT-LAURENT

L'impact climatique résultant des émissions de CO<sub>2</sub> et de méthane provenant de l'exploration et l'exploitation des ressources en hydrocarbures est difficile à évaluer quantitativement à ce stade puisque l'ampleur de cette exploitation potentielle est encore inconnue. Les émissions de GES résultent des différentes étapes de la filière des hydrocarbures, soit l'exploration, l'exploitation, le raffinage, le transport ainsi que l'utilisation. Une partie des émissions est locale et serait comptabilisée dans les inventaires des provinces concernées, dont celles résultant des activités d'exploration et d'exploitation, tandis qu'une autre partie proviendrait de l'extérieur des provinces, par exemple le transport ou le raffinage aux États-Unis et l'utilisation du pétrole, qui serait vraisemblablement en grande

partie exporté. En contrepartie, des émissions de GES peuvent aussi être causées par des hydrocarbures produits ailleurs, puis transportés et raffinés dans la région du golfe du Saint-Laurent. Tel est le cas du projet d'oléoduc *Énergie Est*. Finalement, la production ou la transformation d'hydrocarbures dans la région du golfe du Saint-Laurent peut avoir une influence sur les marchés en stimulant la demande, soit en les remplaçant par du pétrole venant d'autres sources ou par d'autres sources d'énergie, par exemple la substitution du chauffage électrique ou de centrales au charbon par du gaz naturel. Selon les cas, ces effets indirects peuvent mener à une augmentation ou à une réduction des émissions de GES localement, régionalement ou internationalement.

### L'EXPLORATION ET L'EXPLOITATION D'HYDROCARBURES

Il n'existe aucune estimation fiable quant à la quantité totale de GES que l'exploitation d'hydrocarbures pourrait ajouter aux totaux canadiens et québécois. En effet, les quantités totales et exploitables sont encore peu connues. Il en est de même de la constitution exacte des gisements, qui

peut sensiblement affecter les conditions d'exploitation et, donc, les émissions de GES liées à cette exploitation. Actuellement, les émissions au Québec dans ce secteur sont faibles et résultent uniquement du transport et du raffinage d'hydrocarbures puisqu'il n'y a aucune exploi-

tation d'hydrocarbures, bien que 400 permis de recherche soient en vigueur sur le territoire québécois (Québec, 2014). Historiquement, la production d'hydrocarbures a toujours été anecdotique et sporadique au Québec. La production de gaz naturel dans le secteur de *Galt*, en Gaspésie, a duré jusqu'en 2005, tandis que la production de pétrole dans le gisement *Haldimand*, également en Gaspésie, s'est poursuivie jusqu'en 2013 (Roy et Ménard, 2014, citant Québec, 2014). Dans les provinces maritimes, le pétrole au large du Nouveau-Brunswick et de Terre-Neuve-et-Labrador produit actuellement environ 200 000 barils par jour (b/j) (CMM, 2015). Le gisement *Hebron* devrait ajouter 120 000 b/j à ce total à partir de 2017. Cela représente une petite partie de la production totale de pétrole brut au Canada, soit 3,3 Mb/j en 2012 (CMM, 2015).

Les efforts d'évaluation du potentiel d'exploitation se concentrent actuellement sur quelques régions dont les gisements de pétrole ou de gaz, conventionnel ou de schiste, semblent prometteurs. Les estimations des ressources potentielles sont pour la plupart très incertaines et incomplètes, tout comme celles des réserves récupérables (tableau 1.2). En guise de comparaison, la consommation du Québec en 2013 était de 137 millions de barils de pétrole et de 7,7 Gm<sup>3</sup> (272 Gpi<sup>3</sup>) de gaz naturel (MDDELCC et MERN, 2015, citant Whitmore et Pineau, 2014), tandis que la production combinée des deux raffineries de Suncor à Montréal et Valero à Lévis s'élevait à 4 599 millions de barils par an en 2013 (MDDELCC et MERN, 2015, citant MERN, 2014).

Les sources d'émission varient selon le type de combustible et de provenance. Pour le pétrole, le raffinage est la principale source d'émission de GES (60% pour le pétrole conventionnel en milieu terrestre et 78% en milieu marin) (Roy et Ménard, 2014). Pour le gaz naturel, terrestre ou marin, l'extraction et le trai-

tement ainsi que la transmission et la distribution ont tous une contribution importante au bilan d'émissions. Les émissions liées à l'exploitation de gaz naturel en milieu marin sont par ailleurs peu documentées (Skone, 2011). Pour le gaz de schiste, les principales émissions sont liées aux émissions fugitives (Roy et Ménard, 2014). L'évaluation de ces émissions est actuellement encore incertaine et a été la source de controverses. Les différentes études publiées entre 2010 et 2013 fournissent un large intervalle d'émissions allant de 0,5% à 8% de la production, selon les bases de données et les méthodologies utilisées (Roy et Ménard, 2014).

Au-delà des émissions lors de la phase d'exploitation, se pose le problème des émissions fugitives après la fermeture du puits. Après l'exploitation, environ 80% du méthane est encore présent dans un puits de gaz de schiste, en comparaison à 5% dans un puits de gaz conventionnel (Roy et Ménard, 2014, citant ONE, 2009). Aux États-Unis, la moitié des puits fermés depuis 20 ans et plus seraient en surpression, représentant ainsi un risque de fuite (Roy et Ménard, 2014, citant USMMS).



**Tableau 1.2**

Potentiel d'hydrocarbures dans les régions du Québec.

(Estimation médiane, données et références de MDDELCC et MERN, 2015.)

RÉGION	POTENTIEL
Basses-terres du Saint-Laurent (incluant la zone de schiste d' <i>Utica</i> )	Pétrole non conventionnel : 1,87 Gbp Gaz conventionnel : 182 Gpi <sup>3</sup> Gaz non conventionnel : 100 à 300 tpi <sup>3</sup> dont réserves récupérables, soit 40 tpi <sup>3</sup> (MERN, 2010), 8 à 40 tpi <sup>3</sup> (SECOR, 2010), 4,5 à 13,7 Gpi <sup>3</sup> (CERI, 2013)
Gaspésie (incluant les gisements de <i>Haldimand</i> et de <i>Galt</i> ) <sup>ii</sup>	Pétrole conventionnel : 432 Mbp
Bas-Saint-Laurent (incluant le gisement <i>Massé</i> ) <sup>iii</sup>	Gaz conventionnel : 23 Gpi <sup>3</sup>
Golfe du Saint-Laurent, partie marine du bassin d' <i>Anticosti</i> <sup>iv</sup>	Pétrole conventionnel marin : 291 Mbp Gaz conventionnel marin : 465 Gpi <sup>3</sup>
Golfe du Saint-Laurent, bassin de <i>Madeleine</i> (incluant les gisements <i>Old Harry</i> et <i>Millerand</i> ) <sup>v</sup>	Pétrole conventionnel marin : 99 Mbp Gaz conventionnel marin : 2 862 Gpi <sup>3</sup>
Île d' <i>Anticosti</i> (incluant le bassin de <i>Macasty</i> )	Pétrole conventionnel : 63 Mbp Pétrole non conventionnel : 44 à 102 Gbp <sup>vii</sup> Gaz conventionnel : 120 Gpi <sup>3</sup>
Nouvelle-Écosse	Pétrole de schiste : 50 Mbp Gaz non conventionnel : 10 à 50 tpi <sup>3</sup> récupérables (Nova Scotia Independent Panel on Hydraulic Fracturing, 2014)
Total	Pétrole conventionnel : 0,50 Gbp Pétrole de schiste : 104 Gbp Pétrole en mer : 0,39 Gbp Gaz conventionnel : 302 Gpi <sup>3</sup> Gaz de schiste : 40050 Gpi <sup>3</sup> Gaz en mer : 2862 Gpi <sup>3</sup>

Note : Gbp = milliards de barils de pétrole ; Gpi<sup>3</sup> = milliards de pieds cubes ; tpi<sup>3</sup> = mille milliards de pieds cubes ; Mbp = millions de barils de pétrole.

<sup>i</sup> À noter que la proportion économiquement récupérable ne représente qu'une petite partie du potentiel total.

<sup>ii</sup> Seulement deux zones sur cinq zones évaluées.

<sup>iii</sup> Seulement deux zones sur six zones évaluées.

<sup>iv</sup> Seulement trois zones sur quatre zones évaluées.

<sup>v</sup> Seulement deux zones sur trois zones évaluées.

<sup>vi</sup> Les évaluations environnementales stratégiques (ÉES) ne prenaient pas en compte la partie ouest de l'estuaire (moyen estuaire) ni tout le golfe puisque ce dernier ne se situe pas entièrement sur le territoire québécois (Roy et Ménard, 2014).

<sup>vii</sup> Chiffre très incertain.

On ne trouve que peu d'estimations quantitatives d'émissions potentielles de GES au Québec résultant d'une exploitation de ressources en hydrocarbures. Une estimation a été effectuée dans le cadre des activités du Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE) quant à l'évaluation environnementale stratégique sur le gaz de schiste au Québec et sur les hydrocarbures (Roy *et al.*, 2013; Roy et Ménard, 2014). Selon cette estimation, les émissions du Québec pourraient augmenter de

1 % à 23 % selon différents scénarios, mais les auteurs n'ont évalué que l'exploitation de 0,5 à 3,75 tpi<sup>3</sup>, soit un faible pourcentage du potentiel total échelonné sur une période de 25 ans. Une autre estimation a été réalisée par l'Institut de recherche et d'informations socioéconomiques (IRIS), cette fois pour l'exploitation du pétrole de schiste sur l'île d'*Anticosti*. Entre 2020 et 2049, la période d'exploitation présumée, les émissions de GES pourraient s'élever à 33,51 Mt éq. CO<sub>2</sub> (Schepper, 2015).

## LES RAFFINERIES

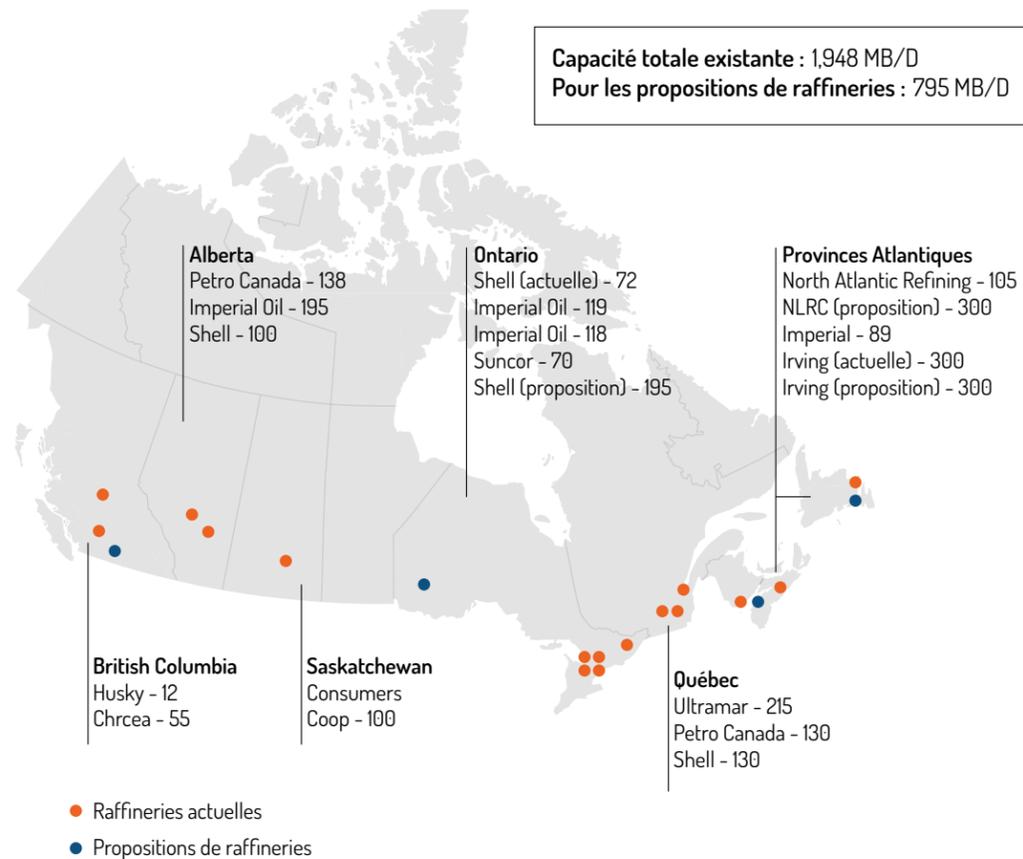
Les raffineries sont d'importantes sources d'émission de GES. La moitié de la capacité de raffinage du Canada est assurée par les raffineries du Québec et des provinces atlantiques, les plus importantes se situant au Québec et au Nouveau-Brunswick (figure 1.5). La raffinerie Irving de Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick, soit la plus importante au Canada avec une production de 300 000 b/j, a émis de 2,8 à 3,3 Mt éq. CO<sub>2</sub> par an entre 2004 et 2013, soit environ 20 % du total de la province (CAPP, 2015; ECC Canada, 2014). Le Québec a sur son territoire deux importants centres de raffinage, soit Montréal-Est (Suncor) et Lévis (Valero), avec des capacités respectives de 137 000 et 265 000 b/j (CAPP, 2015). Ces raffineries ont émis 2,2 Mt éq. CO<sub>2</sub> en 2012, soit 2,7 % des émissions de la province (Whitmore et Pineau, 2015). Cela représente une nette diminution par rapport à 2006, où les émissions de GES atteignaient encore 3,8 Mt éq. CO<sub>2</sub>, soit 5 % des émissions de la province (MDDEPQ, 2008), principalement attribuable à la fermeture de la raffinerie Shell de Montréal en 2009, qui émettait à elle seule 1,7 Mt éq. CO<sub>2</sub> (Whitmore et Pineau, 2015). Dans les années 1980, la capacité de raffinage du Québec était encore trois fois plus élevée qu'aujourd'hui (MDDEPQ, 2008). La raffinerie d'Imperial Oil à Dart-



mouth, en Nouvelle-Écosse, a été fermée en 2013. La raffinerie North Atlantic à Come By Chance, à Terre-Neuve, a émis de 0,9 à 1,1 Mt éq. CO<sub>2</sub> en 2012 et 2013, et est le plus grand émetteur de la province, comptant pour presque 12 % des émissions (ECC Canada, 2014).

Étant donné que le Québec ne produit pas de pétrole, le brut raffiné à Montréal et à Lévis provenait, jusqu'à récemment, surtout d'Afrique du Nord et subsaharienne ainsi que du Moyen-Orient.

**Figure 1.5**  
Carte des raffineries existantes et projetées au Canada.  
(D'après Ressources naturelles Canada, 2007.)



Depuis peu, il provient surtout des États-Unis, en particulier de la formation de Bakken (*Bakken shale*). La raffinerie Irving à Saint-Jean s'approvisionne en brut à partir de son port Canaport ainsi que par train de brut provenant des États-Unis (également de la formation de Bakken). C'est d'ailleurs un de ces trains qui a été à l'origine de l'accident ferroviaire de Lac-Mégantic. L'impact du développement de la filière des hydrocarbures pour ces raffineries reste encore incertain. Des quantités supplémentaires de pétrole provenant de la production québécoise ou de l'oléoduc *Énergie Est* excédant la capacité de raffinage du Québec pourraient être acheminées vers le Nouveau-Brunswick ou le Maine, puis, de là, en bateau vers les raffineries du golfe du Mexique.

Certaines questions restent encore ouvertes concernant les volumes de pétrole traités par ces raffineries dans le futur, et donc sur les émissions de GES qu'elles occasionneront. Dans quelle

mesure le pétrole issu de la production locale ou de l'Alberta peut-il mener à une augmentation de la capacité des raffineries de l'Est du Canada et, conséquemment, mener à une augmentation des émissions de GES ? Ce pétrole s'ajoutera-t-il ou se substituera-t-il au pétrole étranger ? Qu'arrivera-t-il du pétrole issu des sables bitumineux ? En effet, ni les raffineries du Québec ni la raffinerie Irving ne sont équipées pour traiter ce pétrole lourd et visqueux. Dans les scénarios les plus plausibles, celles-ci continueraient donc à traiter, comme maintenant, du brut provenant de la formation de Bakken au Montana et au Dakota ou provenant du Texas (plus léger), tandis que le brut des sables bitumineux canadiens transiterait par des oléoducs (p. ex., *Énergie Est*) afin d'être acheminé par bateau aux raffineries du golfe du Mexique, mieux équipées pour ce type de brut. C'est aussi à cette fin que le terminal maritime de Cacouna, maintenant abandonné mais peut-être remplacé par un terminal à Matane (*Le*

*Soleil*, 2 avril 2015), et celui de Saint-Jean sont inclus dans le projet *Énergie Est*. Ce serait en quelque sorte une solution de rechange à l'oléoduc *Keystone XL*, qui doit acheminer directement le brut albertain

vers les raffineries du golfe du Mexique et de l'Illinois. Tout ce transport de brut serait bien sûr accompagné d'émissions de GES, mais qui sont nettement inférieures à celles du raffinage.

## LE TRANSPORT D'HYDROCARBURES

À l'échelle mondiale, le pétrole est le produit commercial le plus échangé (Comité sénatorial, 2013). Au Québec (tableau 1.3) ainsi qu'au Canada, de grandes quantités d'hydrocarbures sont transportées par oléoduc, par train, par camion-citerne ou par bateau-citerne, et ces quantités ont fortement augmenté au

cours des dernières années. Au Canada, le nombre de wagons de pétrole transportés par le Canadian National et le Canadian Pacific est passé de 500 en 2008 à 140 000 en 2014. Les exportations de pétrole du Canada par voie maritime à partir des côtes est et ouest s'élèvent à 80 Mt par an (Comité sénatorial, 2013).

**Tableau 1.3**

Portrait du transport d'hydrocarbures au Québec. (Tiré de MDDELCC et MERN, 2015.)

MODE DE TRANSPORT	DONNÉES
Routier	Le transport d'hydrocarbures ne représente que 1,4 % des véhicules-kilomètres de marchandises, mais plus de la moitié du nombre de transports routiers, provenant surtout de la distribution de produits raffinés au sein de la province sur de courtes distances.
Ferroviaire	Le transport ferroviaire d'hydrocarbures a augmenté de près de 30 % entre 2007 et 2013.
Oléoduc	Le transport par oléoduc représente 0,6 % des émissions du secteur du transport (MERN, 2013). Le Québec compte plus de 12 000 km d'oléoducs qui traversent plus de 250 municipalités; 85 % du pétrole transporté provient de raffineries québécoises et 87 % est transporté à l'extérieur de la province.
Maritime	On compte environ 1 800 voyages de navires par an sur le fleuve Saint-Laurent, transportant 20 Mt d'hydrocarbures. En 2013, on comptait 250 pétroliers transatlantiques.

Le développement de la production d'hydrocarbures dans l'Est du Canada nécessiterait du transport supplémentaire, synonyme d'émissions de GES et d'une augmentation des risques d'incident. Beaucoup de ces émissions dépendraient évidemment de la destination finale et des moyens de transport employés. D'un autre côté, une production domestique de

pétrole pourrait réduire les importations de l'étranger, desquelles le Québec dépend pour les trois quarts de sa consommation. La vaste majorité du transport de pétrole brut est à des fins de raffinage et d'exportation. C'est dans ce contexte que les projets d'oléoduc actuellement à l'étude doivent être compris. Deux grands projets concernant l'Est du Canada sont présentement

en considération ou en réalisation (CAPP, 2015; MDDELCC et MERN, 2015) :

- 1) Le projet d'inversion des lignes 9A et 9B d'Enbridge, qui permettra d'acheminer 300 000 b/j de brut albertain de Sarnia vers Montréal ;
- 2) Le projet *Énergie Est* de TransCanada, soit la construction d'un nouvel oléoduc, utilisant en partie un gazoduc existant<sup>7</sup>, de l'Ouest canadien jusqu'à Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick, afin de transporter 1,1 Mb/j de brut albertain.

Les émissions du secteur des transports liées à l'oléoduc *Énergie Est* devraient se chiffrer autour de 500 kt éq. CO<sub>2</sub> par an (CMM, 2015), tandis que l'inversion des lignes 9A et 9B d'Enbridge ne générera pas de nouvelles émissions puisque l'oléoduc est déjà en activité. Ces émissions sont nettement moindres que celles résultant du transport ferroviaire de la même quantité de brut sur la même distance (MDDELCC et MERN, 2015). Selon TransCanada (2016), l'oléoduc pourrait remplacer jusqu'à 1,570 wagons de pétrole par jour. Ces chiffres ne prennent pas en compte les émissions en amont (c. à d. la production et la transformation du brut transporté) ni en aval (c.-à-d. le raffinage et la consommation), beaucoup plus importantes que les émissions du transport lui-même. Selon le *Pembina Institute* et l'Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique, les émissions en amont s'élèveraient de 30 à 32 Mt éq. CO<sub>2</sub> par an et celles en aval, à 120 Mt éq. CO<sub>2</sub> par an (Flanagan et Demerse, 2014). Ces émissions indirectes seront discutées dans la prochaine sous-section.

Ces oléoducs s'inscrivent dans un réseau projeté d'oléoducs à l'échelle continentale visant à acheminer le brut albertain vers les grands centres de raffinage et les océans, permettant ainsi son exportation (figure 1.6). Le réseau sera complété par le port pétrolier Canaport, au coût de 300 M\$, permettant d'exporter le brut canadien par voie maritime (Irving Oil, 2016), et peut-être par un terminal à Matane ou un autre endroit du fleuve Saint-Laurent, au coût de 840 M\$ (*Le Soleil*, 2 avril 2015). Ce réseau devrait comprendre le projet *Énergie Est* débouchant sur l'Atlantique, *Northern Gateway* et *Trans Mountain* débouchant sur le Pacifique ainsi que *Keystone XL* menant vers les raffineries de l'Illinois et du Texas. La production des sables bitumineux de l'Alberta représente actuellement environ 2 % de la production mondiale de pétrole (Brandt, 2011), mais son développement dépend entre autres de l'accès aux raffineries et aux ports d'exportation afin d'acheminer le pétrole raffiné ou brut vers l'Europe et l'Asie.

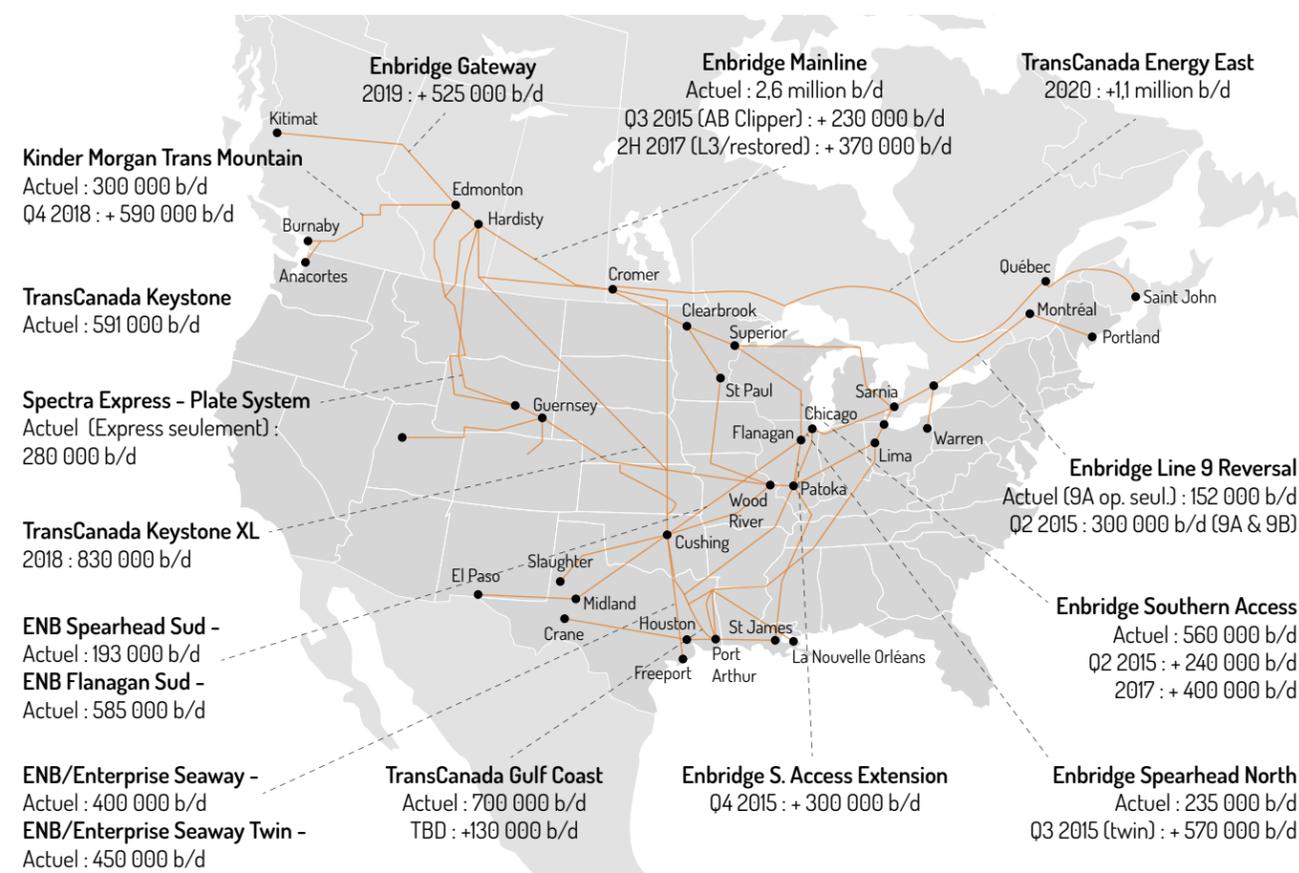
Photo : Sean Lamb / Wikimedia



Les émissions du secteur des transports liées à l'oléoduc *Énergie Est* [...] sont nettement moindres que celles résultant du transport ferroviaire de la même quantité de brut sur la même distance.

Figure 1.6

Tracés et caractéristiques des pipelines de pétrole brut proposés en Amérique du Nord. (D'après CAPP, 2015.)



Pour le Québec, les sources d'approvisionnement en pétrole pourraient changer drastiquement en fonction de ces projets. La dominance du brut étranger, et surtout américain, pourrait se transformer en une dominance du brut de l'Ouest canadien, à l'image de la transition qui s'est effectuée en Ontario (figure 1.7), pour autant qu'il soit techniquement possible de raffiner ce brut dans les raffineries du Québec.

Présentement, les raffineries du Québec et du Nouveau-Brunswick importent 77 % du brut, qu'elles transforment de l'étranger, dont la majorité par voie ferroviaire en provenance des États-Unis et le reste par voie maritime d'outre-mer (CAPP, 2015). La part du brut américain a considérablement augmenté durant les dernières années, en grande partie sous

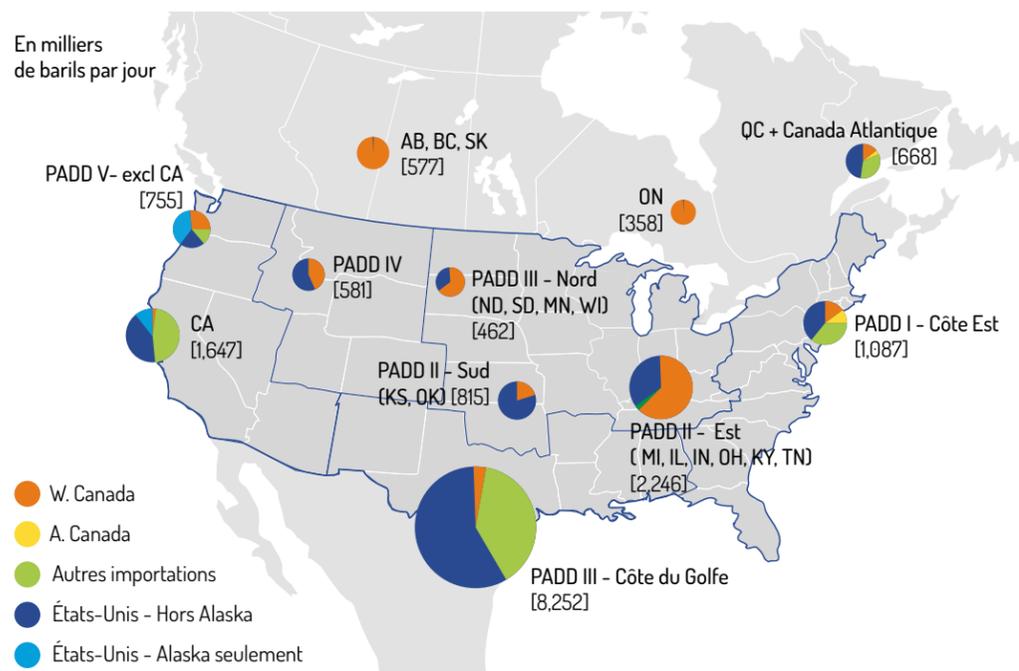
forme de pétrole de schiste de la formation de Bakken au Montana et au Dakota, remplaçant le brut d'outre-mer (CAPP, 2015) (figure 1.8).

La transition vers les oléoducs de même qu'une production domestique réduiraient sans doute les émissions liées au transport de cette quantité de brut, surtout si les importations d'outre-mer diminuaient en conséquence. D'un autre côté, le brut albertain a une plus grande intensité de CO<sub>2</sub> lors de la production que le pétrole conventionnel, mais du même ordre que le pétrole de schiste américain. Ces émissions liées à la production ne sont cependant pas comptabilisées au Québec ni au Nouveau-Brunswick (voir prochaine sous-section).

<sup>7</sup> Sur les 4 600 km du projet, un tronçon de 3 000 km de la frontière Alberta-Saskatchewan jusqu'en Ontario existe déjà sous forme d'un gazoduc, qui sera converti en oléoduc. Les 1 600 km restants seront construits en Alberta, en Ontario, au Québec et au Nouveau-Brunswick (TransCanada, 2015).

**Figure 1.7**

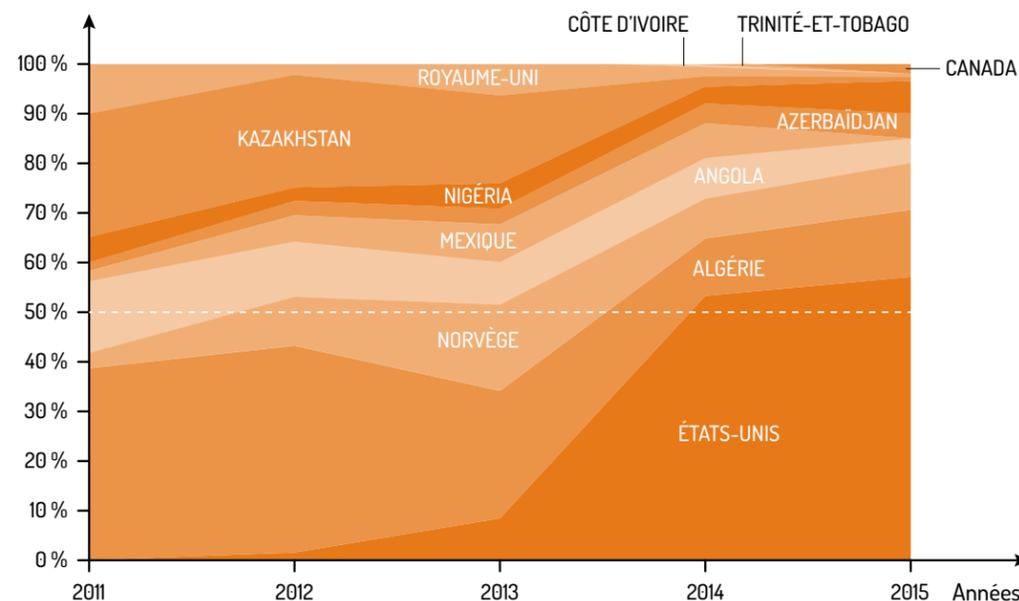
Portrait du marché du pétrole brut en Amérique du Nord. (D'après CAPP, 2015.)



**Figure 1.8**

Sources d'importations de pétrole brut au Québec de 2011 à 2015. (D'après Whitmore et Pierre-Olivier Pineau, 2015.)

Volumes des importations d'huiles brutes, de pétrole ou de minéraux bitumeux



## LES EFFETS DE LA SUBSTITUTION DES ÉMISSIONS DE L'UTILISATEUR FINAL

En sortant du cadre strict des inventaires nationaux ou provinciaux, on doit se questionner sur l'impact planétaire du développement de la filière des hydrocarbures (extraction et transport) dans le golfe du Saint-Laurent. L'impact climatique principal vient bien sûr de la combustion de ces hydrocarbures, plutôt que de leur extraction ou de leur transport. Pour la filière des sables bitumineux, l'extraction et le transport ne représentent

qu'un cinquième des émissions de GES sur le cycle de vie de la filière. Afin de calculer l'impact climatique total de la filière des hydrocarbures, il faut prendre en compte trois effets :

- 1) la substitution de différentes formes de production d'énergie primaire ;
- 2) la substitution d'hydrocarbures provenant d'origines différentes ;
- 3) l'impact de l'offre sur la demande.

### LA SUBSTITUTION DE DIFFÉRENTES FORMES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE PRIMAIRE

Les différentes formes d'énergie fossile susceptibles d'être développées dans la région du golfe du Saint-Laurent se caractérisent par des bilans d'émissions de GES par unité d'énergie fort différents (tableau 1.4). Par ailleurs, ces émissions sont toutes inférieures à celles du charbon, qui fournit 55,9 % de l'électricité en Nouvelle-Écosse, mais nettement supérieures aux différentes énergies renouvelables ou au nucléaire, encore utilisé au Nouveau-Brunswick. La substitution de charbon par du gaz naturel conventionnel ou de schiste peut en conséquence contribuer à réduire les émissions de GES. À l'échelle mondiale, cette substitution de centrales au charbon par des centrales au gaz naturel est vue comme une voie de transition intéressante, car les centrales au gaz naturel peuvent se construire assez vite et de manière flexible.

La substitution de charbon est actuellement limitée à la Nouvelle-Écosse, dernière province de la région à utiliser du charbon, depuis l'abandon de la filière en Ontario en 2014 (en faisant abstraction de quelques utilisations industrielles du charbon qui ne dépassent guère 1 % de la consommation au Québec).

Au Québec, le potentiel pour des effets de substitution est limité. En effet, l'électricité représente la principale forme d'énergie, avec 39,7 % de la consommation totale (MERN, 2013). Or, cette électricité est assurée à quasiment 100 % par l'hydroélectricité. La deuxième forme d'énergie utilisée est le pétrole, qui représente 38,1% du total (MERN, 2013). Comme les trois quarts de cette consommation sont dus au transport routier, une substitution massive par d'autres sources d'énergie n'est pas envisageable à court ou à moyen termes, même en prenant en considération l'objectif de la Politique énergétique 2030 du Québec de croissance du parc de véhicules électriques à 100 000 véhicules d'ici 2020 (2 % du parc

À l'échelle mondiale, [la] substitution de centrales au charbon par des centrales au gaz naturel est vue comme une voie de transition intéressante.



automobile) et à 1 million d'ici 2030 (20 % du parc automobile) (Québec, 2016a). Les secteurs où un effet de substitution est plus facilement envisageable sont les secteurs résidentiel et commercial, responsables de 18,5 % et de 15 % de la

consommation d'énergie (MERN, 2013). Les années 1980 et 1990 ont été caractérisées par une électrification progressive de ce secteur, en réponse aux prix élevés du pétrole. La présence d'hydrocarbures produits localement à bon prix pourrait favoriser un transfert modal, surtout vers le gaz naturel, ce qui serait synonyme d'augmentation d'émissions, s'il remplace des chauffages électriques, et d'une diminution, s'il remplace des installations au mazout. Le même raisonnement s'applique au secteur industriel, qui compte pour 37,2 % de la consommation énergétique et est alimenté à 49,8 % par l'électricité (MERN, 2013), mais qui possède une flexibilité moindre que celle des secteurs résidentiel et commercial.

**Tableau 1.4**

Émissions de GES par unité d'énergie de l'exploitation de différents types d'hydrocarbures selon le système « du puits à l'utilisateur ». (Tiré de Roy et Ménard, 2014.)

TYPE D'HYDROCARBURES	ÉMISSIONS DE GES (G ÉQ. CO <sub>2</sub> /MJ) <sup>i</sup>	RÉFÉRENCES (TIRÉES DE ROY ET MÉNARD, 2014)
Pétrole conventionnel en milieu terrestre	12-47 (plus probable 20-30)	New Fuels Alliance (2009) IHS Cera (2012)
Gaz naturel conventionnel en milieu terrestre	7-21 (plus probable 15-21)	Weber et Clavin (2012)
Gaz de schiste en milieu terrestre	7-34 <sup>ii</sup>	Weber et Clavin (2012) Roy <i>et al.</i> (2013)
Pétrole de schiste en milieu terrestre	9-13 <sup>iii</sup>	IHS Cera (2014) Legendre (2014) US Department of State (2013)
Pétrole conventionnel en milieu marin	10-28	New Fuels Alliance (2009) IHS Cera (2012)
Gaz naturel conventionnel en milieu marin	7 <sup>iv</sup>	Skone (2011)

Note : g éq. CO<sub>2</sub>/MJ = gaz équivalent CO<sub>2</sub> par mégajoule.

<sup>i</sup> Ne considère pas les émissions non contrôlées s'échappant par les failles naturelles ou les émissions après fermeture.

<sup>ii</sup> Il existe des incertitudes associées à l'estimation des émissions fugitives avant et après la fermeture du site.

<sup>iii</sup> Basé sur un nombre limité de données et considérant un envoi à la torchère du gaz de schiste.

<sup>iv</sup> Basé sur une seule donnée dont la fiabilité peut être mise en doute.

## › LA SUBSTITUTION D'HYDROCARBURES PROVENANT D'ORIGINES DIFFÉRENTES

Dans la situation hypothétique où des hydrocarbures produits au Canada déplaceraient simplement des hydrocarbures produits ailleurs, l'impact climatique résulterait de la différence d'émissions considérées sur l'ensemble du cycle de vie, c'est-à-dire « du puits au moteur » entre les différentes sources, incluant l'extraction, le raffinage, la distribution et la combustion. En ce qui concerne le pétrole issu des sables bitumineux, il est reconnu que ces émissions sont plus importantes que celles du pétrole conventionnel utilisé en Europe ou aux États-Unis. Brandt (2011) estime les émissions du pétrole issu de sables bitumineux à environ 105 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ et ceux du pétrole conventionnel dans l'Union européenne à environ 85 g éq. CO<sub>2</sub>/MJ. Le Département d'État des États-Unis (USDS, 2014) estime que le bilan d'émissions de GES du pétrole des sables bitumineux est en moyenne 17 % plus élevé que celui du pétrole

consommé aux États-Unis résultant, pour le projet *Keystone XL* devant transporter 830 000 b/j de brut canadien, en des émissions sur le cycle de vie (production, raffinage, combustion) supérieures de 147 à 168 Mt éq. CO<sub>2</sub> par an, soit de 1,3 à 27,4 Mt éq. CO<sub>2</sub> au brut de référence. Il existe cependant des différences considérables d'émissions de GES liées à la production et au traitement selon l'origine du pétrole brut, conventionnel ou schiste (tableau 1.5). Les émissions du brut nigérien sont comparables à celles du brut issu des sables bitumineux (Brandt, 2011), tout comme certains bruts des États-Unis ou du Venezuela (non compris dans le tableau 1.5) (CAPP, 2014). Selon le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services, les émissions de l'extraction d'hydrocarbures au Québec seraient en moyenne plus faibles que celles d'autres origines comparables (Roy *et al.*, 2013 ; Roy et Ménard, 2014).

**Tableau 1.5**

Comparaison des émissions de GES puits-raffinerie des 10 principaux fournisseurs de pétrole brut à l'Union européenne. (Tiré de Brandt, 2011.)

ORIGINE	PART DE L'APPROVISIONNEMENT DE L'EUROPE (%)	ÉMISSIONS DE GES DU PUICTS À LA RAFFINERIE (G ÉQ. CO <sub>2</sub> /MJ)
Russie	20,9	5,5
Norvège	16,3	1,0
Arabie saoudite	9,5	2,3
Libye	6,8	7,0
Iran	5,6	7,0
Royaume-Uni	5,6	2,4
Nigéria	3,2	21,1
Algérie	2,7	5,8
Kazakhstan	2,2	7,0
Iraq	2,2	3,3
<b>Canada : sables bitumineux</b>	-	<b>15,9-25</b>

Note : g éq. CO<sub>2</sub>/MJ = gaz équivalent CO<sub>2</sub> par mégajoule.

## › L'IMPACT DE L'OFFRE SUR LA DEMANDE

Le développement d'une filière des hydrocarbures dans la région du golfe du Saint-Laurent aura sans doute un impact sur la consommation mondiale puisque la demande pour les produits énergétiques montre une certaine élasticité vis-à-vis de l'offre, principalement à travers les prix, mais aussi les investissements et la disponibilité. À long terme, les investissements privés et publics dans le domaine de l'énergie relèvent de politiques publiques et provoquent un *lock-in*<sup>8</sup> technologique qui peut déterminer les trajectoires énergétiques sur des décennies. Les montants investis dans la filière des hydrocarbures ne le seront pas dans l'hydroélectricité, l'éolien ou des filières encore marginales ou expérimentales comme l'énergie solaire, marémotrice (p. ex., la centrale d'Annapolis Royal, en Nouvelle-Écosse) ou hydrolienne. Au Québec, l'électrification des transports serait le plus fort levier de réduction des émissions de GES,

étant donné que ce secteur représente 44,7 % des émissions de la province (MDDELCC, 2015). Or, une surabondance d'hydrocarbures n'envoie pas de signal aux marchés et aux législateurs les encourageant à investir dans des systèmes d'énergies non carbonées.

La question se pose de manière semblable pour la mise en place de capacités d'oléoducs, qui peut

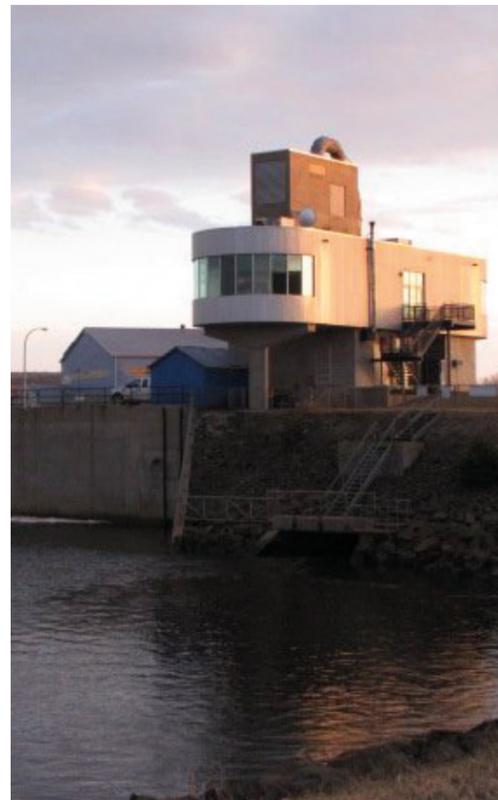


Photo de la Centrale d'Annapolis Royal, en Nouvelle-Écosse : [www.timarine.ca](http://www.timarine.ca)

avoir un impact sur le développement des sables bitumineux. D'un côté, en l'absence d'oléoducs, le brut issu des sables bitumineux continuerait de transiter par train, comme c'est le cas actuellement. Cependant, ce mode de transport est plus onéreux (9 à 30 \$/baril par train et 7 à 10 \$/baril par oléoduc) et doit aussi faire face à un manque de capacités (Brunel, 2015), en plus de la question du risque. Dans un contexte où les investissements dans les sables bitumineux sont actuellement volatils, le facteur du transport peut jouer un rôle déterminant. L'Agence

internationale de l'énergie estime, dans son rapport *World Energy Outlook 2013*, que les plans d'expansion des sables bitumineux dépendent de la disponibilité d'oléoducs. Cette appréciation est aussi partagée par de nombreux acteurs politiques au Canada, à l'exemple de Joe Ceci, ministre des Finances de l'Alberta : « Si nous pouvons amener notre pétrole sur le marché mondial, cela ferait augmenter les investissements au pays de manière significative » (CBC News, 19 janvier 2016, traduction libre). Certains analystes relativisent cependant l'importance des oléoducs et argumentent que le transport ferroviaire peut jouer le même rôle (Navius Research, 2015). Pour le bilan d'émissions de GES du Canada, le développement du secteur des sables bitumineux joue un rôle capital puisqu'il représentait 8,7 % des émissions du pays en 2012 et la principale cause d'augmentation des émissions

depuis 1990 (Environment Canada, 2012; CAPP, 2014).

Finalement, l'impact potentiel d'une exportation de pétrole canadien vers l'Europe ou l'Asie sur la consommation finale sera déterminé par les niveaux de prix. Plusieurs études prévoient une augmentation de la demande mondiale en supposant que le pétrole canadien soit moins cher que les prix de référence mondiaux (Erickson et Lazarus, 2014; Navius Research, 2015). Cet effet est cependant difficile à quantifier, étant donné l'incertitude caractérisant l'élasticité de la demande ainsi que les prix futurs du pétrole. Cela explique que les différentes hypothèses avancées résultent en une fourchette importante de 1 à 110 Mt éq. CO<sub>2</sub> d'augmentation des émissions mondiales en cas de construction de l'oléoduc *Keystone XL* (Navius Research, 2015). /

Au Québec, l'électrification des transports serait le plus fort levier de réduction des émissions de GES [...]. Or, une surabondance d'hydrocarbures n'envoie pas de signal aux marchés et aux législateurs les encourageant à investir dans des systèmes d'énergies non carbonées.

Pour le bilan d'émissions de GES du Canada, le développement du secteur des sables bitumineux joue un rôle capital puisqu'il représentait 8,7 % des émissions du pays en 2012 et la principale cause d'augmentation des émissions depuis 1990.

<sup>8</sup> L'expression *carbon lock-in* vient de la thèse de doctorat de G. C. Unruh de 1999 et décrit le processus de coévolution technologique et politique ayant mené à des économies d'échelle et à la dominance des systèmes énergétiques basés sur les combustibles fossiles. Cette notion contient aussi une dimension temporelle puisque les investissements effectués à un moment donné déterminent les trajectoires pour la durée de vie des infrastructures mises en place. Cette situation peut mener à une défaillance de marché et de politiques, dans le sens que des systèmes de production d'énergie compétitifs et à faibles émissions ne sont pas adoptés, ou très lentement, bien qu'il s'agisse d'une situation gagnant-gagnant.

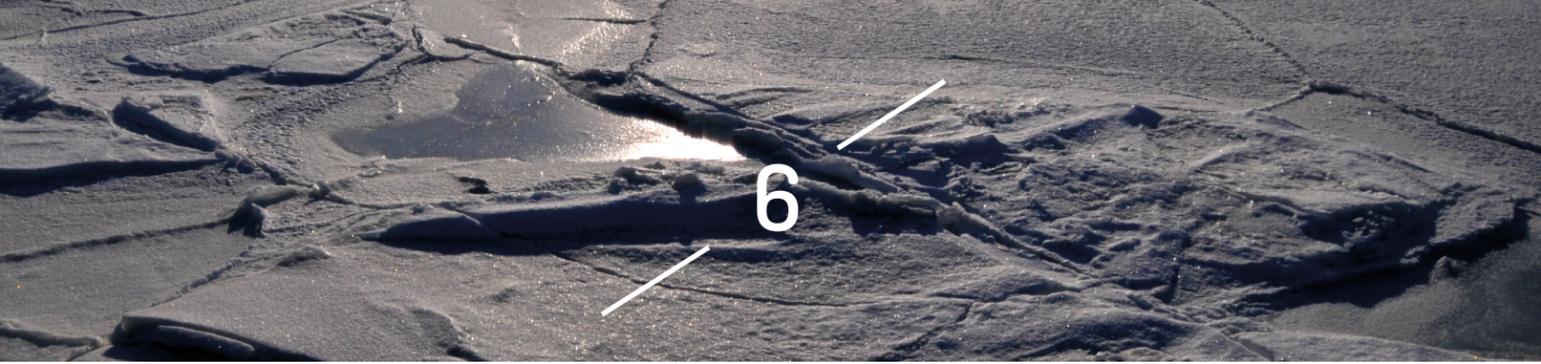


Photo : É. Pelletier

## LA PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION CLIMATIQUE DANS LE PROCESSUS POLITIQUE DU PLAN D'ACTION GOUVERNEMENTAL SUR LES HYDROCARBURES

Au Québec, la gestion des changements climatiques est en principe régie par les deux derniers PACC (2005-2012 et 2013-2020). Ces plans insistent sur les investissements en énergies renouvelables et ne prévoient pas de développement d'une filière des hydrocarbures (au contraire de la Politique énergétique 2030, dévoilée en 2016, qui prévoit une exploitation limitée et encadrée). Le gouvernement du Québec a réalisé quatre évaluations environnementales stratégiques (EES) : une de portée globale sur les hydrocarbures au Québec, incluant le transport et le développement (en cours); une sur le développement des hydrocarbures sur l'île d'Anticosti (en cours); une sur la filière du gaz de schiste (2011-2014) et une sur l'exploration et l'exploitation d'hydrocarbures en milieu marin (2009-2013). Elles abordent toutes les quatre la question des émissions

de GES, essentiellement de l'extraction des hydrocarbures.

Le projet d'oléoduc *Énergie Est* fait par ailleurs l'objet d'une consultation publique au BAPE, mais sans qu'il soit clair que les émissions de GES en amont et en aval du projet soient prises en compte. Le BAPE a affirmé, avant l'annulation du processus, détenir un mandat en ce sens, appuyé en cela par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec. Or, il est contredit par le bureau du premier ministre, qui préfère renvoyer cette question à l'Office national de l'énergie, donc au palier fédéral (*Le Devoir*, 27 avril 2016, 12 mai 2016).

La Politique énergétique 2030 vise également à faire « du Québec, à l'horizon

La Politique énergétique 2030 vise également à faire « du Québec, à l'horizon 2030, un chef de file nord-américain dans les domaines de l'énergie renouvelable et de l'efficacité énergétique [et bâtir] une économie nouvelle, forte et à faible empreinte carbone ». En même temps, cette politique est « favorable à une exploitation limitée et encadrée des hydrocarbures, compatible avec ses objectifs de réduction d'émissions de GES »

2030, un chef de file nord-américain dans les domaines de l'énergie renouvelable et de l'efficacité énergétique [et bâtir] une économie nouvelle, forte et à faible empreinte carbone » (Québec, 2016a, p. 11). En même temps, cette politique est « favorable à une exploitation limitée et encadrée des hydrocarbures, compatible avec ses objectifs de réduction d'émissions de GES » (Québec, 2016b, p. 60). Concernant l'oléoduc *Énergie Est*, la politique réitère que ce projet sera assujéti à une évaluation environnementale, incluant une évaluation des émissions de GES. Cette exigence vient de l'Accord de commerce et de coopération Québec-Ontario, spécifiant sept conditions devant être remplies avant d'approuver le plan d'*Énergie Est*, dont la question des changements climatiques (Ontario, 2014). Cette condition s'inspire du « test climat » auquel le président Obama avait assujéti l'autorisation du projet *Keystone XL*, qui devait examiner l'effet net sur les émissions des États-Unis (Flanagan et Demerse, 2014).

Des groupes environnementaux ainsi que la communauté métropolitaine de Montréal souhaitent que le gouvernement fédéral ajoute également un test climat aux projets d'infrastructures énergétiques, qui devrait permettre d'évaluer si ces projets sont compatibles avec les objectifs de lutte contre les changements climatiques, autant à l'échelle nationale qu'internationale (*Le Devoir*, 24 février 2016; CBC, 27 janvier 2016). Le nouveau gouvernement canadien, en place depuis novembre 2015, semble enclin à s'engager sur cette voie puisque la méthodologie proposée par le ministère de l'Environnement et du Changement climatique pour les évaluations environnementales de projets comme les oléoducs inclurait non seulement les émissions directes, mais aussi celles associées à la production du gaz ou pétrole transporté (les émissions en amont), ainsi que la question si « les émissions en amont au Canada [pourraient] se produire même si le projet n'est pas réalisé » (*La Presse*, 18 mars 2016). /



Photo : TransCanada - energyeastpipeline.com

## CONCLUSION

Il ne fait aucun doute que le développement de la filière des hydrocarbures au Québec et au Canada atlantique causera une augmentation des émissions de GES. Il est actuellement quasiment impossible de quantifier a priori les émissions liées à l'exploitation des gisements d'hydrocarbures, continentaux ou marins, étant donné que leur nature et leur quantité sont encore trop peu caractérisées. L'impact climatique principal de l'exploitation des réserves de l'Est du Canada et des projets de transport de pétrole de l'Ouest canadien à travers la région du Saint-Laurent se situera essentiellement à l'extérieur du pays, étant donné que la majeure partie de



ces ressources est vouée à l'exportation. Il est difficile d'évaluer la contribution climatique nette du secteur, étant donné les nombreuses hypothèses de substitution, d'additionnalité ou d'équilibre entre l'offre et la demande qui peuvent être avancées. Ce qui est certain, en contrepartie, est que des investissements massifs dans le secteur des hydrocarbures risquent de déterminer les trajectoires énergétiques pour des décennies à venir, tout comme les grands investissements hydroélectriques l'ont fait au Québec durant les années 1970. Nous pouvons sans doute avancer qu'à l'image de la Norvège, il est possible de maintenir une bonne performance climatique, tout en développant un secteur pétrolier. Ce pays nordique, au climat et à la population comparables à ceux du Québec, et également doté d'un potentiel hydroélectrique considérable, a un niveau d'émission de GES par personne comparable à celui du Québec, alors qu'environ le tiers de ses émissions provient de l'exploitation d'hydrocarbures en mer du Nord. Cela signifie cependant que les émissions dans d'autres secteurs devraient être nettement réduites, beaucoup plus que ce que ne prévoient les politiques climatiques actuelles. Nous pouvons conclure que le développement de la filière des hydrocarbures au Québec et dans les provinces atlantiques rendra plus difficile l'atteinte des objectifs climatiques que ces provinces se sont fixés pour 2020 et après, et que l'exploitation des hydrocarbures du golfe du Saint-Laurent ne s'inscrit que très difficilement dans le contexte global de la crise climatique. /

## BIBLIOGRAPHIE

- Allen, M. R., Frame, D. J., Huntingford, C., Jones, C. D., Lowe, J. A., Meinshausen, M., Meinshausen, N. 2009. Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. *Nature* 458:1163-1166.
- Bast, E., Makhijani, S., Pickard, S., Whitley, S. 2014. The fossil fuel bailout: G20 subsidies for oil, gas and coal exploration. Overseas Development Institute, London, UK, 73 p.
- BP 2015. BP Statistical Review of World Energy. [en ligne] <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf> (consulté le 10 avril 2016).
- Brandt, A. R. 2011. Upstream greenhouse gas (GHG) emissions from Canadian oil sands as a feedstock for European refineries. Department of Energy Resources Engineering, Stanford University, 51 p.
- Brunel, A. 2015. Les émissions de GES liées à Énergie Est sur 40 ans : l'équivalent de plus de 1,3 milliard d'autos. AQLPA, 8 p.
- Canada 2015. Canada's INDC submission to the UNFCCC.
- Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP) 2014. Responsible Canadian Energy, 2014 progress report, 51 p.
- Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP) 2015. Crude Oil Forecast, Markets & Transportation, 42 p.
- Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP) 2016. Canadian Economic Contribution. [En ligne] <http://www.capp.ca/canadian-oil-and-natural-gas/canadian-economic-contribution> (consulté le 10 avril 2016).
- Carbon Action Tracker (CAT) 2015. Effect of current pledges and policies on global temperature. [En ligne] <http://climateactiontracker.org/global.html> (consulté le 10 avril 2016).
- CBC News, 2016a. Trans Mountain pipeline battle set for NEB hearing, 19 janvier. [En ligne] <http://www.cbc.ca/m/touch/business/story/1.3408090> (consulté le 25 février 2017).
- CBC News, 2016b. Pipeline projects to face new environmental regulations, 27 janvier. [En ligne] <http://www.cbc.ca/news/politics/environmental-regulations-pipelines-1.3422129> (consulté le 27 janvier 2017).
- Charney, J. G., Arakawa, A., Baker, D. J., Bolin, B., Dickinson, R. E., Goody, R. M., Leith, C. E., Stommel, H. M., Wunsch, C. I. 1979. Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment. National Research Council, Ad Hoc Study Group on Carbon Dioxide and Climate, National Academy Press, Washington, DC.

Clements, B. Coady, D., Fabrizio, S., Gupta, S., Alleyne, T., Sdravovich, C. 2013. Energy Subsidy Reform: Lessons and Implications. International Monetary Fund, 194 p.

Climate Action Tracker 2015. Canada's INDC: ranked "inadequate," likely to overshoot both 2020 and 2030 targets.

Comité sénatorial permanent de l'énergie, de l'environnement et des ressources naturelles 2013. Transporter l'énergie en toute sécurité : une étude sur la sécurité du transport des hydrocarbures par oléoduc, navire pétroliers et wagons-citernes au Canada, 57 p.

Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM) 2015. Projet Oléoduc Énergie Est Transcanada. Rapport de Consultation Publique de la Commission de l'Environnement, 102 p.

Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R., Verheggen, B., Maibach, E. W., Carlton, J. S., Lewandowsky, S., Skuce, A. G., Green, S. A., Nuccitelli, D., Jacobs, P., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., Rice, K. 2016. Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters* 11(4): 048002.

Damassa, T., Fransen, T. 2015. Canada's Proposed Climate Commitment Lags Behind Its Peers'. World Resource Institute, Washington, D. C.

David Suzuki Foundation 2012. All Over the Map 2012 - A comparison of provincial climate change plans, 103 p.

Environment and Climate Change Canada (ECC Canada) 2014. Facility and GHG Information. [En ligne] [http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/donnees-data/index.cfm?do=facility\\_info&lang=en&ghg\\_id=G10247&year=2013](http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/donnees-data/index.cfm?do=facility_info&lang=en&ghg_id=G10247&year=2013) (consulté le 10 avril 2016).

Environment Canada, 2012. Canada's Emissions Trends 2012. Environment Canada, Ottawa, 66 p.

Environnement et changement climatique Canada, 2016. Émissions de gaz à effet de serre. [en ligne] <https://www.ec.gc.ca/indicateurs-indicators/default.asp?lang=Fr&n=FBF8455E-1> (consulté le 25 février 2017).

Erickson, P., Lazarus, M. 2014. Impact of the Keystone XL pipeline on global oil markets and greenhouse gas emissions. *Nature Climate Change* 4:778-781.

Fenech, A. 2013. Reflections on the Toronto Conference – 25 Years Later. [En ligne] <http://projects.upei.ca/climate/2013/07/02/reflections-on-the-toronto-conference-25-years-later/> (consulté le 10 avril 2016).

Flanagan, E., Demerse, C. 2014. Climate implications of the Proposed Energy East Pipeline: A Preliminary Assessment. The Pembina Institute, Calgary, Canada, 30 p.

Friedlingstein, P., Houghton, R. A., Marland, G., Hackler, J., Boden, T. A., Conway, T. J., Canadell, J. G., Raupach, M. R., Ciais, P., Le Quéré, C. 2010. Update on CO2 emissions. *Nature Geoscience* 3:811-812.

Holz, C. (2015), Canada's climate target is a smokescreen and full of loopholes. *The Conversation*, 25 mai. [En ligne] <http://theconversation.com/canadas-climate-target-is-a-smokescreen-and-full-of-loopholes-42167> (consulté le 25 février 2017).

International Energy Agency (IEA) 2013. Redrawing the energy-climate map: World Energy Outlook Special Report. OECD/IEA, International Energy Agency, Paris, France.

International Energy Agency (IEA) 2014. CO2 emissions from fossil fuel combustion: Highlights (2014 Edition). IEA Publications, Paris, 123 p.

International Energy Agency (IEA) 2015. World Energy Outlook 2015. IEA Publications, Paris, 685 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. Synthesis Report, Fifth Assessment Report. [en ligne] [http://ar5-syr.ipcc.ch/topic\\_observedchanges.php](http://ar5-syr.ipcc.ch/topic_observedchanges.php) (consulté le 25 février 2017)

Irving Oil 2016. Irving Oil and TransCanada Announce Joint Venture to Develop New Saint John Marine Terminal. [En ligne] [http://www.irvingoil.com/newsroom/news\\_releases/irving\\_oil\\_and\\_transcanada\\_announce\\_joint\\_venture\\_to\\_develop\\_new\\_saint\\_john/](http://www.irvingoil.com/newsroom/news_releases/irving_oil_and_transcanada_announce_joint_venture_to_develop_new_saint_john/) (consulté le 10 avril 2016).

Kurz, W. A., Dymond, C. C., Stinson, G., Rampley, G. J., Neilson, E. T., Carroll, A. L., Ebata, T., Safranyik, L. 2008. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature* 452: 987-990.

La Presse, 2016. Ottawa précise l'évaluation des émissions de GES des projets pétroliers, 18 mars. [En ligne] <http://www.lapresse.ca/environnement/201603/18/01-4962408-ottawa-precise-levaluation-des-emissions-de-ges-des-projets-petroliers.php> (consulté le 25 février 2017).

Le Devoir, 2016a, Québec évacue l'évaluation des GES, 27 avril. [En ligne] <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/469247/energie-est-quebec-evacue-l-evaluation-des-ges> (consulté le 25 février 2017).

Le Devoir, 2016b. Les GES à Ottawa, dit Couillard, 12 mai. [En ligne] <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/470584/ges-d-energie-est-philippe-couillard-contredit-le-ministere-de-l-environnement> (consulté le 25 février 2017).

Le Devoir, 2016c. Des groupes réclament un «test climat» pour les projets énergétiques, 24 février. [En ligne] <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/463827/des-groupes-reclament-un-test-climat-pour-les-projets-energetiques> (Consulté le 25 février 2017).

Le Soleil, 2015. Port pétrolier : TransCanada vise un autre site sur le Saint-Laurent, 2 avril. [En ligne] <http://www.lapresse.ca/le-soleil/actualites/transports/201504/02/01-4857754-port-petrolier-transcanada-vise-un-autre-site-sur-le-saint-laurent.php> (Consulté le 25 février 2017).

Meinshausen, M., Meinshausen, N., Hare, W. Raper, S. C. B., Frieler, K., Knutti, R., Frame, D. J., Allen, M. R. 2009. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C. *Nature* 458: doi:10.1038/nature08017.

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles Québec (MERN) 2013. Statistiques énergétiques. [En ligne] <http://mern.gouv.qc.ca/energie/statistiques/> (consulté le 10 avril 2016).

Ministère des Ressources Naturelles Canada, 2007. Raffineries 2007. [En ligne] [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/images/Big\\_refraf1-eng.jpg](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/energy/images/Big_refraf1-eng.jpg)

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MDDELCC) 2015. Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2012 et leur évolution depuis 1990. Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère, 21 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEPQ) 2008. Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2006 et évolution depuis 1990. Direction des politiques de la qualité de l'atmosphère. 15 p.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2016. Earth System Research Laboratory. [en ligne] <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/insitu/> (consulté le 25 février 2017).

Nations unies, Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), 1992. La Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, 25 pp. [En ligne] <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf> (consulté le 25 février 2017).

Natural Resources Canada (NRCan) 2016. Forest carbon. [En ligne] <http://www.nrcan.gc.ca/forests/climate-change/forest-carbon/13085> (consulté le 10 avril 2016).

Navius Research 2015. Discussion Paper: Greenhouse Gas Emissions Resulting from the Energy East Pipeline Project: A Global Oil Market and Transportation Analysis. Report submitted to the Ontario Energy Board, 59 p.

New Brunswick n.d. New Brunswick Dashboard. [En ligne] [http://logixml.ghgregistries.ca/New%20Brunswick%20Dashboard%20Solo/rdPage.aspx?rdReport=Dashboard\\_Provincial](http://logixml.ghgregistries.ca/New%20Brunswick%20Dashboard%20Solo/rdPage.aspx?rdReport=Dashboard_Provincial) (consulté le 10 avril 2016).

Newfoundland and Labrador 2011. Charting our course – Climate change action plan 2011, 75 p.

Nouveau-Brunswick 2007. Plan d'action sur les changements climatiques 2007-2012. Gouvernement du Nouveau Brunswick, Fredericton, 32 p.

Nouveau-Brunswick 2014. Plan d'action sur les changements climatiques 2014-2020. Secrétariat des changements climatiques, ministère de l'Environnement et des Gouvernements locaux, Fredericton, 16 p.

Nova Scotia 2009. Toward a Greener Future: Nova Scotia's Climate Change Action Plan. 42 p.

Olivier, J. G. J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M., Peters, J. A. H. W. 2014. Trends in global CO2 emissions: 2014 Report. Netherlands Environmental Assessment Agency.

Ontario, 2014. Agreement reached at Quebec-Ontario joint meeting of cabinet ministers. [En ligne] <http://news.ontario.ca/opo/en/2014/11/agreements-reached-at-quebec-ontario-joint-meeting-of-cabinet-ministers.html> (consulté le 10 avril 2016).

Ontario 2015. Ontario, Québec and Manitoba Form a Dynamic Alliance to Fight Climate Change. Office of the Premier, 7 décembre. [En ligne] <https://news.ontario.ca/opo/en/2015/12/ontario-quebec-and-manitoba-form-a-dynamic-alliance-to-fight-climate-change.html> (consulté le 10 avril 2016).

Oris, F., Asselin, H., Ali, A. A., Finsinger, W., Bergeron, Y. 2013. Effect of increased fire activity on global warming in the boreal forest. *Environmental Reviews* 22(3):206-219.

MDDELCC et MERN 2015. Évaluations environnementales stratégiques sur les hydrocarbures : Synthèse des connaissances et plan d'acquisition de connaissances additionnelles. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. Bibliothèque nationale du Québec, 113 p.

Prince Edward Island (PEI) 2015. Greenhouse Gas Emissions. Department of Land, Communities and Environment.

Québec 2008. Le Québec et les changements climatiques - Un défi pour l'avenir, Plan d'action 2006-2012. Bibliothèque nationale du Québec. 52 p.

Québec 2012. Le Québec en action Vert 2020, Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. 55 p.

Québec 2014. Est-ce qu'il y a plusieurs permis de recherche en vigueur au Québec ? [En ligne] <http://hydrocarbures.gouv.qc.ca/faq.asp> (consulté le 10 avril 2016).

Québec 2016a. L'énergie des Québécois : Source de croissance. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. 64 p.

Québec 2016b. Lancement de la politique énergétique. [En ligne] <http://mern.gouv.qc.ca/2016-04-07-politique-energetique/> (consulté le 10 avril 2016).

- Raupach, M.R., Marland, G., Ciais, P., Le Quéré, C., Canadell, J.G., Klepper, G., Field, C.B. 2007. Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. *PNAS* 104(24):10288–10293.
- Rogelj, J., McCollum, D.L., O'Neill, B. C., Riahi, K. 2013. 2020 emissions levels required to limit warming to below 2°C. *Nature Climate Change* 3:405–412.
- Roy, P.-O., Martineau, G., Ménard, J.-F. 2013. Analyse du cycle de vie et bilan des gaz à effet de serre prospectifs du gaz de schiste au Québec. Rapport déposée dans le cadre de l'évaluation environnementale stratégique du gaz de schiste au Québec. Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG)
- Roy, P.-O., Ménard, J.-F. 2014. Revue de littérature sur les impacts environnementaux du développement des hydrocarbures au Québec. Rapport préparé pour le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques. Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG)
- Sawyer, D., Stiebert, S. 2010. Fossil Fuels – At What Cost? Government support for upstream oil activities in three Canadian provinces: Alberta, Saskatchewan and Newfoundland and Labrador. *International Institute for Sustainable Development*, 62 p.
- Schepper, B. (avec la collaboration de R. Gignac), 2015. Le pétrole de l'île d'Anticosti : une bonne affaire pour les Québécois•es ? IRIS, Note socio-économique, 11 p.
- Skone, T.J. 2011. Life Cycle Greenhouse Gas Analysis of Natural Gas Extraction & Delivery in the United States. National energy technology laboratory, US Department of Energy, Cornell University, 45 p.
- The Economist 2013. Unburnable fuel. 4 mai 2013.
- TransCanada 2015. Project Scope of the Energy East Pipeline Project. Project Backgrounder EE4721-TCPL-PR-FS-0088.
- TransCanada 2016. Energy East Pipeline. [en ligne] <http://www.energyeastpipeline.com> (consulté le 9 décembre 2016).
- United Nations Environment Programme (UNEP) 2011. Bridging the Emissions Gap. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- United Nations Environmental Programme (UNEP) 2014. The Emissions Gap Report 2014. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 2015a. L'accord de Paris. [En ligne] [http://unfccc.int/portal\\_francophone/items/3072.php](http://unfccc.int/portal_francophone/items/3072.php) (consulté le 10 avril 2016).
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 2015b. Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions. Report of the Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action.
- United States Department of State (USDS) 2014. Final Supplemental Environmental Impact Statement For the Keystone XL Project. Chapter 4: Environmental consequences.
- Victor D.G., Zhou, D., Ahmed, E. H. M., Dadhich, P. K., Olivier, J. G. J., Rogner, H-H., Sheikho, K., Yamaguchi, M. 2014. « Introductory Chapter ». In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Whitmore J., Pineau, P.-O. 2015. 2016 : État de l'énergie au Québec 2016. Chaire de gestion du secteur de l'énergie HEC Montréal, 39 p.
- Weissenberger, S., Lucotte, M., Lacoste-Bédard, É. 2015. 2°C supplémentaires, un seuil à ne pas dépasser ! Supplément VRS n°402. [En ligne] <http://snsc.fr/VRS-no402-11-2015> (consulté le 10 avril 2016).
- Yeso, S. 2015. Mismatched graph creates confusion in Canada's UN climate pledge. *Carbon Brief*, 20 mai.



## CHAPITRE 2

# Hydrographie du golfe du Saint-Laurent

---

**PAR Daniel Bourgault**

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

**Peter Galbraith**

Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada

**Dany Dumont**

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Ce chapitre présente certaines notions à propos de l'hydrographie du golfe du Saint-Laurent dans le contexte de l'exploration et de l'exploitation pétrolières. Les propriétés des couches d'eau, des courants et du couvert de glace sont présentées en mettant l'accent sur leur grande variabilité et sur les difficultés de prévoir la dispersion de polluants en milieu marin. L'accent est aussi mis sur le fait que la circulation profonde du golfe, sous environ 30 m de profondeur, remonte vers l'amont. Il s'agit là d'une propriété contre-intuitive, mais typique de la circulation des milieux côtiers. L'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay ne seraient pas à l'abri d'une pollution liée à des activités d'exploration ou d'exploitation d'hydrocarbures qui pourraient avoir lieu beaucoup plus loin en aval dans le golfe. Ce chapitre pose aussi quelques questions fondamentales qui doivent être approfondies avant toute tentative d'exploration pétrolière ou gazière dans le golfe. Une de ces questions concerne les impacts que pourraient avoir des déversements profonds (entre 30 et 470 m), qu'ils soient chroniques ou aigus, sur la qualité de l'eau (p. ex., oxygène dissous) et sur l'écosystème qui se trouve en amont dans l'estuaire du Saint-Laurent et particulièrement à la tête du chenal Laurentien.

Photo :  
D. Kalenitchenko

---

## FAITS MARQUANTS

- Il existe une grande incertitude sur la dynamique des polluants, dont les hydrocarbures, libérés sous la surface du golfe du Saint-Laurent.
- Cette dynamique est conditionnée par la physique, par la chimie de l'eau, par la biologie, par la sédimentation et par le type d'hydrocarbures.
- La présence de glace affecte les opérations d'extraction d'hydrocarbures, les conséquences d'une fuite et les opérations de nettoyage, ce dont il convient de tenir compte dans la planification des structures et des opérations en mer.
- L'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay pourraient être affectés par des activités d'exploration ou d'exploitation d'hydrocarbures ayant lieu en aval dans le golfe.
- La côte ouest de Terre-Neuve est la plus susceptible de recevoir des contaminants flottants en provenance d'*Old Harry* et il existe une possibilité que les Îles-de-la-Madeleine soient touchées.

## INTRODUCTION

Une interrogation vient spontanément à l'esprit lorsqu'il est question d'exploration ou d'exploitation pétrolières dans le golfe du Saint-Laurent : qu'advierait-il d'une quantité de pétrole, ou de tout autre polluant associé aux activités pétrolières en mer, qui serait accidentellement déversée en mer. Ce déversement pour-

rait avoir lieu aussi bien en surface qu'en profondeur et autant être aigu (c.-à-d. un relâchement soudain et très visible d'une grande quantité de pétrole comme lors du naufrage d'un pétrolier) que chronique (c.-à-d. une faible fuite difficilement détectable échelonnée sur une longue période). Où irait ce pétrole ainsi déversé ? Quelles

côtes et quels écosystèmes marins seraient touchés ? Et en combien de temps ?

Pour répondre à ces questions relatives à la dérive, à l'étalement et à la dispersion de polluants en milieu marin, il est nécessaire d'acquérir de bonnes connaissances sur les propriétés de l'eau, sur les courants marins et sur la glace de mer. Cependant, la tâche n'est pas simple, car les processus de dispersion sont mal compris, étant donné la complexité des courants océaniques et, dans le golfe du Saint-Laurent, la présence saisonnière d'un couvert de glace mobile et fragmenté. Cette complexité est inhérente au fait que l'océan est un fluide turbulent influencé par plusieurs forçages astronomiques, hydrologiques et atmosphériques qui varient grandement au cours du temps et dans l'espace. Or, la turbulence représente toujours aujourd'hui un des plus grands problèmes non résolus de la mécanique des fluides et de l'océanographie physique.

La propriété turbulente de l'écoulement fait en sorte que les courants y sont très fluctuants, tourbillonnants et difficilement prévisibles. De plus, les tourbillons qui caractérisent tout écoulement océanique occupent une très large gamme de dimensions spatiales et temporelles, ce qui rend difficile leur représentation. Les plus petits tourbillons qui caractérisent l'océan ont des dimensions de l'ordre du centimètre et des durées de vie de l'ordre de quelques secondes. En termes techniques, ce sont les échelles de dissipation, dites de Kolmogorov. Ces petits tourbillons cohabitent et interagissent avec un continuum de tourbillons de taille variable jusqu'aux plus grands tourbillons, appelés les tourbillons de Rossby. Dans le golfe du Saint-Laurent, ces tourbillons de Rossby ont des diamètres de l'ordre de 10 à 100 km et des durées de vie de plusieurs jours. Nous montrerons plus bas un exemple d'un de

ces tourbillons dans le golfe du Saint-Laurent.

C'est cette large gamme d'échelles propres aux écoulements océaniques, superposée à l'extraordinaire complexité des écoulements turbulents, qui rend si difficiles la représentation, la compréhension et la prévision des courants marins. Il n'existe pas d'ordinateur suffisamment puissant ni de méthode d'observation suffisamment sophistiquée capables de représenter les courants sur l'ensemble du golfe à toutes les échelles spatiales et temporelles. Un compromis est donc toujours nécessaire entre le choix d'obtenir une fine représentation des courants sur une petite région ou une grossière représentation sur une grande région. Or, bien que les déversements de polluants associés à des activités d'exploration ou d'exploitation, qu'ils soient chroniques ou aigus, s'effectuent d'abord de façon localisée (p. ex., bris d'un tuyau, naufrage d'un navire ou d'une plateforme), l'étalement et la dispersion qui s'ensuivent peuvent, en quelques jours, contribuer à augmenter la superficie d'une nappe jusqu'à ce qu'elle soit influencée par toutes les échelles d'écoulement qui caractérisent la circulation, de l'échelle de Kolmogorov ( $\approx 1$  cm) jusqu'à celle de Rossby ( $\approx 10-100$  km), rendant ainsi difficile le suivi de la nappe pour les raisons évoquées plus haut.

Dans ce chapitre, nous insisterons sur ces notions de tourbillons et d'échelles d'écoulement, qui sont fondamentales pour comprendre les difficultés de prédire l'étalement et la dispersion de polluants dans le golfe du Saint-Laurent. Nous soulèverons aussi quelques questions de recherche qui nous apparaissent fondamentales dans le contexte du développement des hydrocarbures dans ce milieu marin. /

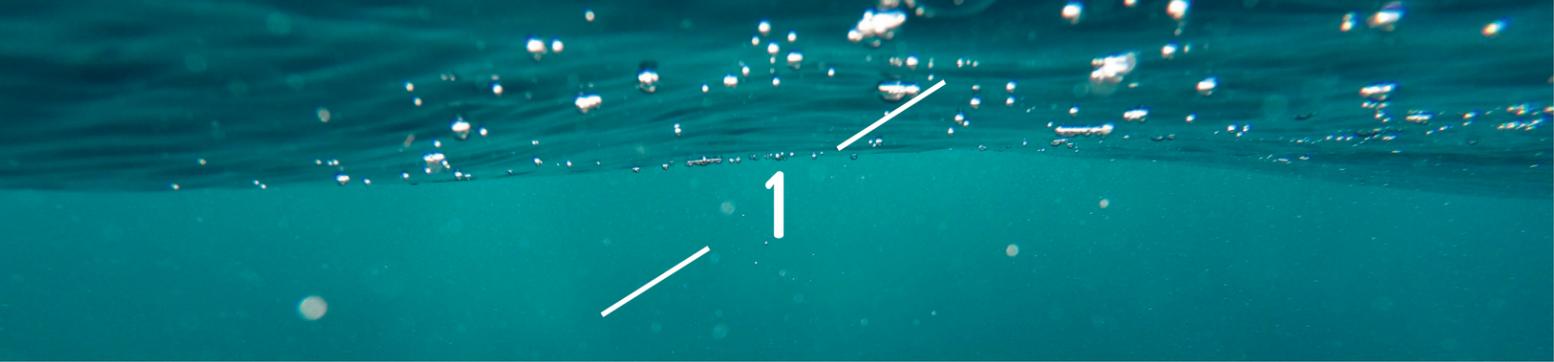


Photo : Pixabay

## LES COUCHES D'EAUX

Avant de discuter des courants, il est d'abord utile de présenter la grande structure verticale des couches d'eaux qui caractérise le golfe et d'exposer certaines notions connexes qui aideront à comprendre les échanges verticaux. Ainsi, il deviendra plus aisé de comprendre comment les hydrocarbures peuvent, ou non, passer d'une couche à l'autre, selon leur densité et la structure de la colonne d'eau.

Une caractéristique fondamentale des océans en général, et du golfe du Saint-Laurent en particulier, est que ces milieux sont généralement stratifiés de la surface jusqu'au fond, c'est-à-dire que la masse volumique de l'eau de mer, qui est déterminée par la température ( $T$ ), la salinité ( $S$ ) et la pression, varie selon la profondeur. Bien que les eaux plus denses se retrouvent généralement sous les eaux plus légères, l'inverse est aussi momentanément possible lorsque, par exemple, les

eaux de surface sont refroidies à l'automne et à l'hiver, jusqu'au point de devenir plus denses que les eaux sous-jacentes plus chaudes. Cette situation instable génère alors une plongée des eaux denses et des mouvements de convection turbulente, qui mélange cette couche dense d'eaux de surface avec les eaux sous-jacentes plus légères, jusqu'à créer un nouvel état d'équilibre. Nous expliquerons plus bas que ce processus est important dans le golfe du Saint-Laurent.

La stratification verticale du golfe et ses variations saisonnières jouent un rôle fondamental pour les échanges verticaux d'énergie, de quantité de mouvement (c.-à-d. des courants), de chaleur, de sel, d'éléments nutritifs, de chlorophylle, de larves d'invertébré, de zooplancton, de sédiments et de polluants. En général, plus la stratification est forte, c'est-à-dire que plus les différences de masse volumique sont grandes entre deux profondeurs, plus

[...] des hydrocarbures légers auront tendance à rester en surface [...] Inversement, des hydrocarbures plus lourds pourraient rester piégés entre deux eaux à certaines profondeurs.

les échanges verticaux sont difficiles à se produire. Par exemple, des hydrocarbures légers auront tendance à rester en surface et seront d'autant plus difficiles à diluer en profondeur si la stratification ambiante est forte. Inversement, des hydrocarbures plus lourds pourraient rester piégés entre deux eaux à certaines profondeurs d'équilibre, là aussi étant donné la stratification ambiante.

La stratification en surface, jusqu'à environ 75 m de profondeur, est très variable, étant donné les fortes variations saisonnières atmosphériques qui caractérisent le golfe, tandis que la stratification dans les couches profondes montre peu de variations saisonnières.

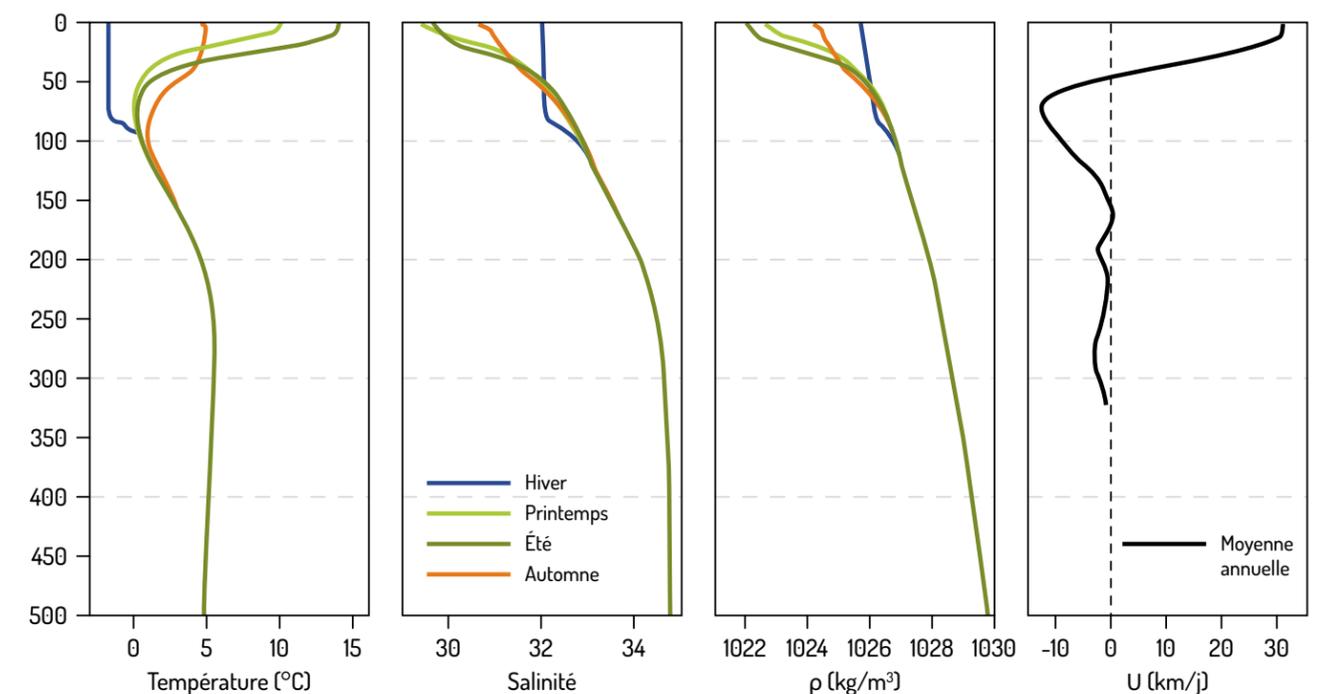
Étant donné l'importance de cette stratification, et afin de rendre le système océanographique du Saint-Laurent plus

facilement compréhensible aux fins de discussions multidisciplinaires, il est utile de simplifier la structure verticale non uniforme et variable de la colonne d'eau en un nombre restreint de couches d'eaux. Le découpage vertical se fera aux endroits où il y a de fortes variations de stratification ou d'autres changements importants de la température, de la salinité ou des courants. Toutefois, les propriétés ne sont pas généralement uniformes au travers de ces couches. Comme nous le présenterons à l'instant, les propriétés de certaines de ces couches varient grandement au fil des saisons, tandis que d'autres varient très peu.

La figure 2.1 montre l'évolution saisonnière des profils typiques de température, de salinité et de masse volumique sur l'ensemble du golfe. La température et la salinité des premiers 75 m varient gran-

**Figure 2.1**

Les trois premiers panneaux montrent l'évolution saisonnière des profils typiques de température ( $T$ ), de salinité ( $S$ ) et de masse volumique ( $\rho$ ) sur l'ensemble du golfe (adapté de Galbraith *et al.*, 2015). Le dernier panneau montre la structure verticale des courants moyennés annuellement et spatialement le long d'un transect entre Pointe-des-Monts et Les Méchins, simulée à l'aide d'un modèle numérique de la circulation de l'estuaire et du golfe. (Adapté de la Figure 7 de Saucier *et al.*, 2009.)



dement au fil des saisons, tandis qu'elles varient très peu dans les couches plus profondes. En surface, la température moyenne sur l'ensemble du golfe varie entre 15°C en été et le point de congélation de l'eau de mer en hiver ( $\approx -1,7^\circ\text{C}$ ), tandis que la salinité<sup>1</sup> varie entre 29 et 32 g/kg. Il faut remarquer qu'il s'agit là de moyennes spatiales sur l'ensemble du golfe et qu'il y a des écarts régionaux autour de ces valeurs. Par exemple, dans certaines régions dont la Baie des Chaleurs, les eaux de surface peuvent atteindre 20°C, tandis que, dans d'autres régions dont la tête du chenal Laurentien (région de Tadoussac), la température de surface excède rarement 10°C. Sous 200 m, les variations saisonnières de ces quantités sont imperceptibles sur la Figure 2.1. Cela se comprend par le fait que les eaux de surface sont fortement influencées par l'important cycle saisonnier de refroidissement/réchauffement atmosphérique, alors que les eaux de fond y sont très peu sensibles. Il s'agit là d'un bon exemple de l'effet de la stratification qui limite les échanges verticaux de température. En effet, un hiver typique permet uniquement de mélanger et de refroidir environ les premiers 75 m de la colonne d'eau. Si le milieu était complètement homogène, le refroidissement se ferait ressentir sur une bien plus grande profondeur.

En hiver, les eaux du golfe se répartissent plus ou moins en deux couches assez distinctes l'une de l'autre ayant les caractéristiques suivantes :

1) *La couche de surface hivernale* : sur environ les premiers 75 m, une couche d'eau homogène d'une température glaciaire ( $T \approx -1,7^\circ\text{C}$ ) et d'une salinité intermédiaire ( $S \approx 32$  g/kg);

2) *La couche profonde* : entre environ 75 m et le fond, une épaisse couche stratifiée dont la température entre le dessus de cette couche et le fond varie entre 1 et 7°C et dont la salinité varie entre 32 et 35 g/kg.

Il est à noter que, en hiver, alors que la couche de surface est bien mélangée, la couche de fond demeure stratifiée. En été, il n'y a aucune couche bien mélangée, et le système devient stratifié de la surface jusqu'au fond. La stratification en surface est créée par l'effet combiné du réchauffement atmosphérique et par l'augmentation de l'apport d'eau douce du fleuve et des rivières. Ces deux effets contribuent à produire des eaux de surface chaudes et peu salées, et donc plus légères que les eaux glaciales et plus salées qui s'y trouvaient depuis l'hiver précédent. Bien que le système soit stratifié sur toute la colonne d'eau en été, nous simplifions cette structure continue en trois couches distinctes :

1) *La couche de surface estivale* : une couche de surface très stratifiée d'environ 40 m d'épaisseur où les eaux de surface sont les plus chaudes ( $3 < T < 20^\circ\text{C}$ ) et les moins salées ( $29 < S < 31$  g/kg);

2) *La couche intermédiaire froide* : stratifiée et située plus ou moins entre 40 et 150 m. Cette couche d'une salinité intermédiaire ( $31 < S < 32$  g/kg) renferme les eaux estivales les plus froides du golfe ( $-1,7 < T < 3^\circ\text{C}$ ). L'eau froide qui s'y retrouve est celle qui a été produite l'hiver précédent par refroidissement atmosphérique et qui se retrouve prise en sandwich lorsque la stratification de surface s'installe à nouveau au printemps et à l'été;

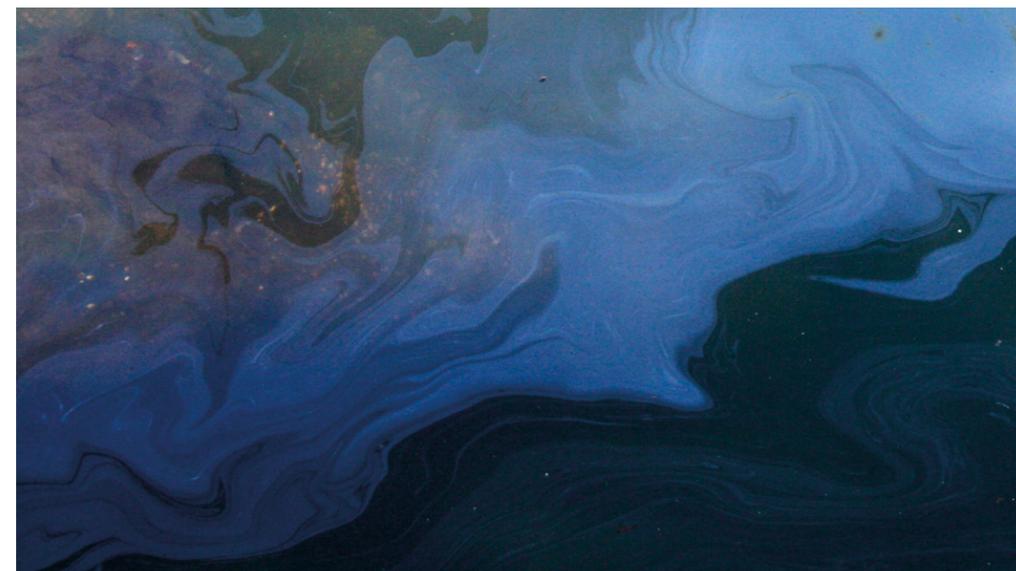
3) *La couche profonde* : sous 150 m de profondeur, on retrouve l'eau très salée ( $32 < S < 35$  g/kg) et plus chaude ( $3 < T < 7^\circ\text{C}$ ) d'origine atlantique. Cette couche profonde est la même que la couche profonde hivernale.

À la fin de l'automne et à l'hiver, les forts vents, la diminution des débits d'eau douce du fleuve et des rivières ainsi que le refroidissement atmosphérique contribuent à produire en surface des eaux plus denses que la couche de surface estivale. Ces eaux plongent et homogénéisent graduellement la couche de surface jusqu'à rejoindre les premiers 75 m produisant ainsi les eaux de surface hivernales qui, l'été suivant, deviendront à leur tour les eaux de la couche intermédiaire froide, et ainsi de suite au fil de l'enchaînement des saisons.

En somme, la structure verticale de la colonne d'eau peut se diviser en deux couches en hiver et en trois couches en été. Seule la couche de surface hivernale est homogène. Toutes les autres couches sont stratifiées. Nous expliquerons plus bas que l'écoulement est très différent dans chacune de ces couches.

Dans le contexte des évaluations environnementales touchant à la dispersion d'hydrocarbures dans un milieu côtier comme le golfe du Saint-Laurent, il est important de bien saisir que, bien qu'il soit habituel de découper la structure verticale estivale du golfe en trois couches distinctes, comme nous venons de le présenter, aucune de ces couches n'est bien mélangée. Elles sont toutes stratifiées à différents degrés, et la plus forte stratification se trouve dans la couche de surface (figure 2.1). Cette distinction est importante, car autrement cela peut mener à d'importantes erreurs d'interprétation et à des choix de méthode d'analyse non justifiés lors d'études environnementales. Cela a été le cas par exemple pour l'étude de dispersion de nappes de pétrole effectuée par SL Ross Environmental Research Ltd. (2012), qui a considéré, à tort, que la couche de surface était homogène sur les premiers 30 m en été. Une critique plus détaillée de cette étude se trouve dans Bourgault et ses collaborateurs (2014). Toute nouvelle étude environnementale de dispersion de pétrole dans le golfe du Saint-Laurent devra impérativement tenir compte de la stratification sur toute la colonne d'eau. /

Photo : Brocken Inaglor / Wikimedia



<sup>1</sup> La salinité exprime le nombre relatif de grammes de sel contenu dans un kilogramme d'eau de mer. Historiquement, la salinité était exprimée en ‰ (pour mille) ou avec l'abréviation psu pour *practical salinity units*. Dans plusieurs textes et articles, la salinité peut être exprimée sans aucune unité. Dans notre article, nous exprimons la salinité avec l'unité de g/kg.

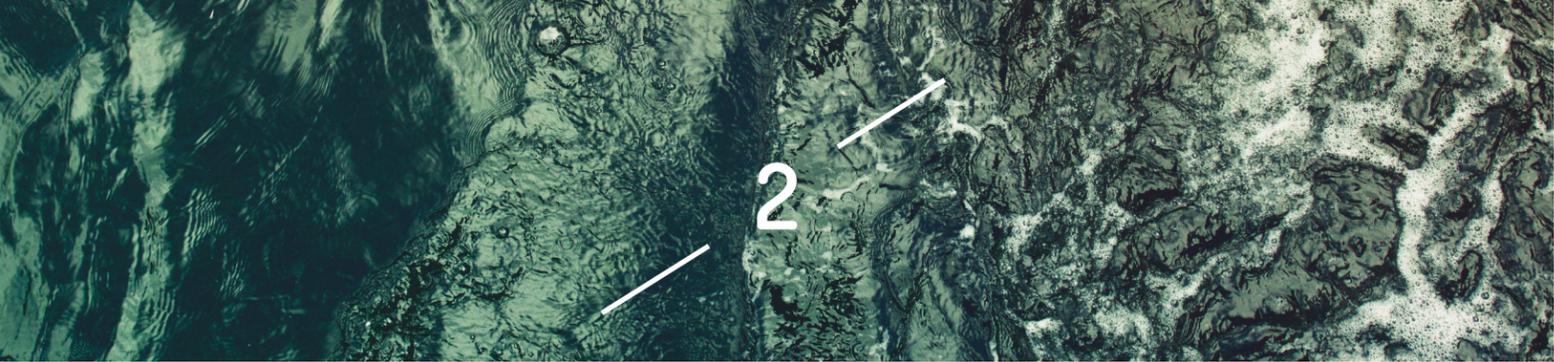


Photo : Pixabay

## LES COURANTS

Bien que les courants soient complexes puisqu'ils sont très variables dans l'espace et dans le temps (voir l'introduction), le besoin existe de les représenter d'une façon suffisamment compréhensible pour favoriser les échanges d'idées dans un cadre multidisciplinaire. Pour ce faire, il est nécessaire de recourir à des représentations statistiques simplifiées pour lesquelles une vigilance devra s'imposer lors de l'interprétation. En effet, ces représentations statistiques peuvent induire en erreur si elles sont mal interprétées ou mal utilisées.

La réduction statistique est un compromis nécessaire pour dresser un portrait global et compréhensible de la situation, mais ne représente pas bien les conditions ins-

stantanées au moment d'un déversement particulier. La façon la plus répandue d'illustrer simplement les courants du golfe du Saint-Laurent consiste sans doute à ne montrer que la moyenne des courants calculée sur de longues périodes. Cette façon statistique permet de faire ressortir les grands patrons de circulation, qui seraient autrement camouflés derrière les fluctuations de courant beaucoup plus importantes causées par les vents, les marées et les tourbillons. Nous traiterons donc ici des courants en deux temps, en présentant d'abord les courants moyens associés à la circulation estuarienne et à la circulation horizontale, pour ensuite discuter de la variabilité de ces courants et de l'impact sur la dispersion.

## LA CIRCULATION ESTUARIENNE

Les courants du golfe sont mus par un important apport d'eau douce en provenance du fleuve et des rivières, par la marée, par les vents et par la force de Coriolis (c.-à-d. la force induite par la rotation terrestre)<sup>2</sup>. L'apport d'eau douce et les vents génèrent des courants directement et principalement dans la couche

de surface, sur quelques dizaines de mètres, alors que les courants générés par le va-et-vient de la marée affectent toute la colonne d'eau. La force de Coriolis ne génère pas de courant, mais, dans l'hémisphère Nord, elle fait dévier vers la droite les courants générés par les autres forces. Les grands patrons de circulation et les

grands tourbillons tels que le courant de Gaspé, la gyre d'Anticosti et les tourbillons de Rossby, que nous expliquerons ci-dessous, sont fortement déterminés par la force de Coriolis.

Il existe un autre phénomène, moins intuitif, mais fondamental pour la dynamique des courants du golfe et particulièrement important dans le contexte qui nous motive ici. Il s'agit de ce qu'on appelle la pompe estuarienne. Alors que, en général, l'eau dans la couche de surface estivale ou hivernale s'écoule de l'amont vers l'aval, un peu comme dans une rivière, il en est tout autrement pour les couches sous-jacentes, c'est-à-dire la couche intermédiaire froide (en été) et la couche profonde. Comme dans la plupart des milieux côtiers, des estuaires et des fjords, il y a dans l'estuaire et le golfe Saint-Laurent profond, en-dessous d'environ 40 m, un effet de succion qui entraîne vers l'amont les eaux intermédiaires et profondes. Cet

effet de succion, nommé la pompe estuarienne, est créé par le mélange graduel vers l'aval des eaux de surface très peu salées qui se retrouvent tout en amont avec les eaux intermédiaires et profondes salées. Puisque les eaux de surface en provenance des rivières deviennent de plus en plus salées lors de leur parcours vers l'aval, il faut nécessairement que ce volume d'eau salée ainsi incorporé dans la couche de surface soit remplacé. C'est en quelque sorte cette perte d'eau salée des couches intermédiaire et profonde vers la couche de surface qui appelle en profondeur des eaux très salées de l'océan Atlantique. Il s'agit encore une fois d'une conséquence directement reliée à la stratification et à la variabilité longitudinale de cette stratification. En termes techniques, cette pompe estuarienne est alimentée par la force qu'on appelle le gradient de pression barocline.

Ainsi, d'une façon simplifiée, la circulation moyenne le long du chenal Laurentien peut être représentée comme étant composée de la couche de surface s'écoulant vers l'aval, sous laquelle s'écoulent en sens opposé, et donc vers l'amont, les couches intermédiaires froides et profondes. C'est ainsi qu'une partie des eaux des couches intermédiaires froides et profondes remonte jusqu'à la pointe est de l'île d'Orléans dans l'estuaire moyen et jusqu'à la ville de Saguenay dans le fjord du Saguenay. En somme, la grande majorité de la colonne d'eau s'écoule, en moyenne, vers l'amont dans le golfe du Saint-Laurent.

Plus quantitativement, cette structure verticale des courants, telle qu'elle est simulée à l'aide d'un modèle numérique de la circulation de l'estuaire et du golfe (Saucier *et al.*, 2009), est représentée à la figure 2.1 (panneau de droite). Ce profil représente non seulement une moyenne temporelle sur plusieurs années, mais aussi la moyenne spatiale le long d'une section transversale entre Pointe-des-Monts, sur la Côte-Nord, et Les Méchins,

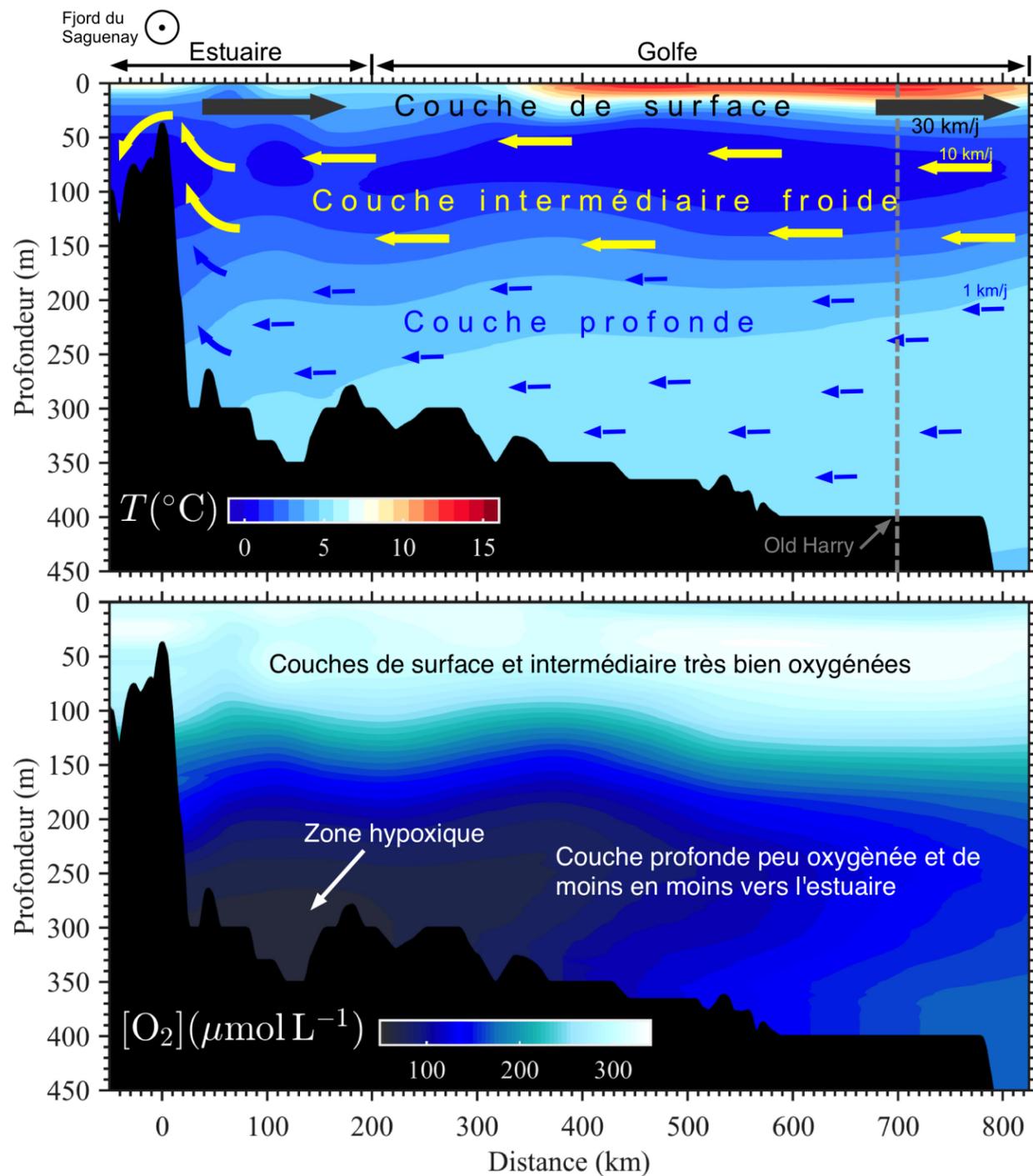


<sup>2</sup> Contrairement à la croyance populaire, la force de Coriolis n'a pas d'effet sur les écoulements à petite échelle, par exemple dans les lavabos et les baignoires. Dans le golfe du St-Laurent, la force de Coriolis devient importante pour les tourbillons d'environ 10 km de diamètre ou plus.

Figure 2.2

Coupe transversale le long du chenal Laurentien illustrant la structure moyenne du champ de température (haut) et d'oxygène dissous (bas). Les flèches sur le panneau du haut illustrent d'une façon semi-quantitative la structure de la circulation annuelle moyenne et aussi moyennée en travers du chenal Laurentien.

(Adapté de Bourgault et ses collaborateurs, 2012.)



dans le Bas-Saint-Laurent. En moyenne, la couche de surface s'écoule vers l'aval à une vitesse d'environ 30 km/j, la couche intermédiaire froide s'écoule vers l'amont à environ 10 km/j et la couche profonde s'écoule aussi vers l'amont à environ 1 km/j.

La figure 2.2 montre la structure du champ de température ainsi que cette circulation longitudinale le long du chenal Laurentien d'une façon très simplifiée et schématique. Il faut voir cette représentation comme étant une moyenne à long terme et aussi une moyenne transversale dans le chenal Laurentien. Nous expliquerons plus bas qu'il y a de grandes variations horizontales de cette circulation et que cette vision-ci, statistiquement simplifiée, n'est représentative qu'en moyenne transversale.

Cet aspect de la contrecirculation intermédiaire et profonde est fondamental à considérer dans le contexte d'études environnementales reliées au développement des hydrocarbures dans le système océanographique du Saint-Laurent. Étant donné cette circulation vers l'amont de la plus grande portion de la colonne d'eau, l'estuaire maritime, l'estuaire moyen ainsi que le fjord du Saguenay ne sont pas à l'abri de la pollution en provenance du golfe. Par exemple, les eaux profondes du fjord du Saguenay sont composées en grande partie d'eau intermédiaire froide qui a transité le long du chenal Laurentien depuis le golfe. Ces eaux profondes du Saguenay sont renouvelées quelques fois par année (Belzile *et al.*, 2016). Un mécanisme semblable renouvelle aussi les eaux profondes de l'estuaire moyen jusqu'à l'île d'Orléans.

Il n'existe encore aucune étude scientifique qui s'est intéressée à ce qu'il adviendrait d'un pétrole ou de tout autre polluant qui serait libéré sous la couche de surface du golfe. Ce qui est connu de la circulation longitudinale moyenne, comme nous

avons présenté ici, suggère qu'un polluant qui se retrouverait dans la couche intermédiaire froide loin en aval, par exemple par un déversement à Old Harry,

pourrait être transporté vers l'amont à raison de 10 km/j et atteindre la tête du chenal Laurentien (Tadoussac), l'estuaire moyen et le fjord du Saguenay dans un délai d'environ deux à trois mois. Si le polluant se retrouvait emprisonné beaucoup plus profondément, par exemple sous 250 m de profondeur, le temps de transit vers la tête du chenal Laurentien serait de l'ordre de deux ans à raison de 1 km/j. Il faut noter cependant que cette interprétation donnée ici est très, voire trop simplifiée pour tirer de réelles conclusions à ce moment-ci sur l'impact d'un déversement profond dans le golfe.

Bien qu'il soit bien compris et admis qu'une partie de l'eau des couches intermédiaire froide et profonde remonte, en moyenne à long terme, jusqu'à la tête du chenal Laurentien, le chemin exact qu'empruntent ces eaux pour réaliser cette remontée est beaucoup plus complexe que ne peut le laisser croire la schématisation de la figure 2.2. De plus, ces eaux profondes peuvent remonter non seulement le chenal Laurentien, mais aussi les autres chenaux qui caractérisent la bathymétrie du golfe, soit le chenal d'Esquiman ou celui d'Anticosti. Enfin, il faut garder à l'esprit qu'un déversement qui aurait lieu dans les couches intermédiaire froide ou profonde dans le golfe pourrait aussi très bien être entraîné vers l'extérieur du golfe et ne pas nécessairement remonter ces chenaux, étant donné la grande variabilité horizontale de cette circulation profonde (figure 2.3). Il y a en fait de grandes incertitudes quant à ce qu'il adviendrait d'un déversement en profondeur dans le golfe. Il s'agit d'une question fondamentale qui doit être rigoureusement étudiée avant



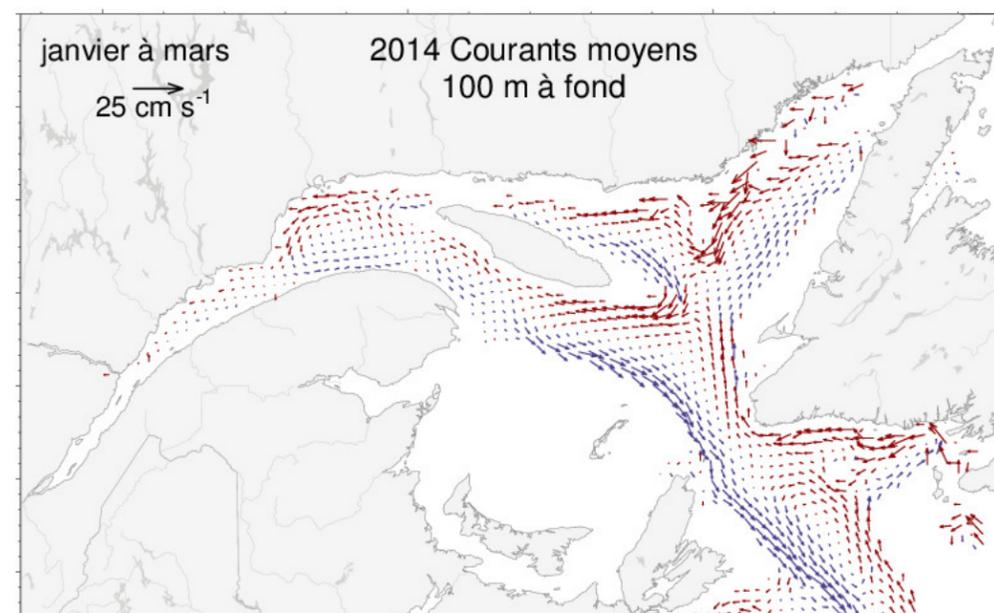
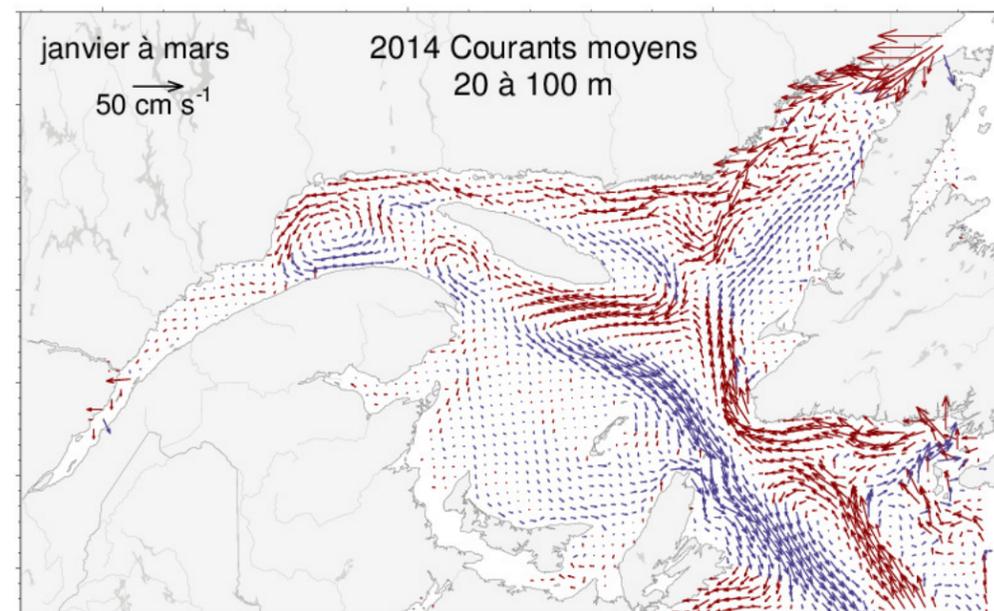
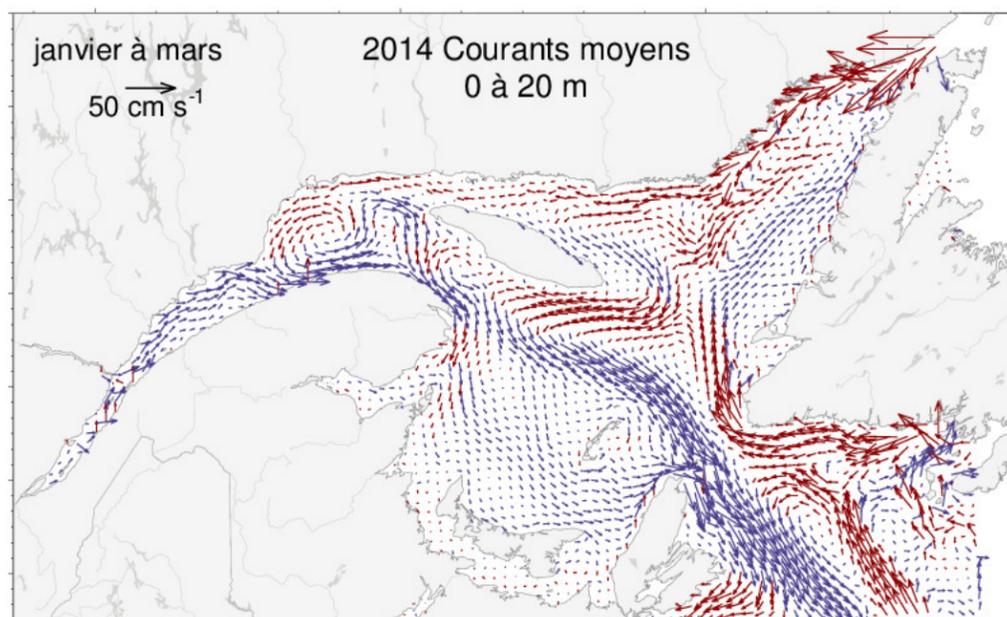
d'y entreprendre toute activité d'exploration et d'exploitation pétrolières.

Admettons tout de même la situation possible où un déversement profond (sous 200 m) remonterait lentement vers la tête du chenal Laurentien en une année ou deux. Selon le type d'hydrocarbures et la nature du déversement, il serait possible qu'il soit complètement dégradé pendant cette période de transit dans la couche profonde vers la tête du chenal. Néanmoins, cette possible dégradation ne garantit pas pour autant un impact négligeable sur l'écosystème en amont. Par exemple, la dégradation microbienne d'hydrocarbures nécessite une consommation d'oxygène dissous. Or, le Saint-Laurent profond est déjà pauvre en oxygène (Gilbert *et al.*, 2005; Gilbert *et al.*, 2007; Bourgault *et al.*, 2012), avec des conditions hypoxiques rencontrées près du fond dans l'estuaire maritime (figure 2.2). Une consommation accrue d'oxygène dissous en aval occasionnée par un déversement en profondeur pourrait ex-

acerber l'hypoxie dans l'estuaire maritime quelques années plus tard. Cette question fondamentale n'a pas encore été étudiée et doit impérativement être considérée dans le contexte du potentiel développement des hydrocarbures dans le golfe. Quels seraient donc les impacts à moyen (quelques mois) et à long (quelques années) termes de déversements chroniques ou aigus d'hydrocarbures ou autres polluants qui surviendraient sous la couche de surface (sous environ 40 m) dans le golfe sur l'oxygène dissous, sur les nutriments et sur la qualité de l'eau de façon générale, dans l'estuaire maritime, à la tête du chenal Laurentien, dans l'estuaire moyen et dans le fjord du Saguenay ? Ces questions encore sans réponse sont discutées par Schloss et ses collaborateurs (2017, cet ouvrage) et nécessitent des études approfondies et multidisciplinaires pour y répondre puisque la dispersion d'hydrocarbures ne dépend pas que de la physique, mais aussi de la chimie de l'eau, de la biologie et de la sédimentation.

Figure 2.3

Courants saisonniers moyennés entre la surface et 20 m, entre 20 m et 100 m, et entre 100 m et le fond pour l'année 2014 montrant la circulation principalement de la couche intermédiaire froide. (Adapté de Galbraith *et al.*, 2015, avec la permission de J. Chassé.)



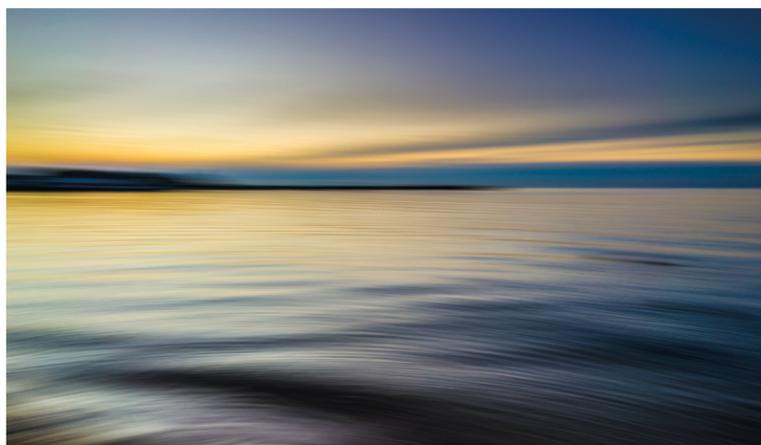
## LA CIRCULATION HORIZONTALE SAISONNIÈRE MOYENNE

La figure 2.3 montre la moyenne des courants de surface hivernaux, calculée de janvier à mars sur l'ensemble du golfe, à partir d'une simulation d'un modèle numérique basé sur les équations de la mécanique des fluides océaniques (Chassé, 2016; Galbraith *et al.*, 2015). Comme nous l'avons discuté en introduction, cette capacité de modéliser les courants sur l'ensemble du golfe ne peut se faire qu'au détriment de la finesse de la

résolution. Les courants sont simulés ici avec une résolution horizontale d'environ 10 km (1/12 de degré de latitude plus précisément; tous les vecteurs modélisés ne sont pas tracés sur la figure) et avec une résolution verticale de 6 m en surface. De plus, la figure montre non seulement une moyenne saisonnière, mais aussi la moyenne sur les premiers 20 m de colonne d'eau. Pour les besoins de ce chapitre, et pour plus de clarté, nous ne

montrons ici que les patrons de courants hivernaux. Pour voir les patrons de courants aux autres saisons, nous invitons le lecteur à consulter Galbraith et ses collaborateurs (2015).

Ces simulations numériques montrent que, bien que l'intensité et certains détails des patrons de circulation varient d'une saison à l'autre, des courants et des structures persistantes s'y retrouvent à longueur d'année tels que le courant de Gaspé, la gyre d'Anticosti, le courant de Terre-Neuve occidental et un courant longeant vers l'ouest la côte nord depuis le détroit de Belle Isle. Les courants saisonniers moyens dans les couches intermédiaire (20-100 m, figure 2.3) et profonde (100 m-fond, figure 2.3) montrent des patrons de circulation assez semblables à ceux en surface, mais moins intenses.



Contrairement à ce que peut laisser croire la coupe longitudinale des courants discutée précédemment (figure 2.1, panneau de droite et figure 2.2), ces cartes-ci de courants montrent qu'il y a une grande variabilité spatiale des courants horizontaux. Cette grande variabilité horizontale des courants est en grande partie causée par la force de Coriolis; par exemple, les courants sortent au détroit de Cabot seulement du côté sud-ouest, alors qu'ils entrent du côté nord-est. Cela pourrait sembler incohérent avec la représentation longitudinale donnée précédemment à la figure 2.2, qui suggère que les courants de surface ne font que sortir au détroit de Cabot et que les courants profonds ne font qu'y entrer. En fait, il n'y a pas d'incohérence, pourvu qu'il soit compris que la circulation estuarienne présentée à la figure 2.2 représente une moyenne transversale à travers toute la largeur du chenal Laurentien. Ce n'est donc qu'en moyenne transversale que le courant sort en surface et entre en profondeur. Par contre, selon l'emplacement sur une section transversale, il se peut que le courant saisonnier moyen soit orienté à l'opposé de ce qui est représenté à la figure 2.2. Cela illustre bien la difficulté de représentation des courants complexes et tridimensionnels du golfe ainsi que la vigilance nécessaire dans l'interprétation de l'information présentée.

## LA CIRCULATION INSTANTANÉE, LES TOURBILLONS ET LA DISPERSION DE POLLUANTS

Dans le contexte des évaluations environnementales liées à la dispersion d'hydrocarbures en mer, il est important de réaliser que la procédure statistique qui permet de représenter les courants saisonniers moyens tels qu'ils ont été décrits dans les sections précédentes (figures 2.1, 2.2 et 2.3) élimine tous les tourbillons et autres fluctuations qui surviennent à des échelles temporelles beaucoup plus petites

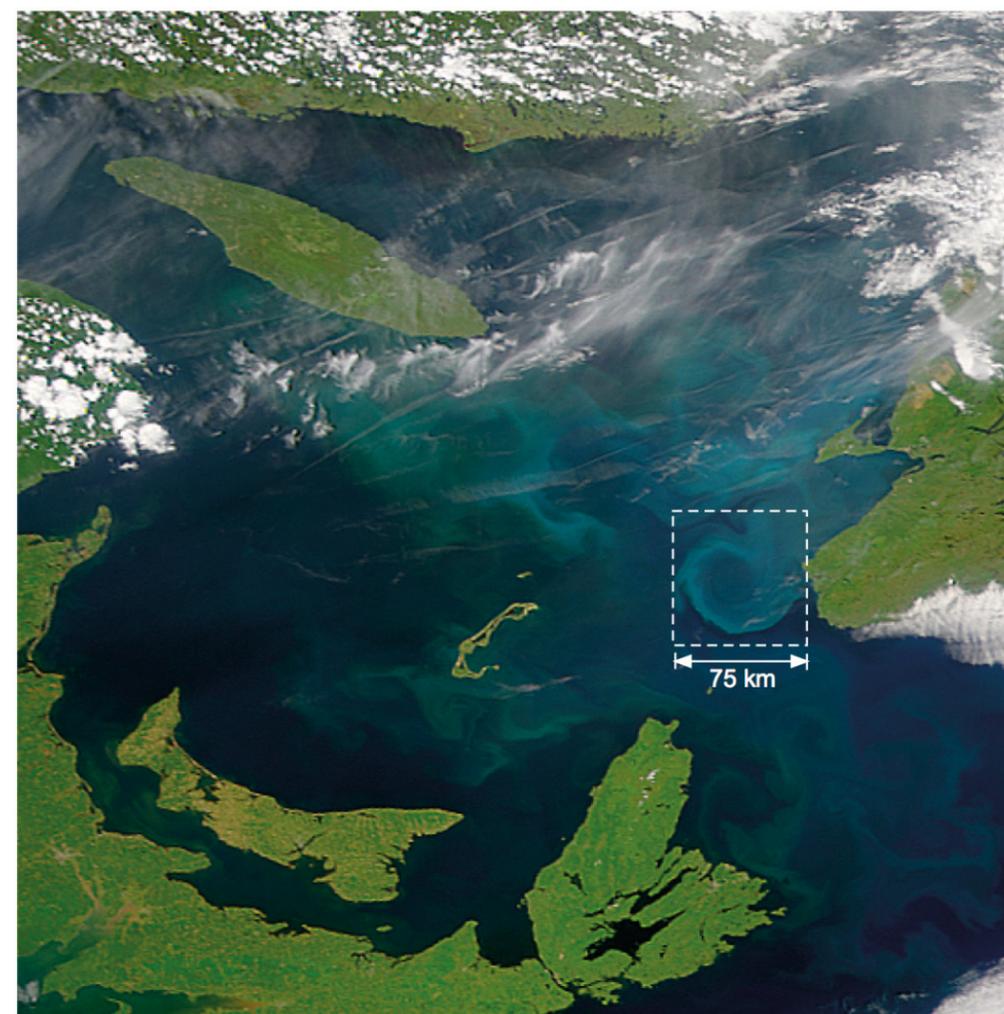
que l'échelle des saisons. Or, l'étalement et la dispersion physique de polluants en mer s'effectuent très majoritairement par ces tourbillons et autres courants oscillatoires importants, dont ceux causés par la marée et les vents, qui sont absents d'une représentation saisonnière moyenne. En soi, les courants saisonniers, bien que plus facilement compréhensibles, sont assez peu utiles pour prédire la disper-

sion. Ces représentations saisonnières des courants indiquent seulement que, s'il y avait un déversement qui durerait toute une saison (trois mois), le centre de masse de la nappe dériverait selon les courants saisonniers moyens. Par contre, cela ne donne pas d'information sur la dispersion et l'étalement horizontaux engendrés par les tourbillons et les autres fluctuations qui agissent à de plus petites échelles temporelles. Bourgault et ses collaborateurs (2014; voir leur figure 3) discutent des courants instantanés, incluant ceux créés par la marée et par les vents, et montrent qu'ils sont environ 10 fois plus forts que les courants moyens.

La figure 2.4 montre un exemple de la structure en méandres complexes et tourbillonnants qui caractérise l'écoulement

instantané du golfe. Une partie de l'écoulement est visible ici par la présence de phytoplancton (algue marine microscopique) entraîné par ces méandres, permettant ainsi de voir un instantané des fines structures de l'écoulement. Ces méandres sont toutefois absents des représentations saisonnières moyennes habituelles (figure 2.3). Bien que cette information ne soit pas visible directement sur cette figure, les courants associés à ces méandres sont reconnus pour être beaucoup plus importants que les courants saisonniers moyens.

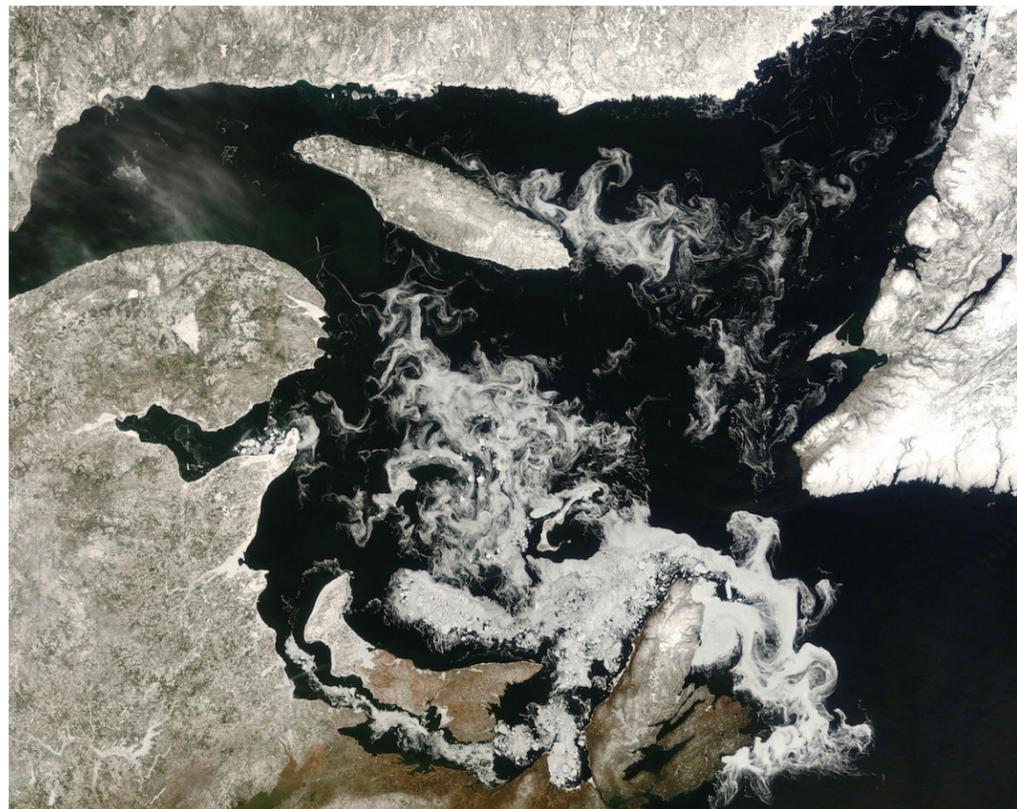
Un de ces tourbillons est particulièrement bien visible près de la pointe sud-ouest de Terre-Neuve et tout près du prospect *Old Harry* (figure 2.4 - encadré). Ce tourbillon a un diamètre d'environ 75 km et l'image indique qu'il tourne dans le sens horaire.



**Figure 2.4**  
Image satellite montrant la distribution de chlorophylle et illustrant ainsi la structure tourbillonnante et filamenteuse des courants dans le golfe du Saint-Laurent observés le 20 juin 2001. L'encadré pointillé montre un de ces plus gros tourbillons, d'un diamètre d'environ 75 km. (SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center et ORBIMAGE.) Image téléchargée le 01/02/2016 à partir de <http://visibleearth.nasa.gov/view.php?id=56410>.

**Figure 2.5**

Exemple de distribution du champ de glace dans le golfe du Saint-Laurent observée le 7 avril 2008 par le satellite MODIS de Terra, à la NASA. Cette image montre bien la structure tourbillonnante et filamenteuse de l'écoulement de surface. Image téléchargée le 01/02/2016 à partir de <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=8661&src=ve>.



Il s'agit là d'un tourbillon de Rossby. Un pétrole déversé en surface à *Old Harry* pourrait très bien se faire entraîner par un tel tourbillon et toucher la pointe sud-ouest de Terre-Neuve après une ou deux journées. Ce type de tourbillon peut se retrouver à tout endroit dans le golfe et pourrait tout aussi bien se retrouver du côté des Îles-de-la-Madeleine. Ce mode de transport des polluants par les tourbillons n'est pas réellement discernable par l'examen des courants saisonniers. La figure 2.5 montre un autre exemple de la structure complexe et en méandres des courants de surface, cette fois-ci rendue visible grâce à la présence de glace de mer.

Bien que certains travaux soient en cours, il n'y a aucune étude publiée présentant la dispersion d'hydrocarbures sur l'ensemble du golfe du Saint-Laurent et dans toutes les couches d'eaux, de sorte que les connaissances sur cet aspect sont très limitées. Il n'existe qu'une seule étude qui s'est intéressée au cas particulier d'un déversement de surface, qu'il soit chronique ou aigu, d'un polluant inerte et léger sur le

site d'*Old Harry* (Bourgault *et al.*, 2014). Cette étude montre les patrons possibles de dispersion, le temps qu'une masse d'eau transitant par *Old Harry* pourrait prendre avant de toucher les côtes avoisnantes ainsi que la probabilité qu'un point donné de la côte soit touché. Un des résultats importants montre qu'*Old Harry* est situé tout juste à cheval entre le courant de Gaspé sortant du golfe et le courant de Terre-Neuve occidental entrant, de sorte qu'un polluant qui y serait largué pourrait emprunter l'une ou l'autre de ces routes selon les conditions instantanées de marée, de vents et de tourbillons au moment d'un déversement. Un polluant pourrait donc, de façon à peu près équivalente, soit sortir par le détroit de Cabot en léchant de part et d'autre le cap Breton (en Nouvelle-Écosse) et le cap Anguille (à Terre-Neuve), soit remonter au nord en longeant et en touchant la côte ouest de Terre-Neuve. Cette étude démontre aussi que, même si les Îles-de-la-Madeleine sont moins susceptibles d'être atteintes, la probabilité n'est pas négligeable. Certaines simulations montrent aussi des fila-

ments de polluant qui pourraient remonter jusqu'à l'île d'Anticosti. L'étude de Bourgault et ses collaborateurs a permis de délimiter une première grande région appelée la zone d'influence d'*Old Harry* (ZIOH) (figure 2.6, zone rosée).

Un polluant pourrait [...] soit sortir par le détroit de Cabot en léchant de part et d'autre le cap Breton [...], soit remonter au nord en longeant et en touchant la côte ouest de Terre-Neuve.

Depuis la publication en 2014 de l'étude de Bourgault et ses collaborateurs, une quinzaine de bouées dérivantes ont été larguées sur le site d'*Old Harry* afin de tester les prévisions à l'aide de mesures en mer. La figure 2.6 montre toutes les trajectoires recueillies jusqu'à maintenant et superposées sur une des cartes de probabilités tirée de l'étude de Bourgault et ses collaborateurs (2014). Bien que 15 bouées soient insuffisantes pour valider de façon robuste les résultats de ces auteurs, ces trajectoires supportent bien la conclusion selon laquelle la côte ouest de Terre-Neuve est la plus susceptible de recevoir des contaminants flottants en provenance d'*Old Harry*. Aussi, sur une quinzaine de bouées larguées, deux se sont échouées aux Îles-de-la-Madeleine une dizaine de jours après avoir été larguées, démontrant ainsi la possibilité que cet archipel puisse être touché par un déversement de surface à *Old Harry*.

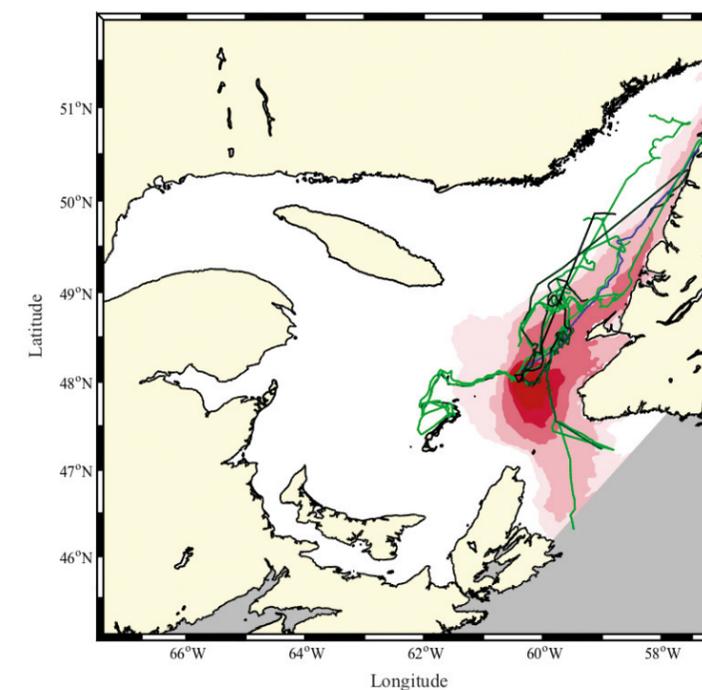
Nous avons insisté sur l'importance de considérer les courants instantanés lorsque vient le temps d'aborder les questions de dispersion de polluants dans le golfe. La raison en est entre autres que, là encore, cette distinction n'a pas été bien relatée par l'industrie lors d'évaluations environnementales. En effet, dans ses simulations de déversement de surface,

SL Ross Environmental Research Ltd. (2012) n'a considéré que les courants saisonniers moyens. Cette critique a aussi été soulevée par Bourgault et ses collaborateurs (2014).

En somme, il y a un manque criant d'études plus généralisées sur la dispersion de pétrole et de polluants dans le golfe du Saint-Laurent. La question est particulièrement importante en ce qui concerne le transport et la dispersion dans les couches intermédiaire et profonde puisque la majeure partie de la colonne d'eau remonte en moyenne vers la tête du chenal Laurentien, l'estuaire moyen et le fjord du Saguenay. /

**Figure 2.6**

Trajectoires des bouées dérivantes flottantes larguées dans la région d'*Old Harry* depuis 2014 superposées sur une des cartes de probabilité de Bourgault et ses collaborateurs (2014) montrant les régions les plus susceptibles de recevoir un polluant ayant été relâché à *Old Harry*. Les régions concentriques rosées représentent la probabilité qu'elles soient touchées, advenant un déversement à *Old Harry*. La région la plus foncée (rouge foncé) représente une probabilité de 90% et la plus pâle (rose), une probabilité de 10%. Cette région rose est appelée la zone d'influence d'*Old Harry* (ZIOH). La zone grisée à l'extérieur du golfe n'est pas tenue en compte dans cette étude.



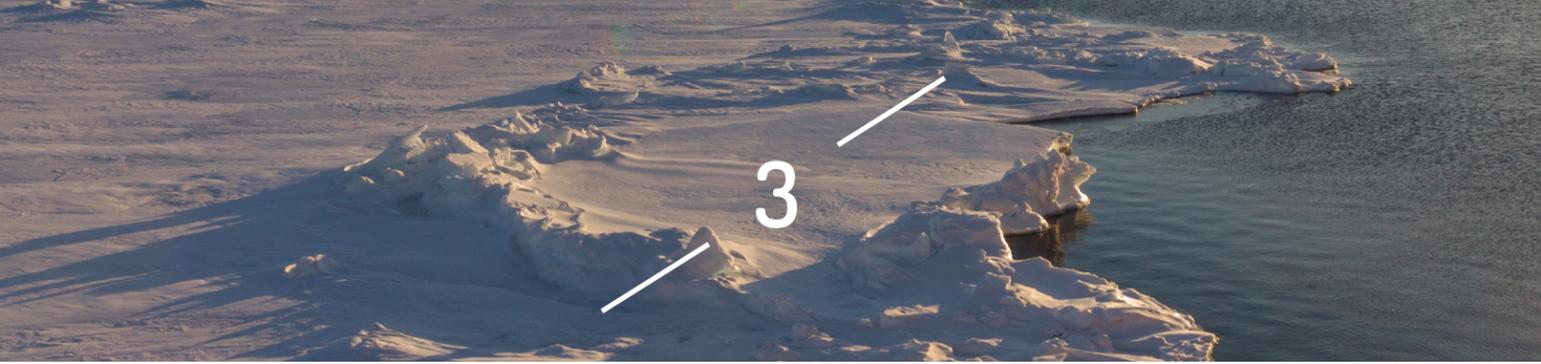


Photo : D. Kalenitchenko

## LE COUVERT DE GLACE

Le golfe du Saint-Laurent est l'extrémité la plus au sud de l'hémisphère Nord où il se forme un couvert de glace en hiver. La présence de glace rendrait non seulement les opérations d'extraction pétrolière plus risquées, mais compliquerait davantage le nettoyage à la suite d'un déversement ou d'une fuite.

La figure 2.7 (côté gauche) montre la climatologie de 1981 à 2010 de la phéno- logie du couvert de glace, c'est-à-dire le moment de l'année où le couvert apparaît, quand il se retire et combien de temps il persiste. La même figure montre aussi les conditions extrêmes qui sont survenues entre 1969 et 2015 (côté droit), ce qui est pertinent dans un contexte d'exploitation. Alors que la glace ne survient en décembre que dans l'estuaire et le long des côtes du Nouveau-Brunswick dans les conditions moyennes, plus de la moitié de la superficie du golfe a déjà été englacée aussi tôt

en saison lors des conditions extrêmes. De la même façon, bien que la région du sud du golfe entre les Îles-de-la-Madeleine, le cap Breton et Port aux Basques (à Terre-Neuve) soit habituellement libre de glace vers la fin de mars, la glace peut y perdurer plus d'un mois supplémentaire. Même si le couvert de glace est en général moins étendu récemment que durant les années 1990 (p. ex., une quasi-absence de glace en 2010), il reste que la variabilité inter-annuelle du couvert est forte. Le phénomène atmosphérique du vortex polaire qui a donné des hivers rigoureux en 2014 et 2015 est nouveau et a causé des retards dans le retrait du couvert de glace dans le sud du golfe de cinq semaines en 2015. Les dates extrêmes de retrait de glace de la figure 2.7 indiquent que, presque n'importe où dans le golfe, le retrait peut occasionnellement être aussi tard que la normale climatologique pour le détroit de Belle Isle et perdurer aussi longtemps.

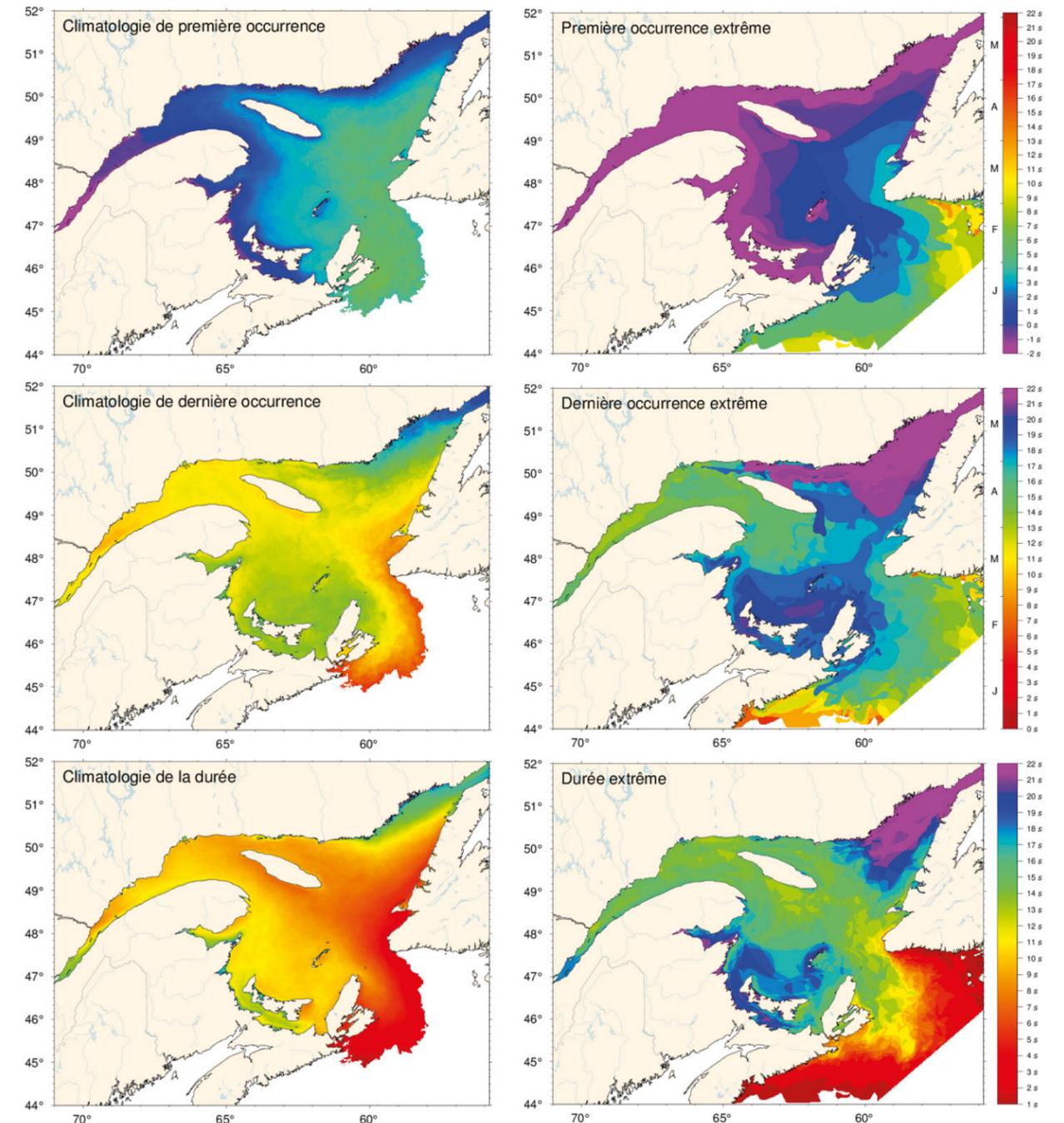
## L'ÉVOLUTION DU COUVERT DE GLACE AU COURS DU PROCHAIN SIÈCLE

Les projections effectuées par les modèles climatiques de l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (2014) indiquent que la température de l'air moyenne globale pourrait augmenter de 2 à 6°C d'ici la fin du siècle selon différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre. Selon un scénario plausible et réaliste d'émission de gaz à effet de serre (SRES A2)<sup>3</sup>, la

température moyenne excluant les mois d'été dans le golfe du Saint-Laurent augmentera d'environ 6°C, réduisant ainsi la probabilité de former et de maintenir un couvert de glace. La figure 2.8 montre cette tendance à partir d'un ensemble de simulations climatiques globales réalisées par des modèles global (modèle couplé du climat du globe version 3, MCG3, Flato

Figure 2.7

Climatologie (1981-2010) et conditions extrêmes de l'occurrence du couvert de glace (durée en semaines, première et dernière apparition). Le couvert de glace a dû être présent à un endroit pour au moins une semaine durant 15 des 30 années de la climatologie pour y être indiqué, ce qui explique les absences de données sur le Plateau néo-écossais, où la présence de glace est rare. Les climatologies sont les mêmes que dans Galbraith et ses collaborateurs (2015). Pour les extrêmes, une seule année de données est suffisante pour déterminer une valeur à un endroit.



<sup>3</sup> Le scénario A2 du *Special Report on Emissions Scenario* (SRES) est un de ceux utilisés pour la production du 4<sup>e</sup> rapport d'évaluation du GIEC, en 2011. La définition de ces scénarios a été modifiée pour le 5<sup>e</sup> rapport, publié en 2014, mais ceux-ci divergent très peu des précédents en ce qui concerne les projections de température de l'air que nous utilisons ici.

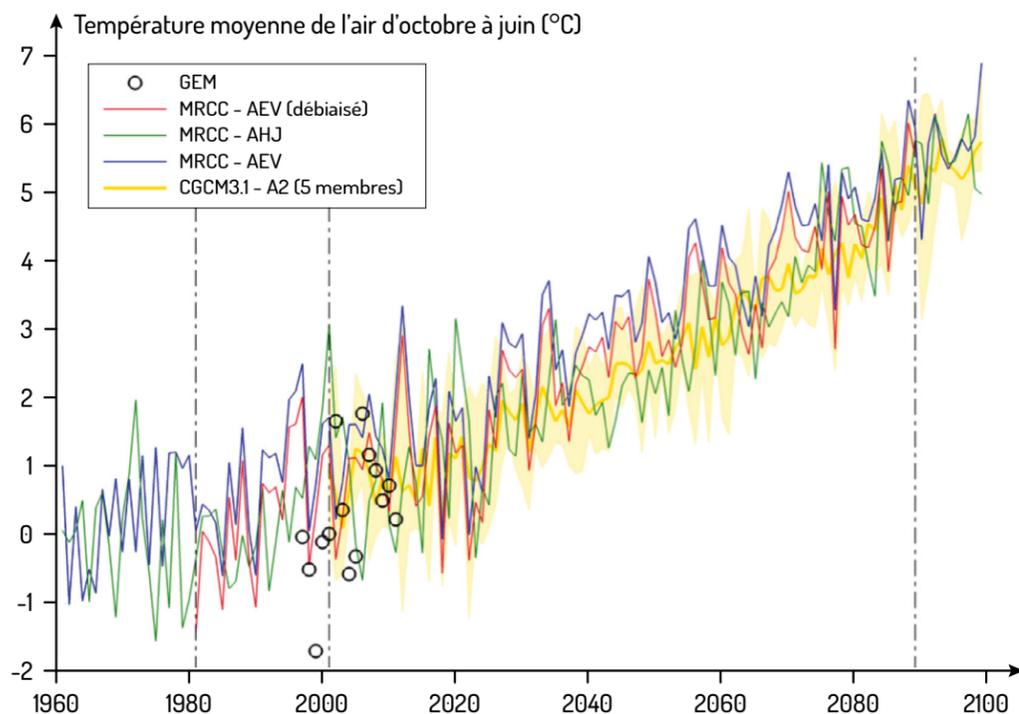
et Boer, 2001) et régional (modèle régional canadien du climat, MRCC, Laprise *et al.*, 2003). Cette figure montre également de fortes variations d'une année à l'autre, de sorte qu'une année extrême chaude de la période 1980-2000 peut être aussi chaude qu'une année extrême froide de la période 2040-2060. Comment alors cette évolution de la température de l'air influence-t-elle l'évolution du couvert de glace? La figure 2.9 montre comment, à partir des corrélations existantes avec l'évolution de la température de l'air, l'étendue et la durée du couvert de glace évolueront au cours du prochain siècle (Bismuth, 2015). Selon ces résultats, un hiver normal dans la période 2040-2060 ne durerait que 100 jours et ne couvrirait, en moyenne, qu'environ 50% de la superficie du golfe. Aujourd'hui, en moyenne, un hiver normal

voit 65% du domaine couvert de glace et ce couvert est présent pendant 130 jours, un mois plus longtemps.

Encore une fois, la variabilité interannuelle est à noter : les différences anticipées entre le climat présent et le climat futur sont du même ordre que les variations observées d'une année à l'autre dans le climat présent (points sur la figure 2.9), c'est-à-dire plus ou moins 50 jours pour la durée d'englacement. Cela veut dire que, même dans un climat plus chaud, la probabilité de vivre un hiver avec une quantité significative de glace dans le golfe n'est pas nulle et que la glace devrait ainsi faire partie des éléments à considérer dans le design des structures et dans la planification des opérations en mer pour encore quelques générations. /

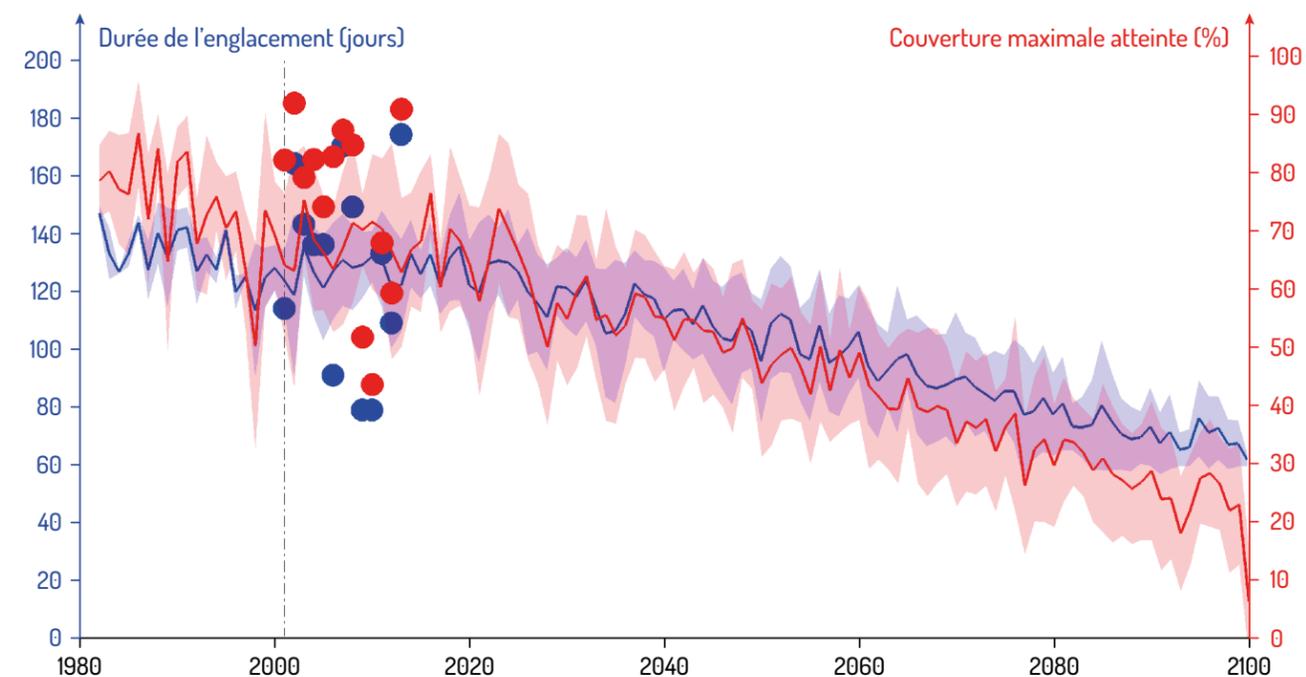
**Figure 2.8**

Température de l'air en surface moyennée dans le golfe du Saint-Laurent entre le 1<sup>er</sup> octobre et le 30 juin issue d'une série de simulations représentant un ensemble de trajectoires plausibles du climat futur du scénario A2 de concentration de gaz à effet de serre. La ligne jaune correspond à la moyenne des cinq membres du modèle couplé du climat du globe version 3 (MCCG3), alors que la zone jaune indique les extrêmes. Les cercles noirs indiquent la température moyenne simulée par le modèle météorologique canadien de prévision GEM. (Figure tirée de Neumeier *et al.*, 2013.)



**Figure 2.9**

Évolution de l'étendue maximale atteinte en une année (% en rouge) et de la durée (jours, en bleu) du couvert de glace dans le golfe du Saint-Laurent estimée à partir de relations existantes entre ces variables et de l'évolution du nombre de degrés-jours de gel. Les points indiquent les observations tirées des cartes de glace du Service canadien des glaces. Les lignes pleines indiquent la moyenne d'ensemble de huit simulations et les zones colorées, plus ou moins un écart-type. (Modifié de Bismuth, 2015.)



## CONCLUSION

Nous avons dressé ici un portrait général et simplifié des principales conditions océanographiques qui conditionnent et caractérisent la circulation ainsi que la distribution des couches d'eau et du couvert de glace dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent. Nous avons vu entre autres que les courants et la dispersion de polluants sont difficiles à prévoir à toutes les échelles spatiales et temporelles étant donné la complexité et le comportement tourbillonnaire des courants océaniques.

Bien que la motivation première du réseau Notre Golfe est centrée sur le golfe du Saint-Laurent, nous avons insisté dans ce chapitre sur le fait que l'eau de mer ne connaît pas de frontière géographique entre le golfe, l'estuaire et le fjord du Saguenay. Au contraire, nous avons expliqué comment, en réalité, une grande partie de l'eau du golfe du Saint-Laurent, dans les couches intermédiaires et profondes (c.-à-d. en dessous de 30 m environ), remonte vers l'amont jusqu'à remplir les couches profondes de l'estuaire et du fjord du Saguenay, et ce jusqu'à l'Île d'Orléans dans l'estuaire et la ville de Saguenay dans le fjord (voir figure 2.2). Cet aspect peu intuitif de la circulation du golfe du Saint-Laurent est peu connu en dehors de la communauté scientifique, mais doit être bien compris et tenu en compte dans l'évaluation des impacts potentiels que pourraient engendrer l'exploration ou l'exploitation d'hydrocarbure sur la qualité de l'eau dans le golfe, l'estuaire et le fjord du Saguenay, même si ces activités avaient lieu très loin en aval dans le golfe.

Compte-tenu des grandes questions qui subsistent, mentionnons quelques actions qui à notre avis devront être entreprises à court ou moyen termes :

1) Poursuivre la recherche sur la compréhension des processus de transport et de dispersion de polluants en surface (c.-à-d. aller au-delà des travaux préliminaires de Bourgault *et al.*, 2014) et, surtout, entreprendre de nouvelles recherches sur le transport et la dispersion de polluants dans les couches intermédiaires et profondes ;

2) Évaluer l'impact sur la qualité de l'eau (p. ex. oxygène dissous, nutriments, ...) dans le golfe, dans l'estuaire et dans le fjord du Saguenay que pourrait engendrer un déversement profond dans différents secteurs du golfe ;

3) Étudier les impacts que pourraient avoir un déversement de polluants en hiver, en élucidant notamment le transport et la dispersion en présence de glace ;

4) D'une façon générale, étudier l'océanographie hivernale du golfe du Saint-Laurent, toutes disciplines confondues (physique, biologie, chimie, géologie). Étonnamment, bien qu'un relevé océanographique hivernal entrepris par Pêches et Océans Canada caractérisent bien les masses d'eau hivernales du golfe annuellement depuis 1996 (Galbraith, 2006), il n'y a encore jamais eu de grandes missions océanographiques hivernales d'envergure à bord de brise-glaces de recherche dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent comme on en a vu à quelques reprises dans l'arctique canadien (p. ex. *Canadian Artic Shelf Exchange Study* ou *Circumpolar Flaw Lead*). Des études d'envergure et ambitieuses sont nécessaires afin de caractériser l'océanographie générale hivernale du golfe du Saint-Laurent avant toute tentative d'exploration ou d'exploitation d'hydrocarbures. /

## BIBLIOGRAPHIE

- Belzile, M., Galbraith, P.S., Bourgault, D. 2016. Water renewals in the Saguenay Fjord. *Journal of Geophysical Research Oceans* 121: 638-657.
- Bismuth, E. 2015. Interactions vagues-glace dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Mémoire de maîtrise, Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski, 96 pp.
- Bourgault, D., Cyr, F., Dumont, D., Carter, A. 2014. Numerical simulations of the spread of floating passive tracer released at the old harry prospect. *Environmental Research Letters* 9: 054001.
- Bourgault, D., Cyr, F., Galbraith, P.S., Pelletier, E. 2012. Relative importance of pelagic and sediment respiration in causing hypoxia in a deep estuary. *Journal of Geophysical Research*, 117: C08033.
- Chassé, J. 2016. Pêches et Océans Canada, communication personnelle.
- Flato, G.M., Boer, G.J. 2001. Warming Asymmetry in Climate Change Simulations. *Geophysical Research Letters*, 28: 195-198.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Nicot, P., Caverhill, C., Gilbert, D., Pettigrew, B., Lefaiivre, D., Brickman, D., Devine, L., Lafleur, C. 2015. Physical oceanographic conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2014. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document 2015/032: v + 82 p.
- Galbraith, P.S. 2006. Winter water masses in the Gulf of St. Lawrence. *Journal of Geophysical Research*, 111: C06022.
- Gilbert, D., Sundby, B., Gobeil, C., Mucci, A. et Tremblay, G. H. 2005. A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection. *Limnology and Oceanography*, 50(5): 1654-1666.
- Gilbert, D., Chabot, D., Archambault, P., Rondeau, B., Hébert, S. 2007. Appauvrissement en oxygène dans les eaux profondes du St-Laurent marin: Causes possibles et impacts écologiques, *Naturaliste Canadien*, 131: 67-75.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Laprise, R., D. Caya, A. Frigon, Paquin, D. 2003. Current and perturbed climate as simulated by the second-generation Canadian Regional Climate Model (CRCM-II) over northwestern North America. *Climate Dynamics*, 21: 405-421.
- Neumeier, U., Ruest, B., Lambert, A., Bismuth, E., Dumont, D., Jacob, D., Savard, J., Joly, S. 2013. Modélisation du régime des vagues du golfe et de l'estuaire du

Saint-Laurent pour l'adaptation des infrastructures côtières aux changements climatiques. Rapport final présenté au ministère des Transports du Québec. Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski, 253 pp.

Saucier, F.J., Roy, F., Senneville, S., Smith, G., Lefavre, D., Zakardjian, B., Dumais, J.F. 2009. Modélisation de la circulation dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en réponse aux variations du débit d'eau douce et des vents, in: Pelletier, E., Sévigny, J.M. (Eds.), Parc marin Saguenay - Saint-Laurent. Dix années de recherche et de conservation. *Revue des sciences de l'eau*. 22: 159-176.

SL Ross Environmental Research Ltd. 2012. Oil spill fate and behaviour modelling in support of Corridor Resources Old Harry exploratory drilling environmental assessment: Updated report. Technical Report. Ottawa, ON. URL: <http://www.cnlopb.ca/pdfs/corridorresinc/earevfinal.pdf> (document consulté le 28 novembre 2016).



## CHAPITRE 3

# Toxicité des hydrocarbures et impacts des déversements sur les organismes marins et leur environnement

**PAR** Mathieu Cusson

Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi

**Philippe Archambault**

Département de biologie, Université Laval

**Karine Lemarchand**

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

**Jonathan Verreault**

Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal,  
Centre de recherche en toxicologie de l'environnement (TOXEN)

**Émilien Pelletier**

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Les risques liés aux déversements opérationnels et accidentels d'hydrocarbures seront intensifiés par l'augmentation des besoins mondiaux en pétrole. Les accidents, bien que rares, se multiplient et causent d'innombrables effets sur l'environnement et sur les organismes qui s'y trouvent.

Ce chapitre fait un survol de l'impact potentiel des hydrocarbures sur les organismes et sur les habitats ainsi que des conséquences sur le fonctionnement et les services écologiques que procurent les écosystèmes marins. La nature et le comportement des pétroles déversés ainsi que les risques associés aux méthodes d'intervention, par exemple l'utilisation de dispersants ou le nettoyage physique, y sont abordés. Les voies d'exposition des divers organismes (microorganismes, phytoplancton, zooplancton, invertébrés, oiseaux et mammifères marins) et les effets sur leur population sont illustrés en prenant exemple parmi les événements malheureux de l'échouage de l'*Exxon Valdez* en 1989 ou de l'explosion de la plateforme *Deepwater Horizon* en 2010. L'influence des conditions de déversement sur la résilience des écosystèmes touchés sera abordée.

Photo : Louisiana Gohsep /  
FlickrR

## FAITS MARQUANTS

- Les techniques de traitement des nappes d'hydrocarbures en mer et de nettoyage sur les rivages ont peu évolué depuis 20 ans, et demeurent extrêmement coûteuses et laborieuses.
- Lors d'un déversement, le comportement des hydrocarbures et leur biodégradation changent dans le temps et dépendent grandement des conditions environnementales et météorologiques, particulièrement en présence de glace.
- Les hydrocarbures et les dispersants ont des impacts variables sur les organismes marins qui peuvent perdurer plusieurs décennies.
- Les effets négatifs des dispersants sur les organismes marins remettent en question les gains supposés de leur utilisation.

## INTRODUCTION

L'intensification du trafic pétrolier dans le monde est influencée par des besoins énergétiques mondiaux toujours croissants. En dépit du développement constant des énergies renouvelables non fossiles, les projections de la demande en pétrole et du transport maritime associé restent élevées : une augmentation de 18,4% entre 2014 et 2040 est prévue selon l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (2015). Au Canada, l'un des principaux pays producteurs de produits pétroliers, la majorité du transport du lieu d'extraction vers les raffineries

se fait par voie terrestre. Les projets de transport par oléoduc vers l'ouest (projets *Northern Gateway* et *Trans Mountain*, vers le Pacifique) et vers l'Est canadien (projet *Énergie Est*, vers l'Atlantique), s'ils sont réalisés, viendront augmenter sensiblement le transport des hydrocarbures par voie maritime. Même si ces projets n'ont pas tous se réaliser, le transport de produits pétroliers est en forte augmentation. En effet, des augmentations de 40% des exportations par oléoduc (2010-2014) et de 300% par chemin de fer (2012-2014)

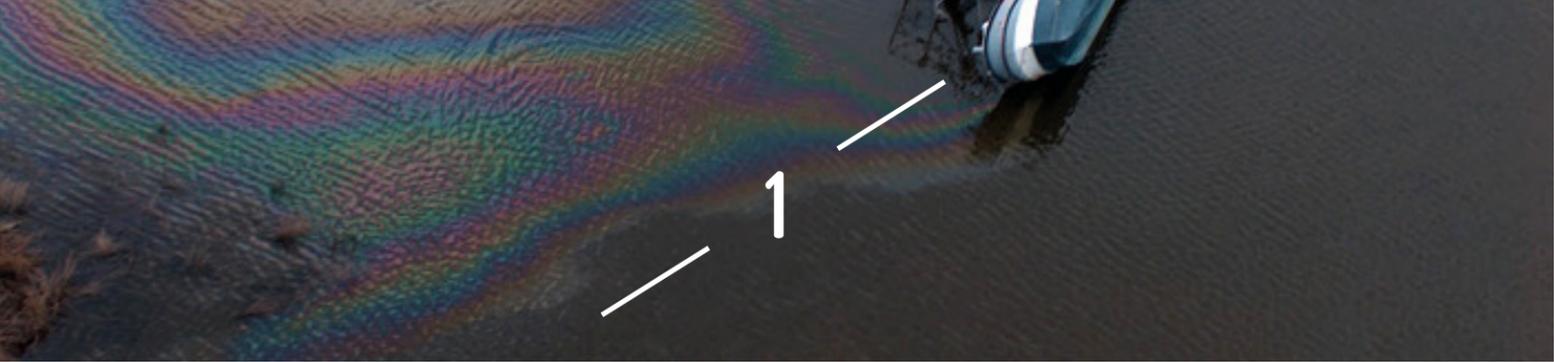
Aucun déversement majeur (>700 tonnes) n'a encore atteint l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

sont observées (Office national de l'énergie, 2016). De plus, les projections d'augmentation de la production de pétrole au Canada entre 2013 et 2035 atteignent 75 %, quoique la conjoncture économique laisse croire que cet objectif ne serait pas atteint (Office national de l'énergie, 2013). Il est aussi possible qu'un transport plus fréquent et important des produits pétroliers se fasse sur la voie maritime du Saint-Laurent (Shields, 2016), en partie destinés aux raffineries des provinces atlantiques ou des États américains. Ces produits transiteront à travers les écosystèmes fluviaux, estuariens et marins fragiles du Saint-Laurent. De plus, les installations actuelles ou projetées nécessaires au transit de ces produits viendront ajouter aux risques de déversements accidentels ou opérationnels dans l'écosystème aquatique du bassin versant du Saint-Laurent. Les pressions additionnelles sur le milieu incluraient une multitude d'autres sources de stress, dont le bruit, la lumière, les vagues, les collisions entre les animaux marins et les bateaux ainsi que l'introduction de nouvelles espèces invasives, qui peuvent tous affecter les écosystèmes et leurs constituants (Québec, 2014; Schloss *et al.*, 2017, cet ouvrage).

Les divers paliers de gouvernement ont clairement fait la promotion de leurs stratégies de développement, notamment avec la Stratégie maritime du Québec, sur l'axe du transport du Saint-Laurent, entre autres pour le transport des hydro-

carbures. Qu'en est-il cependant de l'impact éventuel des produits pétroliers sur les écosystèmes du Saint-Laurent? Aucun déversement majeur (>700 tonnes) n'a encore atteint l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, mais deux déversements mineurs ont donné lieu à quelques publications scientifiques (Pelletier *et al.*, 1991; Siron *et al.*, 1991). Les impacts biologiques des accidents pétroliers sont le plus souvent étudiés en mésocosmes (Siron *et al.*, 1993; Sargian *et al.*, 2005; Rodríguez-Blanco *et al.*, 2010) et les travaux expérimentaux aux écosystèmes naturels restent limités, car seulement quelques espèces peuvent être étudiées simultanément, et ce, pour une période de temps limitée. L'acquisition de connaissances sur les impacts en milieu naturel sur les organismes marins est opportuniste et se limite aux accidents de déversement, comme ceux de l'*Exxon Valdez* ou de *Deepwater Horizon*.

Dans ce chapitre, nous présentons une revue de la documentation scientifique des impacts potentiels des hydrocarbures sur les organismes et sur les habitats ainsi que des conséquences sur le fonctionnement et les services écologiques que procurent les écosystèmes marins. Nous aborderons ces impacts en discutant d'abord de la nature et du comportement des pétroles déversés. Nous discuterons ensuite des risques associés aux méthodes d'intervention, dont l'utilisation de dispersants ou le nettoyage physique. /



## LES TYPES DE PÉTROLE DÉVERSÉ ET LE COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT

### LES TYPES DE PÉTROLE

Le pétrole brut conventionnel est décrit comme celui pouvant être extrait de puits conventionnels verticaux et aussi horizontaux par simple pompage en exerçant une différence de pression. Les pétroles non conventionnels sont obtenus par des techniques de fracturation des formations rocheuses (formation de Bakken) et incluent aussi le bitume tiré des sables et des schistes bitumineux. Les différents types de pétrole brut sont des mélanges très complexes de milliers d'hydrocarbures qui ne peuvent être séparés et caractérisés que par l'utilisation des techniques analytiques les plus avancées, comme la chromatographie liquide et gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (Cho *et al.*, 2012).

Il existe quatre grandes classes de molécules chimiques qui composent les pétroles bruts : les saturés, les aromatiques, les résines et les asphaltènes (SARA). La composition de chacune de ces classes ainsi que leur proportion relative dans le mélange total du pétrole sont deux facteurs déterminants sur le comportement environnemental et sur la toxicité du produit étudié.

Deux propriétés physiques du pétrole dictent son comportement en milieu aquatique : sa densité et sa viscosité. La densité est la mesure de la masse par

rapport au volume et s'exprime en  $g/cm^3$ . Dans l'industrie pétrolière, la densité des hydrocarbures liquides est donnée en degré API (*American Petroleum Institute gravity*). Il s'agit d'une mesure pratique de densité permettant de classer les pétroles et leurs sous-produits les uns par rapport aux autres. Les bruts légers ont un degré API au-dessus de 31,1; celui des bruts moyens entre 22,3 et 31,3; celui des bruts lourds est inférieur à 22,3 (le plus souvent entre 10 et 15); et celui du bitume se situe entre 5 et 10 (Lee *et al.*, 2015). À noter que l'eau douce à 15°C a un degré API de 10. Les pétroles avec un degré API inférieur à 10 auront tendance à couler au fond d'un cours d'eau. La densité est peu ou pas influencée par la température.

La seconde propriété fondamentale influençant le comportement du pétrole est sa viscosité. La viscosité ( $mPa \cdot s$ ) se définit comme la résistance à l'écoulement d'un fluide. La viscosité est fonction de la température et influence directement la vitesse d'étalement d'une nappe de pétrole ainsi que sa tendance à former une émulsion (incorporation d'eau dans la masse de pétrole) (Lee *et al.*, 2015). Tout comme la densité, la viscosité d'un pétrole brut augmente avec l'évaporation des fractions légères. À titre d'exemple, le tableau 3.1 montre l'évolution de la densité de certains pétroles en fonction de leur vieillis-

sement (perte de masse par évaporation). Le pétrole lourd et le dilbit (bitume dilué) atteignent des densités proches ou supérieures à 1,0 avec des pertes de masse entre 19 et 30%. En milieu naturel, la for-

mation d'une émulsion stable (eau dans le pétrole) et la capture de matière particulaire en suspension augmentent encore plus la densité et entraînent la sédimentation de ces pétroles vers les fonds marins.

**Tableau 3.1**

Comparaison des densités ( $g/cm^3$ ) à 15°C de différents pétroles bruts avec vieillissement. (Tiré de NAS, 2016.)

Type de pétrole brut	Densité au départ avant évaporation ( $g/cm^3$ )	Densité après vieillissement de 24 h ( $g/cm^3$ , % masse perdue)	Densité après vieillissement de 96 h ( $g/cm^3$ , % masse perdue)
Brut léger <sup>i</sup>	0,77	0,80 (25 %)	0,84 (64 %)
Brut intermédiaire <sup>ii</sup>	0,85	0,87 (10 %)	0,90 (32 %)
Brut lourd <sup>iii</sup>	0,94	0,97 (10 %)	0,98 (19 %)
Dilbit <sup>iv</sup>	0,92	0,98 (15 %)	1,002 (30 %)
Bitume	0,998	1,002 (1 %)	1,004 (2 %)

<sup>i</sup>Scotia Light  
<sup>ii</sup>West Texas Intermediate  
<sup>iii</sup>Sockeye Sour  
<sup>iv</sup>Cold Lake Blend

### LE COMPORTEMENT EN MILIEU MARIN

De façon générale, les principaux phénomènes physiques et chimiques qui surviennent quand une nappe de pétrole se forme en mer sont l'évaporation, l'étalement, l'émulsification, la dissolution, la dispersion, la sédimentation et la biodégradation. La figure 3.1 schématise le processus de vieillissement du pétrole en mer en fonction du temps et montre l'importance relative des mécanismes en action.

L'**évaporation** est le principal processus d'altération en matière de perte massique. Le rendement varie entre 10 et 40 % pour un brut conventionnel en fonction de la composition du produit et de la volatilité de ses composés. Dans le cas des pétroles non conventionnels, le phénomène correspond à la perte rapide de la fraction du diluant très volatile, dont la proportion peut varier de 20 à 30 %. Le

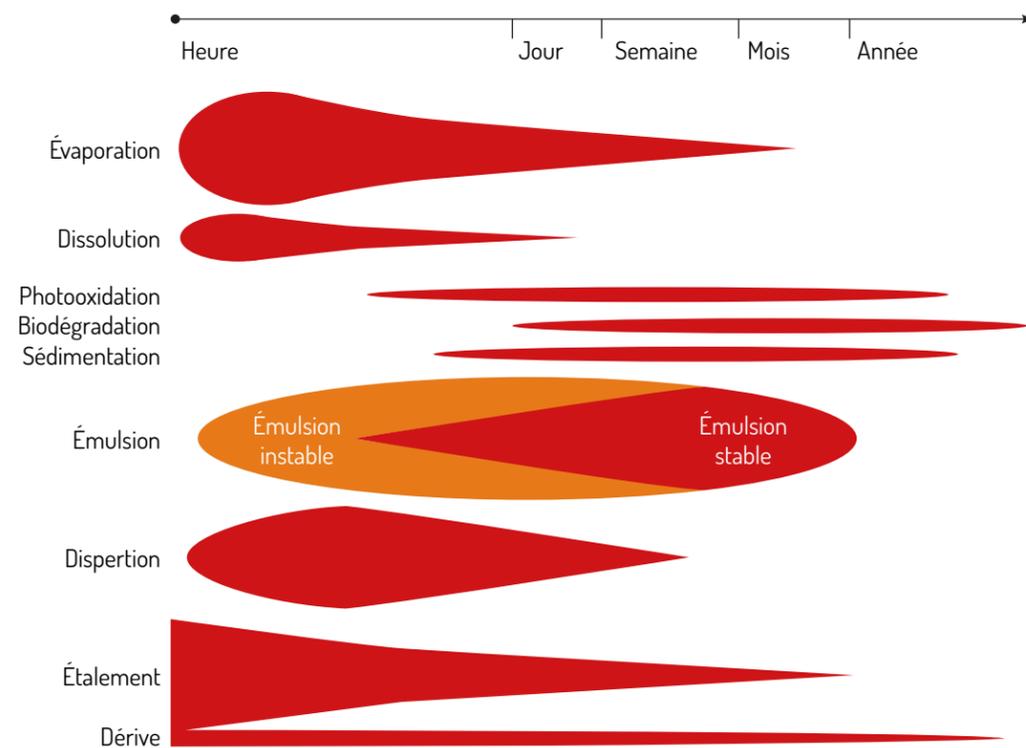
principal facteur qui influence l'évaporation est la température, mais il faut aussi tenir compte de la force du vent ainsi que de l'action des courants et des vagues qui augmentent la surface d'évaporation au début du processus (Fingas, 2011).

L'**étalement** des hydrocarbures à la surface de l'eau est directement lié à leur viscosité et à l'énergie disponible en surface. Les pétroles légers et intermédiaires s'étalent rapidement sur de grandes surfaces, même à basse température, et l'action combinée du vent et des courants est déterminante. Le vent, les vagues et les cellules de circulation Langmuir ont tendance à morce-

Le principal facteur qui influence l'évaporation est la température, mais il faut aussi tenir compte de la force du vent ainsi que de l'action des courants et des vagues.

**Figure 3.1**  
Échelle temporelle et importance relative des principaux processus d'altération et de transport des produits pétroliers.

(Traduit et adapté de AMAP 2010.)



ler la nappe en formant de longs rubans parallèles plus ou moins réguliers, ce qui rend souvent difficile l'observation de l'évolution du déversement et de la taille de la nappe de pétrole. Le vent contribue aussi à la formation d'une émulsion, d'abord par la dispersion de fines gouttelettes de pétrole dans l'eau et, ensuite, par l'incorporation d'eau dans le pétrole pour former une mousse plus ou moins visqueuse. Cette mousse tend à flotter juste sous la surface de l'eau, rendant son déplacement difficilement observable (Fingas, 2013). Le mazout lourd, très visqueux à basse température, prend un certain temps à couvrir une surface maximale. Deux vitesses d'étalement semblent observables : un étalement rapide d'une mince couche iridescente associée à des compo-

sés légers et un étalement lent d'une masse plus visqueuse et noire correspondant aux composés plus lourds du mélange.

Si l'énergie cinétique à la surface de la mer est suffisante (p. ex., un vent léger et des vaguelettes), il y a formation d'une émulsion, c'est-à-dire une incorporation de gouttelettes d'eau dans le pétrole qui forme une substance visqueuse et brune plus ou moins mélangée aux particules en suspension et aux débris flottants. **L'émulsification** est un processus particulièrement rapide et efficace en eau de mer. La viscosité d'une émulsion peut être augmentée jusqu'à un facteur de 800 à 1000, en fonction de la catégorie de pétrole, alors que les processus d'étalement et d'évaporation sont réduits de plusieurs ordres de

## LES QUATRE GRANDES CLASSES DE MOLÉCULES CHIMIQUES QUI COMPOSENT LES PÉTROLES BRUTS

La classe des **saturés** comprend des molécules ayant des chaînes contenant seulement des atomes de carbone et d'hydrogène, attachés les uns aux autres par des liens simples, qui peuvent être linéaires ou cycliques avec de multiples possibilités de chaînes latérales. Cette classe compte les paraffines, les isoparaffines, les cycloparaffines et les oléfines. Toutes ces molécules sont peu solubles dans l'eau et sont considérées comme peu toxiques et facilement dégradées par les microorganismes (Lee *et al.*, 2015).

La classe des **aromatiques** comprend une grande famille de composés cycliques et planaires basés sur la structure du benzène. La fusion de deux ou plusieurs cycles du benzène et l'addition de chaînes aliphatiques latérales sur les cycles conduisent à une profusion de structures aromatiques. Les plus simples, dont le toluène, le xylène et les naphtalènes, sont

relativement solubles dans l'eau (de l'ordre du milligramme par litre, soit  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) proviennent de la fusion de plusieurs cycles benzéniques et sont bien connus pour leur toxicité pour les organismes vivants (Engraff *et al.*, 2011). Les HAP légers ayant deux ou trois cycles de benzène sont bien présents dans divers pétroles bruts et dans les bitumes, et sont considérés comme la principale source de leur toxicité. Par contre, les HAP lourds à quatre ou cinq cycles, comme les benzo-pyrènes, ne sont que très faiblement présents dans le pétrole brut.

Les **résines** pétrolières sont des hétérocycles (contenant des atomes de soufre, d'oxygène et d'azote) qui se définissent par leur solubilité dans les solvants organiques ou l'eau, et non par leur structure. Ce sont des molécules relativement petites (de 6 à 30 carbones), polaires et solubles

dans le pentane et l'heptane. Leurs structures sont peu connues. Partiellement solubles dans l'eau, les résines résistent à la biodégradation et sont généralement considérées comme toxiques, quoique peu de données soient disponibles à ce jour (Adams *et al.*, 2014).

Les **asphaltènes** sont des molécules de grande taille contenant à la fois des cycles aromatiques, des hétérocycles et des fonctions organiques complexes. Ils sont non volatils et hautement résistants à la biodégradation. Ils constituent une très faible proportion des pétroles bruts légers et moyens, mais représentent une forte proportion des pétroles lourds et du bitume. En plus des classes SARA décrites ci-dessus, les pétroles bruts et le bitume contiennent de faibles quantités de soufre élémentaire, de métaux, d'organométaux, d'acides naphthéniques, de particules minérales et d'eau.

La composition chimique du bitume extrait des sables bitumineux varie peu d'un site à l'autre. Il s'agit dans tous les cas d'un mélange comportant une grande proportion d'asphaltènes et de résines, et d'une faible proportion de saturés et d'aromatiques. La viscosité du bitume est tellement élevée qu'il est impossible de le transporter sous une forme liquide. La solution à ce problème est la dilution avec un solvant qui puisse former un mélange homogène stable, même à basse température. Le bitume est entièrement soluble dans un mélange d'hydrocarbures saturés légers et aussi d'aromatiques légers. La composition exacte du diluant varie selon la technologie utilisée par la compagnie exploitante. De même, la proportion du diluant varie selon le mode de transport et la destination du bitume dilué (NAS, 2016). /

grandeur (National Research Council, 2005). La formation et la stabilité d'une émulsion dépendent de la composition chimique du produit, de la salinité et de l'énergie hydrodynamique disponible. Ce processus agit aussi avec le mazout lourd et forme des boulettes de goudron qui se mélangent au sable et qu'on peut ramasser manuellement sur les plages et le long des rochers.

La **dissolution** est le processus par lequel certains composés contenus dans les produits pétroliers sont incorporés en solution dans la colonne d'eau. Ce processus est très important, car c'est la fraction soluble qui est biodisponible pour les organismes aquatiques et qui est responsable de la toxicité aiguë lors d'un déversement (Fingas, 2011). Cette fraction est majoritairement constituée de composés légers (un à trois cycles aromatiques), dont certains peuvent s'évaporer à la suite de leur mise en solution.

L'énergie du vent et des vagues favorise aussi la **dispersion** de microgouttelettes de pétrole dans l'eau, ce qui augmente considérablement la surface de contact entre l'eau et le pétrole, et donc la possibilité de dissolution des composés hydro-solubles. Tous ces composés sont très toxiques et sont abondants dans le mazout lourd (NAS, 2016).

Dans les cas du dilbit, dont la densité augmente rapidement en contact avec les conditions naturelles, et du mazout lourd, dont la densité est près de  $1,0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  dès le départ, il est donc prévisible que l'évapo-

ration puisse causer une **sédimentation** de ces produits plusieurs heures après leur déversement (NAS, 2016). Le contact des microgouttelettes de mazout lourd et du bitume dispersé dans l'eau avec les particules de sédiments en suspension provoque une agglomération de fines particules d'argile ( $>2,0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) avec le composé. La densité de l'agglomérat augmente avec le temps pour éventuellement dépasser celle de l'eau de mer et pour commencer à sédimenter. Ce phénomène se produit en particulier dans la zone littorale et aussi dans la zone infralittorale quand le brassage y est important.

La **biodégradation** du pétrole résulte de l'action des bactéries qui sont naturellement présentes dans l'eau de mer et dans les sédiments. Ces bactéries forment de véritables communautés capables de décomposer la plupart des composés pétroliers, mais à des vitesses différentes (Hazen *et al.*, 2016). Ce mécanisme constitue la principale voie d'élimination naturelle des hydrocarbures déversés dans l'environnement. Plusieurs facteurs influencent la biodégradation. La viscosité du produit pétrolier est le premier facteur limitant, car elle détermine l'accessibilité du produit aux microorganismes. La composition chimique, qui détermine le niveau de complexité des molécules à dégrader, constitue le second facteur. Plus les composés chimiques sont complexes, comme dans le cas des pétroles non conventionnels, plus leur biodégradation en est affectée.

La biodégradation du pétrole résulte de l'action des bactéries qui sont naturellement présentes dans l'eau de mer et dans les sédiments. [...] Plus les composés chimiques sont complexes, comme dans le cas des pétroles non conventionnels, plus leur biodégradation en est affectée.

## LE COMPORTEMENT DANS LES SÉDIMENTS

Après avoir atteint les fonds marins, les hydrocarbures pétroliers s'associent fortement aux particules sédimentaires et sont sujets à des transformations physico-chimiques et biologiques. En fonction du temps, il s'établit un équilibre entre le biote, la phase dissoute et la phase particulaire, équilibre qui peut être représenté schématiquement (figure 3.2).

Di Toro et ses collaborateurs (1991) assument que la prise en charge des hydrocarbures peut se faire soit par une adsorption des molécules solubles sur les parois externes de l'animal par l'intermédiaire de l'eau, soit par une internalisation par l'intermédiaire de la nourriture. Selon

ce modèle, la toxicité des hydrocarbures est estimée par leur partition entre le carbone organique du sédiment et l'eau interstitielle, à partir du coefficient KOC de partage carbone organique/eau, et par leur partition entre l'eau interstitielle et les tissus de l'organisme. Cette approche assume que la partition est à l'équilibre et que la concentration dans chacune des phases peut être prédite en utilisant un coefficient de partage et la concentration mesurée ou estimée dans les autres phases. Enfin, il n'y a pas de retour du biote vers l'eau ou le sédiment parce que les hydrocarbures sont bioaccumulés et assimilés par les organismes.

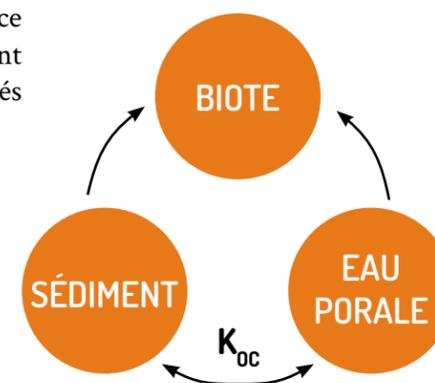


Figure 3.2

Modèle de la partition à l'équilibre des hydrocarbures dans les sédiments. (Traduit de Di Toro *et al.* 1991.)  
 $K_{OC}$  = coefficient de partage eau/carbone organique.

## LE COMPORTEMENT DANS LA GLACE

Photo : R. St-Louis / UQAR 2016



En hiver, la basse température modifie les propriétés des produits pétroliers en augmentant leur viscosité et en ralentissant par conséquent les processus d'altération, comme l'évaporation et la biodégradation (Lee *et al.*, 2015). À la suite de l'extrusion du sel lors de sa formation, la glace de mer devient poreuse et laisse s'infiltrer le pétrole au sein de sa structure. Celui-ci se trouve alors plus ou moins piégé selon la température du milieu (figure 3.3). Cette présence de glace pose un grand défi lors du nettoyage d'un déversement (Dickins et Buist, 1999). En effet, la couverture

Figure 3.3

Photographie d'une carotte de glace avec à sa base une couche de pétrole incorporée dans la glace poreuse.

de glace en surface, la nature et l'âge de la glace, combinés à la hauteur des vagues et à la température de l'air, influencent le comportement des produits pétroliers. Lorsque la glace se forme en présence d'un pétrole brut léger ou intermédiaire, celui-ci peut rester en surface ou être incorporé dans des fissures et s'étaler sous la couche de glace (Fingas et Hollebhone, 2003). Si le froid persiste après l'inclusion du pétrole, une nouvelle couche de glace apparaît à l'interface eau/pétrole et le pétrole forme des lentilles de taille variable totalement insérées dans la couche de glace (Brandvik *et al.*, 2010). Il peut ainsi être encapsulé dans les couches de glace successives et ensuite migrer vers la surface par les canaux de saumure (figure 3.4). Au printemps, le pétrole sous et dans la glace est réchauffé par le soleil. La fonte de la glace autour des poches de pétrole permet à celui-ci de migrer vers la surface pour former de grandes flaques flottant sur les lacs de fonte. Les pétroles lourds ou émulsifiés qui sont très visqueux et trop denses pour migrer en surface restent prisonniers des blocs de glace, jusqu'à la débâcle du printemps ou à la fonte complète sur place.

L'étalement du pétrole sous la glace est beaucoup plus lent que sur une surface libre et est dicté par la rugosité de l'interface glace/eau, particulièrement accidentée en milieu marin et sur une rivière. La basse température ainsi que le contact réduit avec l'atmosphère et avec l'eau libre réduisent les processus d'évaporation, de dissolution et de biodégradation (Delille *et al.*, 1997). Les produits légers les plus toxiques sont en bonne partie conservés intacts sous et dans la glace jusqu'à la fonte (Fingas et Hollebhone, 2003). Aucune étude n'a encore été rapportée sur le comportement du bitume dilué en présence de glace de mer ou d'eau douce. Compte tenu de la faible viscosité du dilbit frais, on peut raisonnablement supposer que son comportement sera similaire à un brut conventionnel dans des eaux glacées (figure 3.4). Pour le dilbit sous la glace ou incorporé dans les fissures, l'évaporation et la dissolution devraient être faibles, et sa composition originale devrait être en bonne partie conservée. Il est plausible qu'il y ait peu de sédimentation du dilbit déversé sous la glace puisque sa densité n'augmentera pas significativement. /

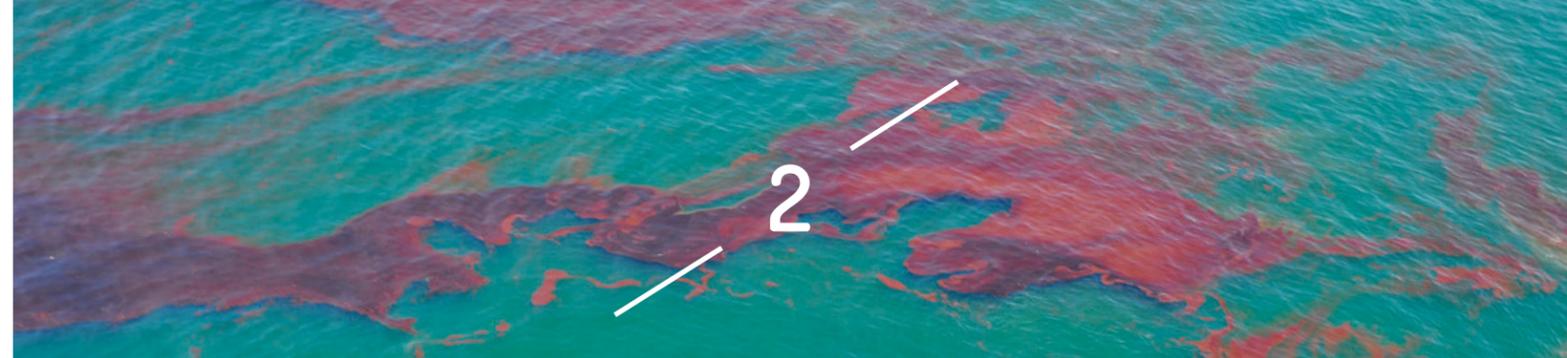


Photo : NOAA / Flickr

## LA TOXICITÉ ASSOCIÉE AUX MÉTHODES DE NETTOYAGE

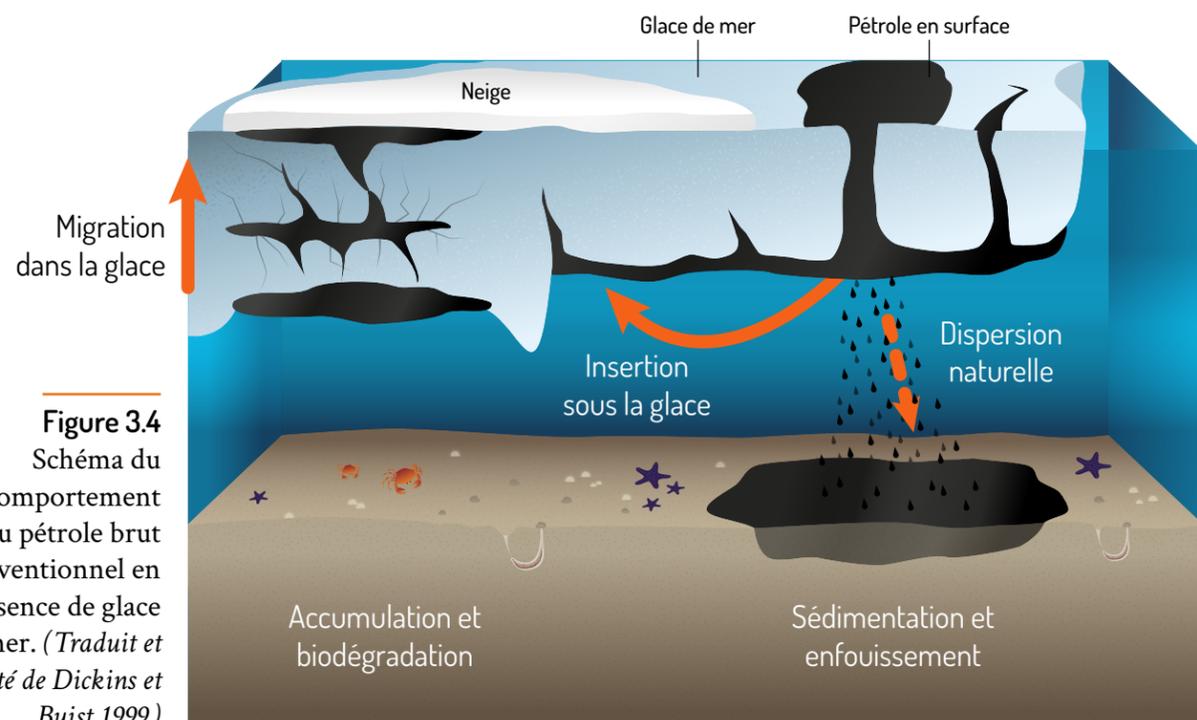
Les techniques de traitement des nappes de pétrole en mer et de nettoyage du pétrole échoué sur les rivages ont peu évolué depuis 20 ans, et demeurent extrêmement coûteuses et laborieuses. Les approches classiques de nettoyage manuel et mécanisé se distinguent des techniques utilisant des agents chimiques capables de disperser ou de solidifier le pétrole (Fingas, 2013).

Les techniques de traitement des nappes de pétrole en mer et de nettoyage du pétrole échoué sur les rivages ont peu évolué depuis 20 ans, et demeurent extrêmement coûteuses et laborieuses.

## LES TECHNIQUES MANUELLES ET MÉCANIQUES

En général, le nettoyage manuel sans dispersant chimique des plages, des zones de marais et des côtes rocheuses n'accroît pas la toxicité du pétrole échoué. Il faut cependant mentionner que le piétinement des zones boueuses et des marais a pour conséquence d'enfouir le pétrole dans les sols et sédiments, puis d'augmenter son contact avec les racines des plantes et les organismes benthiques vivant dans ces milieux. De même, l'enfouissement a pour conséquence de réduire la vitesse de biodégradation du pétrole à cause de la réduction de l'oxygène nécessaire à l'activité des bactéries aérobies.

Plusieurs techniques de lessivage des plages et des rochers avec des lances à incendie et des boyaux d'arrosage ont été utilisées lors d'accidents majeurs, par exemple l'*Amoco Cadiz* sur les côtes bretonnes, le *Prestige* en Galice et l'*Exxon Valdez* dans le détroit du Prince-William, en Alaska. Ces méthodes ont parfois été combinées à l'utilisation de dispersants et de solvants, comme dans le cas du *Torrey Canyon* sur les côtes anglaises. Ces techniques sont relativement efficaces, mais conduisent parfois à une modification substantielle des communautés microbiennes indigènes, ce qui retarde la mise en route



**Figure 3.4**  
Schéma du comportement du pétrole brut conventionnel en présence de glace de mer. (Traduit et adapté de Dickins et Buist 1999.)



Photo : ARLIS Reference / FlickrR

de la biodégradation *in situ* du pétrole déversé (Boufadel *et al.*, 2016). Certaines études mentionnent que le lessivage de la portion fine des sédiments après l'accident de l'*Exxon Valdez* a contribué à ralentir considérablement la recolonisation de certaines espèces benthiques (Fukuyama *et al.*, 2014). De même, le nettoyage à l'eau de mer, le sarclage et l'homogénéisation des sédiments des plages durant les opérations de nettoyage peuvent aussi altérer la communauté bactérienne. En effet, même un an après la catastrophe de *Deepwater Horizon*, les communautés microbiennes des sédiments présentent toujours des groupes associés aux eaux océaniques qui ont le pouvoir de dégradation des hydrocarbures, changeant du même coup les fonctions écosystémiques de celles-ci (Engel et Gupta, 2014). Le nettoyage des plages contribue à restaurer les sites, mais, parfois, en enlevant les débris macroalgues, il prive de nombreuses espèces d'un microhabitat et d'une source importante de nourriture (de la Huz *et al.*, 2005).

Certaines techniques de nettoyage sont invasives car elles utilisent des jets d'eau ou de vapeur à haute pression et des produits chimiques pour déloger le pétrole des plages, comme celles de la région du détroit du Prince-William en 1989.

## LES TECHNIQUES UTILISANT DES MÉLANGES CHIMIQUES

### › LES AGENTS DE DISPERSION ET LEUR TOXICITÉ

Le développement et l'utilisation des dispersants comme outil de nettoyage lors des déversements pétroliers remontent à la fin des années 1960, alors que le mécanisme de dispersion du pétrole avec un mélange de composés tensioactifs et une méthode d'application en mer avec un bateau ont été décrits (Canevari, 1969). Une revue de littérature scientifique portant sur la chimie, l'application et la toxicité des dispersants et autres agents

chimiques a été récemment produite (Pelletier, 2015).

La question de la toxicité des tensioactifs eux-mêmes ainsi que des solvants et additifs utilisés dans la formulation des dispersants a été abordée dès la formulation des dispersants. Les dispersants commerciaux actuels sont peu toxiques, avec des doses létales médianes à 50% (DL50) de 200 à 400 mg/L, ce qui indique une toxicité au

moins 10 fois moindre que celle de la majorité des pétroles (Fingas, 2013), mais leur toxicité en milieu naturel apparaît moins claire. À la suite de l'accident de la plateforme *Deepwater Horizon* dans le golfe du Mexique, d'énormes quantités des dispersants Corexit 9500A et 9527 ont été utilisées en surface et en profondeur. Selon les sources autorisées (OSAT, 2011), entre 7 et 9,8 millions de litres de ces dispersants ont été utilisés dans la zone immédiate de la plateforme (40% en profondeur) et sur les nappes à la dérive dans le golfe du Mexique. Des tensioactifs ont été retrouvés dans les eaux côtières de la Louisiane et de la Floride plusieurs semaines après la fin des opérations. Des questions se sont posées quant à la biodégradation de ces composés et à leur possible toxicité résiduelle (Zuijdgeest et Huettel, 2012). Bien que leurs effets réels sur les fonctions des communautés soient inconnus, l'utilisation de dispersants ou de floculants a déjà montré son efficacité afin de limiter les effets des hydrocarbures (Yamamoto *et al.*, 2003; Taylor et Rasheed, 2011).

La toxicité du pétrole dispersé ne fait pas de doute et a fait l'objet de multiples études depuis les années 1990 (NRC, 2005; Prince, 2015; Esbaugh *et al.*, 2016). Il tombe sous le sens que des myriades de gouttelettes de pétrole vont contaminer la microfaune pélagique ainsi que la macrofaune benthique en eau peu profonde, en particulier les bivalves et les crustacés (Perhar et Arhonditsis, 2014).

La toxicité des hydrocarbures augmente avec l'addition de dispersants à cause de leur efficacité à fragmenter les gouttelettes d'hydrocarbures et de leur capacité à distribuer le pétrole dans tout le milieu récepteur (Swedmark *et al.*, 1973; Bobra *et al.*, 1989), en plus de leur capacité à solubiliser certains HAP et ainsi à augmenter la concentration des hydrocarbures dans la colonne d'eau (Ozhan *et al.*, 2014b). Les effets de la dégradation des hydrocarbures en présence de dispersants chez

les copépodes et les larves de poisson sont variables selon les cas étudiés (Norregaard *et al.*, 2015; Sørhus *et al.*, 2015; Esbaugh *et al.*, 2016). Les poissons pélagiques (surtout leurs œufs et larves) peuvent être très fortement affectés par l'utilisation d'un dispersant (Ramachandran *et al.*, 2004). De même, la présence de dispersants et de pétrole dispersé augmente de deux à trois fois la mortalité du zooplancton incubé en mésocosmes (Almeda *et al.*, 2013). L'utilisation de dispersants pourrait aussi réduire le transfert du carbone microbien par réduction de broutage vers les niveaux supérieurs, dont le zooplancton, et, ultimement, la production des poissons (Ortmann *et al.*, 2012). Tous ces effets amènent plusieurs chercheurs à remettre fortement en question l'utilisation massive de dispersants en milieu naturel (Jung *et al.*, 2012).

La question de l'efficacité ou même de l'utilité des dispersants fait toujours l'objet d'un vif débat dans la communauté scientifique. L'utilisation massive des dispersants lors du déversement de la plateforme *Deepwater Horizon* a été vivement dénoncée par plusieurs scientifiques, en particulier des écologistes marins, en argumentant que les pertes des espèces pélagiques et benthiques en zone littorale dues à la dispersion du pétrole sont supérieures aux gains supposés. Certains scientifiques semblent croire à un effet général négatif sur les assemblages microbiens et sur l'efficacité de dégradation de ces derniers (Joye *et al.*, 2014). Au contraire, les tenants des dispersants soutiennent que ceux-ci peuvent réduire fortement les effets des nappes de pétrole sur les oiseaux, les mammifères et les zones de marais ainsi que sur les plages (Prince, 2015). Il faut noter que les pétro-

La toxicité des hydrocarbures augmente avec l'addition de dispersants à cause de leur efficacité à fragmenter les gouttelettes d'hydrocarbures et de leur capacité à distribuer le pétrole dans tout le milieu récepteur.

- Swedmark *et al.*, 1973

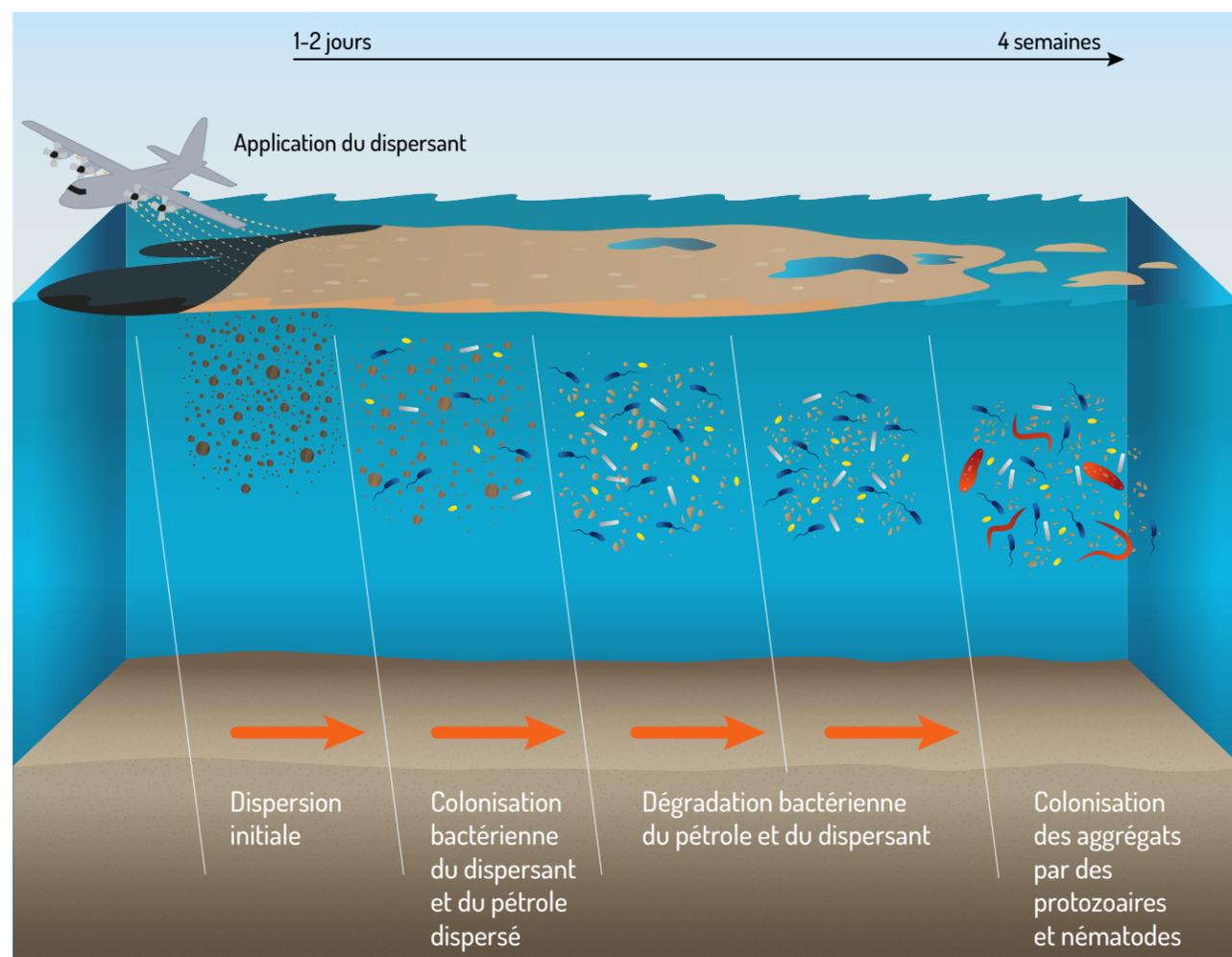
lières ont un intérêt évident pour l'utilisation des dispersants, qui sont beaucoup moins coûteux que le nettoyage manuel de plages et de marais et qui protègent mieux leur image auprès des médias.

En contrepartie, il est aussi clairement établi par de multiples études que le pétrole dispersé est plus rapidement biodégradé par la communauté bactérienne locale, même à basse température (McFarlin *et al.*, 2014; Hazen *et al.*, 2016), parce que la surface d'attaque des bactéries sur le substrat est très fortement augmentée à la suite de la dispersion, et ce, même si les gouttelettes ont tendance à retourner vers la surface (Almeda *et al.*, 2014). Toutefois, plusieurs études récentes ont également démontré que, contrairement

aux attentes, l'utilisation de dispersants pouvait également limiter la capacité de l'environnement à remédier efficacement à un déversement pétrolier en altérant l'établissement des espèces bactériennes responsables de la biodégradation du pétrole. Les raisons évoquées sont :

- 1) la toxicité du dispersant ou des produits de dégradation des composés pétroliers pour certaines des souches bactériennes concernées ;
- 2) la biodégradation microbienne du dispersant lui-même (voir figure 3.5), entraînant une compétition pour les nutriments (c.-à-d. l'azote et le phosphore) entre les souches bactériennes métabolisant les composés pétroliers et celles métabolisant le dispersant (Bælum *et al.*, 2012; Kleindienst *et al.*, 2015).

**Figure 3.5**  
Étapes de la remédiation microbienne du pétrole en présence de dispersants chimiques.  
(D'après Schmidt 2010.)



La question du rôle réel du dispersant est complexe et encore peu étudiée, mais les travaux de modélisation de Zhao et ses collaborateurs (2015) jettent un éclairage nouveau et révélateur sur le sujet. Ces auteurs rapportent les quelques éléments suivants :

- le dispersant (ici, le Corexit 9500A) augmente la solubilité des HAP;
- le dispersant peut être adsorbé par le sédiment et influence fortement le mécanisme de sorption/désorption des HAP;
- pour les HAP les plus solubles, leur capture est linéaire en fonction de l'augmentation de la concentration du dispersant;
- les conditions en eaux très profondes du golfe du Mexique diminuent la solubilisation, mais accroissent tout de même la capture des HAP par les sédiments.

Ces résultats sont peu favorables aux dispersants et font voir une problématique nouvelle qui doit être explorée plus à fond.



### › LES AGENTS DE LAVAGE DES GALETS ET LES AGENTS CONCENTRATEURS

Les agents de lavage des surfaces couvertes de pétrole sont quelque peu différents des dispersants par leur formulation et leur utilisation. Ils agissent selon le même principe que les détergents pour la lessive en réduisant la force d'adhésion entre la tache de pétrole et celle du solide à nettoyer. Contrairement aux dispersants, les agents de lavage sont plus solubles dans l'eau que dans le pétrole. Ceux-ci détachent l'huile de la surface et provoquent sa flottaison, pour ensuite permettre sa récupération dans une zone bien circonscrite avec des estacades.

Il existe aussi des agents chimiques capables de concentrer le pétrole à la

surface de l'eau. Le plus simple agent « berger » est constitué de tensioactifs peu solubles dans l'eau, mais bien solubles dans l'éthylbutanol, un solvant couramment utilisé dans les dispersants. Quand le mélange est appliqué à la surface de l'eau à proximité de la nappe de pétrole, le tensioactif, étant peu soluble, a tendance à couvrir un maximum de surface pour réduire son énergie, à repousser au loin le pétrole et, donc, à produire cet effet de regroupement des hydrocarbures déjà étalés en une couche mince. L'effet « berger » permet d'épaissir la nappe en réduisant sa surface et de faciliter son ramassage, même à basse température (Buist *et al.*, 2010).

## › LES AGENTS DE BIODÉGRADATION

De multiples agents chimiques ont été développés pour accélérer la biodégradation du pétrole, soit directement dans l'eau ou dans les sédiments et les sols (United States Environmental Protection Agency, 2015). Il s'agit dans tous les cas de nutriments hydrosolubles (sels d'ammonium, phosphates, nitrates) auxquels peuvent venir s'ajouter des carbohydrates et des produits naturels divers facilement assimilables par les communautés bactériennes locales. Ces apports de nutriments sont généralement bénéfiques à la biodégradation du pétrole, même en conditions très sévères (Coulon *et al.*, 2005).

La biodégradation du pétrole par les communautés microbiennes présentes dans les milieux naturels élimine efficacement une grande partie du pétrole déversé (Atlas, 1981; Atlas et Hazen, 2011), mais peut laisser un résidu toxique de nature inconnue (Pelletier *et al.*, 2004). De nombreux microorganismes ont la capacité d'utiliser le pétrole pour le transformer en constituants cellulaires (Dash *et al.*, 2013). Ces microorganismes, essentiellement des bactéries et des champignons, sont appelés hydrocarbonoclastes. Ils sont capables de dégrader les hydrocarbures et de les utiliser comme source de carbone pour leur croissance. Aucun microorganisme ne peut à lui seul dégrader tous les composants du pétrole brut ou des carburants raffinés qui sont déversés dans

l'environnement. Certaines bactéries peuvent dégrader plusieurs hydrocarbures ou toute une classe d'hydrocarbures, mais les dizaines de milliers de composés différents qui forment le pétrole ne sont biodégradables que par l'action combinée d'une communauté microbienne complexe (Head *et al.*, 2006). Généralement, un apport de pétrole en milieu naturel est rapidement suivi par l'apparition de microorganismes hydrocarbonoclastes au sein de la communauté microbienne indigène (Haritash et Kaushik, 2009; Chronopoulou *et al.*, 2015).

La capacité de biodégradation du pétrole par ces communautés dépend :

- 1) du type de pétrole et de son état de dégradation ;
- 2) des conditions environnementales prévalant dans le milieu affecté.

En effet, si les conditions environnementales sont défavorables à la croissance bactérienne (température, rayonnement, disponibilité en nutriments, etc.), la biodégradation in situ sera limitée (Juhasz et Naidu, 2000; Coulon *et al.*, 2005; Dash *et al.*, 2013). Au contraire, en conditions favorables de croissance, le métabolisme bactérien sera élevé et une forte croissance microbienne sera observée, ce qui entraînera une efficacité élevée de biodégradation et, donc, une élimination efficace du pétrole déversé. /

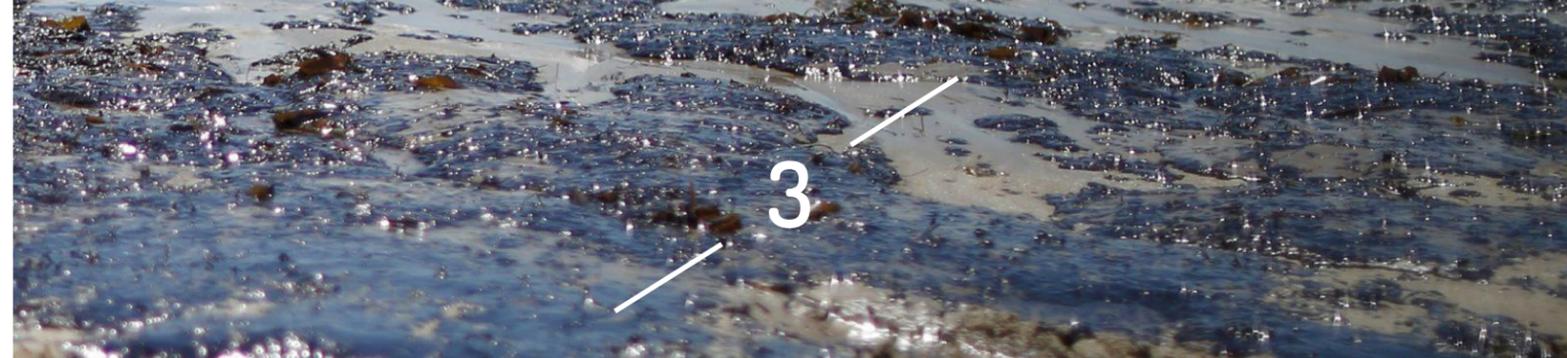
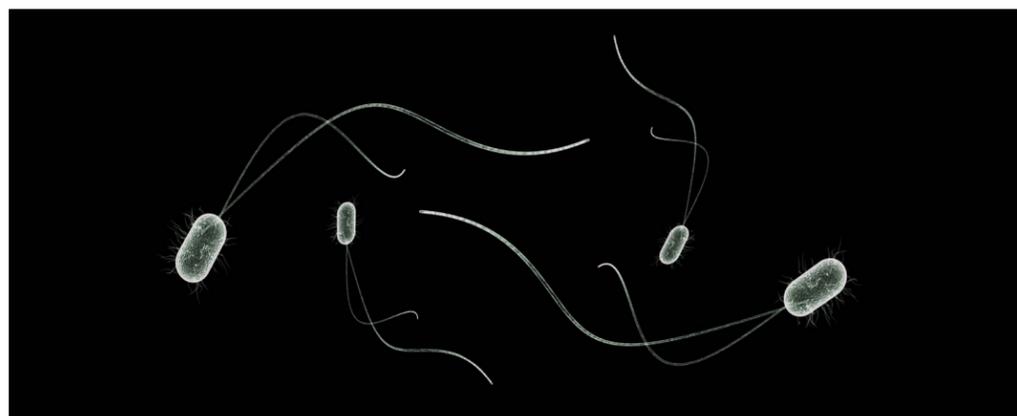


Photo : Pixabay

## L'IMPACT SUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS

L'impact des déversements de pétrole a très fortement marqué l'opinion publique, surtout lorsque les médias diffusent des paysages de bord de mer aux immenses nappes flottantes, où les poissons, les oiseaux ou les mammifères sont morts ou englués. Au-delà du très fort impact visuel que ces images fournissent, il est facile pour un large public d'en évaluer les impacts négatifs sur les écosystèmes affectés. Lorsque les algues, les oiseaux (canards, oies, albatros) ou les mammifères marins (loutres de mer) sont affectés, il est facile d'imaginer le tort causé tant sur le plan du fonctionnement des écosystèmes (production de nourriture, purification de l'eau, prédation, contrôle des espèces invasives) qui les abritent que des services qu'ils rendent au bien-être des humains (p. ex., culturel : espèces emblématiques; économique : pêcheries, tourisme) (Austen *et al.*, 2015; Johnson et Mayer-Pinto, 2015).

La comparaison des effets des déversements des hydrocarbures sur les écosystèmes dépend grandement des conditions dans lesquelles ils surviennent, notamment la quantité de polluants déversés, le type d'hydrocarbures, les conditions météorologiques au moment de l'événement, la morphologie du littoral, l'habitat et le type de communauté biologique affectée. Plusieurs études ayant des approches écosystémiques (Jewett *et al.*, 1999; Peterson *et al.*, 2001; Keller, 2005;

Kimura et Steinbeck, 2005) ont dénoncé le manque d'information pour établir une base comparative plus représentative de la diversité des milieux étudiés. D'ailleurs, seules les comparaisons de type avant-après / contrôle-affecté peuvent clairement aider à l'interprétation des effets réels des impacts humains sur les écosystèmes (Underwood, 1992; Benedetti-Cecchi, 2001), dont celui des hydrocarbures (MacFarlane et Burchett, 2003). Il ne faut toutefois pas oublier le pouvoir de dispersion naturelle et d'atténuation des effets néfastes en milieu marin selon les conditions dans lesquelles l'événement se produit. Par exemple, le naufrage du Jessica (janvier 2001) dans l'archipel des îles Galápagos aurait été une catastrophe majeure si :

- 1) le déversement avait été plus important (400 t de diesel et 300 t d'huile lourde);
- 2) les vagues et courants océaniques n'avaient pas entraîné les polluants vers le milieu océanique;
- 3) les côtes principalement rocheuses à proximité n'avaient pas diminué l'incorporation des polluants sur les côtes;
- 4) les huiles lourdes n'avaient pas été mélangées au diesel;
- 5) en l'absence de température chaude et ensoleillée, une majorité des polluants n'avaient pas été rapidement évaporés (Edgar *et al.*, 2003).

Le cas du Jessica n'a heureusement pas laissé d'impacts significatifs sur les plantes

et les animaux des milieux intertidaux et peu profonds (Edgar *et al.*, 2003). Dans ce dernier cas, la chance fut inouïe, car, le plus souvent, les conditions adverses accroissent les effets nocifs d'un déversement accidentel et retardent ou empêchent les actions de mitigation ou de récupération. L'effet des hydrocarbures est souvent évalué par leurs composants tels que les hydrocarbures pétroliers totaux (en anglais, total petroleum hydrocarbons ou TPH) et les HAP. Ainsi, dans cette section, lorsque nous parle-

rons des hydrocarbures, si ce n'est pas précisé, nous viserons ce type de contaminant dans un sens plus large. Il existe des revues de littérature sur l'impact des hydrocarbures sur les organismes aquatiques et leur environnement, dont celle de Dupuis et Ucan-Marín (2015). Ci-dessous, nous présentons un survol des principaux impacts selon les espèces présentes à l'intérieur des écosystèmes marins, puis, dans la section suivante, les effets temporels et la récupération des milieux affectés.

## LES MICROORGANISMES

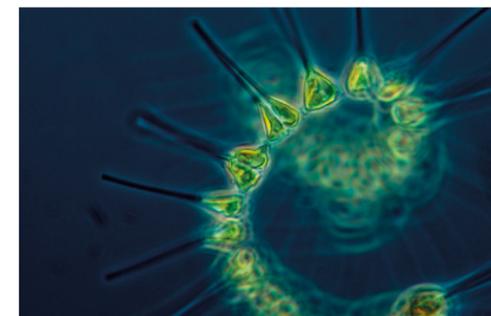
Les petits organismes aquatiques (moins de 0,1 mm) sont ceux qui réagissent les premiers et le plus fortement aux divers changements dans l'écosystème. Suivant l'accident de la plateforme *Deepwater Horizon*, les communautés bactériennes des plages de la Louisiane ont rapidement évolué vers des communautés typiquement océaniques ayant un potentiel élevé de dégradation des hydrocarbures (Engel et Gupta, 2014). Même après plus de six mois, les communautés microbiennes présentaient des groupes associés à une meilleure capacité de dégradation des hydrocarbures, changeant du même coup les fonctions écosystémiques de celles-ci. Devant l'arrivée d'une grande quantité d'hydrocarbures de la plateforme, des changements rapides dans les communautés microbiennes de plusieurs écosystèmes (eaux profondes, sédiments côtiers, milieux intertidaux et de profondeur) du golfe du Mexique ont été remarqués et accompagnés d'observations de « neige » marine, dont la nature de la formation reste à être élucidée (Joye *et al.*, 2014). Par ailleurs, la biodégradation du pétrole par les communautés microbiennes naturelles demeure possible, même à basse température et en présence de glace (Siron *et al.*, 1995).



Photo nudibranche *Aeolidia papillosa* : P. Archambault

## LE PHYTOPLANCTON

En milieu marin, une large part de la productivité primaire est effectuée par les organismes phytoplanctoniques. Les effets d'un éventuel déversement sur le phytoplancton dépendent de divers facteurs tels que la concentration des hydrocarbures déversés, la température, les courants, les conditions météorologiques, la présence de nutriments, la diversité et la composition des espèces constituantes ainsi que le moment dans la saison (Ozhan *et al.*, 2014a, 2014b). À partir d'expériences de croissance en laboratoire, les dinoflagellés se sont montrés moins tolérants à la présence d'hydrocarbures que les diatomées. De plus, les espèces de plus grande taille sont moins affectées que les plus petites et un assemblage de cinq espèces augmente la résistance moyenne (Ozhan *et al.*, 2014b). La différence de susceptibilité entre les diatomées et les dinoflagellés ainsi qu'une stimulation de la croissance chez ce dernier groupe en présence de faible concentration d'hydrocarbures peuvent expliquer des changements brusques dans la dominance chez les populations phytoplanctoniques (Ozhan *et al.*, 2014b). Il est très difficile de prédire ce qu'un déversement produirait sur la dynamique du phytoplancton, étant



donné la vitesse des changements dans les abondances et la grande différence de tolérance entre les espèces phytoplanctoniques en présence de pétrole brut (Ozhan *et al.*, 2014a).

Des travaux en mésocosmes sur le plancton naturel de l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Sargian *et al.*, 2005) ont montré que la fraction soluble du pétrole brut avait des effets délétères puissants sur la communauté phytoplanctonique, dont une forte réduction de la croissance et une augmentation de la taille moyenne des cellules reflétant une perturbation du cycle de division cellulaire. En parallèle, une forte augmentation des abondances bactériennes a été attribuée à l'activité de décomposition du phytoplancton et des composés pétroliers hydrosolubles.

## LE ZOOPLANCTON ET LES MACRO-INVERTÉBRÉS

La mortalité dans les communautés de zooplancton peut être très rapide suivant l'exposition au pétrole brut (Almeda *et al.*, 2013). Une bioaccumulation des hydrocarbures (surtout les HAP) dans les tissus des organismes zooplanctoniques a été observée, avec une forte dépendance du type d'hydrocarbures et de l'espèce étudiée. Cette bioaccumulation dans les tissus transfère certains composés chez leurs prédateurs et, possiblement, vers les niveaux trophiques supérieurs. Par contre, la complexité des communautés du zoo-

plancton peut aider à leur maintien. En effet, en présence de copépodes et de protozoaires, les effets toxiques directs ou de bioaccumulation des hydrocarbures par assimilation de fines gouttelettes peuvent être réduits par la production de pelotes fécales et par le transfert des HAP vers les niveaux trophiques supérieurs (Almeda *et al.*, 2013). Les assemblages d'espèces zooplanctoniques peuvent cependant être très résistants aux déversements, comme il a été démontré dans le cas de l'accident du *Sea Empress* (février 1996) en mer

La croissance des mollusques peut être fortement affectée par la présence de pétrole dans l'eau, la taille des particules d'hydrocarbures y est entre autres importante.

d'Irlande, où les espèces dominantes ou sensibles n'ont pas été significativement affectées après le déversement (Batten *et al.*, 1998). Peu de changements ont aussi été observés dans les communautés pélagiques suivant le naufrage du *Prestige* en 2003 (Varela *et al.*, 2006). Par contre, lors de l'explosion de la plateforme *Deepwater Horizon*, la structure des communautés planctoniques a été largement modifiée pendant deux mois. Par la suite, il y a eu un retour des communautés à leur profil habituel lors de la pollution générée par la plateforme. Cette résilience a été attribuée à une forte activité des organismes microbiens, qui aurait stimulé la productivité du zooplancton par l'intermédiaire de liens trophiques complexes (Carassou *et al.*, 2014).

Les communautés macrobenthiques littorales peuvent être affectées ou altérées pendant plusieurs années après un accident pétrolier. Une étude montre que les changements de structure des communautés affectées par les déversements de l'*Amoco Cadiz* (mars 1978, Bretagne) et de l'*Aegean Sea* (décembre 1992, Galice) sont perceptibles tant sur les plans taxonomiques de l'espèce, du genre ou de la famille, et ce, pendant de nombreuses années (Gomez Gesteira *et al.*, 2003). Dans le cas de l'*Amoco Cadiz*, les effets sur les amphipodes benthiques et suprabenthiques ont été très forts et ont perduré plus de huit ans après la catastrophe (Dauvin 1987). Ces dernières données

ont été abondamment utilisées pour illustrer les impacts sur les communautés benthiques marines (Clarke *et al.*, 2014). Les effets du déversement du pétrolier *Prestige* (septembre 2002) sur les plages espagnoles ont été nombreux, mais variables selon les groupes taxonomiques (de la Huz *et al.*, 2005). Si, huit mois après le naufrage, les crustacés marins n'avaient pas ou peu été affectés, sur certaines plages, les polychètes, les mollusques, les insectes et les crustacés semi-terrestres avaient vu leur nombre d'espèces diminué jusqu'aux deux tiers. La croissance des mollusques peut être fortement affectée par la présence de pétrole dans l'eau, la taille des particules d'hydrocarbures y est entre autres importante (Strömngren, 1987). Des changements dans la structure des communautés intertidales des milieux rocheux ont été observés pendant plusieurs années à la suite du déversement accidentel du *Laura D'Amato* (août 1999) dans la baie de Sydney, en Australie, où les invertébrés opportunistes ont dominé au début de la récupération des communautés (MacFarlane et Burchett, 2003). La comparaison entre des sites affectés et non affectés après l'accident de l'*Exxon Valdez* montre un retour au niveau d'abondance normal des sites pollués pour une majorité de taxons endobenthiques (organismes vivants dans le sédiment) après trois ans, mais aussi une lente récupération (jusqu'à 11 ans) pour certaines populations de mollusques (Fukuyama *et al.*, 2014).

## LES POISSONS, LES CRUSTACÉS ET LES PÊCHERIES

Les pêcheries (poissons et crustacés) ont fortement été affectées suivant la catastrophe de la plateforme *Deepwater Horizon*, menant jusqu'à leur fermeture pendant des mois. Plus de cinq ans après l'explosion, certaines activités économiques telles que la pêche aux crabes et aux crevettes n'avaient pas encore pleinement repris (Gallucci, 2015). Déjà en 2012, les prévisions des impacts économiques de l'accident de *Deepwater Horizon* atteignaient 8,7 G\$ US et un manque à gagner de 4,9 et 3,5 G\$ US pour les pêches commerciale et sportive, respectivement (Sumaila *et al.*, 2012).

Lors d'un déversement, le fractionnement du pétrole (incluant le mazout lourd) conduit à la dissolution de substances très toxiques, dont certains HAP, et à la formation de gouttelettes qui auront tendance à se coller aux organismes de très petite taille, dont les larves et les juvéniles de poisson. De multiples travaux scientifiques ont montré les dommages à court et à long termes causés aux populations de poissons à la suite de l'accident de l'*Exxon Valdez* (Rice *et al.*, 2001). D'autres travaux ont montré que les embryons de saumon étaient tués ou gravement endommagés par des concentrations de résidus de pétrole bien en dessous des concentrations normalement observées après un

déversement (Brannon *et al.*, 2006). Les effets ont donc été détectables à long terme, soit plus de 10 ans après l'accident (Incardona *et al.*, 2013).

Les effets du déversement liés au naufrage de l'*Exxon Valdez* et à l'explosion de la plateforme *Deepwater Horizon* ont été considérables. La survie de nombreuses espèces aquatiques, y compris des poissons, oiseaux, tortues et mammifères marins, a été affectée (Barron *et al.*, 2003; Barron, 2012). Dans ces deux cas, ces auteurs indiquent que les espèces aquatiques ont certainement souffert d'une baisse de leur capacité immunitaire, qui a entraîné une plus grande susceptibilité aux maladies, une plus faible capacité de se reproduire ou une plus grande vulnérabilité devant les variables environnementales et écologiques (p. ex., la prédation). Les poissons, surtout ceux de grande taille, ont modifié leur diète suivant l'explosion de *Deepwater Horizon* en délaissant le zooplancton pour des petits poissons (Tarnecki et Patterson, 2015).

Les résidus de pétrole contenant des HAP peuvent être bioaccumulés par des poissons de fond (Hellou *et al.*, 1995). En effet, le pétrole déposé au fond d'une baie n'est pas pour autant devenu inoffensif, car il peut être assimilé par les espèces de pois-



sons qui vivent sur les fonds marins et qui s'y alimentent. Enfin, de nombreux travaux ont montré que certains produits chimiques se trouvant dans le pétrole brut et le mazout lourd interfèrent directement avec le développement embryonnaire des poissons et que de nombreux effets géotoxiques ont été observés (Carls *et al.*, 1999; Incardona *et al.*, 2005).

Le cycle de vie et le comportement des crustacés les rendent particulièrement vulnérables à un déversement pétrolier, et ce, à tous les stades de leur développement. Comme nous l'avons déjà mentionné pour les larves de poisson, les premiers stades de développement des crustacés sont aussi très sensibles aux hydrocarbures dissous dans l'eau de mer. Par exemple, chez le homard, après un à quatre jours en présence de pétrole brut, les larves encore vivantes deviennent léthargiques ou peu mouvementées et réduisent leur alimentation (Wells et Sprague, 1976; Forns, 1977). Elles deviennent ainsi des proies faciles pour les prédateurs.

Les crustacés adultes exposés aux hydrocarbures ont également tendance à prendre le goût du pétrole à cause de molécules soufrées hydrosolubles qui sont présentes dans les produits pétroliers et qui sont facilement transférées aux crus-

## LES ZONES D'HERBIERS ET LES MARAIS CÔTIERS

Les effets connus d'une contamination par le pétrole dans les marais côtiers incluent une altération des propriétés de cohésion des sols et des impacts négatifs sur les plantes, sur les populations d'invertébrés benthiques, sur les populations de poissons qui utilisent les marais comme frayère et pouponnière, et sur les oiseaux qui utilisent les herbiers comme zone principale d'alimentation (p. ex., les bernaches du Canada et les oies blanches

tacés. L'apparition de goût de pétrole a été fréquemment observée chez des poissons et des crustacés à la suite de déversements pétroliers ou dans des zones de transport et d'exploitation du pétrole (Höfer, 1998). La prise de goût a pour effet de rendre invendables certains produits de la pêche ou de l'aquaculture et de provoquer la fermeture de la pêche dans un vaste secteur autour d'un site de déversement pétrolier.

Les bivalves sont particulièrement sensibles à la présence des hydrocarbures, étant des organismes filtreurs qui tirent leur nourriture du plancton et des particules en suspension (Pérez-Cadahía *et al.*, 2004). La présence de microgouttelettes de pétrole amène une absorption rapide des produits pétroliers et la contamination des stocks de bivalves, qui perdent leur valeur commerciale. En général, les bivalves adultes offrent une bonne résistance aux hydrocarbures et tendent à réduire leur taux de filtration en attendant que le milieu redevienne de meilleure qualité. Les bivalves peuvent se dépurer lentement en milieu propre, mais la vitesse de dépuración est fonction de multiples facteurs, dont la température de l'eau, le type d'hydrocarbures et le taux de filtration du bivalve (Neff *et al.*, 1987; Martin *et al.*, 2003).

d'Amérique) au printemps comme à l'automne. Les effets sur les plantes aquatiques sont nombreux : réduction de la photosynthèse et de la transpiration, réduction de la taille et de la densité des tiges, réduction de la croissance, mortalité complète selon le type de pétrole et le niveau d'exposition, pénétration du pétrole dans le sol, et érosion de la marge exposée aux vagues (Lin et Mendelsohn, 2012).

## LES OISEAUX ET LES MAMMIFÈRES MARINS

Les déversements d'hydrocarbures affectent rapidement les oiseaux et les mammifères en souillant leurs plumes ou leurs poils et, éventuellement, en s'accumulant dans leur organisme par absorption ou inhalation. Les oiseaux marins sont souvent les premières victimes des déversements pétroliers puisque, vivant à proximité des côtes, ils se nourrissent et se reposent à la surface de l'eau (Leighton, 1993). Le pétrole adhère irrémédiablement aux plumes, conduisant à un engluement plus ou moins sévère selon la quantité de pétrole et le niveau d'émulsion de celui-ci. Les oiseaux les plus englués ne peuvent plus voler et se noient rapidement. Les autres peuvent retourner à terre, où ils tentent de nettoyer leur plumage par lissage. La présence du pétrole sur le plumage réduit grandement sa capacité hydrofuge, ce qui a pour effet de permettre à l'eau froide de pénétrer le plumage et d'atteindre la peau, causant ainsi l'hypothermie et, souvent, la mort (Piatt *et al.*, 1990). Dans les six mois suivant l'accident de l'*Exxon Valdez* (mars 1989), plus de 30 000 oiseaux morts provenant de 90 espèces différentes ont été retrouvés et de 100 000 à 300 000 oiseaux auraient péri à la suite de cet accident (Piatt *et al.*, 1990). Les canards de mer, les laridés (p. ex., le goéland) et les alcidés (p. ex., le guillemot) ont été les familles les plus touchées. Après l'explosion de la plateforme *Deepwater Horizon* (avril 2010) dans le golfe du Mexique, plus de 7 000 oiseaux morts (200 espèces) ont été récupérés le long des côtes, mais environ 200 000 oiseaux auraient péri lors de ce gigantesque déversement (Haney *et al.*, 2014a, 2014b).

Les oiseaux marins sont particulièrement vulnérables aux déversements pétroliers en raison de l'exposition à des niveaux potentiellement élevés de HAP (Troisi et Borjesson, 2005). L'ingestion de pétrole par lissage ou par consommation de

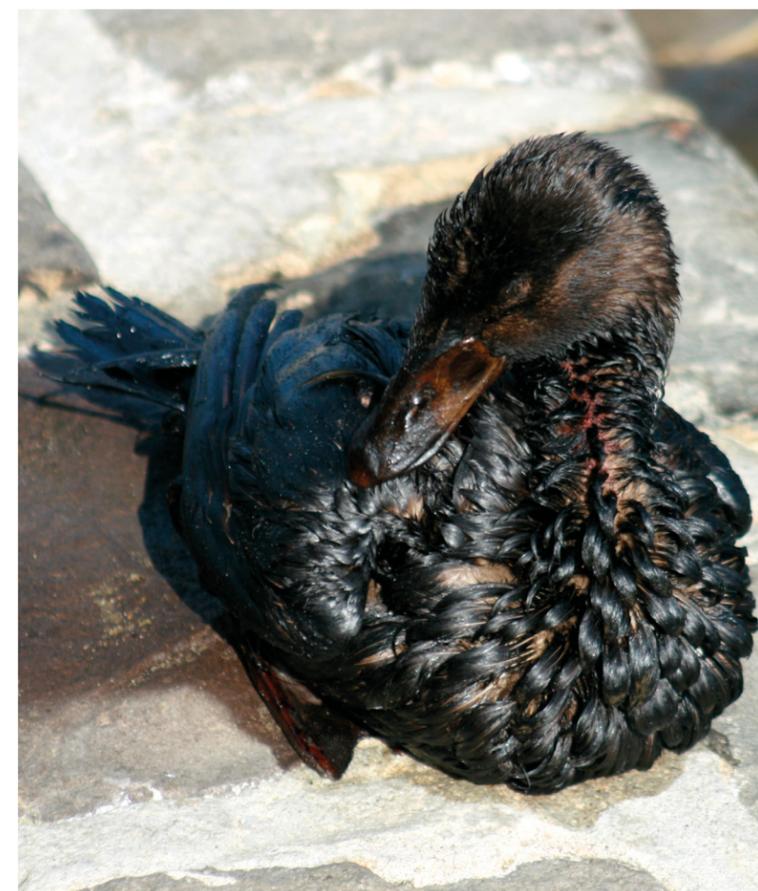


Photo : Brocken Inaglor / Wikimedia

proies contaminées peut avoir des repercussions à long terme sur leur organisme et sur leur état de santé général (Giese *et al.*, 2000). Par exemple, l'exposition chronique aux HAP peut provoquer divers effets physiologiques chez les oiseaux, y compris une augmentation du stress oxydatif dans le foie et les reins, des troubles neurologiques et endocriniens, et une suppression immunitaire, causant ainsi une détérioration de leur état de santé général (Balseiro *et al.*, 2005; Alonso-Alvarez *et al.*, 2007). Cela peut aussi avoir un impact négatif sur leur succès reproducteur (Heubeck *et al.*, 2003). Néanmoins, très peu d'études se sont penchées sur les effets physiologiques sous-létaux et sur les conséquences écologiques de l'exposition au pétrole chez les oiseaux marins (Heubeck *et al.*, 2003).

Comme les mammifères marins viennent respirer tout juste à l'interface entre l'eau

et l'air, les dangers d'empoisonnement par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion sont grands. L'inhalation d'eau huileuse principalement chez les espèces qui se nourrissent à la surface conduit à une absorption dans le système circulatoire, à de l'irritation et, possiblement, à des dommages permanents aux systèmes respiratoire et nerveux (Rainer Engelhardt, 1983; Schwacke *et al.*, 2014). Les phoques sont lourdement affectés par un accident pétrolier parce que ce mammifère marin passe une partie de son temps entre la mer et la terre ferme (échoueries, rochers, plages) pour s'alimenter, se reposer et se reproduire. Tout comme chez les oiseaux, le pétrole a pour effet de réduire la capacité d'isolement thermique de la fourrure des phoques et de provoquer l'hypothermie, qui devient la principale cause de leur

décès. De plus, l'ingestion de proies contaminées par les hydrocarbures et les tentatives de nettoyage du pelage entraînent de graves problèmes gastriques, intestinaux et rénaux (Overton *et al.*, 1994).

L'*Exxon Valdez* a causé la mort (directe ou indirecte) à court et à moyen termes de milliers de loutres de mer (Ballachey *et al.*, 1994). Ces dernières ne pouvaient plus compter sur la capacité isolante et sur la flottabilité de leur fourrure engluée. L'étude de la dynamique des populations de loutres suivant le déversement reste très difficile à réaliser puisque de nombreux facteurs confondants (prédation par les épaulards, disponibilité de la nourriture) sont venus complexifier l'interprétation des indicateurs spatio-temporels (Garshelis et Johnson, 2013). /

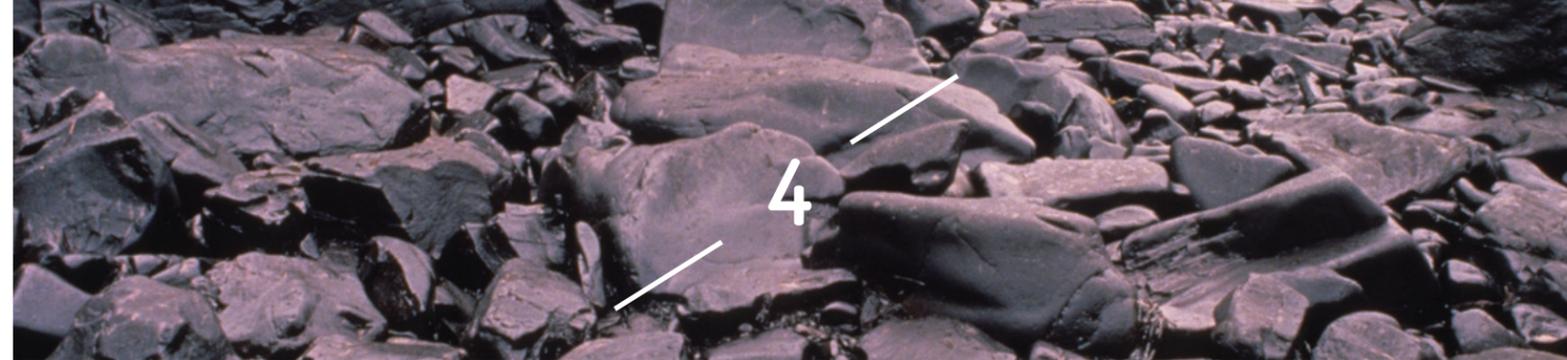


Photo : ARLIS Reference / FlickrR

## LES IMPACTS À LONG TERME ET LA RÉCUPÉRATION

Les grands déversements sont rares, mais leurs effets sont immédiats et souvent très marqués sur les communautés littorales de milieux rocheux (Stevens *et al.*, 2012; Castège *et al.*, 2014) ou sédimentaires (Andersen *et al.*, 2008; Bik *et al.*, 2012; Zabbey et Uyi, 2014). Des études effectuées trop tôt et à trop court terme après un déversement peuvent sous-estimer les effets réels ou à plus long terme (Kingston *et al.*, 1995). L'impact des déversements opérationnels (entre autres pour les plateformes extracôtières), qui représentent des petites quantités mais à répétition, sont difficiles à quantifier à cause des capacités d'adaptation des écosystèmes.

Selon la structure des écosystèmes et l'intensité de la contamination, les communautés benthiques peuvent récupérer de façon relativement rapide (< 1 an) (Schlachter *et al.*, 2011; Egres *et al.*, 2012; Lee et Lin, 2013), modérée (1-5 ans) (Yamamoto *et al.*, 2003; Lobon *et al.*, 2008; Castège *et al.*, 2014) ou lente (> 5 ans) (Jewett *et al.*, 2002; Gilfillan *et al.*, 2005; Fukuyama *et al.*, 2014). Par exemple, en janvier 2006, dans le port de Gladstone, en Australie, un petit déversement d'huile lourde a provoqué des dépôts dans les sédiments adjacents (Melville *et al.*, 2009). Même si une période de six mois a suffi pour qu'une partie affectée de la communauté des invertébrés soit de retour, une défoliation des mangroves à proximité était

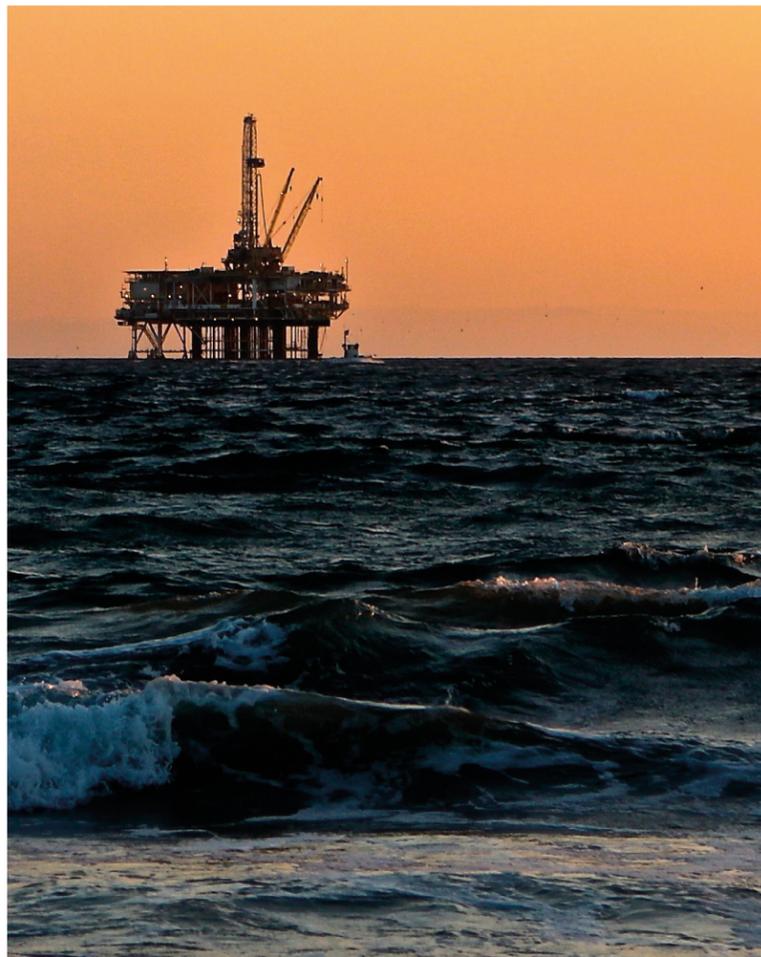
encore très visible. De nombreuses années après l'accident de l'*Exxon Valdez*, de fortes concentrations de polluants dans les sédiments et des effets sous-létaux chez les poissons, les loutres de mer et les oiseaux de rivage étaient encore mesurés (Peterson *et al.*, 2003). Les effets sur les populations de divers niveaux trophiques ont même changé les interactions entre les espèces et, possiblement, affecté la dynamique du réseau alimentaire (Peterson *et al.*, 2003). La récupération est généralement graduelle, comme il a été observé dans le cas du naufrage du *Prestige*, où les milieux intertidaux ont vu leur richesse (nombre d'espèces) diminuée de près du tiers après deux ans (Castège *et al.*, 2014). Cependant, même si, après trois ans, la richesse des communautés s'était rétablie, certaines espèces observées avant le naufrage demeuraient absentes. La récupération des marais côtiers après un accident pétrolier peut être relativement rapide ou très lente, à l'échelle de décennies (Hester et Mendelssohn, 2000). Plusieurs travaux récents ont montré une récupération rapide de quelques mois des marais à spartine de la Louisiane après l'accident de la plateforme *Deepwater Horizon* (Lin et Mendelssohn, 2012; Silliman *et al.*, 2012). Les déversements massifs à la suite de la guerre du Golfe en 1990 ont affecté fortement et à long terme (> 15 ans) certaines communautés d'invertébrés du golfe Persique (Joydas *et al.*, 2012). /

Photo : ARLIS Reference / FlickrR



## CONCLUSION

Les milieux aquatiques sont utilisés par les populations humaines depuis des millénaires. L'intensification des activités anthropiques sur ces milieux met aujourd'hui beaucoup de pression sur les écosystèmes. L'exploration et l'exploitation des hydrocarbures, résolument plus tournées vers les zones marines de plus en plus profondes, combinées à l'augmentation de leur transit par voie maritime, augmentent les risques de déversements accidentels dans les habitats côtiers. Nous avons décrit dans ce chapitre les multiples éléments à considérer quant à la toxicité des hydrocarbures en milieu côtier. Lors d'un déversement, le comportement des hydrocarbures change dans le temps. Leur incorporation dans le milieu pélagique et dans les sédiments reste complexe. Un



éventuel déversement en milieu arctique et subarctique en présence de glace changerait d'ailleurs profondément la dynamique de dispersion et la vitesse de dégradation, et rendrait extrêmement difficile le nettoyage (Arctic Monitoring and Assessment Programme, 2010). Les méthodes de nettoyage contribuent parfois à accentuer la toxicité des hydrocarbures, notamment par l'utilisation de dispersants chimiques, qui accroît la fragmentation des gouttelettes et en augmente l'absorption chez beaucoup d'organismes aquatiques. L'impact des déversements accidentels sur les écosystèmes marins dépend fortement de la quantité, du type d'hydrocarbures libérés, des conditions météorologiques, du moment et du type d'habitat affecté. Les organismes de tous les réseaux trophiques et les liens entre ceux-ci peuvent en être affectés : bactéries, phytoplancton, zooplancton, benthos, poissons, oiseaux et mammifères marins. La durée des effets est très variable, mais, dans le cas des déversements majeurs, comme celui de l'Exxon Valdez, les effets sont restés perceptibles pendant plus de deux décennies.

Les écosystèmes marins sont régis par des processus écologiques complexes. Si, pour la plupart des déversements discutés dans ce chapitre, les milieux se révèlent résilients, les impacts de ces déversements ne peuvent être prédits avec certitude, tant il y a de variables qui en influencent la portée. Bien que les connaissances scientifiques sur la toxicité des hydrocarbures en milieu contrôlé soient de plus en plus détaillées, les études à ce sujet peinent à en extrapoler les résultats sur les écosystèmes naturels. Davantage de connaissances sont requises sur les effets sous-létaux, à long terme et à l'échelle des biomes afin de mieux préserver l'intégrité des écosystèmes côtiers et des services écologiques que ceux-ci procurent aux humains. /

## BIBLIOGRAPHIE

- Adams J, Bornstein, J.M, Munno, K., Hollebone, B., King, T., Brown, R.S, Hodson, P.V. 2014. Identification of compounds in heavy fuel oil that are chronically toxic to rainbow trout embryos by effects-driven chemical fractionation. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33: 825-835.
- Almeda, R., Hyatt, C. et Buskey, E.J. 2014. Toxicity of dispersant Corexit 9500A and crude oil to marine microzooplankton. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 106: 76-85.
- Almeda, R., Wambaugh, Z., Wang, Z., Hyatt, C., Liu, Z. et Buskey, E.J. 2013. Interactions between Zooplankton and Crude Oil: Toxic Effects and Bioaccumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *PLoS ONE*, 8.
- Alonso-Alvarez, C., Munilla, I., Lopez-Alonso, M. et Velando, A. 2007. Sublethal toxicity of the Prestige oil spill on yellow-legged gulls. *Environment International*, 33: 773-781.
- AMAP 2010. Assessment 2007 : Oil and gas activities in the Arctic - Effects and potential effects. Volume 2. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, 277 p.
- Andersen, L.E., Melville, F., Jolley, D. 2008. An assessment of an oil spill in Gladstone, Australia - Impacts on intertidal areas at one month post-spill. *Marine Pollution Bulletin*, 57: 607-615.
- Atlas, R.M. 1981. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: An environmental perspective. *Microbiological Reviews*, 45: 180-209.
- Atlas, R.M., Hazen, T.C. 2011. Oil biodegradation and bioremediation: A tale of the two worst spills in U.S. history. *Environmental Science and Technology*, 45: 6709-6715.
- Austen, M., Hattam, C., Garrard, S. 2015. Human activities and ecosystem service use: impacts and trade-offs. Dans : Crowe TP et Frid CLJ éd. *Marine ecosystems: human impacts on biodiversity, functioning and services*. Cambridge University press, p. 336-376.
- Bælum, J., Borglin, S., Chakraborty, R., Fortney, J.L., Lamendella, R., Mason, O.U., Auer, M., Zemla, M., Bill, M., Conrad, M.E., Malfatti, S.A., Tringe, S.G., Holman, H.Y., Hazen, T.C. et Jansson, J.K. 2012. Deep-sea bacteria enriched by oil and dispersant from the Deepwater Horizon spill. *Environmental Microbiology*, 14: 2405-2416.
- Ballachey, B.E., Bodkin, J.L., DeGange, A.R. 1994. An overview of sea otter studies. Dans : Loughlin TR éd. *Marine mammals and the Exxon Valdez*. Academic Press, Inc., San Diego, p. 47-59.

- Balseiro, A., Espí, A., Márquez, I., Pérez, V., Ferreras, M.C., García Marín, J.F., Prieto, J.M. 2005. Pathological features in marine birds affected by the Prestige's oil spill in the north of Spain. *Journal of Wildlife Diseases*, 41: 371-378.
- Barron, M.G. 2012. Ecological Impacts of the Deepwater Horizon Oil Spill: Implications for Immunotoxicity. *Toxicologic Pathology*, 40: 315-320.
- Barron, M.G., Heintz, R., et Krahn, M.M. 2003. Contaminant exposure and effects in pinnipeds: Implications for Steller sea lion declines in Alaska. *Science of the Total Environment*, 311: 111-133.
- Batten, S.D., Allen, R.J.S., Wotton, C.O.M. 1998. The effects of the Sea Empress oil spill on the plankton of the southern Irish Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 36: 764-774.
- Benedetti-Cecchi, L. 2001. Beyond BACI: optimization of environmental sampling designs through monitoring and simulation. *Ecological Application*, 11: 783-799.
- Bik, H.M., Halanych, K.M., Sharma, J., Thomas, W.K. 2012. Dramatic Shifts in Benthic Microbial Eukaryote Communities following the Deepwater Horizon Oil Spill. *PLoS ONE*, 7: 6.
- Bobra, A.M., Shiu, W.Y., Mackay, D., Goodman, R.H. 1989. Acute toxicity of dispersed fresh and weathered crude oil and dispersants to *Daphnia Magna*. *Chemosphere*, 19: 1199-1222.
- Boufadel, M.C., Geng, X., Short, J. 2016. Bioremediation of the Exxon Valdez oil in Prince William Sound beaches. *Marine Pollution Bulletin*, In press: 1-9.
- Brandvik, P.J., Daling, P.S., Faksness, L.-G., Fritt-Rasmussen, J., Daae, R.L., Leirvik, F. 2010. Experimental oil release in broken ice – a large field verification of results from laboratory studies of oil weathering and ignitability of weathered oil spills. *SINTEF Materials and Chemistry*, Report A15549, Trondheim, 34 p.
- Brannon, E.L., Collins, K.M., Brown, J.S., Neff, J.M., Parker, K.R., Stubblefield, W.A. 2006. Toxicity of weathered Exxon Valdez crude oil to pink salmon embryos. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25: 962-972.
- Buist, I., Potter, S. et Sørstrøm, S.E. 2010. Barents sea field test of herder to thicken oil for in situ burning in drift ice. Dans : *Proceedings of the 33rd AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response*, 7 au 9 juin 2010. p. 725-742.
- Canevari, G.P. 1969. The role of chemical dispersants in oil cleanup. Dans : *Hoult DP éd. Oil on the sea*. Plenum Press, New York, p. 29-62.
- Carassou, L., Hernandez, F.J., Graham, W.M. 2014. Change and recovery of coastal mesozooplankton community structure during the Deepwater Horizon oil spill. *Environmental Research Letters*, 9: 12.
- Carls, M.G., Rice, S.D., Hose, J.E. 1999. Sensitivity of fish embryos to weathered crude oil: Part I. Low-level exposure during incubation causes malformations, genetic damage, and mortality in larval pacific herring (*Clupea pallasii*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18: 481-493.
- Castège, I., Milon, E., Pautrizel, F. 2014. Response of benthic macrofauna to an oil pollution: Lessons from the «Prestige» oil spill on the rocky shore of Guéthary (south of the Bay of Biscay, France). *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 106: 192-197.
- Cho, Y., Na, J.G., Nho, N.S., Kim, S., Kim, S. 2012. Application of saturates, aromatics, resins, and asphaltenes crude oil fractionation for detailed chemical characterization of heavy crude oils by Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry equipped with atmospheric pressure photoionization. *Energy and Fuels*, 26: 2558-2565.
- Chronopoulou, P.M., Sanni, G.O., Silas-Olu, D.I., van der Meer, J.R., Timmis, K.N., Brussaard, C.P.D., McGenity, T.J. 2015. Generalist hydrocarbon-degrading bacterial communities in the oil-polluted water column of the North Sea. *Microbial Biotechnology*, 8: 434-447.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., Somerfield, P.J., Warwick, R.M. 2014. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. *Plymouth Marine Laboratory, Plymouth*, 262 p.
- Coulon, F., Pelletier, E., Gourhant, L., Delille, D. 2005. Effects of nutrient and temperature on degradation of petroleum hydrocarbons in contaminated sub-Antarctic soil. *Chemosphere*, 5: 1439-1448.
- Dash, H.R., Mangwani, N., Chakraborty, J., Kumari, S., Das, S. 2013. Marine bacteria: Potential candidates for enhanced bioremediation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97: 561-571.
- Dauvin, J.-C. 1987. Évolution à Long terme (1978–1986) des populations d'Amphipodes des sables fins de la pierre noire (baie de Morlaix, manche occidentale) après la catastrophe de l'Amoco Cadiz. *Marine Environmental Research*, 21: 247-273.
- De la Huz, R., Lastra, M., Junoy, J., Castellanos, C., Vieitez, J.M. 2005. Biological impacts of oil pollution and cleaning in the intertidal zone of exposed sandy beaches: Preliminary study of the «Prestige» oil spill. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 65: 19-29.
- Delille, D., Bassères, A., Dessommes, A. 1997. Seasonal variation of bacteria in sea ice contaminated by diesel fuel and dispersed crude oil. *Microbial Ecology*, 33: 97-105.
- Di Toro, D.M., Zarba, C.S., Hansen, D.J., Berry, W.J., Swartz, R.C., Cowan, C.E., Pavlou, S.P., Allen, H.E., Thomas, N.A., Paquin, P.R. 1991. Technical basis for establishing sediment quality criteria for nonionic organic chemicals using equilibrium partitioning. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 10: 1541-1583.

- Dickins, D.F., Buist, I. 1999. Countermeasures for ice covered waters. *Pure and Applied Chemistry*, 71: 173-191.
- Dupuis, A., Ucan-Marín, F. 2015. A literature review on the aquatic toxicology of petroleum oil: An overview of oil properties and effects to aquatic biota. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res*, 52 p.
- Edgar, G.J., Kerrison, L., Shepherd, S.A., Toral-Granda, M.V. 2003. Impacts of the Jessica oil spill on intertidal and shallow subtidal plants and animals. *Marine Pollution Bulletin*, 47: 276-283.
- Egres, A.G., Martins, C.C., Oliveira, V.M.D., Lana, P.D.C. 2012. Effects of an experimental in situ diesel oil spill on the benthic community of unvegetated tidal flats in a subtropical estuary (Paranaguá Bay, Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 64: 2681-2691.
- Engel, A.S., Gupta, A.A. 2014. Regime shift in sandy beach microbial communities following Deepwater horizon oil spill remediation efforts. *PLoS ONE*, 9: e102934.
- Engraff, M., Solere, C., Smith, K.E.C., Mayer, P., Dahllöf, I. 2011. Aquatic toxicity of PAHs and PAH mixtures at saturation to benthic amphipods: linking toxic effects to chemical activity. *Aquatic Toxicology*, 102: 142-149.
- Esbaugh, A.J., Mager, E.M., Stieglitz, J.D., Hoenig, R., Brown, T.L., French, B.L., Linbo, T.L., Lay, C., Forth, H., Scholz, N.L., Incardona, J.P., Morris, J.M., Benetti, D.D., Grosell, M. 2016. The effects of weathering and chemical dispersion on Deepwater Horizon crude oil toxicity to mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) early life stages. *Science of the Total Environment*, 543: 644-651.
- Fingas, M.F. 2011. *Oil spill science and technology : prevention, response, and clean up*. Gulf Professional Publishing, Elsevier, Burlington, 1156 p.
- Fingas, M. 2013. *The basics of oil spill cleanup*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 266 p.
- Fingas, M.F., Hollebone, B.P. 2003. Review of behaviour of oil in freezing environments. *Marine Pollution Bulletin*, 47: 333-340.
- Forns, J.M. 1977. The effects of crude oil on larvae of lobster *Homarus americanus*. Dans : *International Oil Spill Conference Proceedings*, Washington, DC, mars 1977. API, p. 569-573.
- Fukuyama, A.K., Shigenaka, G., Coats, D.A. 2014. Status of intertidal infaunal communities following the Exxon Valdez oil spill in Prince William Sound, Alaska. *Marine Pollution Bulletin*, 84: 56-69.
- Gallucci, M. 2015. *BP Oil Spill Has Lasting Economic Toll Five Years After Deepwater Horizon Explosion*.
- Garshelis, D.L., Johnson, C.B. 2013. Prolonged recovery of sea otters from the Exxon Valdez oil spill? A re-examination of the evidence. *Marine Pollution Bulletin*, 71: 7-19.
- Giese, M., Goldsworthy, S.D., Gales, R., Brothers, N., Hamill, J. 2000. Effects of the Iron baron oil spill on little penguins (*Eudyptula minor*). III. Breeding success of rehabilitated oiled birds. *Wildlife Research*, 27: 583-591.
- Gilfillan, E.S., Page, D.S., Parker, K.R., Neff, J.M., Boehm, P.D. 2005. A 10-year study of shoreline conditions in the Exxon Valdez spill zone, Prince William Sound, Alaska. Dans : *2005 International Oil Spill Conference*, IOSC 2005, Miami Beach, FL. p. 5-13.
- Gomez Gesteira, J.L., Dauvin, J.C., Fraga, M.S. 2003. Taxonomic level for assessing oil spill effects on soft-bottom sublittoral benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 562-572.
- Haney, J.C., Geiger, H.J., Short, J.W. 2014a. Bird mortality from the Deepwater Horizon oil spill. II. Carcass sampling and exposure probability in the coastal Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 513: 239-252.
- Haney, J.C., Geiger, H.J., Short, J.W. 2014b. Bird mortality from the Deepwater Horizon oil spill. I. Exposure probability in the offshore Gulf of Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 513: 225-237.
- Haritash, A.K., Kaushik, C.P. 2009. Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review. *Journal of Hazardous Materials*, 169: 1-15.
- Hazen, T.C., Prince, R.C., Mahmoudi, N. 2016. *Marine Oil Biodegradation*. *Environmental Science and Technology*, 50: 2121-2129.
- Head, I.M., Jones, D.M., Röling, W.F. 2006. Marine microorganisms make a meal of oil. *Nature reviews Microbiology*, 4: 173-182.
- Hellou, J., Mackay, D., Fowler, B. 1995. Bioconcentration of polycyclic aromatic-compounds from sediments to muscle of finfish. *Environmental Science & Technology*, 29: 2555-2560.
- Hester, M.W., Mendelsohn, I.A. 2000. Long-term recovery of a Louisiana brackish marsh plant community from oil-spill impact: Vegetation response and mitigating effects of marsh surface elevation. *Marine Environmental Research*, 49: 233-254.
- Heubeck, M., Camphuysen, K.C.J., Bao, R., Humple, D., Rey, A.S., Cadiou, B., Bräger, S., Thomas, T. 2003. Assessing the impact of major oil spills on seabird populations. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 900-902.
- Höfer, T. 1998. Tainting of seafood and marine pollution. *Water Research*, 32: 3505-3512.
- Incardona, J.P., Carls, M.G., Teraoka, H., Sloan, C.A., Collier, T.K., Scholz, N.L. 2005. Aryl hydrocarbon receptor-independent toxicity of weathered crude oil during

- fish development. *Environmental health perspectives*, 113: 1755-1762.
- Incardona, J.P., Swarts, T.L., Edmunds, R.C., Linbo, T.L., Aquilina-Beck, A., Sloan, C.A., Gardner, L.D., Block, B.A., Scholz, N.L. 2013. Exxon Valdez to Deepwater Horizon: Comparable toxicity of both crude oils to fish early life stages. *Aquatic Toxicology*, 142-143: 303-316.
- Jewett, S.C., Dean, T.A., Smith, R.O., Blanchard, A. 1999. 'Exxon Valdez' oil spill: impacts and recovery in the soft-bottom benthic community in and adjacent to eelgrass beds. *Marine Ecology Progress Series*, 185: 59-83.
- Jewett, S.C., Dean, T.A., Woodin, B.R., Hoberg, M.K., Stegeman, J.J. 2002. Exposure to hydrocarbons 10 years after the Exxon Valdez oil spill: evidence from cytochrome P4501A expression and biliary FACs in nearshore demersal fishes. *Marine Environmental Research*, 54: 21-48.
- Johnson, E.J., Mayer-Pinto, M. 2015. Pollution: effets of chemical contaminants and debris Dans : Crowe TP et Frid CLJ éd. *Marine ecosystems: human impacts on biodiversity, functioning and services*. Cambridge University press, p. 244-273.
- Joydas, T.V., Qurban, M.A., Al-Suwailem, A., Krishnakumar, P.K., Nazeer, Z., Cali, N.A. 2012. Macrobenthic community structure in the northern Saudi waters of the Gulf, 14years after the 1991 oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 64: 325-335.
- Joye, S.B., Teske, A.P., Kostka, J.E. 2014. Microbial Dynamics Following the Macondo Oil Well Blowout across Gulf of Mexico Environments. *Bioscience*, 64: 766-777.
- Juhasz, A.L., Naidu, R. 2000. Bioremediation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons: A review of the microbial degradation of benzo[a]pyrene. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 45: 57-88.
- Jung, S.W., Kwon, O.Y., Joo, C.K., Kang, J.H., Kim, M., Shim, W.J., Kim, Y.O. 2012. Stronger impact of dispersant plus crude oil on natural plankton assemblages in short-term marine mesocosms. *Journal of Hazardous Materials*, 217: 338-349.
- Keller, B.D. 2005. On evaluating ecological effects of a major oil spill on the caribbean coast of Panama. Dans : 2005 International Oil Spill Conference, IOSC 2005, Miami Beach, FL, p. 5867.
- Kimura, S., Steinbeck, J. 2005. Can post-oil spill patterns of change be used to infer recovery? Dans : 2005 International Oil Spill Conference, IOSC 2005, Miami Beach, FL, p. 855-867.
- Kingston, P.F., Dixon, I.M.T., Hamilton, S., Moore, D.C. 1995. The impact of the Braer oil spill on the macrobenthic infauna of the sediments off the Shetland Islands. *Marine Pollution Bulletin*, 30: 445-459.
- Kleindienst, S., Paul, J.H., Joye, S.B. 2015. Using dispersants after oil spills: Impacts on the composition and activity of microbial communities. *Nature Reviews Microbiology*, 13: 388-396.
- Lee, K., Boufadel, M., Chen, B., Foght, J., Hodson, P., Swanson, S., Venosa, A. 2015. Expert panel report on the behaviour and environmental impacts of crude oil released into aqueous environments. Royal Society of Canada, Ottawa, 488 p.
- Lee, L.H., Lin, H.J. 2013. Effects of an oil spill on benthic community production and respiration on subtropical intertidal sandflats. *Marine Pollution Bulletin*, 73: 291-299.
- Leighton, F.A. 1993. The toxicity of petroleum oils to birds. *Environmental Review*, 1: 92-103.
- Lin, Q., Mendelssohn, I.A. 2012. Impacts and recovery of the Deepwater Horizon oil spill on vegetation structure and function of coastal salt marshes in the Northern Gulf of Mexico. *Environmental Science and Technology*, 46: 3737-3743.
- Lobon, C.M., Fernandez, C., Arrontes, J., Rico, J.M., Acuna, J.L., Anadon, R., Monteliva, J.A. 2008. Effects of the 'Prestige' oil spill on macroalgal assemblages: Large-scale comparison. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1192-1200.
- MacFarlane, G.R., Burchett, M.D. 2003. Assessing effects of petroleum oil on intertidal invertebrate communities in sydney harbour: Preparedness pays off Australasian journal of ecotoxicology, 9: 29-38.
- Martin, J.-L. Haure, J., Thebault, A., Robert, M., Gouletquer, P. 2003. Impact de la pollution aux hydrocarbures sur l'écophysiologie et la pathologie des bivalves d'intérêt commercial de la Côte Atlantique. Dans : Séminaire du programme LITEAU «Gestion du littoral» - Thème 7 Gestion d'une pollution accidentelle sur le littoral, Paris, 20 au 22 janvier 2003. p. 1-4.
- McFarlin, K.M., Prince, R.C., Perkins, R., Leigh, M.B. 2014. Biodegradation of dispersed oil in Arctic seawater at -1°C. *PLoS ONE*, 9: e84297.
- Melville, F., Andersen, L.E., Jolley, D.F. 2009. The Gladstone (Australia) oil spill - Impacts on intertidal areas: Baseline and six months post-spill. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 263-271.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine - NAS 2016. Spills of diluted bitumen from pipelines: a comparative study of environmental fate, effects, and response. The National Academies Press, Washington, DC, 145 p.
- National Research Council. 2005. Oil spill dispersants: efficacy and effects. The National Academies Press, Washington, DC, 400 p.
- Neff, J.M., Hillman, R.E., Carr, R.S., Buhl, R.L., Lahey, J.I. 1987. Histopathologic and biochemical responses in Arctic marine bivalve mollusks exposed to experimentally spilled oil. *Arctic*, 40: 220-229.
- Norregaard, R.D., Gustavson, K., Moller, E.F., Strand, J., Tairova, Z., Mosbech, A. 2015. Ecotoxicological investigation of the effect of accumulation of PAH and

- possible impact of dispersant in resting high arctic copepod *Calanus hyperboreus*. *Aquatic Toxicology*, 167: 1-11.
- Office national de l'énergie. 2013. Avenir énergétique du Canada en 2013: offre, demande énergétiques à l'horizon 2035. Office National de l'Énergie, Gouvernement du Canada, 94 p.
- Office national de l'énergie. 2016. Site web: <http://bit.ly/1QwXp7b>. Consulté le 17/02/2016, <https://www.neb-one.gc.ca/nrg/sttstc/crdlndptrlmrdct/stt/cndncrdlxprttrnsprttnsstm5yr/2014/cndncrdlxprttrnsprttnsstm5yr2014-fra.html>
- Organisation des pays exportateurs de pétrole. 2015. World oil outlook. Countries OotPE, Organization of the Petroleum Exporting Countries, 373 p.
- Ortmann, A.C., Anders, J., Shelton, N., Gong, L., Moss, A.G., Condon, R.H. 2012. Dispersed oil disrupts microbial pathways in pelagic food webs. *PLoS ONE*, 7.
- OSAT. 2011. Summary report for fate and effects of remnant oil in the beach environment. Operational Science Advisory Team (OSAT-2), U.S. Coast Guard, 34 p.
- Overton, E.B., Sharp, W.D., Roberts, P. 1994. Toxicity of petroleum. Dans : Cokerkham LG et Shane BS éd. Basic environmental ecotoxicology. CRC Press, Boca Raton, p. 135-156.
- Ozhan, K., Parsons, M.L., Bargu, S. 2014a. How Were Phytoplankton Affected by the Deepwater Horizon Oil Spill? *Bioscience*, 64: 829-836.
- Ozhan, K., Miles, S.M., Gao, H., Bargu, S. 2014b. Relative Phytoplankton growth responses to physically and chemically dispersed South Louisiana sweet crude oil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186: 3941-3956.
- Pelletier, E., Delille, D. et Delille, B. 2004. Crude oil bioremediation in sub-Antarctic intertidal sediments: Chemistry and toxicity of oiled residues. *Marine Environmental Research*, 57: 311-327.
- Pelletier, É. 2015. Revue des connaissances scientifiques sur la composition et le mode d'action des agents chimiques de traitement utilisés lors de déversements pétroliers ainsi que le devenir des mélanges hydrocarbures/agents de traitement en milieu aquatique. Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques, Québec, 44 p.
- Pelletier, É., Ouellet, S., Pâquet, M. 1991. Long-term chemical and cytochemical assessment of oil contamination in estuarine intertidal sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 22: 273-281.
- Pérez-Cadahía, B., Laffon, B., Pásaro, E., Méndez, J. 2004. Evaluation of PAH bioaccumulation and DNA damage in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) exposed to spilled Prestige crude oil. *Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology*, 138: 453-460.
- Perhar, G., Arhonditsis, G.B. 2014. Aquatic ecosystem dynamics following petroleum hydrocarbon perturbations: A review of the current state of knowledge. *Journal of Great Lakes Research*, 40: 56-72.
- Peterson, C.H., McDonald, L.L., Green, R.H., Erickson, W.P. 2001. Sampling design begets conclusions: the statistical basis for detection of injury to and recovery of shoreline communities after the 'Exxon Valdez' oil spill. *Marine Ecology Progress Series*, 210: 255-283.
- Peterson, C.H., Rice, S.D., Short, J.W., Esler, D., Bodkin, J.L., Ballachey, B.E., Irons, D.B. 2003. Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. *Science*, 302: 2082-2086.
- Piatt, J.F., Lensink, C.J., Butler, W., Marshal, K., Nysewander, D.R. 1990. Immediate Impact of the 'Exxon Valdez' Oil Spill on Marine Birds. *The Auk*, 107: 387-397.
- Prince, R.C. 2015. Oil spill dispersants: Boon or bane? *Environmental Science and Technology*, 49: 6376-6384.
- Québec. 2014. Revue de littérature sur les impacts environnementaux du développement des hydrocarbures au Québec. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques, Gouvernement du Québec.
- Rainer Engelhardt, F. 1983. Petroleum effects on marine mammals. *Aquatic Toxicology*, 4: 199-217.
- Ramachandran, S.D., Hodson, P.V., Khan, C.W., Lee, K. 2004. Oil dispersant increases PAH uptake by fish exposed to crude oil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59: 300-308.
- Rice, S.D., Thomas, R.E., Carls, M.G., Heintz, R.A., Wertheimer, A.C., Murphy, M.L., Short, J.W., Moles, A. 2001. Impacts to pink salmon following the Exxon Valdez oil spill: Persistence, toxicity, sensitivity, and controversy. *Reviews in Fisheries Science*, 9: 165-211.
- Rodríguez-Blanco, A., Antoine, V., Pelletier, É., Delille, D., Ghiglione, J.F. 2010. Effects of temperature and fertilization on total vs. active bacterial communities exposed to crude and diesel oil pollution in NW Mediterranean Sea. *Environmental Pollution*, 158: 663-673.
- Sargian, P., Mostajir, B., Chatila, K., Ferreyra, G.A., Pelletier, É., Demers, S. 2005. Non-synergistic effects of water-soluble crude oil and enhanced ultraviolet-B radiation on a natural plankton assemblage. *Marine Ecology Progress Series*, 294: 63-77.
- Schlacher, T.A., Holzheimer, A., Stevens, T., Rissik, D. 2011. Impacts of the 'Pacific Adventurer' Oil Spill on the Macrobenthos of Subtropical Sandy Beaches. *Estuaries and Coasts*, 34: 937-949.

Schmidt, C.W. 2010. Between the devil and the deep blue sea: dispersants in the gulf of Mexico. *Environmental health perspectives*, 118: a338-a344.

Schloss et al 2017

Schwacke, L.H., Smith, C.R., Townsend, F.I., Wells, R.S., Hart, L.B., Balmer, B.C., Collier, T.K., De Guise, S., Fry, M.M., Guillette, L.J., Lamb, S.V., Lane, S.M., McFee, W.E., Place, N.J., Tumlin, M.C., Ylitalo, G.M., Zolman, E.S., Rowles, T.K. 2014. Health of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Barataria Bay, Louisiana, following the Deepwater Horizon oil spill. *Environmental Science and Technology*, 48: 93-103.

Shields, A. 2016. Vers une hausse du transport d'énergies fossiles sur le fleuve Saint-Laurent. *Le devoir*.

Silliman, B.R., Van De Koppel, J., McCoy, M.W., Diller, J., Kasozi, G.N., Earl, K., Adams, P.N., Zimmerman, A.R. 2012. Degradation and resilience in Louisiana salt marshes after the BP-Deepwater Horizon oil spill. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109: 11234-11239.

Siron, R., Pelletier, É., Brochu, C. 1991. Suivi d'une contamination pétrolière accidentelle dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent – Le cas de l'Île aux Grues. *Water pollution research journal of Canada*, 26: 61-86.

Siron, R., Pelletier, E., Brochu, C. 1995. Environmental factors influencing the biodegradation of petroleum hydrocarbons in cold seawater. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 28: 406-416.

Siron, R., Pelletier, É., Delille, D., Roy, S. 1993. Fate and effects of dispersed crude oil under icy conditions simulated in mesocosms. *Marine Environmental Research*, 35: 273-302.

Sørhus, E., Edvardsen, R.B., Karlsen, Ø., Nordtug, T., Van Der Meeren, T., Thorsen, A., Harman, C., Jentoft, S., Meier, S. 2015. Unexpected interaction with dispersed crude oil droplets drives severe toxicity in atlantic haddock embryos. *PLoS ONE*, 10.

Stevens, T., Boden, A., Arthur, J.M., Schlacher, T.A., Rissik, D., Atkinson, S. 2012. Initial effects of a moderate-sized oil spill on benthic assemblage structure of a subtropical rocky shore. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 109: 107-115.

Strömngren, T. 1987. Effect of oil and dispersants on the growth of Mussels. *Marine Environmental Research*, 21: 239-246.

Sumaila, U.R., Cisneros-Montemayor, A.M., Dyck, A., Huang, L., Cheung, W., Jacques, J., Kleisner, K., Lam, V., McCrea-Strub, A., Swartz, W., Watson, R., Zeller, D., Pauly, D. 2012. Impact of the Deepwater Horizon well blowout on the economics of US Gulf fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 69: 499-510.

Swedmark, M., Granmo, Å., Kollberg, S. 1973. Effects of oil dispersants and oil emulsions on marine animals. *Water Research*, 7: 1649-1672.

Tarnecki, J.H., Patterson, W.F. 2015. Changes in Red Snapper Diet and Trophic Ecology Following the Deepwater Horizon Oil Spill. *Marine and Coastal Fisheries*, 7: 135-147.

Taylor, H.A., Rasheed, M.A. 2011. Impacts of a fuel oil spill on seagrass meadows in a subtropical port, Gladstone, Australia - The value of long-term marine habitat monitoring in high risk areas. *Marine Pollution Bulletin*, 63: 431-437.

Troisi, G.M., Borjesson, L. 2005. Development of an immunoassay for the determination of polyaromatic hydrocarbons in plasma samples from oiled seabirds. *Environmental Science and Technology*, 39: 3748-3755.

United States Environmental Protection Agency. 2015. National contingency plan product schedule. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 32 p.

Underwood, A.J. 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 161: 145-178.

Varela, M., Bode, A., Lorenzo, J., Alvarez-Ossorio, M.T., Miranda, A., Patrocinio, T., Anadon, R., Viesca, L., Rodriguez, N., Valdes, L., Cabal, J., Urrutia, A., Garcia-Soto, C., Rodriguez, M., Alvarez-Salgado, X.A., Groom, S. 2006. The effect of the «Prestige» oil spill on the plankton of the N-NW Spanish coast. *Marine Pollution Bulletin*, 53: 272-286.

Wells, P.G., Sprague, J.B. 1976. Effects of crude-oil on American lobster (*Homarus americanus*) larvae in laboratory. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33: 1604-1614.

Yamamoto, T., Nakaoka, M., Komatsu, T., Kawai, H., Ohwada, K., Marine Life Res Grp T. 2003. Impacts by heavy-oil spill from the Russian tanker Nakhodka on intertidal ecosystems: recovery of animal community. *Marine Pollution Bulletin*, 47: 91-98.

Zabbey, N., Uyi, H. 2014. Community responses of intertidal soft-bottom macrozoobenthos to oil pollution in a tropical mangrove ecosystem, Niger Delta, Nigeria. *Marine Pollution Bulletin*, 82: 167-174.

Zhao, X., Gong, Y., O'Reilly, S.E., Zhao, D. 2015. Effects of oil dispersant on solubilization, sorption and desorption of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediment-seawater systems. *Marine Pollution Bulletin*, 92: 160-169.

Zuijdgheest, A., Huettel, M. 2012. Dispersants as used in response to the MC252-spill lead to higher mobility of polycyclic aromatic hydrocarbons in oil-contaminated Gulf of Mexico sand. *PLoS ONE*, 7: e50549.



# CHAPITRE 4

## Impacts potentiels cumulés des facteurs de stress liés aux activités humaines sur l'écosystème marin du Saint-Laurent

---

**PAR** Irene R. Schloss

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski  
Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, Argentina

**Philippe Archambault**

Département de biologie, Université Laval

**David Beuchesne**

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

**Mathieu Cusson**

Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi

**Gustavo Ferreyra**

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

**Maurice Levasseur**

Département de biologie, Université Laval

**Émilien Pelletier**

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

**Richard St-Louis**

Département de biologie, chimie et géographie, Université du Québec à Rimouski

**Réjean Tremblay**

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Photo :  
Pixabay

---



Photo *Botryllus schlosseri* :  
Deryk Tolman / FlickrR

## FAITS MARQUANTS

- Les activités humaines qui découlent de l'occupation des rives du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent constituent des facteurs de stress pour les organismes marins.
- Les effets sur l'environnement et les organismes des interactions entre ces stressseurs (p. ex., hypoxie, acidification, polluants organiques, espèces aquatiques envahissantes) et de la présence des hydrocarbures sont largement inconnus.
- La complexité de ces interactions, combinée à la variabilité naturelle, fait en sorte que les effets résiduels et cumulés d'un éventuel déversement seront difficiles à détecter.
- La variabilité naturelle des environnements susceptibles de subir des déversements d'hydrocarbures est telle qu'elle limite l'extrapolation des résultats issus d'expériences en laboratoire au milieu naturel.

Les activités humaines modifient l'environnement naturel, perturbant par le fait même les organismes qui y habitent. Dans l'écosystème marin du golfe du Saint-Laurent, les diverses perturbations affectent les écosystèmes à différents degrés. Pour certains d'entre eux, les effets sont mal connus ou simplement inconnus. De plus, plusieurs perturbations peuvent affecter simultanément une composante de l'écosystème ou un système en entier. Les effets cumulés sont encore moins connus. Dans ce chapitre, nous synthétisons les connaissances actuelles sur les facteurs de stress liés aux activités humaines, puis essayons de déterminer leurs interactions et leurs effets cumulés sur l'écosystème du Saint-Laurent.

## INTRODUCTION

Les rives de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent hébergent 80% de la population du Québec et une grande partie de celle des provinces atlantiques, soit Terre-Neuve-et-Labrador, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Édouard. Pour les habitants de ces provinces, au-delà d'un écosystème unique, le Saint-Laurent représente un cadre de vie, une ressource économique et un lieu de récréation. Par conséquent, ce dernier est une pierre angulaire pour les activités de la région. Dans ce chapitre, nous évaluons comment certaines activités humaines, aux échelles régionales et globales, affectent l'écosystème marin du Saint-Laurent. Nous considérons ici qu'une **activité humaine** est un processus par lequel l'humain modifie des éléments du milieu naturel, tandis qu'un **facteur de stress** est un processus intrinsèque ou extrinsèque qui peut perturber les organismes et les obliger à ajuster leur physiologie ou leur comportement pour y répondre (Killen *et al.*, 2013), ce qui peut pousser un écosystème au-delà de ses limites de tolérance. La liste des facteurs de stress que nous présentons ici est loin d'être exhaustive. Il faut toutefois noter que, bien que nous reconnaissons l'impact sur les écosystèmes des activités extractives comme la pêche et l'aquaculture, nous ne les analyserons pas dans le présent chapitre.

Les eaux et les organismes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent sont exposés de façon chronique aux impacts des activités humaines. Ces activités imposent des stress environnementaux, dont l'hypoxie, l'acidification ainsi que la présence d'espèces envahissantes, de polluants ou d'hydrocarbures (figure 4.1). Individuellement, ces facteurs de stress peuvent fortement influencer les milieux naturels. Lorsqu'ils sont considérés en combinaisons, ces derniers peuvent également interagir entre eux. On parlera ici d'effets cumulés, qui peuvent être additifs, multiplicatifs ou atténuants (Beauchesne *et al.*, 2016), si l'effet de leur combinaison peut être exprimé comme la somme, le produit ou le résultat des processus de compensation des effets de chacun d'eux isolément. Ces synergies entre stressseurs environnementaux sont toutefois difficiles à prédire, de telle sorte qu'elles sont typiquement ignorées en faveur d'approches individuelles, secteur par secteur.

Nous commencerons par synthétiser les connaissances actuelles sur les stressseurs environnementaux liés aux activités humaines, pour par la suite établir leurs interactions et leurs effets cumulés sur l'écosystème du Saint-Laurent. /

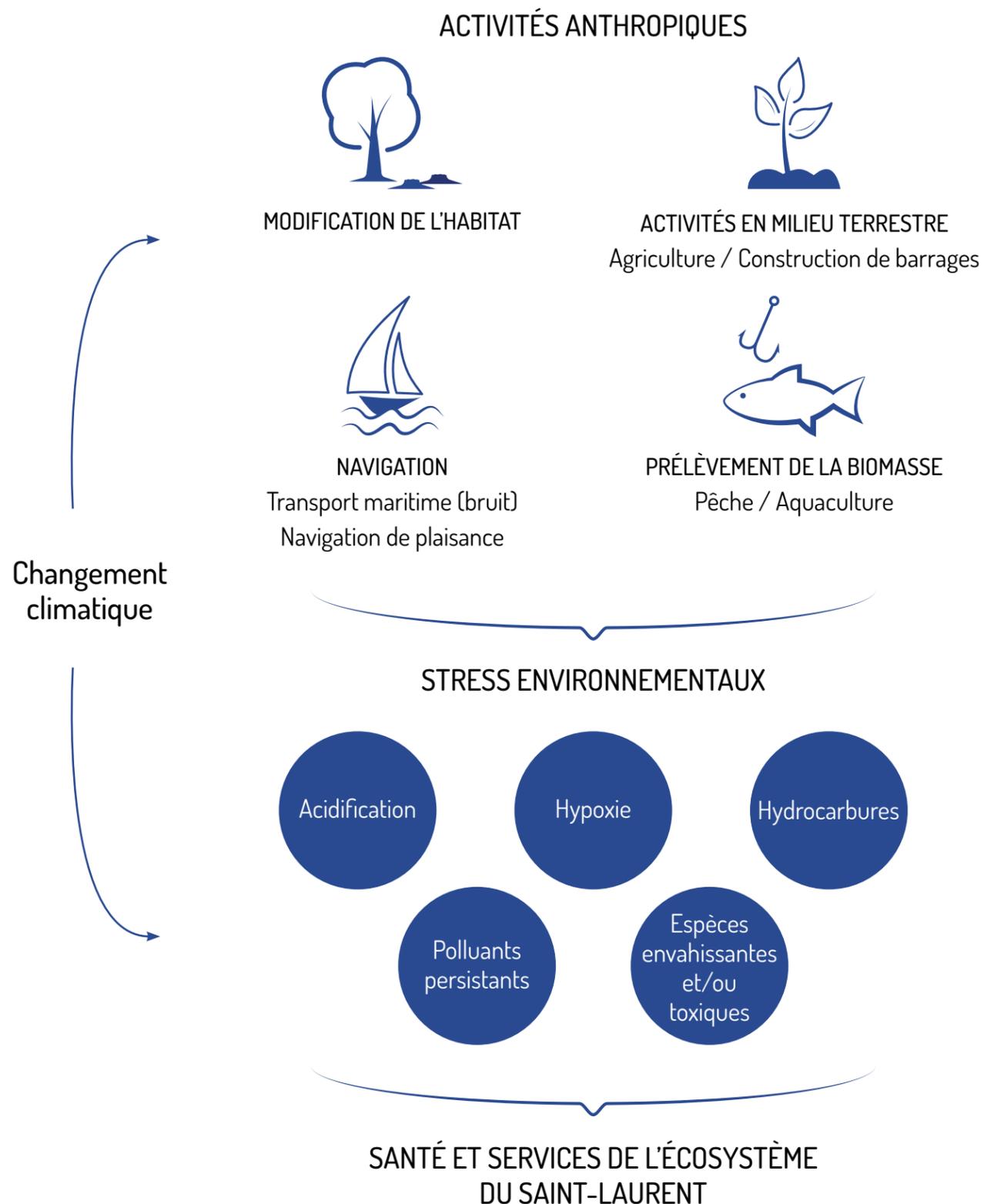
Nous considérons ici qu'une activité humaine est un processus par lequel l'humain modifie des éléments du milieu naturel, tandis qu'un facteur de stress est un processus intrinsèque ou extrinsèque qui peut perturber les organismes et les obliger à ajuster leur physiologie ou leur comportement pour y répondre [...].

**Figure 4.1**

Représentation schématique des activités anthropiques et quelques-uns des stress environnementaux qui dérivent d'elles (qui sont traitées dans le présent chapitre) susceptibles d'affecter les services et le fonctionnement de l'écosystème du Saint-Laurent. Le changement climatique, issu des activités humaines, aura également des effets sur ces stress.



Photo : S. Weissenberger



## L'HYPOXIE

Dans les environnements aquatiques, il y a hypoxie quand la concentration de l'oxygène dissous est assez faible pour causer du stress et même la mort de certains organismes (Gilbert *et al.*, 2007). L'hypoxie se définit par une

[...] il y a hypoxie quand la concentration de l'oxygène dissous est assez faible pour causer du stress et même la mort de certains organismes

- Gilbert *et al.*, 2007

gamme de valeurs allant de 0,28 milligrammes d'oxygène par litre (mg O<sub>2</sub>•L<sup>-1</sup>) ou 3,7% de saturation (%sat) (Kamykowski et Zentara, 1990) à 4 mg O<sub>2</sub>•L<sup>-1</sup> ou 54,2% sat (Paerl, 2006), mais la majorité des études se réfère à un seuil de 2 mg O<sub>2</sub>•L<sup>-1</sup> équivalant à 27,1% sat (Turner *et al.*,

2005). Les phénomènes hypoxiques sont principalement observés dans les estuaires et dans les régions côtières, où la stratification verticale de la colonne d'eau limite les échanges entre les eaux profondes et celles de surface, mieux oxygénées (Diaz et Rosenberg, 2011). Les conditions d'hypoxie résultent de la combinaison entre une faible ventilation (qui apporte l'oxygène provenant de l'atmosphère ou bien par advection d'eaux pauvres en oxygène) et la respiration, essentiellement de la part des microorganismes marins (Karstensen *et al.*, 2008). Dans l'estuaire du Saint-Laurent, des eaux à concentrations hypoxiques sont observées depuis les années 1980. Contrairement à plusieurs endroits du monde où il s'agit d'un problème saisonnier, l'hypoxie est un pro-

blème chronique dans les eaux profondes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. En effet, les eaux de fond (> 300 m; Bour-gault *et al.*, 2012) d'une partie de l'estuaire maritime du Saint-Laurent sont en état de conditions hypoxiques persistantes, avec des concentrations en oxygène dissous inférieures à 62,5 micromoles d'oxygène par litre (µmol O<sub>2</sub>•L<sup>-1</sup>) ou 2 mg O<sub>2</sub>•L<sup>-1</sup> (Gilbert *et al.*, 2005). Cette hypoxie d'origine naturelle est accentuée par l'eutrophisation et par les apports anthropiques de phosphore et de nitrate (Gilbert *et al.*, 2005). Ce phénomène peut être expliqué partiellement par une augmentation de la proportion relative d'eau chaude et pauvre en oxygène du Gulf Stream entrant dans le golfe et l'estuaire maritime par rapport aux eaux froides à haute teneur en oxygène du courant du Labrador (Gilbert *et al.*, 2007). Des études de modélisation montrent également que l'apport en nutriments a un fort impact négatif sur les concentrations en oxygène dissous dans l'estuaire et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent (Lavoie *et al.*, 2015). L'augmentation de la respiration bactérienne associée à une hausse de la température de près de 2°C par rapport aux années 1930 a probablement aussi contribué à la demande accrue en oxygène (Genovesi *et al.*, 2011).

D'un autre côté, les faibles concentrations en oxygène dissous observées dans le nord-est du golfe du Saint-Laurent doivent leur origine à des eaux provenant

de l'Atlantique Nord (Bourgault *et al.*, 2012; Lefort *et al.*, 2012; Bourgault et Cyr, 2015). Même si, dans les eaux du golfe, les concentrations ne sont pas hypoxiques (voir Bourgault *et al.*, chapitre 2), la circulation des eaux profondes dans le système hydrographique du Saint-Laurent assure une connectivité entre les masses d'eau. Un changement dans les concentrations en oxygène dissous dans les eaux de la couche profonde à l'embouchure du chenal Laurentien, à la bordure du plateau continental, se répercute ainsi forcément sur les concentrations en oxygène dans l'estuaire maritime.

L'hypoxie peut générer des réponses physiologiques et comportementales donnant lieu à des effets négatifs tels qu'une croissance réduite, la perte de la capacité de reproduction, la mortalité, la réduction de la biodiversité et la perte de production secondaire (Wu, 2002). L'hypoxie altère les taux et les mécanismes de recyclage de la matière organique et des métaux (Andersson *et al.*, 2008; Middelburg et Levin, 2009), influençant ainsi la dynamique de la pompe biologique à dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Ce processus permet la séquestration du carbone atmosphérique, un des principaux gaz responsables de l'effet de serre, dans le fond des océans. Chez plusieurs espèces de poissons et de crustacés, les stades larvaires sont moins tolérants à l'hypoxie que chez les adultes (Miller *et al.*, 2002). En particulier, les poissons dont les larves

ont un taux de croissance élevé sont plus sensibles aux conditions hypoxiques, spécialement quand celles-ci commutent de la respiration par diffusion à la respiration par les branchies (Davenport, 1983). Les femelles en âge de reproduction souffrent plus des limitations en oxygène en raison des exigences métaboliques accrues lors du développement des gonades. La croissance des poissons est aussi affectée par la baisse en oxygène dissous. Ainsi, le taux de croissance de la morue, une des espèces commerciales du Saint-Laurent, diminue lorsque le niveau de saturation en oxygène est inférieur à 70% (Chabot et Dutil, 1999). Les eaux du fond de l'estuaire maritime du Saint-Laurent ont présentement une teneur en oxygène trop faible pour leur développement. Ainsi, une expansion de l'hypoxie pourrait ajouter des barrières à la dispersion des organismes (Pörtner et Farrell, 2008). Bien que certaines espèces aient une haute tolérance à l'hypoxie, par exemple le flétan du Groenland et la crevette nordique, qui détiennent un intérêt commercial important (Ait Youcef *et al.*, 2013), des études récentes ont démontré qu'une hausse du niveau d'hypoxie actuel aura un impact significatif sur leur métabolisme, leur croissance et leur survie (Dupont-Prinet, 2013a, 2013b; Mejri *et al.*, 2012). Le loup tacheté (Anarhichas minor), une espèce en péril, se comporte de façon similaire à la morue lorsqu'il est exposé à l'hypoxie. Des données obtenues au laboratoire montrent que son seuil léthal est autour de 16 à 21 % sat et que sa crois-

sance diminue lorsque l'oxygène dissous baisse sous 65 % de saturation. Le rétablissement de cette espèce pourrait être compromis par l'hypoxie à la tête des chenaux (Jetté *et al.*, 2011; Simpson *et al.*, 2013). Il a également été démontré qu'une diminution de la teneur en oxygène dissous dans les océans modifie les communautés animales en diminuant la présence des espèces plus vulnérables (Lévesque *et al.*, 2010; Moritz *et al.*, 2013).

Les réponses écologiques et biochimiques à la diminution en oxygène dissous peuvent être rapides, par exemple la mortalité observée dans les herbiers marins et chez les animaux benthiques. Les effets de l'hypoxie chez ces derniers ainsi que leur tolérance aux conditions de faible concentration en oxygène dissous varient selon l'espèce et selon la taille; les plus petits avec un ratio surface/volume élevé favorisant des échanges avec leur environnement sont plus tolérants (Levin, 2003). Les animaux benthiques sessiles ou à faible pouvoir de déplacement ne peuvent pas se trouver rapidement un nouvel habitat en réponse aux conditions hypoxiques. Selon leur intensité, leur fréquence et leur durée, les événements hypoxiques peuvent ainsi être létaux pour les organismes benthiques. Dans les eaux profondes du Saint-Laurent, la structure de la communauté macrobenthique n'est pas la même dans le golfe, où les eaux sont bien oxygénées, par rapport à l'estuaire moyen, où les eaux sont hypoxiques (Belley *et al.*, 2010). Dans l'estuaire, la communauté est dominée par des groupes d'espèces tolérant les faibles concentrations en oxygène dissous, comme les ophiures (Belley *et al.*, 2010). En général, dans les zones hypoxiques, la macrofaune benthique est dominée par les dépositivores de surface (qui mangent la matière organique des sédiments), qui tolèrent mieux cette condition que les suspensivores (qui mangent la matière organique suspendue dans la colonne d'eau).

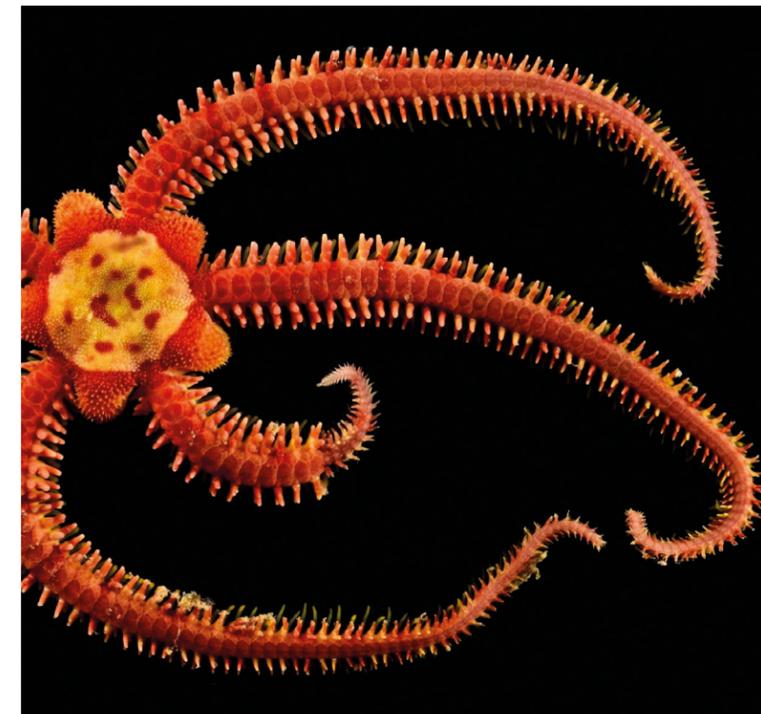


Photo *Ophiopholis aculeata*: Benjamin Davidson / FlickrR

L'effet de l'hypoxie sur les communautés benthiques n'est pas toujours réversible (Levin *et al.*, 2009; Dale *et al.*, 2010). La réponse des organismes à la récupération des conditions normales en oxygène dissous peut prendre plusieurs années, voire plusieurs décennies. Elle peut causer des états d'équilibre alternatifs, c'est-à-dire différents de ceux des communautés originales (Contamin et Ellison, 2009; Levin *et al.*, 2009).

L'hypoxie et ses effets sur les organismes sont étudiés activement par des chercheurs de Pêches et Océans Canada (MPO) ainsi que par des chercheurs universitaires du Québec, du Réseau stratégique du CRSNG pour des océans canadiens en santé (en anglais, *Canadian Healthy Oceans Network* ou CHONe) (voir Snelgrove *et al.*, 2012) et du reste du Canada (p. ex., D'Amours, 1993; Chabot et Dutil, 1999; Ait Youcef *et al.*, 2013). /

[...] la pompe biologique à dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)  
[...] permet la séquestration du carbone  
atmosphérique [...] dans le fond des océans.

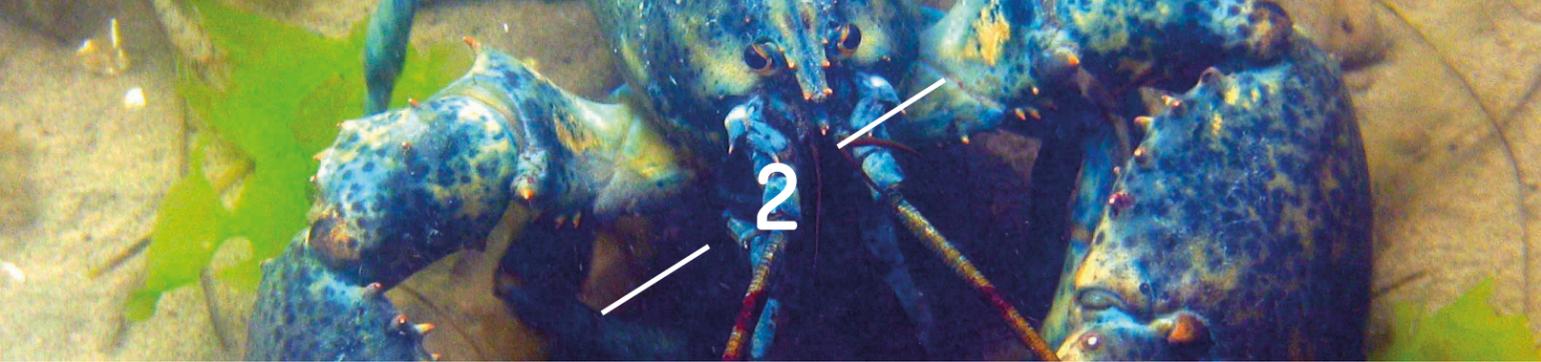


Photo : P. Archambault

## L'ACIDIFICATION

La dissolution de gaz atmosphériques comme l'oxygène et le CO<sub>2</sub> dans les eaux océaniques est un processus naturel qui dépend des conditions physiques (température et pression) et des mécanismes chimiques (équilibre acido-basique) et biologiques (photosynthèse et respiration). Selon les équilibres chimiques qui régissent la partition du CO<sub>2</sub> dissous, ce dernier se combinera avec l'eau pour produire d'autres composants chimiques, comme l'ion bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Par conséquent, à la dissolution du CO<sub>2</sub>, des ions (H<sup>+</sup>) sont générés. La concentration des H<sup>+</sup> détermine l'acidité de l'eau, qui est mesurée par le potentiel hydrogène (pH). Les organismes marins sont adaptés à des valeurs stables de pH de l'océan depuis des milliers d'années, car l'eau de mer se comporte comme un système tampon. Or, la capacité de l'océan à contrôler la concentration des H<sup>+</sup> a tout de même une limite. Depuis la révolution industrielle, les océans ont absorbé une partie de

l'excès de CO<sub>2</sub> (autour de 30%) produit par la combustion des carburants fossiles et des autres activités humaines, à raison de 1 à 3 Gt de carbone par an (Battle *et al.*, 2000) à travers des processus physiques, chimiques et biologiques (Sabine *et al.*, 2004).

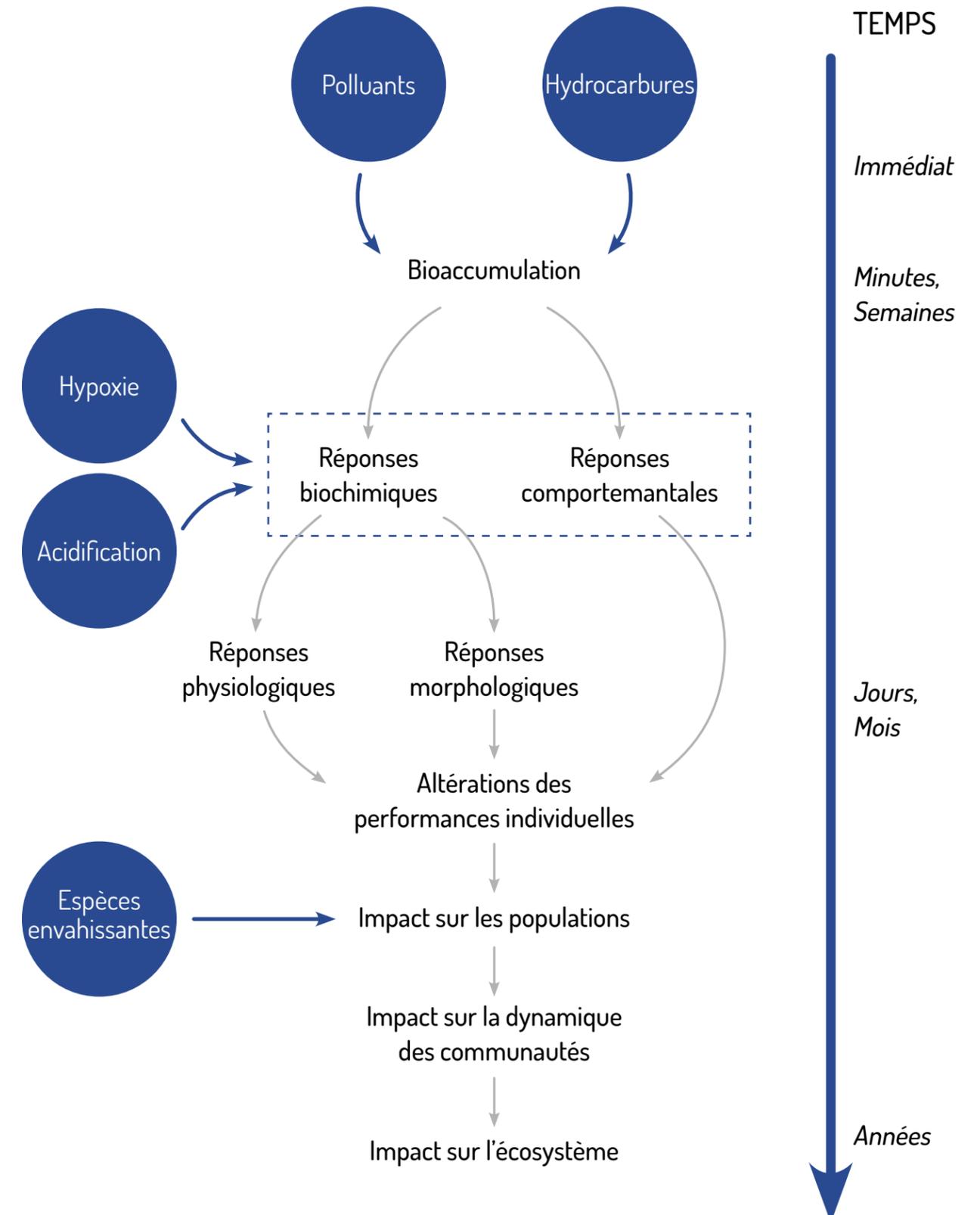
Bien que cette absorption aide à diminuer la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, celle-ci a engendré une

augmentation d'acidité de l'eau. En fait, le pH des eaux de surface des océans a déjà diminué de 0,12 unité, la plus grande diminution depuis plusieurs millions d'années (Caldeira et Wickett, 2005). L'acidification des océans représente un problème pour toutes les espèces qui produisent des squelettes ou des coquilles en carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>), par exemple les coccolithophores, les ptéropodes (qui servent de nourriture aux poissons, dont les saumons), les mollusques, les coraux et les crustacés. Ces espèces font partie intégrante de nombreux réseaux trophiques dont la stabilité pourrait être également compromise si certaines espèces voient leurs caractéristiques biologiques affectées par l'acidification (Harley *et al.*, 2006). Les effets sont particulièrement importants chez les larves de mollusque qui produisent une coquille d'aragonite, par exemple la moule, car à faible pH l'aragonite est plus soluble que les coquilles de calcite produites par les adultes (Bechman *et al.*, 2011). Les conséquences négatives de la diminution du pH pourraient ne pas se limiter aux organismes calcifiants puisque la majorité des processus physiologiques cellulaires est sensible au pH (Fabry *et al.*, 2008). D'autres espèces exploitées commercialement au Québec comme le homard ou les moules pourraient se voir également affectées (figure 4.2). Or, les effets varient d'une espèce à l'autre, mais également au sein d'une même espèce, selon son bagage génétique, son cycle de vie, ses mécanismes de préadaptation et

Bien que l'absorption de CO<sub>2</sub> par l'eau de mer aide à diminuer la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, celle-ci a engendré une augmentation d'acidité de l'eau.

Figure 4.2

Échelles temporelles des perturbations anthropiques et de leurs différents effets sur les organismes et les écosystèmes.



l'effet synergétique de facteurs environnementaux (Doney *et al.*, 2009). La sensibilité des écosystèmes marins à l'acidification demeure donc un sujet intensément débattu (Halloran *et al.*, 2008; Ridgwell *et al.*, 2009).

Les recherches sur l'acidification dans le Saint-Laurent sont à leurs débuts. Une compilation récente des mesures de pH effectuées depuis les années 1930 dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent par Mucci et ses collaborateurs (2011) démontre que les eaux de surface se sont déjà légèrement acidifiées et qu'en profondeur, le pH a diminué de 0,2 à 0,3 unité. Ces réductions de pH sont associées à la diminution progressive de la teneur en oxygène dissous qui alimente le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent et à une augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> métabolique issu de la dégradation de la matière organique. L'ampleur de l'acidification actuelle en profondeur est du même ordre que celle qui est prévue pour les océans d'ici la fin du siècle. Les eaux profondes de l'estuaire sont maintenant fortement sous-saturées en aragonite et à l'équilibre avec la calcite, deux minéraux qui forment les coquilles et les exosquelettes de nombreux organismes marins (Mucci *et al.*, 2011). Bien que les eaux fortement acidifiées se retrouvent généralement à plus de 150 m dans le

Saint-Laurent, les eaux intermédiaires montrent déjà un pH de 0,1 unité inférieur à celui mesuré dans les années 1930 (Mucci *et al.*, 2011). Ces eaux intermédiaires acidifiées atteignent la surface dans les zones du Saint-Laurent caractérisées par des remontées d'eau ou par un mélange vertical intense (Gratton *et al.*, 1988). De plus, à la tête du chenal Laurentien viennent s'ajouter les eaux acides du fjord du Saguenay (Benke et Cushing, 2005). La région située à la tête du chenal Laurentien, près de la rive nord entre les villages de Tadoussac et des Escoumins, est ainsi la plus touchée. Or, l'origine des eaux de surface (0 à 150 m) dans cette région est complexe et constituée de contributions variables des eaux de l'estuaire fluvial, du fjord du Saguenay et des remontées d'eaux profondes hypoxiques de l'estuaire maritime. En résumé, la diminution du pH observée dans l'écosystème du Saint-Laurent est plus importante que celle prédite par les modèles basés sur l'augmentation dans les concentrations de CO<sub>2</sub> atmosphérique d'ici la fin du siècle en raison de la présence de processus locaux tels que les apports d'eau douce, la respiration dans la colonne d'eau et les changements hydrologiques. L'influence des diminutions prévues de pH sur les organismes marins du Saint-Laurent fait présentement l'objet de plusieurs études sur le terrain et en conditions contrôlées. /



Illustration : Harryarts / Freepik

## LES POLLUANTS ORGANIQUES PERSISTANTS

Les polluants organiques persistants (POP) sont « des composés chimiques à base de carbone ou des groupes de composés d'origine anthropique (liée à l'activité humaine) inertes du point de vue biologique ou chimique »<sup>1</sup>. C'est cette inertie ainsi que leurs propriétés lipophiles qui leur permettent de persister sans être dégradés et de s'accumuler dans les tissus des organismes vivants à des échelles de temps très courtes (figure 4.2). Parmi ces composés se trouvent les pesticides

chimiques considérées comme très polluantes et qui a engagé les membres signataires à réduire et à éliminer les niveaux de POP présents chez les êtres humains et dans l'environnement.

Les études sur les impacts des POP chez les animaux marins du Saint-Laurent couvrent les effets de plusieurs familles de molécules de ce groupe. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, le béluga (*Delphinapterus leucas*) est considéré comme une espèce sentinelle de la présence de POP bioaccumulables. Dans une revue des données de contamination dans les tissus des bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent, plusieurs auteurs concluent que la contamination dépend de facteurs biologiques comme le sexe et l'âge des animaux, ainsi que des facteurs physiques et temporels comme la période durant laquelle ils ont été exposés aux POP (Lebeuf, 2009). Pour les substances réglementées, il a été montré que les concentrations dans le gras du béluga étaient soit décroissantes, soit stagnantes au cours des années 2000. Néanmoins, pour d'autres substances émergentes telles que les polybromodiphényles éthers, les concentrations doubleraient tous les deux ou trois ans durant la même période (Lebeuf, 2009). Ces composés sont introduits dans le milieu marin

Photo : Ansgar Walk / Wikimedia



organochlorés (DDT et autres), les biphényles polychlorés (BPC, pour l'expression en anglais) et les dioxines. Les effets sur la santé humaine à la suite de l'exposition aux POP sont variés : la nausée, les troubles d'apprentissage, le cancer et même la mort, dans des cas extrêmes. Le Canada est un des 151 pays à avoir signé en 2001 la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants<sup>2</sup>, qui interdit l'emploi d'un certain nombre de substances

<sup>1</sup> [www.encyclopediecanadienne.ca/fr/article/polluants-organiques-persistants-pop](http://www.encyclopediecanadienne.ca/fr/article/polluants-organiques-persistants-pop)

<sup>2</sup> [www.pops.int/documents/convtext/convtext\\_fr.pdf](http://www.pops.int/documents/convtext/convtext_fr.pdf)

[...] il est connu que le système immunitaire des animaux contaminés est affecté par certains POP, rendant ces espèces plus susceptibles de contracter des infections par les bactéries ou les virus [...]

par les rejets d'eaux usées et par les dépôts atmosphériques. Certains ont tendance à se dégrader en molécules plus toxiques et bioaccumulables (Lebeuf, 2009). Selon la structure chimique du produit initial ou du produit de dégradation, il peut y avoir un risque délétère pour le système endocrinien des poissons et des mammifères marins ainsi que pour les groupes de consommateurs humains, notamment les collectivités des Premières Nations établies dans les régions côtières. Même si, à des concentrations faibles, les effets sur les organismes ne sont pas létaux, il est connu que le système immunitaire des animaux contaminés est affecté par certains POP, rendant ces espèces plus susceptibles de contracter des infections par les bactéries ou les virus, infections qui

peuvent avoir des conséquences majeures (Bassim *et al.*, 2014).

Les interactions entre la présence de POP et d'autres perturbations du milieu marin peuvent se traduire par une bioaccumulation accrue. Par exemple, l'hypoxie fait en sorte que les organismes ont à filtrer plus d'eau pour atteindre les niveaux adéquats en oxygène. Les taux accrus de filtration feront passer plus de polluants (les POP, mais aussi les métaux, les hydrocarbures, etc.) par les branchies. Ces polluants seront ensuite accumulés dans les organismes en plus grande proportion et pourront se transmettre au reste de la chaîne trophique, voire amplifier leurs concentrations, par exemple dans le cas des concentrations de mercure chez les polychètes (Miron, 1994). /

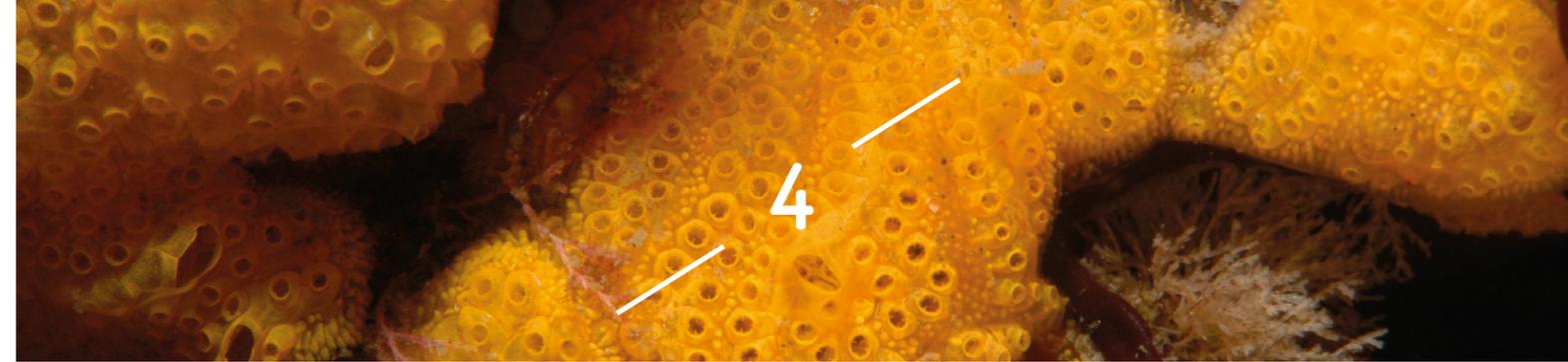


Photo *Botrylloides violaceus* :  
U.S. Geological Survey -  
Dann Blackwood (USGS) /  
Wikimedia

## LES ESPÈCES AQUATIQUES ENVAHISSANTES

[La présence d'espèces exotiques] implique une menace potentielle pour la biodiversité [...], pour la pêche et l'aquaculture ainsi que pour la santé humaine.

Les espèces aquatiques exotiques (EAE) sont des organismes aquatiques exogènes qui sont introduits volontairement ou accidentellement dans un milieu où ils étaient absents et où les conditions permettent leur prolifération (Simard *et al.*, 2005). Dans leur nouvel environnement, ces espèces peuvent soit ne pas avoir d'impacts sur l'écosystème, soit lui nuire en accaparant une part des ressources essentielles aux espèces endogènes, en devenant des prédateurs efficaces ou en introduisant des organismes pathogènes (Colautti *et al.*, 2006). Leur présence implique une menace potentielle pour la biodiversité des écosystèmes envahis, pour la pêche et l'aquaculture ainsi que pour la santé humaine. Elles deviennent alors un problème social et économique pour les régions affectées qui a rarement été directement quantifié (Hayder, 2014).

Les EAE ont des effets sur les relations à l'intérieur du réseau trophique, ce qui peut avoir des conséquences sur l'ensemble de l'écosystème. Souvent, les espèces envahissantes ont des taux de reproduction élevés et n'ont pas ou peu de prédateurs

naturels. L'installation d'une espèce envahissante et les modifications du milieu qu'elle engendre peuvent faciliter l'établissement d'autres espèces envahissantes pour qui les nouvelles caractéristiques de l'habitat perturbé correspondent mieux à leurs besoins.

Les EAE peuvent réduire la productivité de certaines espèces exploitées commercialement. Un exemple est l'exploitation des huîtres, dont la productivité s'est vue considérablement réduite à cause d'un parasite appelé MSX introduit à l'île du Cap-Breton. Ce dernier s'est ensuite propagé à l'Île-du-Prince-Édouard par les eaux de ballast des navires (Burreson et Ford, 2004; Transport Canada, 2010). Un autre exemple est l'effet des tuniciers, appelés ainsi car ils possèdent une « tunique » produite par l'épiderme et recouverte d'une cuticule. Selon leur stade de développement, ils peuvent alterner entre la nage libre et des formes sessiles. Ce sont des espèces exogènes qui profitent des installations mytilicoles pour s'installer et pour nuire aux activités aquacoles (Ramsay *et al.*, 2008).

Le MPO a recensé au moins 25 espèces qui se sont installées depuis 1994 dans le golfe du Saint-Laurent<sup>3</sup> (MPO, 2012). Chez

<sup>3</sup> [www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/publications/soto-rceo/2012/index-fra.html](http://www.dfo-mpo.gc.ca/oceans/publications/soto-rceo/2012/index-fra.html)



Photo *Carcinus maenas* : CSIRO / Wikimedia

certaines espèces, les activités humaines ont facilité leur invasion. Par exemple, les tuniciers nécessitent un substrat pour se fixer. Les substrats artificiels liés à la mytiliculture auraient facilité l'établissement des tuniciers envahissants dans le sud du golfe (Locke *et al.*, 2007). Cette industrie est ainsi une des plus compromises par la présence de ces espèces envahissantes. Une liste non exhaustive des espèces envahissantes plus importantes dans le golfe inclut l'ascidie plissée (*Styela clava*), l'ascidie jaune (*Ciona intestinalis*), le botrylloïde violet (*Botrylloides violaceus*), le botrylle étoilé (*Botryllus schlosseri*), l'algue verte appelée doigt noir (*Codium fragile*), la caprelle (*Caprella mutica*) et le crabe vert (*Carcinus maenas*). Ce dernier est un prédateur qui peut causer des dommages sur les autres populations de crabes, mais également sur les herbiers de zostères et sur d'autres habitats importants pour les mollusques et crustacés ainsi que pour les juvéniles de poisson et de homard améri-

cain (*Homarus americanus*). Il a été démontré également que les caprelles peuvent profiter de la filtration des moules pour s'alimenter de microalgues au détriment de celles-ci (Turcotte, 2010). Parmi les organismes envahissants du plancton, certaines espèces de dinoflagellés peuvent produire des toxines (Roy *et al.*, 2012) qui peuvent s'accumuler dans les tissus des mollusques et des crustacés et ainsi affecter la santé humaine.

La majorité des espèces exotiques auraient leur origine dans les eaux de ballast des navires commerciaux qui arrivent d'autres régions du Canada ou d'ailleurs dans le monde (Casas-Monroy *et al.*, 2011). Le taux d'invasion a néanmoins diminué depuis la réglementation canadienne selon laquelle les navires océaniques qui entrent dans les eaux canadiennes doivent échanger leurs eaux de ballast à 200 milles marins des eaux territoriales. D'autres mesures de gestion sont en marche pour diminuer le transfert des espèces envahissantes lors du transport des stocks entre deux plans d'eau ou lors du transport des stocks de pêche aux usines de transformation : l'obligation de nettoyage des bateaux et leur équipement, l'interdiction de rejeter les appâts vivants et de vider les viviers ainsi que l'éducation permettant de sensibiliser le public au problème de la propagation des EAE par la navigation de plaisance<sup>4</sup>.

Le taux d'invasion a néanmoins diminué depuis la réglementation canadienne selon laquelle les navires océaniques qui entrent dans les eaux canadiennes doivent échanger leurs eaux de ballast à 200 milles marins des eaux territoriales.

<sup>4</sup> [www.tc.gc.ca/fra/securitemaritime/tp-tp14609-2-lois-reglements-maritimes-617.htm](http://www.tc.gc.ca/fra/securitemaritime/tp-tp14609-2-lois-reglements-maritimes-617.htm)



Photo : Pixabay

## L'IMPACT DES HYDROCARBURES SUR L'ÉCOSYSTÈME

Le chapitre précédent (Cusson *et al.*, 2017, cet ouvrage) traite des effets des hydrocarbures sur les écosystèmes marins, sur les communautés de divers habitats marins et sur la physiologie des organismes qui les composent. Les nombreux habitats marins du Saint-Laurent sont évidemment assujettis à des stress similaires, probablement même amplifiés dans certains cas par la nature subarctique de son environnement. La revue de documentation scientifique sur les impacts environnementaux du développement des hydrocarbures au Québec publiée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC, 2014) a établi que les connaissances sont insuffisantes ou absentes quant aux effets d'une potentielle exploitation des hydrocarbures. Ce document montre que le niveau de connaissances est plus élevé dans la région des basses-terres du Saint-Laurent qu'ailleurs au Québec. En particulier, les connaissances permettant une évaluation des impacts environnementaux potentiels des hydrocarbures pour l'estuaire du Saint-Laurent, l'île d'Anticosti, la Gaspésie et le Bas-Saint-Laurent sont particulièrement faibles.

Néanmoins, certains effets sont attendus dans un scénario d'exploitation pétrolière et gazière au Québec. Le document classe les effets selon :

- 1) les émissions atmosphériques ;

- 2) les impacts sur l'eau, les sols et les sédiments ;
- 3) les impacts sur la faune, les habitats et les écosystèmes.

D'abord, concernant les effets liés aux émissions atmosphériques, il y aurait entre autres une augmentation substantielle du bilan carbone annuel québécois, des émissions potentielles de méthane vers l'atmosphère à la suite de la fermeture de puits de gaz naturel et d'autres effets associés à la technique de fracturation hydraulique. Une augmentation de la quantité d'oxyde d'azote dans l'atmosphère, un précurseur de smog et de pluies acides, serait observable.

Quant aux impacts sur l'eau, les sols et les sédiments, les effets comprennent, par exemple, la contamination des eaux de surface par les effluents des usines de traitement des eaux usées ou des usines de traitement spécialisées. Cette contamination serait due à l'efficacité partielle du traitement des sels et d'autres substances rejetées dans l'environnement. De plus, il y aurait une contamination de l'eau autour des installations marines à la suite du rejet des effluents de traitement et une contamination des sédiments marins par des hydrocarbures dans un rayon de 5 à 10 km autour du puits de forage (Bakke *et al.*, 2013).

Les déversements de pétrole brut et autres hydrocarbures lourds ont des impacts très

sévères, tant sur le volet économique (p. ex., le tourisme et la pêche) que sur le volet environnemental (les organismes et l'écosystème) (Peterson *et al.*, 2003). Advenant le cas d'un déversement majeur lors des phases d'exploration ou d'exploitation à Old Harry, aux Îles-de-la-Madeleine, il existe une possibilité de contamination généralisée (par l'un ou l'autre type de pétrole) dans tout le secteur est du golfe du Saint-Laurent (voir Bourgault *et al.*, chapitre 2). Les écosystèmes seraient affectés de façon négative, mais l'ampleur des effets n'a jamais été évaluée quantitativement. De tels effets dépendront de la nature du pétrole pompé, de la période de l'année, des endroits touchés et des espèces qui y sont présentes. D'après des études menées dans la mer du Nord, c'est la contamination chronique de l'eau liée aux plateformes de forage qui peut avoir le plus d'impact sur la biodiversité (Vella, 2013; Cusson *et al.*, 2017, cet ouvrage). Ainsi, les entreprises exploitant les plateformes de forage au large de la Norvège doivent caractériser l'impact de leurs activités sur la faune benthique en utilisant entre autres l'indice BIOSTRESS (Ugland *et al.*, 2008). Cet indice montre que les assemblages benthiques peuvent être modifiés à partir d'une concentration en hydrocarbures totaux de 50 mg/kg (sédiment sec).

Les effets combinés d'un déversement et de son nettoyage dans un environnement subarctique sont cependant bien documentés depuis l'accident de l'Exxon Valdez (mars 1989) sur les côtes de l'Alaska et grâce aux multiples travaux gouvernementaux et universitaires qui ont suivi (Peterson *et al.*, 2003; Harwell et

Gentile, 2006; Brannon *et al.*, 2012; Balachey *et al.*, 2014; Shigenaka, 2014). Plus de 25 ans après l'accident, l'organisme Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council (EVOSTC, 2015) a conclu que, même si le déversement et le nettoyage ont causé des effets écologiques très significatifs pour des mois et des années, la variabilité naturelle et la présence de multiples autres stressés anthropiques non associés au déversement font en sorte que la détection d'effets résiduels potentiels est maintenant très difficile à établir.

Les connaissances ne sont pas suffisantes pour déterminer ce qui arriverait lors d'un éventuel déversement d'hydrocarbures dans l'écosystème du Saint-Laurent. Dans le cas du golfe, l'évaluation du risque doit considérer la période de couverture de glace. De 1968 à 2015, la couverture de glace maximale du golfe a atteint une moyenne de 40 % de la surface, avec un minimum record de 11.64 % en 2010 (Environnement et changement climatique Canada, 2016). Le couvert de glace est un facteur non négligeable pour la dispersion du pétrole lors d'un déversement accidentel. Il agit comme une barrière à l'évaporation et à la dégradation photochimique du pétrole. Selon la stabilité et la durée du couvert de glace, le pétrole percolera dans la glace pour y être emprisonné. À la débâcle, le mouvement des morceaux de glace dépend fortement de la direction des vents dominants. La glace contaminée pourrait se déplacer en longeant la rive sud de l'estuaire ou bien jusqu'au sud du Nouveau-Brunswick, et ainsi disperser le pétrole sur une grande superficie et sans possibilité d'intervention (voir Bourgault *et al.* chapitre 2).

## LA BIODÉGRADATION DES HYDROCARBURES DANS LE SAINT-LAURENT

Même si la température est un facteur limitant à l'action microbienne, la biodégradation du pétrole brut léger ou moyen

par les communautés microbiennes naturelles demeure possible, même à basse température et en présence de glace (Siron

*et al.*, 1993; McGenity *et al.*, 2012). Cependant, la biodégradation du mazout lourd et du bitume est considérée comme très lente dans les eaux froides, comme celles de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Cela est dû à la forte viscosité de ces produits et à la formation d'émulsions et de résidus très réfractaires à l'attaque bactérienne (NAS, 2016). Plusieurs années seraient nécessaires pour biodégrader des composés pétroliers lourds dans les sédiments du système hydrographique du Saint-Laurent. Le seul cas bien documenté quant à la persistance du mazout lourd dans les eaux froides de l'Atlantique Nord est associé au naufrage du pétrolier *Arrow* (février 1970) le long des côtes de la Nouvelle-Écosse, lequel a engendré un déversement de 10 000 tonnes de mazout lourd de classe Bunker C (Owens *et al.*, 1993, 2008; Owens, 2010; Lee *et al.*, 2015). Les études successives ont montré une



Photo Naufrage du pétrolier Arrow : National Archives

grande persistance de ce mazout dans une partie de la baie de Chedabouctou, près de Black Duck Cove, et une forte érosion des secteurs ayant été nettoyés mécaniquement (Owens, 2010). Après 35 ans, la baie de Chedabouctou n'était plus considérée comme étant contaminée aux hydrocarbures, mais les résidus fortement dégradés du mazout sont toujours présents sous une épaisse couche de sédiments et de végétation. La remise en circulation de ce pétrole reste possible à la suite d'une forte érosion de la côte (Lee *et al.*, 2015).

## LES IMPACTS SUR LES MARAIS DU SAINT-LAURENT

Les marais salés du Saint-Laurent, peuplements dominés par la spartine à feuilles alternes (*Spartina alterniflora*) et la zostère marine (*Zostera marina*), constituent des milieux hautement productifs (MPO, 2009). Ils sont également le refuge pour plusieurs espèces animales, aussi bien terrestres que marines. Les risques de dommages à l'écosystème d'une baie ou d'une embouchure de rivière à la suite d'un accident pétrolier y seraient donc importants, quelle que soit la saison de l'accident (figure 4.3). La vitesse de récupération d'un herbier côtier sera plus lente le long des côtes du Saint-Laurent à cause de la période hivernale et de la basse température en été.

Concernant la biodiversité des marais côtiers ayant subi un impact lié à un accident pétrolier, plusieurs études menées dans le golfe du Mexique (Lin et Mendelssohn, 2012; McCall et Pennings,

2012; Able *et al.*, 2014; Fleeger *et al.*, 2015) et dans le détroit du Prince-William en Alaska (Peterson *et al.*, 2012) ont montré l'accroissement de l'abondance de certaines espèces plus tolérantes aux effets toxiques des résidus pétroliers au détriment des espèces sensibles. /



Figure 4.3 Illustration de l'impact du pétrole sur un marais côtier. (Lin et Mendelssohn, 2012.)



Photo : É. Pelletier

## LES INTERACTIONS ENTRE LES PERTURBATIONS D'ORIGINE HUMAINE

Les réductions de pH sont associées à la diminution progressive de la teneur en oxygène dissous qui alimente le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent. Les effets simultanés de l'hypoxie et de l'acidification ont été démontrés pour les stades juvéniles de bivalves d'importance économique de l'Atlantique Nord (Gobler *et al.*, 2014). En effet, la survie est diminuée, tandis que la métamorphose et la croissance sont inhibées de façon additive. Par contre, pour les stades larvaires, l'effet conjoint de ces deux stressseurs est plus important que l'addition des effets des deux perturbations séparément. De plus, la respiration bactérienne est un processus qui, à la fois, consomme l'oxygène dissous (augmentant alors l'**hypoxie**, soit le déficit de ce gaz) et libère du CO<sub>2</sub> métabolique issu de la dégradation de la matière organique (ce qui favorise l'**acidification** de l'eau). Ces perturbations sont alors intimement liées, et tout ce qui favorisera l'activité bactérienne contribuera à ces deux processus.

Des expériences menées dans le golfe du Mexique ont montré que l'abondance des bactéries était 10 fois plus élevée dans des sédiments contaminés avec du pétrole que dans des sédiments propres (Kostka *et al.*, 2011). Il n'existe pas d'études équivalentes pour le Saint-Laurent. Toutefois, l'augmentation de l'activité bactérienne liée à la dégradation du pétrole serait sus-

ceptible d'aggraver les impacts (tableau 4.1) dans un environnement qui est déjà relativement appauvri en oxygène dissous comme l'estuaire maritime du Saint-Laurent.

Une étude (Coelho *et al.*, 2012) a montré que l'acidification agissant en même temps que la pollution par le pétrole altérerait significativement la composition taxonomique des bactéries, entre autres en réduisant l'abondance des desulfobactérales (traduction de *desulfobacterium*), un groupe de bactéries impliqué dans la dégradation des hydrocarbures. L'acidification peut également interagir avec la toxicité des métaux (Roberts *et al.*, 2013). Cette toxicité est liée non pas à la spéciation des métaux en milieu acide, mais aux effets additifs de ces deux perturbations sur la physiologie des organismes benthiques.

D'autres effets synergiques pourraient être observés dans les eaux côtières marines hypoxiques en présence de dérivés du pétrole. Dasgupta et ses collaborateurs (2015) ont déterminé que l'hypoxie augmente la mortalité des larves de poisson en présence des HAP produits lors des déversements de pétrole.

Les métaux présents dans les sédiments le sont souvent sous forme d'oxydes. Ces composés pourraient être libérés dans

Tableau 4.1

Interactions entre les impacts des activités humaines considérées dans ce chapitre et leurs effets sur différents environnements dans l'écosystème du golfe du Saint-Laurent.

	Intertidal et subtidal peu profond (<10 m)	Eaux de surface (0-5 m)	Couches de surface hivernale (0-75 m) et estivale (0-40 m)	Couche intermédiaire froide estivale (40 - 150 m)	Couche profonde hivernale (+75 m) et estivale (+150 m)	Chenaux profonds
Acidification	-	-	?	?	?	↗
Apports d'eau douce	↗	↗	↗	↗	↗	-
Contaminants	↗	↗	↗	↗	↗	-
Éléments nutritifs /déchets organiques	↗	↗	↗	↗	↗	?
Espèces envahissantes	↗	↗	↗	?	?	↗
Hypoxie	-	-	-	-	-	↗
Hydrocarbures	-	-	-	-	-	?
Plastiques	↗	↗	↗?	↗?	↗?	↗?
Changements climatiques	↗	↗	↗	↗	↗	↗
TOTAL	↗	↗	↗	↗	↗	↗

Légende :

Sensibilité aux facteurs de stress

- Aucun effet
- Faible
- Moyen
- Élevé
- Très élevé

Évolution temporelle

- Aucun changement
- ↗ Augmentation
- ↘ Diminution
- ? Effet inconnu



Photo :  
É. Pelletier

l'eau sous des conditions d'anoxie à la suite d'un déversement. Une fois dans l'eau, ces métaux pourraient être accumulés par les organismes et causer des effets négatifs sur leur valeur adaptative (*fitness*).

Les effets cumulatifs de l'hypoxie, de l'acidification et de la contamination par le pétrole devraient être plus marqués autour des plateformes de forage. En ces lieux, les forages rejettent dans l'environnement des dizaines de composés nécessaires à la bonne performance de la tête de forage (Breuer *et al.*, 2004). Dans la mer du Nord, depuis le début de l'exploitation des champs pétrolifères, plus de 12 000 000 m<sup>3</sup> de déchets de forage ont été rejetés en mer. Parmi les composés se trouvent des tensioactifs, des huiles synthétiques et des inhibiteurs de corrosion. Selon la nature des couches géologiques forées, les rejets de forage peuvent présenter une radioactivité accrue en raison du radium contenu dans le pétrole (Woodall *et al.*, 2003).

Rares sont les études qui traitent simultanément tous les effets de stress ou de perturbations (Lyons *et al.*, 2015). Cependant, des expériences sur les effets potentiels de perturbations multiples sur les communautés macrobenthiques ont été effectuées dans les habitats intertidaux rocheux et dans les herbiers de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Les résultats de ces études ont montré que la présence d'un couvert de macroalgues est très importante pour la résistance et la résilience des communautés de milieux rocheux lors de perturbations (Joseph et Cusson, 2015; Cimon et Cusson, données non publiées). En présence de perturbations doubles (absence de canopée algale et ajout de nutriments), la richesse était presque trois fois moindre que sans perturbations, tandis qu'en ajoutant une troisième perturbation (réduction de brouetteurs), les effets étaient affaiblis, montrant un effet antagoniste (pas uniquement additif) entre les perturbations. Dans un herbier de zostères, les effets des perturbations (réduction de brouetteurs ou des plants, ombrage et ajout de nutriments) divergent et peuvent être temporaires ou antagonistes sur la diversité ou sur la croissance des plants (Cimon et Cusson, données non publiées). La diversité génétique des assemblages peut aider à maintenir la biomasse lors de perturbations conjuguées (baisse de brouetteurs et ajout de nutriments) (Duffy *et al.*, 2015). Il est facile d'imaginer que les communautés côtières du Saint-Laurent soient davantage affectées dans leur capacité à maintenir ou à récupérer leur diversité ou leur biomasse, si les perturbations liées en partie aux activités humaines s'y additionnent (p. ex., pollution persistante, espèces envahissantes et déversement d'hydrocarbures).

D'autre part, le risque d'invasion par des espèces non natives augmente avec le transport maritime. D'ailleurs, la probabilité d'une augmentation de la présence d'espèces nocives ou toxiques accroît également (Roy *et al.*, 2012). Il est à prévoir

que la circulation de navires augmentera, advenant le cas d'une exploitation pétrolière dans le golfe du Saint-Laurent (Shields, 2016), tant autour des plateformes de forage que dans les ports. Les ports du Québec verront leurs activités augmenter, comme le prévoit la Stratégie maritime du Québec<sup>5</sup>. En effet, le Québec et des ports d'eau profonde de la côte est du Canada deviendront les principaux pôles logistiques des activités d'import-export avec l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Asie en raison de l'Accord éco-

nomique et commercial global (AECG) entre le Canada et l'Union européenne, de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA), de l'agrandissement des écluses du canal de Panama, de l'ouverture du passage du Nord-Ouest, qui reliera l'Atlantique au Pacifique, et de la hausse du tourisme de croisière.

L'augmentation des activités de navigation suppose des risques supplémentaires de bruit, d'accidents, d'arrivage de propagules et d'autres invasions biologiques, etc.

## LES INTERACTIONS AVEC LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

La solubilité de l'oxygène gazeux (O<sub>2</sub>) diminue avec la température. Le réchauffement des eaux de surface implique donc une diminution de la quantité d'oxygène qu'elles peuvent contenir. Ce réchauffement conduit également à une augmentation de la stabilité (ou stratification) de la colonne d'eau, qui devient plus difficile à mélanger, réduisant ainsi la capacité du mélange vertical à oxygéner les eaux profondes. Ce processus a un impact tant dans les eaux de l'Atlantique Nord, qui nourrissent les eaux du golfe, que dans le golfe même.

Quant à l'acidification, selon le scénario le plus probable publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le pH diminuera de 0,3 à 0,4 unité d'ici la fin du siècle. Cela représente une augmentation de plus de 100 % de la concentration en ions H<sup>+</sup> (Orr *et al.*, 2005), résultant de l'augmentation des concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> anthropique, de sorte que le pH (une mesure d'acidité) de l'océan atteindrait un niveau encore jamais enregistré depuis plus de 20 millions d'années. Il existe

cependant des évidences croissantes indiquant que les flux du CO<sub>2</sub> entre l'atmosphère et l'océan pourraient être sensiblement réduits en raison de la sursaturation de ce gaz dans la couche de mélange de surface (Raven, 2005). Cette sursaturation du CO<sub>2</sub> dans cette couche est associée à l'augmentation de la stratification et à la réduction du mélange vertical provoquées par l'augmentation globale de la température.

De nombreux impacts indirects demeurent à déterminer, tout comme les effets combinés (synergiques, additifs et cumulatifs) des hydrocarbures, dans un scénario d'augmentation de l'acidification, de l'hypoxie et des changements climatiques (tableau 4.1).



<sup>5</sup> <http://plq.org/pdf/strategie-maritime.pdf>

## QUELQUES CONSIDÉRATIONS ÉCOLOGIQUES

Pour développer des outils prédictifs des conséquences des perturbations anthropiques sur les communautés biologiques et sur le fonctionnement des écosystèmes marins, il faut d'abord reconnaître la grande complexité des systèmes naturels (p. ex., Schmitz, 2010). Il est connu que, dans les réseaux alimentaires complexes, tels que ceux retrouvés dans le Saint-Laurent, la réponse des divers compartiments de l'écosystème aux perturbations anthropiques est moins prédictible et non linéaire (Thébault et Loreau, 2006). D'après l'hypothèse de la perturbation intermédiaire, un niveau modéré de perturbations optimiserait la diversité en favorisant la coexistence entre les espèces colonisatrices et compétitrices (Grime, 1973; Connell, 1978). Connell (1978) avance qu'à faible fréquence/intensité de perturbations, les compétiteurs les mieux adaptés du milieu vont vaincre les espèces aux capacités de compétition moindre. Le résultat est l'apparition d'un système à l'équilibre, mais moins diversifié. À l'opposé, des perturbations avec une fréquence et/ou une intensité élevée laisseraient plusieurs espaces sans espèces et favoriseraient plus particulièrement les espèces colonisatrices, c'est-à-dire celles qui ont un taux de croissance intrinsèquement supérieur et une capacité de dispersion élevée. Par exemple, une étude récente (Moritz *et al.*, 2015) suggère que l'effet d'une perturbation – des engins de pêche mobiles – dans le golfe du Saint-Laurent au cours des 20 dernières années aurait atteint un seuil critique dès le premier passage des engins. Comme le démontrent plusieurs autres études (Kaiser *et al.*, 1998; Collie *et al.*, 2000; Pitcher *et al.*, 2009; Lévesque *et al.*, 2012), cet impact pourrait être irréversible par le retrait des espèces vulnérables et structurantes, lesquelles fournissent un habitat tridimensionnel. Les communautés benthiques dans le golfe du Saint-Laurent auraient donc atteint un nouvel état à

l'équilibre où les engins de pêche mobiles produiraient peu d'impacts notables (Moritz *et al.*, 2015).

Les études écologiques sur les impacts des perturbations anthropiques sur les écosystèmes du Saint-Laurent sont très rares. Dès que la sensibilité aux perturbations est spécifique aux espèces, une façon de simuler expérimentalement ces impacts est le retrait (disparition) d'espèces. Lors d'une expérience en laboratoire simulant les communautés benthiques des marelles du Saint-Laurent, Harvey *et al.* (2013) ont montré que le retrait de certaines espèces peut avoir des effets très importants sur le fonctionnement du réseau alimentaire. Dans cette étude, la réponse du système dépendait de l'identité des groupes fonctionnels des organismes benthiques et de leur disparition. De plus, une autre étude expérimentale (Séguin *et al.*, 2014) a montré que, dans des systèmes avec des organismes de plusieurs niveaux trophiques (multitrophiques), l'impact était plus majeur quand, en simulant des perturbations, l'extinction des espèces suivait un ordre séquentiel que si l'extinction des espèces était aléatoire. Dans cette même étude, les auteurs ont trouvé que la taille de l'animal considéré conjointement avec sa position trophique était un bon prédicteur de l'effet de la disparition de l'espèce. Cette étude conclut qu'il est impératif de développer des indices de perturbation et de réponse des écosystèmes pour quantifier les impacts anthropiques.

Des expériences contrôlées en laboratoire permettent de caractériser la sensibilité d'une ou de plusieurs espèces aux stress environnementaux afin d'établir un lien entre une cause (un ou deux stressseurs, en général) et un effet observé, notamment dans la nature. L'interprétation de ces efforts en laboratoire peut être compliquée en vue de la complexité des écosystèmes naturels. Particulièrement, en

ce qui concerne l'exposition au pétrole, les expériences sont effectuées dans des conditions environnementales optimales, y compris la température optimale, la salinité, la disponibilité de l'oxygène, l'absence de prédateurs et la compétition minimisée. Cependant, les environnements qui sont le plus à risque de déversements d'hydrocarbures en mer, par exemple les estuaires côtiers, sont couramment des habitats très dynamiques et variables qui font l'objet de fluctuations périodiques et aléatoires (la température, la salinité, le vent, l'hypoxie et la disponibilité des nutriments), d'où la difficulté

d'extrapoler les résultats du laboratoire au milieu naturel. Des expériences avec des systèmes simulés tels que les mésocosmes, qui contiennent de grands volumes d'eau (> 1000 L), reconstituant les fluctuations naturelles dans certaines variables seraient une première solution. Ces systèmes permettraient d'étudier les impacts des hydrocarbures à différentes échelles, de la physiologie des différents organismes à leurs impacts sur toute la communauté planctonique. Ils permettent également de déterminer les interactions de la communauté biologique (compétition, prédation) et les cascades trophiques. /



Photo de benthocosmes à la station Aquicole de l'ISMER - Pointe-au-Père :  
P. Archambault



Photo de grands mésocosmes marins à la station Aquicole de l'ISMER - Pointe-au-Père :  
É. Pelletier

## CONCLUSION

En guise de conclusion, nous reprenons les propos de Whitehead (2013), qui souligne que le défi pour les chercheurs et les gestionnaires des ressources naturelles est d'embrasser la complexité inhérente aux interactions entre les contaminants et d'autres stressés naturels, puis d'adopter et d'appliquer les paradigmes résultant des dernières découvertes en physiologie

écologique. Ainsi, l'unicité, la fragilité, la complexité et les conditions hivernales retrouvées dans le Saint-Laurent accentuent l'importance pour les gestionnaires de considérer les effets des perturbations multiples sur les communautés biologiques. Cela permettra d'identifier, de caractériser et de résoudre des problèmes écotoxicologiques qui en découlent. /

Photo :  
É. Pelletier



## BIBLIOGRAPHIE

- Able, K.W., López-Duarte, P. C., Fodrie, F. J. et al. 2014. Fish assemblages in Louisiana salt marshes: Effects of the Macondo oil spill. *Estuaries and Coasts*, Online October 2014. DOI 10.1007/s12237-014-9890-6
- Ait Youcef, W., Lambert, Y., Audet, C. 2013. Spatial distribution of Greenland halibut *Reinhardtius hippoglossoides* in relation to abundance and hypoxia in the Estuary and Gulf of St. Lawrence. *Fisheries Oceanography*, 22: 41-60
- Andersson, J.H., Woulds, C., Schwartz, M., et al. 2008. Short-term fate of phytodetritus in sediments across the Arabian Sea Oxygen Minimum Zone. *Biogeosciences*, 43-53
- Bakke, T., Klungsøyr, J., Sanni, S. 2013. Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the Norwegian offshore petroleum industry. *Marine Environmental Research*, 92, 154-169. doi: 10.1016/j.marenvres.2013.09.012
- Ballachey, B.E., Bodkin, J. L., Esler, D., Ricer, S. D. 2014. Lessons from the 1989 Exxon Valdez oil spill: A biological perspective. In: Alford, J. B., Peterson, M. S. and C. C. Green (eds.) *Impacts of Oil Spill Disasters on Marine Habitats and Fisheries in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 181-197.
- Brannon, E.L., Collins, K., Cronin, M.A., Moulton, L.L., Maki, A.L., Parker, K.R. 2012. Review of the Exxon Valdez spill effects on pink salmon in Prince William Sound, Alaska. *Reviews in Fisheries Science*, 20: 20-60.
- Bassim, S., Genard, B., Gauthier-Clerc, S., Moraga, D., Tremblay, R. 2014. Ontogeny of bivalve immunity: assessing the potential of next-generation sequencing techniques. *Reviews in Aquaculture*, 6:1-21
- Battle, M., Bender, M. L., Tans, P. P., et al. 2000. Global carbon sinks and their variability inferred from atmospheric O<sub>2</sub> and δ<sup>13</sup>C, *Science*, 287: 2467-2470
- Beauchesne, D., Grant, C., Gravel, D., Archambault, P. (2016) L'évaluation des impacts cumulés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent : vers une planification stratégique de l'utilisation et de l'exploitation des ressources. *Naturaliste Canadien*, 140: 1-9.
- Bechmann, R.K., Taban, I.C., Westerlund, S., et al. 2011. Effects of ocean acidification on early life stages of shrimp (*Pandalus borealis*) and mussel (*Mytilus edulis*). *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 74: 424-438. doi:10.1080/15287394.2011.550460
- Belley, R., Archambault, P., Sundby, B., Gilbert, F., Gagnon, J-M. 2010. Effects of hypoxia on benthic macrofauna and bioturbation in the Estuary and Gulf of St. Lawrence, Canada. *Continental Shelf Research* 30: 1302-1313.

- Benke, A.C., Cushing, C.E., eds. 2005. Rivers of North America.: Elsevier Academic Press, Burlington, Massachusetts 934 p.
- Bourgault, D., Cyr, F. 2015. Hypoxia in the St. Lawrence Estuary: How a coding error led to the belief that «physics control spatial patterns», PLoS ONE 10(9)
- Bourgault, D., Cyr, F., Dumont, D., Carter, A. 2014. Numerical simulations of the spread of floating passive tracer released at the Old Harry prospect, Environmental Research Letters, 9, 054001.
- Bourgault, D., Cyr, F., Galbraith, P.S., Pelletier, E. 2012. Relative importance of pelagic and sediment respiration in causing hypoxia in a deep estuary. Journal of Geophysical Research, 117: C08033.
- Bourgault, D., Galbraith, P., Dumont, D., Hydrographie du golfe du Saint-Laurent. Dans: Archambault, P, Schloss IR, Plante, D. Les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent: enjeux sociaux, économiques et environnementaux.
- Breuer, E., Stevenson, A.G., Howe, J.A., Carroll, J., Shimmield, G.B. 2004. Drill cutting accumulations in the Northern and Central North Sea: a review of environmental interactions and chemical fate. Marine Pollution Bulletin. 48, 12–25.
- Burreson, E.M., Ford, S.E. 2004. A review of recent information on the Haplosporidia, with special reference to Haplosporidium nelsoni (MSX disease). Aquatic Living Resources 17:499-517
- Caldeira K., Wickett M. E.. Ocean model predictions of chemistry changes from carbon dioxide emissions to the atmosphere and ocean, Journal of Geophysical Research , 2005, vol. 110 pg. C09S04 doi:10.1029/JC002671.
- Casas-Monroy, O., Roy, S., Rochon, A. 2011. Ballast sediment-mediated transport of non-indigenous species of dinoflagellates on the East Coast of Canada. Aquatic Invasions 6(3): 231-248.
- Chabot, D., Dutil, J.-D. 1999. Reduced growth of Atlantic cod in non-lethal hypoxic conditions. Journal of Fishery Biology 55: 472–491.
- Coelho, F.J., Cleary, D.F., Rocha, R.J., et al. 2012. Unraveling the interactive effects of climate change and oil contamination on laboratory-simulated estuarine benthic communities. Global Change Biology 21:1871-86.
- Colautti, R.I., Grigorovich, I.A., MacIsaac, H.J. 2006. Propagule pressure: a null model for biological invasions. Biological Invasions, 8, 1023-1037.
- Collie, J. S., Hall, S. J., Kaiser, M. J., Poiner, I. R. 2000. A quantitative analysis of fishing impacts on shelf-sea benthos. Journal of Animal Ecology, 69: 785–798.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science, 199:1302-1310.
- Contamin, R., Ellison, A. M. 2009. Indicators of regime shifts in ecological systems: what do we need to know and when do we need to know it? Ecological Applications 19(3): 799- 816.
- Cusson, M., Archambault, P., Lemarchand, K., Verreault, J., Pelletier, É. Toxicité des hydrocarbures et impacts des déversements sur les organismes marins et leur environnement. Dans: Archambault, P, Schloss IR, Plante, D. Les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent: enjeux sociaux, économiques et environnementaux.
- Dale, V.H., Kling, C.L., Meyer, J.L. et al. 2010. Hypoxia in the northern Gulf of Mexico. Springer Environmental Management and Services. Springer Science, New York.
- D'Amours, D. 1993. The distribution of cod (*Gadus morhua*) in relation to temperature and oxygen level in the Gulf of St. Lawrence. Fisheries and Oceanography 2:24–29.
- Dasgupta, S., Huang, S.J., McElroy, A.E. 2015. Hypoxia Enhances the Toxicity of Corexit EC9500A and Chemically Dispersed Southern Louisiana Sweet Crude Oil (MC-242) to Sheepshead Minnow (*Cyprinodon variegatus*) Larvae PLoS One 10(6): e0128939.
- Davenport, J., 1983. Oxygen and the developing eggs and larvae of the lumpfish, *Cyclopterus lumpus*. Marine Biological Association of the United Kingdom 63: 633-640.
- Diaz, R. J., Rosenberg, R., 2011. Introduction to environmental and economic consequences of hypoxia. International Journal of Water Resources Development 27: 71-82.
- Doney S., Fabry, V., Feely, R., Kleypas, J. 2009. Ocean acidification: the other CO2 problem. Annual Review of Marine Science 1: 169-192.
- Duffy, J.E., Reynolds, P.L., Bostrom, C., Coyer, J.A., Cusson, M., Donadi, S. et al. 2015. Biodiversity mediates top–down control in eelgrass ecosystems: a global comparative-experimental approach. Ecology Letters, 18, 696–705.
- Dupont-Prinet, A., Pillet, M., Chabot, D., Hansen, T., Tremblay, R., Audet, C. 2013a. Northern shrimp (*Pandalus borealis*) oxygen consumption and metabolic enzyme activities are severely constrained by hypoxia in the Estuary and Gulf of St. Lawrence. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 448:298-307
- Dupont-Prinet, A., Vagner, M., Chabot, D., Audet, C. 2013b. Impact of hypoxia on the metabolism of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 70:461-469.
- Environnement et changement climatique Canada. 2016. Couverture maximale de glace pour le Golfe du Saint-Laurent. <https://www.ec.gc.ca/glaces-ice/?lang=Fr&n=62910372-1>

- Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council (EVOSTC). 2015. Status of Injured Resources and Services. Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. <http://www.evostc.state.ak.us/index.cfm?FA=status.injured>.
- Fabry, V.J., Seibel, B.A., Feely, R.A., Orr, J.C. 2008. Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Sciences* 65:414–432
- Fleeger, J.W., Carman, K., Riggio, M. R. et al. 2015. Recovery of salt marsh benthic microalgae and meiofauna following the Deepwater Horizon oil spill linked to recovery of *Spartina alterniflora*. *Marine Ecology Progress Series*, 536:39-54.
- Genovesi L., de Vernal A., Thibodeau B., Hillaire-Marcel C., Mucci A. and Gilbert D., (2011). Recent changes in bottom water oxygenation and temperature in the Gulf of St. Lawrence: micropaleontological and geochemical evidence. *Limnology and Oceanography*, 56(4), 1319-1329.
- Gilbert, D., Chabot, D., Archambault, P., Rondeau, B., Hébert, S. 2007. Appauvrissement en oxygène dans les eaux profondes du Saint-Laurent marin: Causes possibles et impacts écologiques. *Naturaliste Canadien* 131:67-75.
- Gilbert, D., Sundby, B., Gobeil, C., Mucci, A., Tremblay, G.-H. 2005. A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection. *Limnology and Oceanography*, Vol.50, pg.1654-1666.
- Gobler, C.J., DePasquale, E.L., Griffith, A.W., Baumann, H. 2014. Hypoxia and Acidification Have Additive and Synergistic Negative Effects on the Growth, Survival, and Metamorphosis of Early Life Stage Bivalves. *PLoS ONE* 9(1): e83648. doi: 10.1371/journal.pone.0083648
- Gratton, Y., Mertz, G., Gagné, J.A. 1988. Satellite observations of tidal upwelling and mixing in the St. Lawrence Estuary. *Journal of Geophysical Research* 93(C6): 6947-6954.
- Grime, J.P. 1973. Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature* 242, 344–347.
- Halloran, P.R., Hall, I.R., Colmenero-Hidalgo, E. R., Rickaby, E.M. 2008. Evidence for multi-species coccolith volume change over the past two centuries: Understanding a potential ocean acidification response. *Biogeosciences*, 5: 1651–1655
- Harley, C. D. G., Randall Hughes, A., Hultgren, K.M. et al. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters* 9: 228-241.
- Harvey E., A. Séguin, C. Nozais, P. Archambault, D. Gravel, 2013. Identity effects dominate the impacts of multiple species extinctions on the functioning of complex food webs. *Ecology* 94: 169-179.
- Harwell, M.A., Gentile, J.H. 2006. Ecological significance of residual exposures and effects from the Exxon Valdez oil spill. *Integrated Environmental Assessment and Management* 2: 204-246.
- Hayder, S. 2014. Répercussions socio-économiques de la présence de la carpe asiatique dans le bassin des Grands Lacs. DFO/2014-1919, 75 p.
- Jetté, M., Chabot, D., Le François, N., and Garant, D. 2011. Determination of the lethal dissolved oxygen threshold in spotted wolffish (*Anarhichas minor*) of Quebec origin according to two methods: the LC50 and PO2crit. In: *Aquaculture CanadaOM 2010 and Cold Harvest TM 2010. Proceedings of the Contributed Papers of the 27th Annual General Meeting of the Aquaculture Association of Canada*, St. John's, Newfoundland and Labrador May 16-19, 2010. Benfey T, Reid GK, eds. pp. 48-50. *Aquac. Assoc. Can. Spec. Publi.* 17.
- Joseph L, Cusson M. 2015. Resistance of benthic intertidal communities to multiple stresses. *Marine Ecology Progress Series* 534: 49–64
- Kaiser, M. J., Edwards, D. B., Armstrong, P. J., Radford, K., Lough, N. E. L., Flatt, R. P., Jones, H. D. 1998. Changes in megafaunal benthic communities in different habitats after trawling disturbance. *ICES Journal of Marine Science*, 55: 353–361.
- Kamykowski, D., Zentara, S.-J. 1990. Hypoxia in the world ocean as recorded in the historical data set. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 37: 1861-1874.
- Karstensen J, Stramma L, Visbeck M. 2008. Oxygen minimum zones in the eastern tropical Atlantic and Pacific oceans. *Progress in Oceanography* 77:331–350. doi: 10.1016/j.pocean.2007.05.009
- Killen S.S., Marras, S., Metcalfe, N.B., McKenzie, D.J., Domenici, P. 2013. Environmental stressors alter relationships between physiology and behaviour. *Trends in Ecology and Evolution* 28:651-658. DOI: 10.1016/j.tree.2013.05.005.
- Kostka, J.E., Prakash, O., Overholt, W.A. 2011. Hydrocarbon-degrading bacteria and the bacterial community response in Gulf of Mexico beach sands impacted by the Deepwater Horizon oil spill. *Appl Environ Microbiol* 77: 7962–7974
- Lavoie, D., Starr, M., Chassé, J. et al. 2015. The Gulf of St. Lawrence biogeochemical model: a tool to study the evolution of hypoxic conditions and other habitat changes. *ICES CM* 2015/R:14
- Lefort, S., Gratton, Y., Mucci, A., Dadou, I., and Gilbert, D., (2012). Hypoxia in the Lower St. Lawrence Estuary: How physics controls spatial patterns. *J. Geophys. Res.-Oceans*, 117, C07018, doi:10.1029/2011JC007751.
- Lebeuf, M. 2009. Contamination of the St. Lawrence Beluga by persistent organic pollutants: *Journal of Water Sciences*, 22(2): 199-233.
- Lee, K. (chair), Boufadel, M., Chen, B., Foght, J., Hodson, P., Swanson, S., Venosa, A. 2015. Expert Panel Report on the Behaviour and Environmental Impacts of Crude Oil Released into Aqueous Environments. Royal Society of Canada, Ottawa, ON. 450 p.

- Lévesque, M., Savard, L., Moritz, C., Archambault, P. 2012. Assessment of the potential impacts of northern shrimp (*Pandalus borealis*) trawl fishing on benthic habitats in the Estuary and northern Gulf of St. Lawrence. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document. 2012/094. ii + 31 pp.
- Levin, L. A. 2003. Oxygen minimum zone benthos: Adaptation and community response to hypoxia. *Oceanography and Marine Biology*, Vol 41. 41:1-45.
- Levin, L. A., Ekau, W., Gooday, A. J et al. 2009. Effects of natural and human-induced hypoxia on coastal benthos. *Biogeosciences* 6: 2063-2098.
- Lin, Q., Mendelssohn, I.A. 2012. Impacts and recovery of the Deepwater Horizon oil spill on vegetation structure and function of coastal salt marshes in the Northern Gulf of Mexico. *Environmental Science & Technology* 46: 3737-3743.
- Locke, A., Hanson J.M., Ellis, K.M., Thompson, J., Rochette, R. 2007. Invasion of the southern Gulf of St. Lawrence by the clubbed tunicate (*Styela clava* Herdman): Potential mechanisms for invasions of Prince Edward Island estuaries. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342: 69-77.
- Lyons, D., Benedetti-Cecchi, Frid, C.L.J., Vinebrooke, R. 2015. Modifiers of impacts on marine ecosystems: disturbance regimes, multiple stressors and receiving environments. *Marine ecosystems: human impacts on biodiversity, functioning and services*, 2nd edition. Ed: T. P. Crowe, C. L. J. Frid. Cambridge, Cambridge University Press.
- McCall B.D., Pennings, S. C. 2012. Disturbance and recovery of salt marsh arthropod communities following BP Deepwater Horizon oil spill. *PLoS ONE* 7(3): e32735. doi:10.1371/journal.pone.0032735
- McGenity, T.J., Folwell, B.D., McKew, B.A., Sanni, G.O. 2012. Marine crude-oil biodegradation: a central role for interspecies interactions. *Aquatic Biosystems* 8: 10.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, MDDLCC 2014. Revue de littérature sur les impacts environnementaux du développement des hydrocarbures au Québec. <https://hydrocarbures.gouv.qc.ca/documents/Chantier-environnement.pdf>
- Ministère de Pêches et Océans, MPO. 2009. La zostère (*Zostera marina*) remplit-elle les critères d'espèce d'importance écologique ? Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2009/018.
- Ministère de Pêches et Océans, MPO. 2012. Rapport sur l'état des océans. <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/346702.pdf>
- Mejri, S., Tremblay, R., Lambert, Y., Audet, C. 2012. Influence of different levels of dissolved oxygen on the success of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) egg hatching and embryonic development. *Marine Biology* 159:1693-1701
- Middelburg J.J., Levin, L.A. 2009. Coastal hypoxia and sediment biogeochemistry. *Biogeosciences*, 6 1273-1293
- Miller, D.C., Poucher, S.L., Coiro, L. 2002. Determination of lethal dissolved oxygen levels for selected marine and estuarine fishes, crustaceans, and a bivalve. *Marine Biology* 140:287-296
- Miron, G. 1994. Dispersion and prospecting behaviour of the polychaete *Nereis virens* (Sars) as function of density *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 145: 65-77
- Moritz, C., Lévesque, M., Gravel, G. et al. 2013. Predicting habitat suitability of epibenthic communities in the Gulf of St. Lawrence (Canada). *Journal of Sea Research* 78:75-84
- Moritz, C., Gravel, D., Savard, L., McKindsey, C.W., Brêthes, J.-C., Archambault, P. 2015. No more detectable fishing effect on Northern Gulf of St Lawrence benthic invertebrates. *ICES Journal of Marine Science*, 72 : 2457-2466. doi:10.1093/icesjms/fsv124
- Mucci, A., Starr, M., Gilbert, D. Sundby, B. 2011. Acidification of Lower St. Lawrence Estuary bottom waters. *Atmosphere-Ocean* 49: 206-213.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NAS) 2016. Spills of Diluted Bitumen from Pipelines: A Comparative Study of Environmental Fate, Effects, and Response. The National Academies Press, Washington, DC, 180 p.
- Orr, J. C., Fabry, V.J., Aumont, O. et al. 2005. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437: 681-686.
- Owens, E.H., Sergy, G.A., McGuire, B.E., Humphrey B. 1993. The 1970 Arrow soil spill – What remains on the shoreline 22 years later? Proceedings of the 16th Arctic and Marine Oil Spill Programme (AMOP) Technical Seminar. Environment Canada, Ottawa, ON, p. 1149-1167.
- Owens, E.H., Prince, R.C., Taylor, R.B. 2008. Natural attenuation of heavy oil on a coarse sediment beach: results from Black Duck Cove, Nova Scotia, Canada over 35 years following the Arrow oil spill. *Environment Canada*, Calgary, p. 841.
- Owens, E.H. 2010. Shoreline response and long-term oil behaviour studies following the 1970 "Arrow" spill in Chedabucto Bay, NS. Proceedings of the 33rd Arctic and Marine Oil spill Programme (AMOP) Technical Seminar. Environment Canada, Ottawa, ON.
- Paerl, H. W. 2006. Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations. *Ecological Engineering* 26: 40-54.

- Pitcher, C. R., Burridge, C. Y., Wassenberg, T. J., Hill, B. J., and Poiner, I. R. 2009. A large scale BACI experiment to test the effects of prawn trawling on seabed biota in a closed area of the Great Barrier Reef Marine Park, Australia. *Fisheries Research*, 99: 168–183.
- Peterson, C. H., Anderson, S.S., Cherr, G.N. et al. 2012. A tale of two spills: novel science and policy implications of an emerging new oil spill model. *Bioscience* 62: 461-469.
- Peterson, C. H., Rice, S. D., Short, J. W. et al. 2003. Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. *Science* 302: 2082-6.
- Pörtner, H.O., Farrell, A.P. 2008. Physiology and climate change *Science*, 322: 690–692
- Ramsay, A., Davidson, J., Landry, T., Arsénault, G. 2008. Process of invasiveness among exotic tunicates in Prince Edward Island, Canada. *Biological Invasions* 10:1311-1316
- Raven, J. 2005. The Royal Society. Policy Document 12/05 :1-57.
- Ridgwell, A, Schmidt, D.N., Turley, C. et al. 2009. From laboratory manipulations to Earth system models: Scaling calcification impacts of ocean acidification. *Biogeosciences* 6: 2611-2623.
- Roberts, D. A., Birchenough, S. N., Lewis, C., Sanders, M. B., Bolam, T., Sheahan, D. 2013. Ocean acidification increases the toxicity of contaminated sediments. *Global Change Biology* 19 (2), 340–351
- Roy, S., Parenteau, M., Casas-Monroy, O., Rochon, A. 2012. Coastal ship traffic: a significant introduction vector for potentially harmful species of dinoflagellates in eastern Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 627–644
- Sabine, C.L., Feely, R.A., Gruber, N. et al. 2004. The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub>. *Science* 305:367–371.
- Séguin, A., Harvey, É., Archambault, P., Nozais, C. & Gravel, D. 2014. Body size as a predictor of species loss effect on ecosystem functioning. *Scientific Reports* 4, 4616.
- Shield, A. 2016. <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/466653/vers-une-hausse-du-transport-d-energies-fossiles-sur-le-fleuve-saint-laurent>.
- Shigenaka, G. 2014. Twenty-Five Years After the Exxon Valdez Oil Spill: NOAA's Scientific Support, Monitoring, and Research. Seattle: NOAA Office of Response and Restoration. [http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/Exxon\\_Valdez\\_25YearsAfter\\_508\\_0.pdf](http://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/Exxon_Valdez_25YearsAfter_508_0.pdf)
- Schmitz, O.J. (2010) *Resolving Ecosystem Complexity*. Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- Simard, N., McKindsey, C.W., Archambault, P., Cyr C. 2005. Découverte d'espèces marines envahissantes aux Îles-de-la-Madeleine. *Naturaliste Canadien* 129:62-64.
- Simpson, M.R., Chabot, D., Hedges, K., Simon, J., Miri, C.M., and Mello, L.G.S. 2013. An update on the biology, population status, distribution, and landings of wolffish (*Anarhichus denticulatus*, *A. minor*, and *A. lupus*) in the Canadian Atlantic and Arctic Oceans. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/089. v + 82 p.
- Siron, R., Pelletier, É., Delille, D., Roy, S. 1993. Fate and effects of dispersed crude oil under-ice seawater using simulating-cascade mesocosms. *Marine Environmental Research*, 35:273-302.
- Snelgrove, P.V.R., Archambault, P., Juniper, S.K. et al. 2012. The Canadian Healthy Oceans Network (CHONe): An academic-government partnership to develop scientific guidelines in support of conservation and sustainable usage of Canada's marine biodiversity. *Fisheries* 37:296-304.
- Thébault E., Loreau M. 2006. The relationship between biodiversity and ecosystem functioning in food webs. *Ecology Research*. 21: 17–25.
- Transport Canada. 2010. 2. Lois et règlements maritimes. <http://www.tc.gc.ca/fra/securitemaritime/tp-tp14609-2-lois-reglements-maritimes-617.htm>
- Turcotte, C. 2010. La caprelle japonaise *Caprella mutica* et son impact sur l'élevage de moules *Mytilus* spp. : un cas de cleptoparasitisme? M.Sc., Université du Québec à Rimouski, Rimouski, QC, Canada.
- Turner, R. E., Rabalais, N. N., Swenson, E. M., Kasprzak, M., Romaine, T. 2005. Summer hypoxia in the northern Gulf of Mexico and its prediction from 1978 to 1995. *Marine Environmental Research* 59: 65-77.
- Ugland, K.I., Bjørgesæter, A., Bakke, T., Fredheim, B., Gray, J.S. 2008. Assessment of environmental stress with a biological index based on opportunistic species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 366(1–2): 169–174.
- Vella, H. 2013. North Sea data reveals extent of oil and gas pollution. <http://www.offshore-technology.com/features/feature-north-sea-data-extent-oil-gaspollution/>.
- Whitehead A. 2013. Interactions between oil-spill pollutants and natural stressors can compound ecotoxicological effects. *Integrative and Comparative Biology* 53:635-647.
- Woodall, D.W., Rabalais, N.N., Gambrell, R.P., DeLaune, R.D. 2003. Comparing methods and sediment contaminant indicators for determining produced water fate in a Louisiana estuary. *Marine Pollution Bulletin* 46(6): 731-740.
- Wu, R.S.S. 2002. Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses. *Marine Pollution Bulletin* 45:35–45.



## CHAPITRE 5

# Impacts sanitaires et sociaux de l'exploitation des hydrocarbures sur les populations côtières

**PAR** Lily Lessard

Département des sciences infirmières, Université du Québec à Rimouski,  
Laboratoire de recherche sur la santé en région (LASER)  
Centre de recherche CISSS Chaudière-Appalaches

**Danielle Boucher**

Département des sciences infirmières, Université du Québec à Rimouski,  
Laboratoire de recherche sur la santé en région (LASER)

**Jean-Yves Desgagnés**

Module du travail social, Université du Québec à Rimouski  
Collectif de recherche participative sur la pauvreté en milieu rural

**Dominique Beaulieu**

Département des sciences infirmières, Université du Québec à Rimouski,  
Laboratoire de recherche sur la santé en région (LASER)  
Centre de recherche du CHU de Québec, Axe Santé des populations et pratiques  
optimales en santé

**Joëlle Gauvin-Racine**

Laboratoire de recherche sur la santé en région (LASER)

L'exploitation d'hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent peut-elle entraîner des effets sur la santé ou sur le bien-être des populations habitant le littoral ? Un survol de la littérature a mis en évidence plusieurs impacts sanitaires et sociaux sur les populations côtières. Ces impacts sont principalement associés à l'effet *boomtown* et aux déversements accidentels d'hydrocarbures lors de leur exploitation ou de leur transport en milieu marin. L'exposition au pétrole brut et aux autres produits pétro-

Photo : DVIDSHUB /  
Flickr

liers lors de déversements de grande ampleur, par exemple celle ayant suivi l'explosion de la plateforme de forage *Deepwater Horizon* dans le golfe du Mexique en 2010 ou le naufrage du pétrolier *Exxon Valdez* au large de l'Alaska en 1989, est susceptible d'entraîner des effets sur la santé physique, mentale et sociale des individus et des communautés touchés. Nous soupçonnons que l'exposition directe aux produits pétroliers et aux dispersants ainsi que la contamination de la chaîne alimentaire ont des impacts physiques chroniques ou à long terme. Les écrits soutiennent toutefois que des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de mieux les documenter. Des perturbations sociales (fragmentation de la cohésion sociale, conflits sociaux, perte du réseau de reconnaissance et d'entraide) peuvent aussi survenir lors des marées noires et perdurer pendant plusieurs années. Elles sont notamment dues aux conséquences économiques des déversements, à la dégradation de l'environnement et aux fortes pressions sur les infrastructures locales et régionales qu'engendrent de tels événements. La cascade d'impacts physiques, sociaux et mentaux associés aux déversements d'hydrocarbures en milieu marin mise en évidence dans ce chapitre motive la recommandation de prendre en considération le bien-être et la santé des populations côtières dans les décisions d'exploiter les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent.



## INTRODUCTION

Au Québec, des événements environnementaux récents, dont l'accident ferroviaire à Lac-Mégantic en 2013, les évaluations environnementales sur l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste et les audiences sur l'oléoduc *Énergie Est* de TransCanada, ont mené à la réalisation d'états de connaissances scientifiques quant aux impacts possibles de l'exploitation et du transport des hydrocarbures sur la santé et sur le bien-être des individus et des communautés (Brisson *et al.*, 2014; Agence de la santé et des services sociaux

de l'Estrie, 2015; BAPE, 2007, 2011, 2013). Toutefois, peu de ces écrits s'attardent à faire le point sur les activités se déroulant en milieu marin. Ainsi, la question des effets potentiels de l'exploitation d'hydrocarbures dans le golfe de Saint-Laurent sur la santé et sur le bien-être des populations habitant le littoral demeure. Ce chapitre tente d'apporter des éléments de réponse en se fondant sur la littérature scientifique internationale disponible. L'objectif de ce premier survol est d'amorcer une réflexion sur cette question. /



Photo : Brocken Inaglory /  
Wikimedia

- Lors de grands déversements, les impacts se produisent en cascade, touchant d'abord à court terme l'environnement et la santé physique des populations et, à plus long terme, la santé mentale des individus.
- Les groupes suivants figurent parmi les plus vulnérables aux impacts sanitaires et psychosociaux : les personnes ayant travaillé à la décontamination des berges; les travailleurs locaux des secteurs économiques liés aux ressources naturelles; les habitants des petites communautés; les personnes défavorisées; et les populations dont l'identité collective est fortement associée à la mer, dont des groupes autochtones.
- L'ampleur des impacts associés aux déversements d'hydrocarbures en milieu marin en appelle à la prise en compte du bien-être et de la santé des populations côtières dans les décisions portant sur l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent.

Deux démarches ont permis de cibler des écrits pertinents.

D'une part, des compilations d'informations issues de revues de littérature réalisées par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et par le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) ont été considérées. Ces organismes ont récemment publié des rapports sur l'état des connaissances quant aux enjeux de santé publique (Chevalier *et al.*, 2015) et aux enjeux sociaux et psychologiques (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016; CIRAIG, 2015) des différents types d'exploitation et de modes de transport des hydrocarbures. Des portions de ces publications consacrées au contexte mari-

time ont été considérées pour l'écriture du présent chapitre.

D'autre part, une recherche documentaire complémentaire a été effectuée dans les bases de données scientifiques dans le but de préciser les impacts sanitaires et sociaux sur les populations et sur les communautés côtières dans le contexte extracôtier dit « offshore », c'est-à-dire d'exploration, d'exploitation et de transport des hydrocarbures en milieu marin au large des côtes. Cette recherche a été effectuée entre les mois de novembre 2015 et janvier 2016 dans les bases de données scientifiques MEDLINE, Psychological & Behavioral Sciences Collection et Social Services Abstracts à l'aide des mots-clés et des opérateurs booléens suivants :

(Ocean OR Gulf OR Sea OR Offshore)

AND

(Petroleum OR Petroleum pollution OR Oil spill)

AND

(Family OR Distress OR Anxiety OR Depression OR

Adverse effect OR Physiologic OR Population OR

Community OR Social OR Sleep disorders OR Stress OR

Neoplasm OR Risk factor OR Health OR Psycho).

Le processus de sélection des articles est résumé à la figure 5.1. Un total de 333 articles a d'abord été obtenu. Les doublons ont été retranchés ainsi que quelques articles rédigés dans d'autres langues que le français, l'anglais, l'espagnol ou le por-

tugais. Une première sélection, basée sur la pertinence des résumés, a été effectuée par quatre examinateurs à partir des titres et des résumés des articles. Pour ce faire, les thèmes *exploration, exploitation, incident d'hydrocarbures, plateforme* ou *marée*

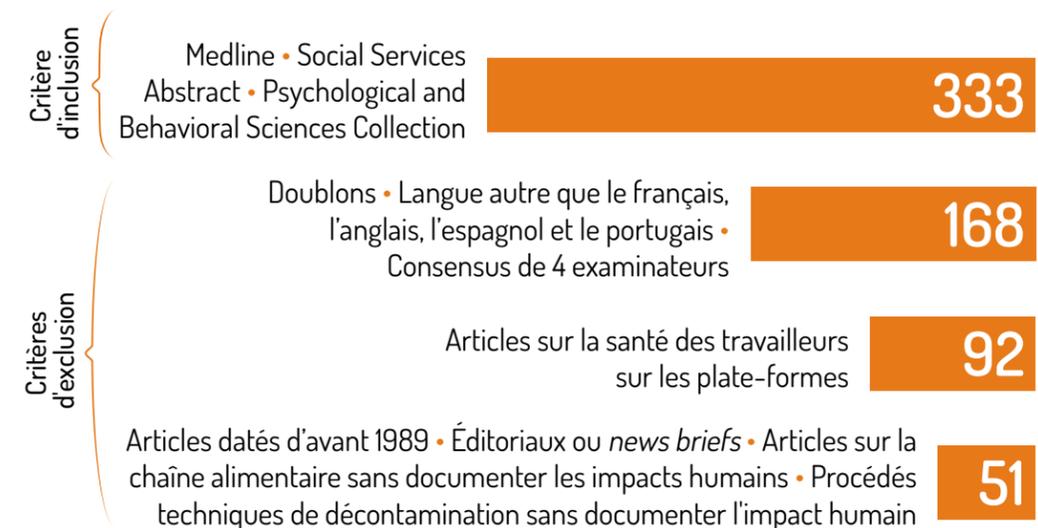
noire devaient être explicitement abordés. Cette première sélection a permis de retenir 168 articles. Parmi ceux-ci, ceux portant spécifiquement sur la santé des travailleurs œuvrant sur les plateformes pétrolières et ne faisant pas référence aux populations côtières n'ont pas été retenus ( $n = 76$ ). Des 92 articles restants, 41 ont été rejetés sur la base des critères suivants : nature des publications (éditoriaux ou format de type actualités en bref), date de parution antérieure à 1989 (année correspondant au naufrage du pétrolier *Exxon Valdez* au large de l'Alaska), articles traitant des impacts sur la chaîne alimentaire ou sur des aspects méthodologiques (p. ex., procédés de décontamination) qui n'exposaient pas de liens avec la santé des populations humaines. Finalement, 51 articles, dont les dates de publication s'échelonnent de 1999 à 2015, ont été répertoriés. Parmi ceux-ci, 10 avaient déjà

été relevés dans l'état des connaissances de l'INSPQ et du CIRAIG. Des 51 articles, 49 portent sur des déversements majeurs, la majorité ( $n = 35$ ) fait référence à l'explosion de la plateforme *Deepwater Horizon* dans le golfe du Mexique en 2010. Les autres abordent des incidents survenus depuis 1989 impliquant des pétroliers ou des barges. Les thèmes ou événements de référence (incluant les lieux et les dates), le nombre d'articles et la nature des impacts documentés sont résumés au tableau 5.1 (page suivante).

La consultation des documents et articles sélectionnés mène à déterminer deux types d'événements susceptibles d'affecter la santé et le bien-être des populations côtières. Ce sont l'effet *boomtown* et les déversements accidentels importants au large nécessitant des travaux de nettoyage des berges.

Figure 5.1

Diagramme du processus de sélection des articles. Le chiffre indique le nombre d'articles restant après chacune des étapes de sélection.



**Tableau 5.1**

Événements ou thèmes abordés dans les articles repérés ( $n = 51$ ).

DÉVERSEMENTS			
ÉVÉNEMENTS	LITTORAL TOUCHÉ	N <sup>BRE</sup> D'ARTICLES	IMPACTS DOCUMENTÉS
Plateforme <i>Deepwater Horizon</i> (2010) • golfe du Mexique • 4 900 000 barils	Littoraux de la Louisiane, du Mississippi, de l'Alabama et de la Floride	35	Santé physique Psychologique Bien-être social
Pétrolier <i>Exxon Valdez</i> (1989) • baie du Prince-William, Alaska • 37 000 tonnes	1770 km de côtes de l'Alaska	6	Santé physique Santé mentale Bien-être social
Pétrolier <i>Tasman Spirit</i> (2003) • côtes de Karachi, Pakistan • 37 000 tonnes	Quelques plages polluées au Pakistan	2	Santé physique Santé mentale
Pétrolier <i>Prestige</i> (2002) • au large de l'Espagne • 63 000 tonnes	1900 km de côtes du Portugal, de l'Espagne et de la France	2	Santé physique Bien-être social
Pétrolier <i>Sea Empress</i> (1996) • côtes du pays de Galles • 72 000 tonnes	200 km de côtes du pays de Galles	2	Santé physique Santé mentale
Barge <i>Hebei Spirit</i> (2007) • au large de la Corée du Sud • 10 500 tonnes	160 km de côtes en Corée du Sud	1	Santé physique
Revue de littérature sur plusieurs déversements majeurs ( <i>Exxon Valdez</i> , <i>Braer</i> , <i>Sea Empress</i> , <i>Nakhodka</i> , <i>Erika</i> , <i>Prestige</i> , <i>Tasman Spirit</i> ) de 1989 à 2010	Plusieurs sites	1	Santé physique Santé mentale
AUTRES			
THÈMES		N <sup>BRE</sup> D'ARTICLES	IMPACTS DOCUMENTÉS
Impacts sociaux de l'accroissement de l'industrie <i>offshore</i> au nord de la Louisiane (2007)		1	Bien-être social
Impacts socioculturels du transport d'hydrocarbures en mer du Nord sur les petites communautés		1	Bien-être social



Photo : Pixabay

## L'EFFET BOOMTOWN ET LES PERTURBATIONS DE L'ÉQUILIBRE SOCIAL

Dans la littérature sur les impacts sociaux de l'exploitation des ressources naturelles en milieu terrestre, particulièrement celle des ressources non renouvelables, l'effet *boomtown* est largement documenté (Brisson *et al.*, 2014; CIRAIG, 2015; Bouchard-Bastien et Gervais, 2016). Ce phénomène est décrit comme un ensemble de processus de changements rapides pouvant découler de l'implantation d'une industrie extractive et capable de déstabiliser certaines communautés (CIRAIG, 2015). Les communautés les plus vulnérables seraient les petites municipalités à faible densité de population et à caractère rural, y compris les communautés autochtones. En effet, l'accroissement rapide de la population y aurait un effet plus prononcé sur les infrastructures, sur la disponibilité et le prix des biens et des services ainsi que sur le tissu social, relativement au maintien de l'ordre public, des dyna-

miques socioculturelles et de la culture (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016; Meschtyb *et al.*, 2005).

Peu d'études ont cependant abordé les différents impacts sociaux liés à ce phénomène dans le contexte de l'exploration, de l'exploitation et du transport des hydrocarbures en milieu marin. Des écrits laissent d'abord présager un effet *boomtown* lors de la phase de construction, avec l'arrivée importante de travailleurs de manière éphémère dans de petites communautés (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Bouvier de Candia *et al.*, 2008). Ainsi, lors de la construction de la plateforme de forage *Hibernia* au large de Saint-Jean, à Terre-Neuve, un camp de travailleurs isolé des communautés avoisinantes a été mis en place pour atténuer les possibles impacts négatifs liés aux changements démographiques rapides

L'effet boomtown [...] est décrit comme un ensemble de processus de changements rapides pouvant découler de l'implantation d'une industrie extractive et capable de déstabiliser certaines communautés. En effet, l'accroissement rapide de la population y aurait un effet plus prononcé sur les infrastructures, sur la disponibilité et le prix des biens et des services ainsi que sur le tissu social, relativement au maintien de l'ordre public, des dynamiques socioculturelles et de la culture.



(Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Bouvier de Candia *et al.*, 2008).

Aussi, une étude qualitative visant à évaluer les impacts sociaux du transport maritime de pétrole a été réalisée dans les petites communautés du district autonome de Nénésie (Autochtones de Russie) sur le littoral de la mer de Barents (Meschtyb *et al.*, 2005). Celle-ci a mis en évidence des préoccupations chez les membres de ces communautés quant au

futur de leur environnement en cas de déversements, mais aussi par rapport au développement important des activités portuaires. Ces activités empiètent sur leur territoire traditionnel et des inquiétudes ont été soulevées quant à la restauration de cet environnement une fois que l'exploitation pétrolière et le transport auront cessé. Cet extrait des notes de terrain de la chercheuse Nina Meschtyb datant d'août 2004 illustre bien ces préoccupations :

« Nous devons penser à notre patrimoine et être soucieux de l'avenir, que nous ne connaissons pas encore. Nous avons vu à quel point les changements politiques et économiques se reflètent sur notre vie. Aujourd'hui, je peux gagner de l'argent et acheter quelque chose et laisser mon pays être détruit, mais que se passera-t-il si les politiques intérieures et extérieures de la Russie changent demain lorsque le prix du pétrole tombera ? Que faire si tous les travailleurs du pétrole abandonnent les sites d'exploitation et de transbordement sans restitution ? Nous, Nénètes, resterons ici de toute façon, mais devons faire face à notre environnement dégradé. Mon fils et ses descendants ne seront plus capables de se nourrir de la nature et ne pourront plus bénéficier de quoi que ce soit du monde extérieur. Nous devons avoir cela à l'esprit »

(Meschtyb *et al.*, 2005, p. 326, traduction libre)

Finalement, l'effet *boomtown* surviendrait aussi lors des travaux de nettoyage, de décontamination et de remédiation exigés par des déversements majeurs. Ces travaux requièrent souvent une main-d'œuvre importante composée à la fois de bénévoles et de travailleurs salariés. Par exemple, à la suite de l'incident de la compagnie BP dans le golfe du Mexique en 2010, environ 55 000 travailleurs<sup>1</sup> issus des communautés locales et d'autres régions ont participé au nettoyage. Pour le naufrage du *Hebei Spirit* en 2007 près de Taean, en Corée du Sud, près d'un million de personnes avaient participé aux activités de nettoyage six mois après l'incident (Ha *et al.*, 2012). Les déversements accidentels majeurs seraient donc susceptibles d'entraîner une augmentation soudaine de la population pouvant créer une pression sur les infrastructures et sur les services locaux et régionaux (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Picou *et al.*, 2009). Le manque d'hébergement a notamment été mentionné dans une étude documentant les effets du naufrage du pétrolier *Exxon Valdez* (Gill *et al.*, 2012). Plus d'études sont toutefois nécessaires pour documenter les

effets d'expansion et de ralentissement rapides du développement des communautés liés à l'exploitation des hydrocarbures en milieu marin, particulièrement pour les plateformes pétrolières, le transport des hydrocarbures et les infrastructures portuaires (CIRAIG, 2015; Forsyth *et al.*, 2007). /



Photo : New Zealand  
Defence Force / Wikimedia

<sup>1</sup> Les chiffres varient selon les articles consultés.



Photo : Deepwater Horizon Response / Flickr

## LES DÉVERSEMENTS ET LES MARÉES NOIRES : UNE CASCADE D'IMPACTS SUR LA SANTÉ PHYSIQUE ET MENTALE DES INDIVIDUS ET SUR LE BIEN-ÊTRE DES COMMUNAUTÉS CÔTIÈRES

La littérature consultée traite largement de plusieurs incidents survenus en milieu marin sur les plateformes de forage ou lors de déversements importants provoqués par les échouements de pétroliers, de vraquiers et de barges (Chevalier et al., 2015, citant O'Rourke et Connelly, 2003, Eykelbosh, 2014 et D'Andrea et Reddy, 2014). Les deux principaux cas documentés dans les écrits (41 des 51 articles retenus) concernent le déversement ayant suivi l'explosion de la plateforme de forage *Deepwater Horizon* de

la compagnie BP dans le golfe du Mexique en 2010 et la marée noire provoquée par le naufrage du pétrolier *Exxon Valdez* au large de l'Alaska en 1989. Les auteurs d'une revue de littérature s'intéressant aux déversements dus à des pétroliers, publiée en 2010, indiquaient que, des 38 accidents s'étant produits

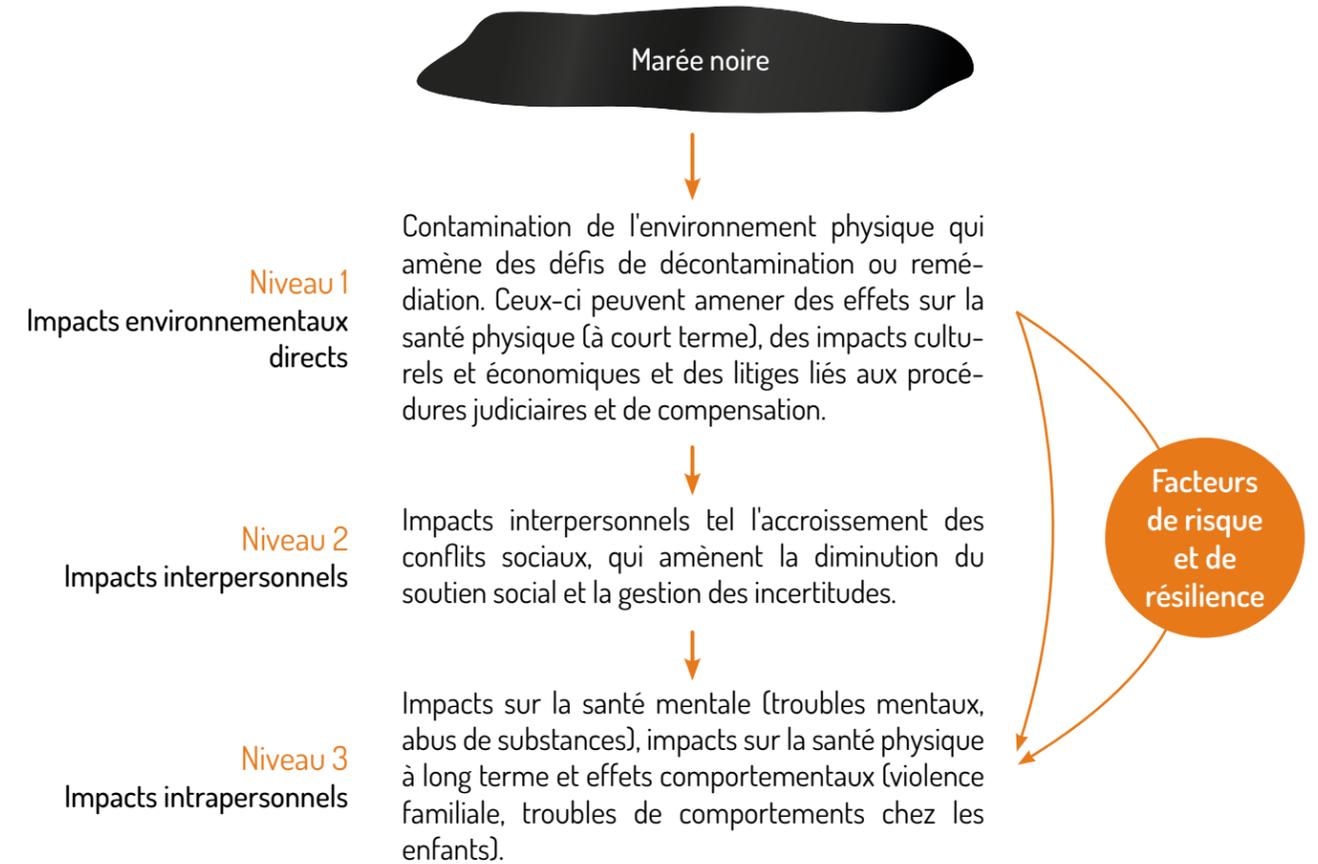
sur la planète au cours des 50 dernières années, seulement sept accidents ont fait l'objet d'études publiées documentant les impacts sur la santé physique et mentale des populations côtières (Aguilera et al., 2010).

Les déversements pétroliers en milieu marin se distinguent des autres désastres (naturels ou technologiques) par la durée prolongée de la première phase, qui correspond à la dispersion des hydrocarbures. Cette phase, aussi appelée phase aigüe, peut durer des semaines, voire des mois. Plus cette phase perdure, plus les conséquences sur le bien-être des communautés côtières et sur la santé physique et mentale des individus sont importantes. Ces conséquences s'ajoutent aux effets directs sur les écosystèmes et sur les activités économiques, notamment la pêche et le tourisme (Palinkas, 2012). Palinkas (2012) propose un cadre conceptuel permettant de mieux comprendre les impacts associés aux situations extrêmes de déversements de pétrole brut (et d'autres produits pétroliers) afin de tenter de prédire les facteurs de risque ou de résilience susceptibles d'accroître ou d'atténuer ces effets. Il a été testé dans le contexte d'une revue de littérature sur le naufrage de l'*Exxon Valdez*. Ce cadre fait référence à trois niveaux d'impacts associés à l'enchaînement des événements (voir figure 5.2). Ainsi, un déversement pétrolier en milieu marin de l'envergure de l'*Exxon Valdez* affectera d'abord l'environnement et la santé physique à court terme

Les déversements pétroliers en milieu marin se distinguent des autres désastres [...] par la durée prolongée de la première phase, qui correspond à la dispersion des hydrocarbures.

Figure 5.2

Cadre conceptuel des impacts des marées noires pour les populations côtières. (Adapté de Palinkas, 2012.)



des populations touchées directement par ce déversement (niveau 1). Il entraînera ensuite des impacts sociaux dans les communautés impliquées (niveau 2). Ces impacts des niveaux 1 et 2 entraîneront à leur tour et à plus long terme des impacts sur le plan intrapersonnel, avec notamment des effets sur la santé mentale des individus (niveau 3) lorsque les facteurs de protection sont insuffisants. Même si ce modèle est appelé à évoluer avec le développement des connaissances, des auteurs estiment que la mise en lumière de ces liens par Palinkas (2012) contribue de façon importante à la compréhension des impacts sur la santé et sur le bien-être psychosocial des populations côtières à la suite d'une marée noire (Bonanno, 2012; Osofsky et al., 2012; Galea, 2012).

Une étude épidémiologique menée par le gouvernement fédéral américain après la marée noire causée par l'explosion de la plateforme *Deepwater Horizon* (la *Gulf States Population Survey*) distingue quatre types d'exposition selon :

- 1) la localisation du domicile ;
- 2) le contact direct avec le pétrole
- 3) l'implication dans les activités de nettoyage ;
- 4) les impacts de la marée noire sur l'emploi ou le revenu (Fan et al., 2015).

L'exposition est qualifiée de directe dans le cas des trois premiers critères et indirecte en ce qui concerne le quatrième. Les auteurs indiquent qu'au moment d'intervenir, il faut considérer que l'exposition directe aux produits pétroliers

est le plus important déterminant de la santé, car elle est associée aux pires effets pour la santé physique et mentale. L'exposition indirecte n'est cependant pas non plus à négliger puisqu'elle touche le plus grand nombre de personnes. Ce résultat concorde avec ceux ressortis dans des

études sur des déversements précédents (Fan *et al.*, 2015, citant Palinkas, 2009, 2012) de même qu'avec ceux d'études ayant porté sur l'exposition aux désastres en général (Fan *et al.*, 2015, citant Norris *et al.*, 2002a et 2002b, Yzermans *et al.*, 2009 et Palinkas, 2012).



Photo Explosion de la plateforme Deepwater Horizon : Wikimedia

## LES IMPACTS SUR LA SANTÉ PHYSIQUE

Les écrits documentent plusieurs impacts possibles des marées noires sur la santé physique (Chevalier *et al.*, 2015; Goldstein *et al.*, 2011; Lyons *et al.*, 1999; Aguilera *et al.*, 2010; Ha *et al.*, 2012; Woodward, 2010; D'Andrea et Reddy, 2013, 2014; Meo *et al.*, 2009). Les déversements accidentels d'hydrocarbures provoqueraient la libération de nombreux contaminants pouvant représenter une menace pour la santé humaine. La nature de ces contaminants varie cependant en fonction du contexte de chaque déversement accidentel. À ce jour, les produits pétroliers et autres composés qui ont été associés aux cas de contamination populationnelle sont :

- 1) des mélanges d'hydrocarbures lourds ou peu volatils, comme le pétrole brut ;
- 2) des hydrocarbures légers volatils (p. ex. les BTEX [benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes], les COV [composés organiques volatils] et les HAP [hydrocarbures aromatiques polycycliques]) ;

- 3) des composés inorganiques tels que le cadmium et le zinc (Chevalier *et al.*, 2015).

D'autres composés associés aux activités de remédiation pourraient également comporter des risques sur la santé des populations, dont les agents dispersants généralement composés de surfactants, d'émulsifiants, d'agents tensioactifs, de stabilisateurs et de solvants organiques. Les conclusions des études sur ces agents dispersants se fondent toutefois sur des données toxicologiques propres à certains constituants, sans nécessairement tenir compte de leurs effets synergiques (Chevalier *et al.*, 2015, citant Alo *et al.*, 2011). Les principales populations exposées à ces contaminants sont :

- 1) les résidents locaux vivant ou évoluant près des sites contaminés ;
- 2) les vacanciers, touristes et usagers locaux des sites de villégiature contaminés ;

- 3) les résidents, les travailleurs et les bénévoles ayant participé au nettoyage des littoraux contaminés (Chevalier *et al.*, 2015). Ces derniers sont ceux qui subissent la plus grande exposition et les plus importants impacts sur la santé physique (Chevalier *et al.*, 2015; Aguilera *et al.*, 2010).

Les voies d'exposition chez les individus se font essentiellement par inhalation et par absorption cutanée. L'exposition par inhalation surviendrait principalement au contact de composés volatils (essentiellement des COV et des HAP) de faible poids moléculaire issus de produits pétroliers bruts ou dégradés. L'exposition par voie cutanée, quant à elle, est associée aux différentes manipulations de produits pétroliers et d'objets souillés, dont les outils utilisés lors du nettoyage des berges, des animaux, des plantes et des minéraux touchés par la marée noire (Chevalier *et al.*, 2015, citant Alo *et al.*, 2011). La contamination de la chaîne alimentaire à partir de la faune vivant dans les sédiments et les fonds marins est aussi soulevée dans la littérature à titre de facteur de risque sur la santé lorsque ces organismes marins sont consommés par l'humain (Chevalier *et al.*, 2015). Cette contamination des sédiments par les produits pétroliers ne serait pas seulement associée aux déversements accidentels, mais aussi aux fuites issues des puits de forage ou du rejet en mer des boues utilisées comme lubrifiant lors de ces activités de forage (Goldstein *et al.*, 2011). Les impacts de ces divers types d'exposition sur la santé physique se divisent en effets à court et à long termes.

Les manifestations cliniques à court terme découlant de l'inhalation, du contact dermatologique, de l'ingestion d'eau ou de nourriture contaminées ou encore du contact avec le sable des plages contaminées lors d'un déversement d'hydrocarbures touchent particulièrement des individus impliqués dans les activités de nettoyage à la suite de déversements (Goldstein *et al.*, 2011; Aguilera *et al.*,

2010). Les manifestations physiques à court terme inventoriées suivant l'exposition directe au pétrole ou à de l'eau ayant été contaminée sont résumées au tableau 5.2. La gravité et la persistance des atteintes semblent, quant à elles, reliées au type d'exposition et à son ampleur, au port ou non d'équipement de protection individuelle adéquat lors des activités de nettoyage (p. ex. vêtements, gants, masques) et à la présence de comorbidité chez les individus étudiés (p. ex. troubles respiratoires plus importants chez les fumeurs). Ces affections aiguës seraient, la plupart de temps, réversibles.

Les données actuelles sont insuffisantes pour dégager les conséquences chroniques potentielles, car les études disponibles ne rapportent pas de suivi à long terme de l'exposition aux produits pétroliers (Chevalier *et al.*, 2015). Par contre, certains marqueurs biologiques mesurés chez des personnes exposées au pétrole brut ont montré la présence de perturbations enzymatiques et cellulaires ainsi que des mutations chromosomiques. Ces changements indiquent de possibles conséquences à plus long terme, sans qu'il soit possible de les associer à un type de composé, à des concentrations ou à une durée d'exposition précise (Chevalier *et al.*, 2015). Par ailleurs, bien que le pétrole brut ne soit pas considéré comme cancérigène, certains produits issus de son raffinage ou de son fractionnement pouvant survenir lors des déversements (p. ex. certains HAP) le seraient chez l'animal, même à faible dose (Wilk *et al.*, 2013). Conséquemment, si de tels produits étaient déversés accidentellement, ce type d'effets ne pourrait pas être exclu. Chez les travailleurs impliqués dans les activités de nettoyage à la suite du naufrage de l'*Exxon Valdez*, le niveau d'exposition aurait significativement été associé à un déclin de l'état de santé (autodéclaré et observé) à la suite du déversement (Palinkas, 2012). Les manifestations cliniques chroniques perçues ou rapportées sont de l'ordre des maladies



Photo : Deepwater Horizon Response / Flickr

cardiaques, de l'hypertension, du diabète, des troubles thyroïdiens, des cancers, de l'asthme, des ulcères, des bronchites, de la toux chronique et des irritations cutanées prolongées (Palinkas, 2012, citant Impact Assessment, 1990 et Palinkas *et al.*, 1993; Meo *et al.*, 2009). Il existe néanmoins un besoin d'effectuer un biomonitorage chez les humains exposés aux déversements pétroliers, spécialement chez ceux impliqués dans les activités de nettoyage, afin de mieux évaluer les conséquences à court et à long termes sur la santé physique, en plus de formuler des recommandations pour les mesures de protection (Aguilera *et al.*, 2010; Ha *et al.*, 2012; Diaz, 2011).

Présentement, le manque d'études comparatives et longitudinales permettant

de dégager ces impacts à long terme des déversements d'hydrocarbures en milieu marin sur la santé physique s'expliquerait notamment par des difficultés à déterminer, à définir et à échantillonner les populations ciblées (Goldstein *et al.*, 2011, citant Galea *et al.*, 2008) et à comparer les résultats d'études, dont les niveaux d'exposition, les populations cibles et les devis de recherche s'avèrent hétérogènes (Goldstein *et al.*, 2011, citant Raphael, 2008). Les délais parfois prolongés entre les événements et le début des études peuvent aussi compromettre la documentation de ces effets, car la capacité des individus interrogés de se rappeler leurs expériences peut être faussée et les marqueurs biologiques mesurés peuvent manquer de validité (Goldstein *et al.*, 2011).

**Tableau 5.2**

Inventaire des manifestations physiques possibles à court terme suivant l'exposition directe au pétrole ou à de l'eau contaminée (Chevalier *et al.*, 2015; Goldstein *et al.*, 2011; Lyons *et al.*, 1999; Ha *et al.*, 2012; Woodward, 2010; D'Andrea et Reddy, 2013, 2014; Meo *et al.*, 2009).

SYSTÈMES TOUCHÉS	MANIFESTATIONS CLINIQUES
Tégumentaire/muqueuses	Irritation • Prurit/démangeaisons • Rougeurs • Coupures • Irritations aux yeux
Respiratoire	Irritations nasales, aux sinus et à la gorge • Difficultés respiratoires et réduction de la capacité pulmonaire • Toux
Cardiovasculaire	Palpitations
Hématologique	Altération des profils hématologiques
Hépatique	Altération des profils hépatiques et de la fonction du foie
Neurologique	Céphalées • Vertiges et malaises • Étourdissements • Troubles cognitifs (problèmes de mémoire) • Fatigue • Coup de chaleur*
Gastro-intestinal	Nausées • Vomissements • Douleurs abdominales
Musculo-squelettique	Douleurs et blessures au dos ainsi qu'aux articulations*

\* Associées aux activités de nettoyage

## LES IMPACTS SOCIAUX DANS LES COMMUNAUTÉS CÔTIÈRES

Photo :  
É. Pelletier



et Gervais, 2016; CIRAIG, 2015). Toute la chaîne de valeur de la pêche peut être affectée par des déversements d'envergure, car, dans le cas de *Deepwater Horizon*, cette perception a aussi nui aux pêcheurs de la région dont les zones de pêche étaient situées à l'extérieur des zones contaminées (CIRAIG, 2015). Dans le cas de l'*Exxon Valdez*, certains individus ont quitté la région touchée par le désastre pétrolier en raison de la réduction de leurs revenus attribuable à la suspension de certaines activités commerciales telles que la pêche et le tourisme. Ces mouvements peuvent accroître le déclin démographique et économique d'une région (Gill *et al.*, 2012; Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Schmidt, 2011, Picou *et al.*, 2009, Innovation maritime, 2014 et Van Hinte, 2005).

La contamination des écosystèmes à la suite d'un déversement est susceptible d'affecter particulièrement les communautés locales qui dépendent économiquement, socialement et culturellement des ressources naturelles (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016).

Les activités économiques locales pouvant être affectées à la suite d'un déversement se situent principalement dans les secteurs de la pêche, de l'aquaculture, de la chasse aux phoques, du tourisme et de l'industrie pétrolière (Gill *et al.*, 2012; Osofsky *et al.*, 2011; Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Schmidt, 2014, Picou *et al.*, 2009, Innovation maritime, 2014 et Carrier Sekani Tribal Council, 2006; Buttke *et al.*, 2012a, 2012b). Des recherches soulignent notamment que les pertes de revenus pour les pêcheurs qu'entraînent les grands déversements d'hydrocarbures peuvent subsister bien au-delà de la période de décontamination en raison de la persistance dans le temps d'une perception négative des consommateurs de la qualité des produits de la mer provenant de la région touchée (Bouchard-Bastien

et Gervais, 2016). Les effets des déversements d'hydrocarbures sur le tissu social des communautés affectées sont notamment associés à la désorganisation généralisée des services relatifs au logement, à l'alimentation, aux loisirs et aux déplacements (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016). Il est aussi connu que les désastres de toute nature entraînent une pression accrue sur les services psychosociaux locaux (Laurendeau *et al.*, 2007; Malenfant, 2013), qui peuvent rapidement manquer de ressources pour répondre aux besoins des résidents (Gill *et al.*, 2012; Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Picou *et al.*, 2009 et Trépanier *et al.*, 2015). Cette désorganisation entraîne à son tour des perturbations sociales, dont la fragmentation de la cohésion sociale et la perte du réseau de reconnaissance et d'entraide (Gill *et al.*, 2012; Osofsky *et al.*, 2011; Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Picou *et al.*, 2009; Fan *et al.*, 2015). Observées dans

**Cette désorganisation entraîne à son tour des perturbations sociales, dont la fragmentation de la cohésion sociale et la perte du réseau de reconnaissance et d'entraide.**



Photo : Deepwater Horizon Response / Flickr

les cas de l'*Exxon Valdez* et de *Deepwater Horizon*, ces perturbations semblent aussi découler des conséquences économiques et environnementales des déversements ainsi que des tensions résultant de la gestion de l'accident par les autorités (Gill *et al.*, 2012; Osofsky *et al.*, 2011; Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Picou *et al.*, 2009 et CIRAIG, 2015). Il semblerait qu'en comparaison à d'autres désastres naturels, le déversement pétrolier de l'*Exxon Valdez* ait provoqué davantage de perturbations dans les relations sociales. Les communautés étudiées dans le cadre de cet événement auraient ainsi présenté plusieurs attributs des communautés dites corrosives ou toxiques (Freudenberg, 1997). Elles ont ainsi été touchées par « les conflits et la compétition pour des ressources limitées (Kreps, 1985), par les litiges et la recherche de compensation pour les dommages causés (Picou *et al.*, 2004), par la perte de connexion sociale et le sentiment d'être coupé[es] du monde (Erikson, 1976), par une incertitude accrue quant aux impacts à long terme (Baum et Fleming, 1993) et par une diminution de la confiance dans la capacité des autorités publiques de limiter les impacts et de prévenir des désastres (Couch, 1996; Erikson, 1994; Freudenberg, 1993) » (Palinkas, 2012, p. 205, tra-

duction libre). Certains auteurs ont aussi mentionné l'existence de conflits liés aux activités de décontamination ayant eu lieu à la suite du déversement de l'*Exxon Valdez* entre les résidents locaux et les nouveaux arrivants (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Picou *et al.*, 2009), mais également au sein de la communauté locale, notamment autour de la distribution inégale des emplois associés à la décontamination (Palinkas, 2012). Des effets négatifs sur les ménages ont aussi été mis à jour avec la présence de conflits familiaux, une augmentation de la violence conjugale et familiale, la diminution du temps passé en famille et la réduction du nombre d'échanges avec les membres de la famille (Palinkas, 2012; Gill *et al.*, 2012).

Finalement, sur le plan culturel, les impacts des déversements peuvent induire une transformation de l'identité communautaire lorsque celle-ci est associée à la mer (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Lee et Blanchard, 2012, Gill *et al.*, 2012, Osofsky *et al.*, 2011, Picou *et al.*, 2009 et CIRAIG 2015). Notamment, la littérature portant sur des communautés autochtones a relevé des impacts socio-culturels résultant d'un déversement accidentel majeur d'hydrocarbures. Dans le cas de l'*Exxon Valdez*, il a été constaté que la perte du territoire de pêche a affecté les activités spirituelles et traditionnelles de subsistance (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Gill et Ritchie, 2015, Desbiens *et al.*, 2015, Innovation maritime, 2014, Johnson, 2011 et Carrier Sekani Tribal Council, 2006).

Sur le plan culturel, les impacts des déversements peuvent induire une transformation de l'identité communautaire lorsque celle-ci est associée à la mer.

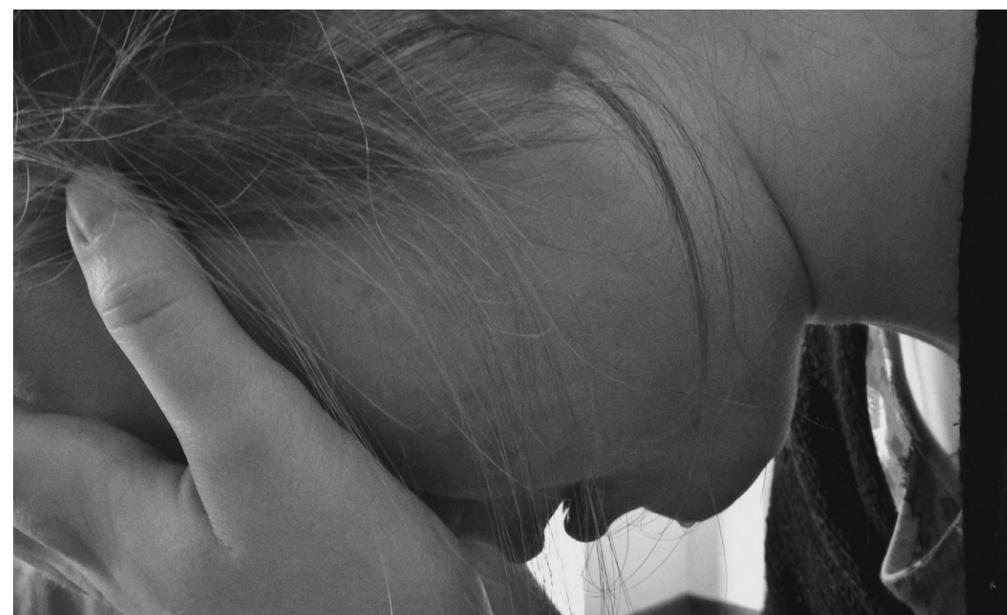
## LES IMPACTS SUR LA SANTÉ MENTALE DES INDIVIDUS

Plusieurs études portant sur les déversements (*Exxon Valdez*, *Tasman Spirit*, *Sea Empress* et *Deepwater Horizon*) indiquent une corrélation entre ces incidents et l'augmentation des perturbations psychologiques, de la détresse et d'autres symptômes relatifs aux troubles mentaux chez les personnes ayant procédé au nettoyage ainsi que chez les individus des communautés touchées (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Gill et Ritchie, 2015, Gill *et al.*, 2012, Lee et Blanchard, 2012, Osofsky *et al.*, 2011, Picou *et al.*, 2009, CIRAIG, 2015, Trépanier *et al.*, 2015 et Innovation maritime, 2014; Drescher *et al.*, 2014; Gallacher *et al.*, 2007; Goldstein *et al.*, 2011). La longue durée de la phase aigüe du désastre, associée à la dispersion du pétrole sur une période de plusieurs semaines, induit une période prolongée de stress psychologique aigu chez certains individus exposés, risquant ainsi d'entraîner davantage de conséquences sur leur santé mentale que d'autres types de désastres (Palinkas, 2012; Shultz *et al.*, 2015). De plus, il est admis que les désastres technologiques, dont les déversements pétroliers majeurs font partie, entraînent un stress plus important que les désastres naturels (CIRAIG, 2015). Cela serait dû

au fait que les désastres technologiques créent de l'incertitude quant aux effets sur la santé, aux impacts économiques, aux dommages environnementaux, à la réparation juste et équitable et au rétablissement socio-culturel (Gill *et al.*, 2012). De plus, la perception d'un risque accru et incontrôlé contribue à l'incertitude chronique et ajoute à l'anxiété et au stress psychologique (Gill *et al.*, 2012; Palinkas, 2012). Ainsi, pour l'explosion de la plateforme *Deepwater Horizon*, les effets sur la santé mentale liés à ce désastre sont plus importants et se font sentir plus longtemps que ceux associés à l'ouragan Katrina ayant touché ces régions en 2005 (Devi, 2010).

Les effets psychologiques des déversements pétroliers ont aussi été associés aux perturbations des relations sociales, aux changements de mode de vie ainsi qu'au stress engendré par l'accident et par la perception des risques liés au déversement accidentel. D'autres facteurs tels que la perte de confiance envers l'avenir de même qu'envers les institutions et les

La perception d'un risque accru et incontrôlé contribue à l'incertitude chronique et ajoute à l'anxiété et au stress psychologique.



organisations en autorité, la peur, la colère et l'impuissance seraient aussi associés à ces perturbations psychologiques (Fan *et al.*, 2015; Gill *et al.*, 2012; Palinkas, 2012; Bouchard-Bastien et Gervais, 2016). Des chercheurs ont aussi constaté, en étudiant les cas de l'*Exxon Valdez* et de *Deepwater Horizon*, que ces effets sont susceptibles de perdurer pendant de nombreuses années après l'accident (Schultz *et al.*, 2015, citant Palinkas *et al.*, 2004 et Picou *et al.*, 2009; CIRAIG, 2015). Pour l'*Exxon Valdez*, une étude a fait ressortir des stress importants liés aux litiges et aux procédures de compensation, ces procédures ayant duré plus de 15 ans (Gill *et al.*, 2012). Les données indiquent que, dans ce cas, le stress associé au litige aurait entraîné des conséquences psychosociales plus importantes que l'accident d'origine (CIRAIG, 2015, citant Picou et Martin, 2007).

Les perturbations psychologiques chez les individus touchés sont de nature variée. Des études de cas et des revues de littérature sur les déversements majeurs

(*Sea Empress*, *Exxon Valdez* et *Deepwater Horizon*) documentent des manifestations de stress, d'anxiété, de dépression et de choc post-traumatique chez certains résidents (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Gill *et al.*, 2015, Gill *et al.*, 2012, Lee et Blanchard, 2012, Osofsky *et al.*, 2011, Picou *et al.*, 2009, CIRAIG, 2015, Trépanier *et al.*, 2015 et Innovation maritime, 2014; Lyons *et al.*, 1999; Fan *et al.*, 2015). Une augmentation de comportements déviants et une consommation abusive d'alcool et de drogues ont aussi été observées dans les communautés affectées par les désastres pétroliers de l'*Exxon Valdez* et de *Deepwater Horizon* (Palinkas, 2012, citant Palinkas *et al.*, 1993, Russell *et al.*, 1996 et Osofsky *et al.*, 2010; Gill *et al.*, 2012; Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Osofsky *et al.*, 2011 et Picou *et al.*, 2009). Des impacts auraient aussi été observés chez les enfants dans le cas de l'*Exxon Valdez*, soit une accentuation des problèmes de comportement et de développement (Palinkas, 2012, citant McLees-Palinkas, 1994).

Les groupes décrits comme les plus vulnérables aux impacts psychologiques à la suite de déversements pétroliers seraient :

- les travailleurs dont les activités économiques sont liées aux ressources naturelles, notamment les pêcheurs qui, selon certaines études, n'ont pas eu tendance à aller chercher de l'aide professionnelle (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016; Gill *et al.*, 2012; Arata *et al.*, 2000);
- les personnes qui ont vécu des perturbations dans leur vie, leur travail, leur famille et leur engagement social (Gill *et al.*, 2012; Bouchard-Bastien et Gervais, 2016, citant Lee et Blanchard, 2012 et Osofsky *et al.*, 2011);
- les individus ayant déjà des problèmes de consommation ou de santé mentale (Fan *et al.*, 2015; Teich et Pemberton, 2015).

Comme pour la santé physique, des contraintes méthodologiques à la documentation des impacts sociaux et pour la santé mentale sont régulièrement mentionnées dans les écrits. Il manquerait notamment des études comparatives et longitudinales sur la santé psychologique et sur les dynamiques sociales associées aux grands déversements d'hydrocarbures en milieu marin (Bouchard-Bas-

tien et Gervais, 2016). Des variations dans la rigueur avec laquelle sont mesurés les stressors et les symptômes de santé mentale, le manque de données sur les conditions antérieures à l'événement et le manque d'instruments de mesure validés sont aussi rapportés (Goldstein *et al.*, 2011, citant Savitz *et al.*, 2008 et Kessler *et al.*, 2008; Teich et Pemberton, 2015). /

## CONCLUSION

Que retenir de ce survol de la littérature pour les populations côtières du golfe du Saint-Laurent ? Cet exercice révèle que l'exposition des populations côtières à de grandes quantités d'hydrocarbures à la suite d'un déversement accidentel pourrait entraîner une cascade d'effets sur la santé physique et mentale des individus et une perturbation sociale dans les populations touchées, particulièrement au sein des petites communautés côtières. Il importe donc de considérer qu'au Québec, plusieurs communautés côtières du golfe du Saint-Laurent présentent déjà des facteurs sociaux de vulnérabilité, car elles sont notamment situées dans des régions où l'économie est peu diversifiée et tournée vers l'exploitation des ressources naturelles (pêche, forêt, mines et éolien) et où le chômage sévit plus fortement qu'ailleurs dans la province (ISQ, 2015). Il faut aussi noter que les communautés de la région de Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine sont rurales, que les populations y sont vieillissantes en raison d'un déclin démographique qui perdure depuis plusieurs années et qu'elles entretiennent des liens particuliers avec la mer, tant sur le plan du développement économique que sur le plan identitaire (CIRAIG, 2015; Duhaime et Godmaire, 2002). En effet, un fort lien avec l'environnement naturel s'observe chez les populations de ces régions (CIRAIG, 2015), notamment chez les Premières Nations innue et mi'gmaque.



Photo :  
P. Archambault

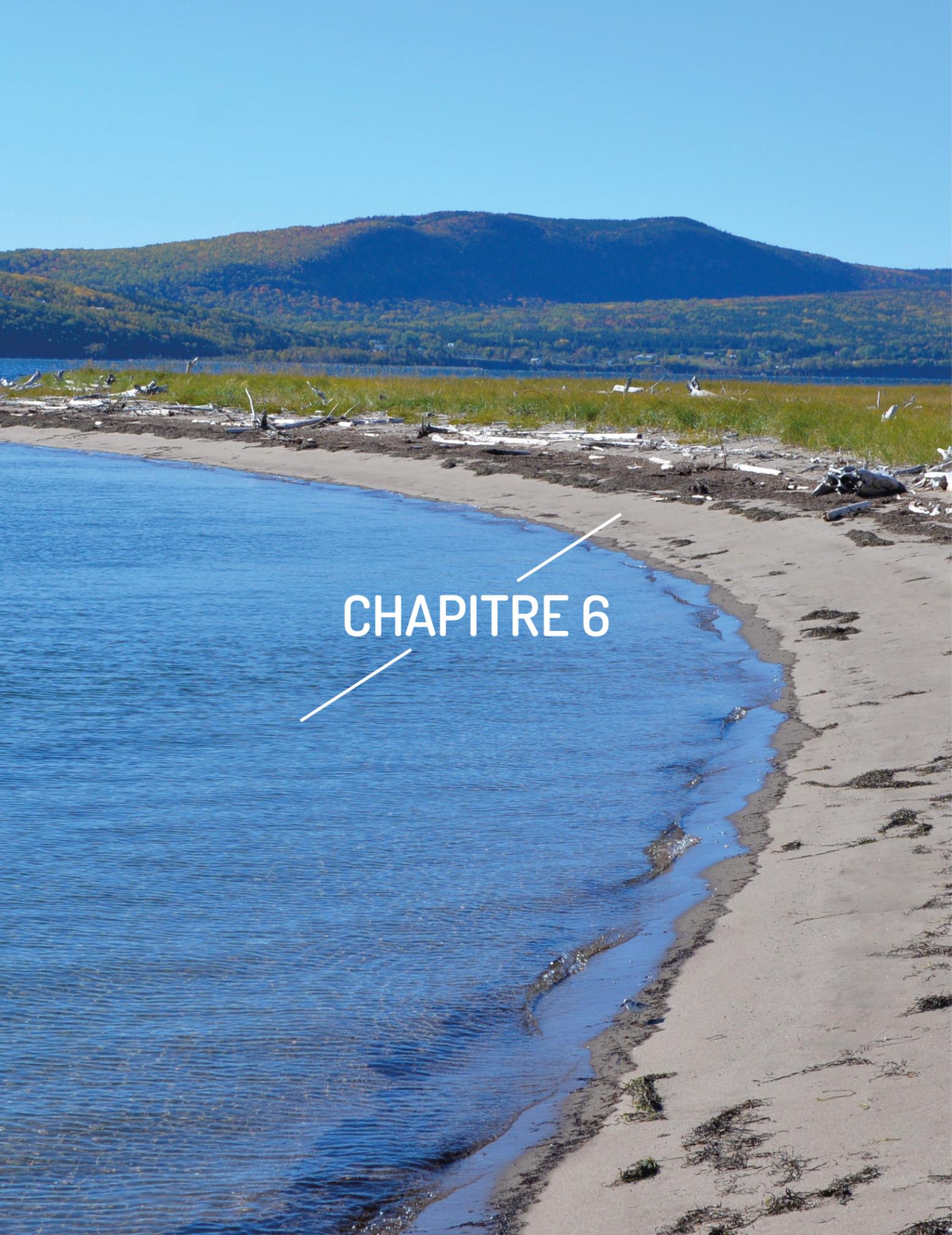
Ces caractéristiques rendent les impacts sociaux et psychologiques susceptibles de survenir en cas de déversement majeur pour ces communautés.

Il importe d'examiner toutes les facettes d'une situation et de tirer des leçons des accidents antérieurs dans le débat concernant l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent (GENIVAR, 2013). Les connaissances actuelles sur les impacts sanitaires et sociaux de l'effet *boomtown* et des déversements pétroliers doivent donc guider les réflexions au Québec et être considérées dans les prises de décision. Ces connaissances sont appelées à évoluer avec l'avancement des recherches, qui permettra de mieux comprendre la complexité de leurs impacts sur la vie humaine et les particularités du contexte où ils surviennent (Galea, 2012). /

## BIBLIOGRAPHIE

- Agence de la santé et des services sociaux de l'Estrie. 2015. Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic : La force d'une communauté, malgré des enjeux de taille. Communiqué de presse, Direction de la santé publique. 28 janvier.
- Aguilera, F., Mendez, J., Pasara, E., Laffon, B. 2010. Review on the effects of exposure to spilled oils on human health. *Journal of Applied Toxicology*, 30: 291-301.
- Arata, C., Picou, J., Johnson, G., McNally, T. 2000. Coping with technological disaster: an application of the conservation of resources model to the Exxon Valdez oil spill. *Journal of Trauma stress*, 13: 23-39.
- Bonanno, G.A. 2012. Resilience and Variability Following Oil Spill Disasters. *Psychiatry: Interpersonal Biological Processes*, 75: 236-242. doi:10.1521/psyc.2012.75.3.236
- Bouchard-Bastien, E., Gervais, M.-C. 2016. État des connaissances sur la relation entre les activités de l'industrie des hydrocarbures et les aspects associés à la qualité de vie et à la santé psychologique et sociale. De: [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/2104\\_relation\\_hydrocarbures\\_qualite\\_vie\\_sante.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/2104_relation_hydrocarbures_qualite_vie_sante.pdf)
- Brisson, G., Gervais, M.-C., Thibault, C., Allard, R., Deger, L., et al. 2014. État des connaissances sur la relation entre les activités liées au gaz de schiste et la santé publique: Mise à jour. Québec, QC: Institut national de santé publique du Québec.
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). 2013. 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. Rapport d'enquête et d'audience publique (rapport 297). Québec, Québec : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement.
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). 2011. Développement durable de l'industrie des gaz de schiste au Québec. Rapport d'enquête et d'audience publique (rapport 273). Québec, Québec : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement.
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). 2007. Projet de construction de l'oléoduc Pipeline Saint-Laurent entre Lévis et Montréal-Est. Rapport d'enquête et d'audience publique (rapport 243). Québec, Québec : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement.
- Buttke, D., Vagi, S., Bayleuegn, T., Sircar, K., Strine, T., Morrison, M., Allen, M., Wolkin, A. 2012a. Mental health needs assessment after the Gulf Coast oil spill-Alabama and Mississippi 2010. *Prehospital and Disaster Medicine*. 27: 401-408.
- Buttke, D., Vagi, S., Schnall, A., Bayleuegn, T., Morrison, M., Allen, M., Wolkin, A. 2012b. Community Assessment for Public Health Emergency Response (CASPER) one year following the Gulf Coast oil spill: Alabama and Mississippi, 2011 Prehospital and Disaster Medicine. 27: 496-502.
- Chevalier, P., Poulin, P., Valcke, M., Bougault, M.-H., Smargiassi, A., Laplante, L., . . . Adib, G. 2015. Enjeux de santé publique relatifs aux activités d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures gaziers et pétroliers. Retrieved from [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1957\\_Enjeux\\_Exploration\\_Exploitation\\_Hydrocarbures.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1957_Enjeux_Exploration_Exploitation_Hydrocarbures.pdf)
- CIRAIG. 2015. Revue de littérature critique du bilan des connaissances sur les impacts sociaux et socioéconomiques de l'exploration/exploitation des hydrocarbures au Québec. De : Montréal: <https://hydrocarbures.gouv.qc.ca/documents/Chantier-societe-impacts-socio-econo.pdf>
- D'Andrea, M. Reddy, M. 2013. Health consequences among subjects involved in Gulf oil spill clean-up activities. *American Journal of Medicine*. 126: 966-974
- D'Andrea, M. Reddy, M. 2014. Health risks associated with crude oil spill exposure. *The American Journal of Medicine*. 127: 889 -813.
- Devi, S. 2010. World Report. Anger and anxiety on the Gulf Coast. *Lancet*, 376: 503-504.
- Diaz, J. 2011. The legacy of the Gulf oil spill: analyzing acute public health effects and predicting chronic ones in Louisiana. *American Journal of Disaster Medicine*. 6: 5-22.
- Drescher, C. F., Schulenberg, S. E., Smith, C. V. 2014. The Deepwater Horizon Oil Spill and the Mississippi Gulf Coast: Mental health in the context of a technological disaster. *American Journal of Orthopsychiatry*. 84: 142-151.
- Duhaime, G., Godmaire, A. 2002. Les modèles de développement du nord. Analyse exploratoire au Québec isolé. *Recherches sociographiques*, 43: 329-351.
- Fan, A.Z., Prescott, M.R., Zhao, G., Gotway, C.A., Galea, S. 2015. Individual and Community-Level Determinants of Mental and Physical Health After the Deepwater Horizon Oil Spill: Findings from the Gulf States Population Survey. *Journal of Behavioral Health Services Research*, 42: 23-41.
- Forsyth, C.J., Luthra, A. D., Bankston, W. B. 2007. Framing perceptions of oil development and social disruption. *Social Science Journal*, 44: 287-299.
- Freudenberg, W. 1997. Contamination, corrosion, and the social order: An overview. *Current Sociology*, 45 : 19-39.
- Galea, S. 2012. Simplicity, Complexity, and Conceptual Frameworks. *Psychiatry: Interpersonal Biological Processes*, 75: 223-226. doi:10.1521/psyc.2012.75.3.223.
- Gallacher, J. Bronsterng, K., Palmer, S., Fone, D. Lyons. R. 2007. Symptomatology attributable to psychological exposure to a chemical incident: a natural experiment. *Journal Of Epidemiology And Community Health*. 61: 506-512.

- Genivar. 2013. Évaluation environnementale stratégique sur la mise en valeur des hydrocarbures dans les bassins d'Anticosti, de Madeleine et de la baie des Chaleurs. Bilan de l'approche participative, de GENIVAR inc. au ministère des Ressources naturelles. De: [http://mern.gouv.qc.ca/publications/energie/ees/EES2\\_Bilan\\_aproche\\_participative.pdf](http://mern.gouv.qc.ca/publications/energie/ees/EES2_Bilan_aproche_participative.pdf)
- Gill, D.A., Picou, J.S., Ritchie, L.A. 2012. The Exxon Valdez and BP Oil Spills: A Comparison of Initial Social and Psychological Impacts. *American Behavioral Scientist*, 56: 3-23.
- Goldstein, B. D., Osofsky, H. J., Lichtveld, M. Y. 2011. The Gulf oil spill. *The New England Journal of Medicine*. 364: 1334-1348. doi:10.1056/NEJMra1007197
- Institut de la statistique du Québec (ISQ). 2015. Taux d'activité, d'emploi et de chômage, données désaisonnalisées, par région administrative, Québec, 4e trimestre 2014 au 4e trimestre 2015. Retrieved from [http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/travail-remuneration/population-active-chomage/statistiques-regionales/ra\\_taux\\_trim.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/travail-remuneration/population-active-chomage/statistiques-regionales/ra_taux_trim.htm)
- Ha, M., Kwon, H., Cheong, H.K., Lim, S., Yoo, S., Kim, E.J., Park, S.G., Lee, J., Chung, B.C. 2012. Urinary metabolites before and after cleanup and subjective symptoms in volunteer participants in cleanup of the Hebei Spirit oil spill. *The Science of the Total Environment*. 429: 167-173.
- Laurendeau, M., Labarre, L., Senecal, G. 2007. La dimension psychosociale des interventions en situation d'urgence dans les services sociaux et de santé. *Open Medicine*, 1(2), 6.
- Lyons, R., Temple, M., Evans, D., Fone, D., Palmer, S. 1999. Acute health effects of the Sea Empress oil spill. *Journal of Epidemiology Community Health*, 53, 306-310.
- Malenfant, P.-P. 2013. Le rétablissement psychosocial. Dans : Maltais, D. 2015. Situation de crise, de tragédie ou de sinistre : le point de vue des professionnels de l'intervention sociale. Québec, QC: Presses de l'Université Laval.
- Meo, S., Al-Drees, A.M., Rasheed, S., Meo, I.M., Khan, M.M., Al-Saadi, MM., Alkandari, JR. 2009. Effect of duration of exposure to polluted air environment on lung function in subjects exposed to crude oil spill into sea water. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*. 22: 35-41.
- Meschtyb, N., Forbes, B., Kankaanpaa, P. 2005. Social Impact Assessment along Russia's Northern Sea Route: Petroleum Transport and the Arctic Operational Platform (ARCOP). *Artic*, 58 : 322-327.
- Osofsky, H.J., Osofsky, J.D., Hansel, T.C. 2012. Mental health perspectives following the Gulf oil spill. *Psychiatry*, 75: 233-235. doi:10.1521/psyc.2012.75.3.233.
- Palinkas, L.A. 2012. A Conceptual Framework for Understanding the Mental Health Impacts of Oil Spills: Lessons from the Exxon Valdez Oil Spill. *Psychiatry*, 75: 203-222.
- Shultz, J.M., Walsh, L., Garfin, D.R., Wilson, F.E., Neria, Y. 2015. The 2010 Deepwater Horizon Oil Spill: The Trauma Signature of an Ecological Disaster. *Journal of Behavioral Health Services Research*, 42: 58-76. doi:10.1007/s11414-014-9398-7.
- Teich, J., Pemberton, M. 2015. Epidemiologic Studies of Behavioral Health Following the Deepwater Horizon Oil Spill: Limited Impact or Limited Ability to Measure? *Journal of Behavioral Health Services Research*, 42: 77-85.
- Wilk, A., Waligorski, P., Lassak, A., Vashistha, H., Lirette, D., Tate, D., Zea, A., Koochekpour, S., Rodriguez, P., Meggs, L., Estrada, J., Ochoa, A., Reiss, K. 2013. Polycyclic aromatic hydrocarbons-induced ROS accumulation enhances mutagenic potential of T-antigen from human polyomavirus JC. *Journal of Cellular Physiology*, 228: 2127-2138.
- Woodward, C. 2010. Gulf oil spill exposes gaps in public health knowledge. *Canadian Medical Association Journal*. 182:1290-1292.



## CHAPITRE 6

# Projets et revendications des organisations de la société civile québécoise autour de l'exploration et de l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent

---

**PAR René Audet**

Département de stratégie, responsabilité sociale et environnementale,  
Université du Québec à Montréal

**Claire Graziani-Taugeron**

Université du Québec à Montréal

**Jonathan Reeves-Latour**

Université du Québec à Montréal

La controverse sur l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent se retrouve au cœur de l'actualité, mais il n'existe pas de compte rendu systématique des acteurs qui y prennent part et de leurs revendications. La question posée dans ce chapitre est donc la suivante : Comment l'exploration et l'éventuelle exploitation des hydrocarbures dans le golfe s'inscrivent-elles dans le projet des groupes de la société civile québécoise ? Notre objectif est de répertorier les acteurs du débat ainsi que leurs principales positions afin de dresser un arrière-plan descriptif pour comprendre la controverse entourant le développement des hydrocarbures dans le golfe. Nous proposons deux typologies contribuant à en améliorer la compréhension. La première typologie porte sur les acteurs de la société civile québécoise engagés dans le débat sur les hydrocarbures au Québec. Elle est fondée sur une différenciation de ces acteurs en fonction de trois critères : les secteurs de la société civile auxquels ils appartiennent, les formes organisationnelles qu'ils se donnent et leur niveau d'implication dans le débat. La seconde typologie porte sur les revendications des acteurs (pour ou contre l'exploitation), mais aussi sur les enjeux de la consultation, du moratoire, de

Photo :  
É. Pelletier

---

la conservation et de la transition énergétique. Prises ensemble, ces deux typologies permettent de mieux circonscrire les spécificités de la controverse sur l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe, tout en renseignant sur l'identité discursive et organisationnelle des groupes qui y exercent une parole.



## FAITS MARQUANTS

- Le débat public sur l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures fait apparaître une dualité réductrice entre les « pour » et les « contre ».
- Dans le contexte du golfe, cinq catégories de groupes de la société civile prennent part au débat : les ONG environnementales, les groupes citoyens, les réseaux, les ONG d'affaires et les organisations autochtones.
- Ces groupes adoptent une diversité de projets et de revendications : pour l'exploitation, contre l'exploitation, pour la consultation, pour un moratoire, pour la conservation et pour la transition énergétique.

Photo : jcomp / Freepik

## INTRODUCTION

La controverse sur le développement de la filière des hydrocarbures au Québec se retrouve constamment au cœur de l'actualité. Les « pour » et les « contre », à travers leurs affrontements médiatiques répétitifs, semblent avoir cristallisé un discours bipolaire que l'ensemble de la société québécoise doit collectivement examiner pour décider d'une stratégie, de ses balises ou de ses solutions de remplacement. La manifestation la plus claire de cette dualité a sans doute été la publication presque simultanée, en janvier 2014, de deux manifestes concernant le développement de la filière des hydrocarbures. D'abord, le 8 janvier, un groupe de 11 personnalités proches du monde des affaires ont lancé le *Manifeste pour tirer profit collectivement de notre pétrole*, lequel soutient un argumentaire essentiellement axé sur l'état des finances publiques québécoises et de la balance commerciale, sur la courbe démographique et sur les tendances actuelles de la consommation de pétrole. Il propose d'exploiter les ressources fossiles afin de nous « enrichir collectivement », tout en « réduisant notre dépendance au pétrole étranger » (Collectif pétrole Québec, 2014). La réponse des opposants au développement de la filière ne s'est pas fait attendre. Le 20 janvier, un collectif de personnalités issues des milieux engagés a répondu avec le *Manifeste pour sortir de la dépendance au pétrole*, qui met de l'avant l'idée que « notre mode de vie a des impacts majeurs sur nos ressources naturelles et sur nos écosystèmes régionaux et planétaires » (Collectif pour sortir du pétrole, 2014), ainsi que la nécessité de s'affranchir non seulement de la dépendance au pétrole étranger, mais de la dépendance au pétrole tout court.

La dualité entre les « pour » et les « contre » trouve, dans ces deux manifestes, une trame qui marque profondément le discours sur le développement

des hydrocarbures au Québec. Pourtant, il faut bien constater qu'une lecture plus complexe des positions des acteurs québécois est de mise. D'abord, il faudrait parler des filières des hydrocarbures au pluriel puisque l'actualité des hydrocarbures se présente aujourd'hui à travers plusieurs sujets de controverse : celui du développement des ressources (supposées ou avérées) du golfe du Saint-Laurent et de son pourtour (notamment en Gaspésie et à l'île d'Anticosti); celui du gaz de schiste dans la vallée du Saint-Laurent, dont le développement; et tous ceux relatifs aux modes de transport maritime, ferroviaire et par oléoduc. Un autre élément contribuant à rendre la question plus complexe – et qui affleure dans l'échange entre les deux manifestes cités plus haut – renvoie aux multiples angles qu'il est possible d'adopter dans le cadre de ces débats, dont celui de la consommation, de la production, du transport, des risques écologiques, des changements climatiques, du modèle de développement économique, etc. Aussi, les nombreuses controverses sur les hydrocarbures recouvrent à la fois des enjeux communs et d'autres qui leur sont plus spécifiques, ce qui contribue à complexifier le débat. Enfin, au-delà des arguments, des prises de position et des campagnes médiatiques, il faudrait bien s'interroger sur « qui parle ? » dans les débats sur le développement des hydrocarbures. Cette question implique d'examiner les profils des locuteurs afin de situer les arguments dans des réalités socioéconomiques et politiques concrètes.

Voilà le canevas sur lequel il convient de tracer les grandes lignes de la controverse qui nous intéresse ici : l'exploration et l'ex-

Les nombreuses controverses sur les hydrocarbures recouvrent à la fois des enjeux communs et d'autres plus spécifiques à chacun des acteurs, ce qui contribue à complexifier le débat.

exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. La question posée dans ce chapitre est la suivante : Comment l'exploration et une éventuelle exploitation des hydrocarbures s'inscrivent-elles dans le projet des principaux groupes de la société civile québécoise ? Notre objectif, qui demeure avant tout de nature descriptive, est de répertorier les acteurs du débat ainsi que leurs principales positions afin de dresser un arrière-plan descriptif pour

comprendre la controverse entourant le développement des hydrocarbures dans le golfe. Nous proposons deux typologies contribuant à améliorer sa compréhension. La première typologie porte sur les acteurs de la société civile québécoise engagés dans le débat sur les hydrocarbures au Québec. Elle est fondée sur une différenciation de ces acteurs en fonction de trois critères :

les secteurs de la société civile auxquels ils appartiennent, les formes organisationnelles qu'ils se donnent et leur niveau d'implication dans le débat sur la filière des hydrocarbures dans le golfe par rapport aux autres controverses énumérées plus haut. La seconde typologie porte sur les revendications des acteurs qui interviennent le plus directement dans le débat sur les hydrocarbures dans le golfe. Prises ensemble, ces deux typologies permettent de mieux circonscrire les spécificités de la controverse sur l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe, tout en renseignant sur l'identité – non seulement discursive, mais aussi organisationnelle – des groupes qui y exercent une parole.

Cette étude est de nature exploratoire et descriptive. Ainsi, la stratégie méthodologique adoptée pour identifier les groupes de la société civile québécoise engagés dans le débat sur les hydrocarbures n'est pas entièrement systématique. Cette stratégie repose sur une fouille documentaire et « en ligne » misant largement sur la méthode dite « de la boule de neige », qui consiste à identifier et à répertorier des unités (ici, les groupes) par agrégation, c'est-à-dire à utiliser les réseaux de relations connus de certains groupes et organisations afin de découvrir de nouveaux groupes à ajouter dans le répertoire. Cette stratégie est facilitée par le fait que les groupes de la société civile québécoise qui interviennent sur la question des hydrocarbures se réunissent autour de plusieurs coalitions et réseaux dont les pages web (notamment les pages Facebook) fournissent de l'information sur les membres ou autres « sites d'intérêt ». Nous avons donc suivi ces liens pour identifier des groupes et organisations jusqu'au point de saturation, où plus aucune nouveauté n'apparaissait. De plus, afin de répertorier la plus grande diversité possible de groupes et d'organisations, nous avons fouillé le Registre des lobbyistes du Québec en utilisant les mots-clés « hydrocarbures » et « forage pétrolier ». Enfin, nous avons consulté la documentation issue des récentes consultations publiques et évaluations environnementales stratégiques sur les thèmes touchant aux hydrocarbures dans le golfe (BAPE, 2004; GENIVAR, 2013; C NLOPB, 2011, 2014). Cela nous a permis d'identifier d'autres réseaux d'organisations pouvant être considérées dans l'étude. /



Photo : Pixabay

Notre objectif [...] est de répertorier les acteurs du débat ainsi que leurs principales positions afin de dresser un arrière-plan descriptif pour comprendre la controverse entourant le développement des hydrocarbures dans le golfe.

## LES GROUPES DE LA SOCIÉTÉ CIVILE QUÉBÉCOISE ET LA FILIÈRE DES HYDROCARBURES

Nous proposons de présenter les projets et les revendications concernant l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent en fonction d'une typologie des groupes de la société civile québécoise engagés dans ce débat. Le concept de société civile a l'avantage de fournir des démarcations relativement claires, d'une part entre les grands domaines institutionnels des sociétés contemporaines et, d'autre part, entre les différentes composantes qui existent en son sein. Autrement dit, le concept de société civile permet une approche des-

criptive et facilite l'élaboration de typologies – deux attributs que nous exploitons dans ce chapitre afin de répertorier les acteurs, leurs projets et leurs revendications à l'égard de l'enjeu qui nous concerne. Notre première typologie porte sur les groupes et est construite autour de trois principales segmentations : l'appartenance aux différents secteurs de la société civile, le statut légal des groupes et le degré d'implication des groupes dans le débat sur les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent.

Le concept de société civile a l'avantage de fournir des démarcations relativement claires, d'une part entre les grands domaines institutionnels des sociétés contemporaines et, d'autre part, entre les différentes composantes qui existent en son sein.

### PREMIÈRE SEGMENTATION : LES SECTEURS DE LA SOCIÉTÉ CIVILE

Éminemment moderne – au sens où il est un produit des débats philosophiques ayant contribué à l'avènement de la modernité politique –, le concept de

société civile a évolué au gré des transformations profondes des sociétés occidentales jusqu'à aujourd'hui, alors qu'on parle même désormais d'une « société

Des « associations civiques » de Tocqueville et des « organismes vulgairement dits privés » de Gramsci, la société civile est progressivement devenue le lieu des « organisations non gouvernementales » (ONG) qu'on connaît aujourd'hui.

civile mondiale » (Keane 2003; Glasuis *et al.*, 2002). Ainsi, alors que la société civile a pu renvoyer à une bourgeoisie industrielle chez Hegel et chez Marx, elle en est venue éventuellement à traduire l'idée d'une sphère privée entretenue avec l'État une relation ambivalente décrivant à la fois la séparation de ces deux sphères, mais également leur interdépendance (Cohen et Arato, 1994). Par exemple, chez de Tocqueville, la société civile est considérée comme le lieu de l'exercice de la liberté dans un contexte de démocratie et d'égalité que l'État permet d'instaurer, mais celle-ci est également constamment menacée par le pouvoir autoritaire de cet État. Au cours du 20<sup>e</sup> siècle, plusieurs événements – dont la redécouverte des écrits de Gramsci (Bobbio, 1988), les luttes d'émancipation des anciennes républiques soviétiques (Mastnak, 2005; Pelczynski, 1988) et l'avènement du discours de la gouvernance mondiale (Duchastel et Audet,

2008) – ont fait en sorte que la société civile se pose désormais dans le cadre d'une tripolarité mettant en scène les trois grands domaines institutionnels que sont l'État, le marché et la société civile.

La démarche intellectuelle et historique ayant mené à cette triangularisation a fait passer le concept de société civile d'un statut fortement « idéal-normatif », qui attribuait à cette dernière une mission intrinsèque d'émancipation, à un statut plus « analytique-descriptif », qui permet d'utiliser le concept pour saisir des réalités empiriques (Keane, 2003). Ce passage s'est notamment effectué à travers l'attention croissante qui a été portée aux organisations qui constituent la société civile. Ainsi, des « associations civiques » de Tocqueville et des « organismes vulgairement dits privés » de Gramsci, la société civile est progressivement devenue le lieu des « organisations non gouvernementales » (ONG) qu'on connaît aujourd'hui.

Le meilleur exemple de cette mutation du concept se trouve peut-être dans la définition donnée par l'Organisation des Nations unies :

« La société civile est le "troisième secteur" de la société, aux côtés du gouvernement et du monde des affaires. Elle comprend des organisations de la société civile et les organisations non gouvernementales. L'ONU reconnaît l'importance du partenariat avec la société civile, parce qu'elle fait progresser les idéaux de l'Organisation et qu'elle appuie ses efforts. »

(ONU, s. d. 1)

Les conséquences de cette triangularisation des grands domaines institutionnels et de l'accent mis sur les ONG sont importantes. D'abord, le qualificatif « non gou-

vernemental » se double aussi de l'attribut implicite « non marchand », excluant donc non seulement la sphère gouvernementale, mais aussi les entreprises.

Toutefois, les ONG qui représentent un groupe d'entreprises ou un secteur industriel peuvent être considérées de la société civile. C'est ce qui pousse certains à distinguer le « secteur civique » et le « secteur corporatif » de la société civile (Duchastel et Audet, 2008) : d'un côté, les groupes qui prétendent parler au nom de l'intérêt général, de l'autre, ceux qui représentent des intérêts sectoriels et économiques. D'autres typologies vont encore plus loin. Ainsi, dans le cadre des négociations climatiques, le secrétariat de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) distingue neuf « constituantes » de la société civile : les ONG d'affaires (ou BINGO), les ONG environnementales (ou ENGO), les gouvernements locaux et municipaux, les organisations des peuples autochtones, les organisations de recherche (ou RINGO), les organisations syndicales (ou TUNGO), les organisations de fermiers et d'agriculteurs, les organisations de femmes et de genre, et les organisations de jeunes (ou YOUNGO).

Cette typologie de la CCNUCC nous a paru utile, dans la mesure où elle permet d'organiser un premier classement des groupes répertoriés lors de la fouille documentaire. Notre typologie des groupes de la société civile québécoise engagés dans le débat sur les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent (tableau 6.2) reprend donc les catégories suivantes : les ONG



Photo : S. Weissenberger

environnementales, les ONG d'affaires et les organisations des peuples autochtones. La fouille documentaire a permis d'identifier deux organisations autochtones (le mouvement Idle No More, qui n'est pas à proprement parler une organisation, et l'AGHAMM), cinq ONG d'affaires (l'Association pétrolière et gazière du Québec, l'Association québécoise des fournisseurs de services pétroliers et gaziers, le Conseil du patronat du Québec, la Fédération des chambres de commerce du Québec, les Manufacturiers et exportateurs du Québec) ainsi qu'un grand nombre d'organisations environnementales.

## DEUXIÈME SEGMENTATION : LES FORMES ORGANISATIONNELLES DES GROUPES ENVIRONNEMENTAUX

Les secteurs de la société civile représentent cependant des catégories très larges dont la composition peut s'avérer hétérogène. C'est particulièrement le cas du secteur des ONG environnementales, dont la grande diversité est depuis longtemps connue (Vaillancourt, 1981). Cette diversité existe notamment au sein des

formes organisationnelles de ces groupes, lesquelles ne se limitent pas à l'ONG typique. En outre, les groupes environnementaux se dotent souvent de formes d'organisation informelles et ponctuelles qui ne correspondent pas aux paramètres légaux et administratifs permettant de reconnaître une organisation comme

## LES COMITÉS ZIP ET LES CHEFS DES PREMIÈRES NATIONS, ACTEURS DE LA SOCIÉTÉ CIVILE ?

Les frontières entre la société civile et les deux autres domaines institutionnels (gouvernemental et marchand) ne sont pas toujours très nettes. Des organismes ou des initiatives chevauchent bien souvent ces domaines. Il n'est donc pas toujours aisé de déterminer ce qui relève véritablement de la société civile. Nous avons fait face à cette situation dans deux cas.

Le premier cas est celui des comités ZIP. Le Programme des zones d'intervention prioritaire (ZIP) est issu d'une collaboration entre les institutions gouvernementales et les groupes de la société civile québécoise. En 1988, Environnement Canada a entrepris de créer des structures de concertation locales autour d'un zonage « à la fois écologique et social des rives du Saint-Laurent » (Plan d'action Saint-Laurent, 2016), alors qu'au même moment, les groupes environnementaux québécois créaient Stratégies Saint-Laurent dans un objectif similaire de concertation et de participation des différents acteurs concernés dans les décisions publiques touchant au fleuve Saint-Laurent. C'est ce double processus qui a mené à la création du Programme des ZIP en 1993. Puisque les comités ZIP incluent notamment des acteurs des gouvernements fédéral et provincial et des autorités municipales, nous avons choisi de les exclure de notre analyse. De plus, bien que certains comités ZIP aient pris

part au débat sur l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe, les groupes de la société civile qui prennent part à ces comités sont déjà considérés par l'étude. Enfin, nous avons intégré à l'analyse l'organisme Stratégies Saint-Laurent, qui a un mandat de représentation des comités ZIP.

Le second cas est celui des Premières Nations côtières du golfe. Plusieurs organisations représentant ces Premières Nations ont déposé des mémoires dans les évaluations environnementales stratégiques tenues depuis quelques années sur les enjeux d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures dans le golfe, ou encore se sont prononcées publiquement contre ces activités. C'est le cas par exemple du Conseil des Innu de Ekuanitshit et du Mi'gmawei Mawiomi Secretariat lors des consultations menées par Terre-Neuve-et-Labrador sur le projet *Old Harry*, ou encore de l'Assemblée des Premières Nations du Québec et du Labrador. Or, ces organisations étant des structures de gouvernance des Premières Nations, elles peuvent être considérées comme relevant du domaine gouvernemental, plutôt que de la société civile. En revanche, l'Association de gestion halieutique autochtone Mi'gmaq et Malécite (AGHAMM) relève plus clairement de ce que nous entendons par société civile. Nous l'avons donc incluse dans l'étude.

étant une ONG. Cette diversité de formes organisationnelles dans la composition de la société civile peut avoir des conséquences sur la capacité des acteurs sociaux à prendre la parole, dans la mesure où les classifications officielles des membres de la société civile – comme celle de la

CCNUCC ou encore celle proposée par le système intégré des organisations de la société civile des Nations unies (ONU, s. d. 2) – sont devenues institutionnalisées et opérationnelles. Voilà pourquoi nous avons cru nécessaire de créer des sous-catégories au sein des groupes envi-

ronnementaux engagés dans le débat sur les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent et de distinguer les différentes formes organisationnelles des groupes environnementaux.

Les formes organisationnelles des intervenants sur la question de l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe sont multiples. Certaines sont des formes légalement reconnues comme « personnes morales » et encadrées par des lois fiscales. C'est le cas des organismes à but non lucratif (OBNL). Ces formes organisationnelles sont alors faciles à relever parce qu'elles apparaissent dans les registres des gouvernements canadien et québécois, par exemple la liste des organismes de bienfaisance de l'Agence du revenu du Canada (ARC)<sup>1</sup> ou encore le Registre des entreprises du Québec (REQ)<sup>2</sup>. D'autres sont des « groupes citoyens » ou des réseaux d'organisations qui ne sont pas nécessairement constitués légalement.

Ainsi, nous avons soumis les noms de tous les groupes environnementaux recensés dans le débat sur les hydrocarbures dans le golfe aux outils de recherche fournis par le REQ et par la Liste des organismes de bienfaisance de l'ARC. Les zones bleutées du tableau 6.1 indiquent quelles organisations sont enregistrées à titre d'OBNL et à titre d'organisme de bienfaisance au REQ et à l'ARC.

Cet examen fait ressortir des profils différents pour les groupes possédant un statut juridique officiel et pour ceux qui n'en ont pas. Parmi les groupes environnementaux, trois sous-catégories se dessinent.

Premièrement, les groupes qui portent le titre d'association ou de fondation ainsi que les ONG bien connues pour leurs

interventions dans les débats environnementaux sont tous enregistrés comme OBNL. D'ailleurs, la plupart des groupes possédant un numéro de bienfaisance à l'ARC sont aussi des groupes ayant fait l'histoire des mobilisations

environnementales au Québec, dont Greenpeace, Nature Québec, la Fondation David Suzuki, le Sierra Club, le RQGE, la SVP, les AmiEs de la Terre de Québec, etc. (Vaillancourt, 2015). Ces groupes se caractérisent tous par leur engagement, au fil des années, dans un grand nombre de débats environnementaux. Ainsi, les enjeux liés aux hydrocarbures ne constituent pas, dans leur mission, un pôle exclusif. Au contraire, ces organisations sont dotées d'une mission plus généraliste touchant un champ plus vaste. Le terme d'**ONG environnementale** s'applique convenablement à cette sous-catégorie de groupes plus généralistes et institutionnalisés.

Deuxièmement, la plupart des groupes dont la question des hydrocarbures est au cœur de la mission – voire du nom (Alerte Pétrole Rive-Sud, Non à une marée noire dans le golfe du Saint-Laurent, Stop oléoducs et Tache d'huile) – ne disposent pas, dans une grande majorité de cas, du statut officiel d'OBNL. Il en est de même des groupes qui s'affirment « citoyens » (Convoi citoyen et Les citoyens au courant). Ainsi, contrairement aux ONG environnementales, le champ d'action des groupes environnementaux « non enregistrés » se situe davantage autour des enjeux liés à l'énergie et aux hydrocar-

Les groupes environnementaux se dotent souvent de formes d'organisation informelles et ponctuelles qui ne correspondent pas aux paramètres légaux et administratifs permettant de reconnaître une organisation comme étant une ONG.

<sup>1</sup> [www.cra-arc.gc.ca/chrts-gvng/lstngs/menu-fra.html](http://www.cra-arc.gc.ca/chrts-gvng/lstngs/menu-fra.html)

<sup>2</sup> [www.registreentreprises.gouv.qc.ca/fr/consulter/rechercher/default.aspx](http://www.registreentreprises.gouv.qc.ca/fr/consulter/rechercher/default.aspx)

**Tableau 6.1**

Les statuts légaux des groupes environnementaux selon le Répertoire des entreprises du Québec (REQ) et selon la Liste des organismes de bienfaisance de l'Agence du revenu du Canada (ARC).

● = Enregistré à travers une organisation mère œuvrant au palier fédéral ou provincial.

NOM DU GROUPE	REQ	ARC
Alerte Pétrole Rive-Sud		
AmiEs de la Terre de Québec		
Association madelinienne pour la sécurité énergétique et environnementale		
Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique		
Attention Fragîles		
Coalition Saint-Laurent		
Collectif Moratoire Alternatives Vigilance Intervention		
Collectif scientifique sur la question du gaz de schiste		
Convoi citoyen		
Conseil régional de l'environnement Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine		
Eau secours! Coalition québécoise pour une gestion responsable de l'eau		
Éco-Vigilance Baie-des-Chaleurs		
Élan global		
Énergie alternative		
Ensemble pour l'avenir durable du Grand Gaspé!		
Environnement Vert Plus		
Équiterre		
Fondation David Suzuki		●
Front commun pour la transition énergétique		
Greenpeace Québec	●	
Justice climatique Montréal		
Les citoyens au courant		
Nature Québec		
Non à une marée noire dans le golfe du Saint-Laurent		
Regroupement vigilance hydrocarbures		
Réseau québécois des groupes écologistes (RQGE)		
Sierra Club Québec		●
Société pour la nature et les parcs du Canada (SNAP) – Section Québec		●
Société pour vaincre la pollution (SVP)		
Stop oléoducs		
Stratégies Saint-Laurent		
Tache d'huile		

bures, et il s'inscrit dans un tissu associatif et citoyen territorialement circonscrit. S'il y a bien des exceptions et que certains de ces groupes sont effectivement enregistrés au REQ (p. ex., l'Association madelinienne pour la sécurité énergétique et environnementale et le Collectif Moratoire Alternatives Vigilance Intervention), il convient de noter qu'aucun d'eux ne possède un numéro d'organisme de bienfaisance. La sous-catégorie des groupes répondant à ce profil peut être désignée par l'étiquette **groupes citoyens**.

Il existe une troisième sous-catégorie qui chevauche les deux dernières et qui se démarque surtout par la fonction de mise en relation des différents groupes : il s'agit des réseaux, coalitions et fronts communs qui, en réunissant de nombreux groupes engagés sur la question des hydrocarbures, créent des ponts entre les ONG environnementales et les groupes citoyens. La Coalition Saint-Laurent, le Front commun pour la transition énergétique, Élan global, Eau secours!, le Regroupement vigilance hydrocarbures, le RQGE et Stratégies Saint-Laurent se retrouvent dans cette catégorie. Le plus actif et représentatif de ces réseaux est sans doute la Coalition Saint-Laurent. Fondée en 2010 par Nature Québec, par Attention Fragîles, par la Fondation David Suzuki ainsi que par la SNAP – Section Québec, la Coalition Saint-Laurent s'est impliquée directement dans les processus d'évaluation environnementale stratégique concernant le dossier *Old Harry*, notamment les exercices menés à Terre-Neuve (C-NLOPB, 2011, 2014) et celui mené dans la partie québécoise du golfe par la firme GENIVAR (GENIVAR, 2013). Source d'information pour les autres groupes impliqués dans le dossier de l'exploration autour du golfe, ressource-conseil pour les acteurs (groupes ou citoyens) qui désirent rédiger des mémoires dans les processus de consultation, et vulgarisateur des dossiers d'exploration et d'exploitation des hydrocar-

Exemple d'ONG environnementale



David  
Suzuki  
Foundation

Exemple de groupes citoyens



Exemple de réseaux de groupe

ST-LAWRENCE  
**COALITION**  
SAINT-LAURENT

bures dans le contexte du golfe (Coalition Saint-Laurent, 2014), la Coalition Saint-Laurent représente typiquement ce que nous entendons par la fonction de mise en relation qui caractérise la sous-catégorie des **réseaux de groupes**.

Cette analyse sommaire des statuts juridiques et des formes organisationnelles des groupes environnementaux nous permet donc de déterminer trois sous-catégories de groupes environnementaux intervenant dans le débat sur les hydrocarbures au Québec :

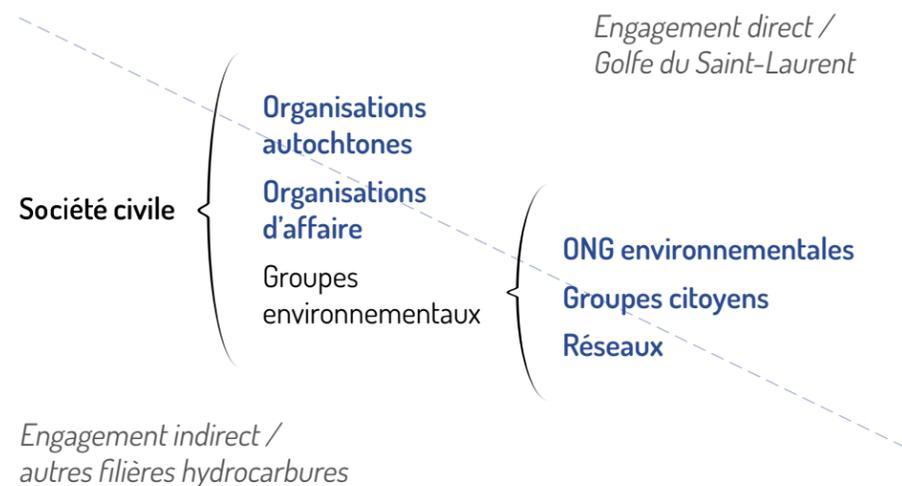
- 1) les ONG environnementales, ayant un mandat plus généraliste et une certaine histoire dans les luttes environnementales québécoises;
- 2) les groupes citoyens, plus spécialisés sur les enjeux d'énergie et d'hydrocar-

bures et plus ancrés dans des contextes locaux;  
 3) les réseaux de groupes, qui chevauchent ces deux sous-catégories en assurant une certaine coordination entre eux.

Ces trois sous-catégories côtoient les ONG d'affaires et les organisations autochtones dans la typologie des groupes de la société civile engagés dans le débat sur les hydro-

carbures dans le golfe du Saint-Laurent. Il est enfin possible d'appliquer une dernière segmentation de cette typologie en distinguant les groupes directement engagés dans le débat sur l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe de ceux qui s'intéressent à la filière des hydrocarbures de manière plus générale (figure 6.1). Cette troisième segmentation fera l'objet de la prochaine sous-section.

**Figure 6.1**  
 Segmentations de la typologie des groupes de la société civile québécoise impliqués dans les débats sur les hydrocarbures. Les éléments en bleu représentent ceux retenus pour l'analyse.



### TROISIÈME SEGMENTATION : LE POSITIONNEMENT AU SUJET DE L'EXPLOITATION DES HYDROCARBURES DANS LE GOLFE

Les deux premières segmentations développées ci-avant s'appliquent indifféremment aux groupes de la société civile québécoise qui se positionnent dans l'une ou l'autre des controverses sur les hydrocarbures. Toutefois, ces acteurs ne se positionnent pas tous très explicitement sur la filière qui nous intéresse ici, soit l'exploration et l'exploitation dans le golfe du Saint-Laurent. Certains groupes, partant d'une lutte contre le gaz de schiste ou les oléoducs, ont développé un discours sur l'ensemble des hydrocarbures, par exemple en les abordant du point de vue des procédés d'exploitation (dont la fracturation hydraulique) ou encore de leur transport par train ou par oléoduc. Toutefois, l'objet de ce chapitre étant la controverse entourant l'exploration et

l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe, il convient d'identifier plus spécifiquement les groupes porteurs de projets et de revendications à propos de cette filière. Ainsi, la troisième segmentation de notre typologie distingue les groupes qui sont engagés *directement* dans le débat sur les hydrocarbures dans le golfe de ceux qui y sont engagés *indirectement*. Les premiers adoptent une ou plusieurs positions explicites et documentées à l'égard des hydrocarbures dans le golfe, alors que les seconds sont surtout engagés envers les autres controverses et, s'ils peuvent évoquer la question du golfe, ils n'ont pas élaboré d'argumentaire spécifiquement orienté sur cette question (voir tableau 6.2).

**Tableau 6.2**

Typologie des groupes de la société civile engagés dans le débat sur les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent.

GROUPES ENGAGÉS DIRECTEMENT DANS LA FILIÈRE DU GOLFE	
Groupes citoyens	Association madelinienne pour la sécurité énergétique et environnementale Ensemble pour l'avenir durable du Grand Gaspé! Non à une marée noire dans le golfe du Saint-Laurent Tache d'huile
ONG environnementales	AmiEs de la Terre de Québec Attention FragÎles Conseil régional de l'environnement Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine Fondation David Suzuki Greenpeace Québec Nature Québec Société pour la nature et les parcs du Canada – Section Québec Sierra Club Québec
ONG d'affaires	Association pétrolière et gazière du Québec Association québécoise des fournisseurs de services pétroliers et gaziers
Réseaux de groupes	Coalition Saint-Laurent Stratégies Saint-Laurent
Organisations autochtones	Association de gestion halieutique autochtone Mi'gmaq et Malécite
GROUPES ENGAGÉS DANS LES AUTRES FILIÈRES	
Groupes citoyens	Alerte Pétrole Rive-Sud Collectif Moratoire Alternatives Vigilance Intervention Collectif scientifique sur la question du gaz de schiste Convoi citoyen Justice climatique Montréal Les citoyens au courant Stop oléoducs
ONG environnementales	Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique Environnement Vert Plus Équiterre Société pour vaincre la pollution
ONG d'affaires	Conseil du patronat du Québec Fédération des chambres de commerce du Québec Manufacturiers et exportateurs du Québec
Réseaux de groupes	Front commun pour la transition énergétique Eau secours! Coalition québécoise pour une gestion responsable de l'eau Élan global Regroupement vigilance hydrocarbures Réseau québécois des groupes écologistes
Organisations autochtones	Idle No More

L'intérêt principal de cette typologie est d'enrichir l'analyse des projets et des revendications des groupes de la société civile dans un contexte où le discours médiatique tend à dépeindre une dualité entre des « pour » et des « contre ». Il s'avère qu'il existe une certaine gamme de positions et d'arguments plus nuancés qu'il faudrait bien mettre en lumière. En outre, certains de ces arguments, projets et revendications pourraient bien caracté-

tériser certaines catégories de groupes de la société civile québécoise, ce qui est d'intérêt tant pour le développement des connaissances sur le sujet que pour un déroulement plus serein du débat sur la filière des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. Il convient donc, à partir d'ici, de s'intéresser aux projets et aux revendications des groupes engagés directement dans le débat sur cette filière. /



Photo : Pixabay

## LES PROJETS ET LES REVENDICATIONS

Nous avons donc documenté les projets et les revendications des groupes engagés de manière directe dans la controverse sur l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. Il faut préciser que, sur le plan méthodologique, notre démarche ne constitue pas une véritable analyse de contenu systématique : elle demeure exploratoire et n'a pas de prétention à l'exhaustivité. Nous avons procédé en examinant la documentation disponible sur les pages web de ces groupes et en classant les principaux projets et revendications des groupes en fonction de six catégories :

- 1) en faveur de l'exploitation dans le golfe ;
- 2) contre l'exploitation dans le golfe ;
- 3) pour la consultation ;
- 4) pour un moratoire ;

- 5) pour la conservation ;
- 6) pour une transition énergétique.

Le tableau 6.3 illustre la contribution des groupes citoyens, des ONG environnementales, des ONG d'affaires, des réseaux de groupes et des organisations autochtones à ces six catégories de projets et de revendications. La plupart des groupes se positionnent dans au moins deux catégories, ce qui indique que les argumentaires sont construits en conciliant plusieurs revendications, parfois en les adossant les unes aux autres. Les sous-sections qui suivent permettront à la fois de mieux comprendre les arguments et les revendications mobilisés par les groupes, mais aussi de mettre en relation les différentes catégories et les types de groupes qui les portent.

### POUR L'EXPLOITATION

Sans surprise, les ONG d'affaires (l'APGQ et l'AFSPG) s'affichent ouvertement en faveur du développement de la filière. Celles-ci occupent toutefois des positions différentes dans ce secteur industriel. L'APGQ est d'abord et avant tout un lobby pour l'avancement des projets pétroliers au Québec et fait la promotion du développement de méthodes dites « durables » d'exploitation non conventionnelle, par exemple celle qui est envisagée à l'île

d'Anticosti. Quant à l'AFSPG, sa mission est de promouvoir l'offre de services de ses membres pour l'exploitation des hydrocarbures. L'argumentaire de ces groupes consiste à souligner les bénéfices économiques de l'exploitation en les projetant sur l'ensemble de la filière, en amont et en aval, par exemple aux étapes de l'exploration et du transport. À toutes les étapes, ces organisations prédisent des retombées pour les différentes communautés

**Tableau 6.3**

Répartition des acteurs des groupes de la société civile engagés dans le débat sur les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent en fonction de leurs revendications.

	POUR EXPLOITATION	CONTRE EXPLOITATION	POUR CONSULTATION	POUR MORATOIRE	POUR CONSERVATION	POUR TRANSITION
<b>GROUPES CITOYENS</b>						
Association madelinienne pour la sécurité énergétique et environnementale						
Ensemble pour l'avenir durable du Grand Gaspé!						
Non à une marée noire dans le golfe du Saint-Laurent						
Tache d'huile						
<b>ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES ENVIRONNEMENTALES</b>						
AmiEs de la Terre de Québec						
Attention Fragîles						
Conseil régional de l'environnement Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine						
Fondation David Suzuki						
Greenpeace Québec						
Nature Québec						
Société pour la nature et les parcs du Canada (SNAP) – Section Québec						
Sierra Club Québec						
<b>ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES D'AFFAIRES</b>						
Association pétrolière et gazière du Québec (APGQ)						
Association québécoise des fournisseurs de services pétroliers et gaziers (AFSPG)						
<b>RÉSEAUX DE GROUPES</b>						
Coalition Saint-Laurent						
Stratégies Saint-Laurent						
<b>ORGANISATIONS AUTOCHTONES</b>						
Association de gestion halieutique autochtone Mi'gmaq et Malécite (AGHAMM)						

du Québec, dont la création de nombreux emplois. Citant en exemple les retombées économiques (emplois et croissance) de l'exploitation du gaz naturel en Alberta, l'AFSPG encourage les Québécois à faire

le pas. C'est pourquoi, comme l'affirme l'APGQ, « le Québec peut et doit produire une partie du pétrole et du gaz qu'il consomme » (APGQ, 2017a).

### CONTRE L'EXPLOITATION

La position opposée à la première est que le pétrole devrait rester sous terre et qu'aucune filière pétrolière ne devrait être développée au Québec. Cela implique évidemment que l'ensemble de la filière des hydrocarbures soit mis hors jeu, incluant l'exploration et le transport. Une grande partie de l'argumentaire antiexploitation repose sur des préoccupations environnementales et mettent de l'avant l'aspect limité des ressources, le déclin de certaines populations animales, l'augmentation des gaz à effet de serre et l'acidification des océans pour justifier leur opposition au pétrole. La fragilité des écosystèmes du golfe du Saint-Laurent et le besoin de les protéger sont explicitement mentionnés par Les AmiEs de la Terre, la Fondation David Suzuki et la SNAP – Section Québec. Les risques de catastrophe et de déversement sont aussi mobilisés dans l'argumentaire de plusieurs groupes qui soulignent qu'une marée noire dans le

Saint-Laurent aurait un impact économique dévastateur sur les activités économiques des communautés insulaires et côtières, dont l'économie repose principalement sur la pêche et le tourisme.

Si plusieurs ONG environnementales et certains groupes citoyens s'affirment d'emblée contre l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe, de nombreux groupes ne s'y opposent pas explicitement ou catégoriquement. Les quatre revendications suivantes indiquent effectivement un argumentaire nuancé portant sur des éléments plus détaillés d'une éventuelle mise en place de la filière des hydrocarbures dans le golfe.

Si plusieurs ONG environnementales et certains groupes citoyens s'affirment d'emblée contre l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe, de nombreux groupes ne s'y opposent pas explicitement ou catégoriquement.

### POUR LA CONSULTATION

Le fait de revendiquer une consultation indique une volonté de participer à une décision qui n'est pas encore cimentée. Ainsi, les groupes refusant catégoriquement l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe n'ont pas tendance à demander plus de consultation, et la plupart des groupes qui demandent une consultation ne refusent pas d'emblée les projets d'exploitation. Alors que les premiers sont surtout des ONG environnementales et leurs réseaux, les seconds sont surtout des

groupes citoyens, avec l'apport notable de l'AGHAMM. Cette dernière demande avant tout à être consultée sur toute question touchant la gestion des ressources aquatiques marines et, bien qu'elle ne se positionne pas pour ou contre l'exploitation des hydrocarbures au Québec, les activités qu'elle veut protéger pourraient en être affectées. L'Association madelinienne pour la sécurité énergétique et environnementale met également beaucoup l'accent sur la nécessité de consulter

les populations concernées par les projets de cette filière, tout comme l'organisme Tache d'huile. La Coalition Saint-Laurent et ses nombreux partenaires revendiquent quant à eux une vaste commission fédérale-provinciale sur le développement de la filière dans le golfe, seule manière d'envisager la question dans son entièreté puisque cinq provinces ainsi qu'un grand nombre de Premières Nations sont côtières du golfe du Saint-Laurent (Coalition Saint-Laurent, 2014).

L'APGQ, un lobby québécois de la filière des hydrocarbures, ne revendique pas véritablement de consultation, mais elle s'engage, dans sa déclaration d'acceptabilité sociale, à contribuer « de façon proactive [à] une consultation ouverte et

honnête avec les intervenants directement touchés par le projet » (APGQ, 2017b). Cet engagement doit toutefois être envisagé à l'aune de certaines contraintes qui ne relèvent nullement des ONG d'affaires, une des plus significatives étant sans doute l'obligation constitutionnelle reconnue par la Cour suprême du Canada, pour la Couronne, de consulter et d'accommoder les Premières Nations pour le type de développement industriel dont il est question ici. Ainsi, la reconnaissance de cette obligation est au cœur des interventions de la coalition des chefs des Premières Nations des Innus, des Mi'gmaqs et des Malécites, qui entendent faire en sorte que la filière des hydrocarbures ne se fasse pas à l'encontre de leurs droits ancestraux (Desbiens *et al.*, 2015).



Photo Chefs des Premières Nations Innus, Mi'gmaqs et Malécites :  
Groupe CNW/Nation Mi'gmaq de Gespeg / [gespeg.ca](http://gespeg.ca)  
et Première Nation Malecite de Viger / [malecites.ca/fr](http://malecites.ca/fr)

## POUR UN MORATOIRE

Puisque les groupes qui revendiquent un moratoire sur le développement de la filière des hydrocarbures au Québec ne partagent pas tous leur opposition à l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe, l'argumentaire autour du projet de moratoire est diversifié. Alors que plusieurs groupes réclament un moratoire sur la base de leur opposition pure et simple au développement de la filière, d'autres, comme la Coalition Saint-Laurent, demandent un moratoire sur l'exploitation des hydrocarbures dans

l'entièreté du golfe du Saint-Laurent, tout en précisant qu'être pour un moratoire n'équivaut pas nécessairement à être contre l'exploitation des hydrocarbures. La Coalition Saint-Laurent promeut plutôt un processus de réflexion et d'analyse réunissant l'ensemble des provinces et des gouvernements, des Premières Nations et des groupes concernés, avant de prendre une décision qui pourrait s'avérer difficilement réversible. La Fondation David Suzuki prône un moratoire afin de bloquer les projets d'exploration

et d'exploitation d'hydrocarbures dans l'entièreté du golfe du Saint-Laurent. Le groupe Stratégies Saint-Laurent propose aussi un moratoire à l'exploration et à l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe tant que la preuve n'aura pas été faite qu'il n'y aura aucune conséquence sur ses écosystèmes.

En fait, la revendication d'un moratoire permet d'introduire dans le discours des groupes une série de conditionnalités concernant l'exploitation des hydrocarbures, allant de la consultation à l'analyse des risques, en passant par la conserva-

tion de larges territoires du golfe et la transition énergétique. Le moratoire, en somme, s'articule facilement à d'autres revendications complémentaires dans le discours des groupes de la société civile québécoise. Il peut potentiellement rejoindre l'ensemble des groupes qui ne partagent pas nécessairement le même degré d'opposition à la filière, à l'exception des ONG d'affaires. La revendication d'un moratoire a donc une portée stratégique pour faire front commun, comme en témoigne d'ailleurs la position de la Coalition Saint-Laurent.

En fait, la revendication d'un moratoire permet d'introduire dans le discours des groupes une série de conditionnalités concernant l'exploitation des hydrocarbures, allant de la consultation à l'analyse des risques, en passant par la conservation de larges territoires du golfe et la transition énergétique.

## POUR LA CONSERVATION

Il existe, dans la tradition conservacionniste, certaines positions plus ou moins radicales qui donnent lieu à des propositions variées de solutions, allant de la préservation des espaces naturels de toute activité humaine à l'instauration de zones d'utilisation restreinte des espaces et des ressources, dont les degrés de contrainte varient (Yvard-Djahansouz, 2010). La position la plus exigeante en cette matière, dans le cadre du golfe du Saint-Laurent, provient selon nous de la Société pour la nature et les parcs du Canada – Section Québec, qui revendique la protection des espaces verts et des aires marines par la création d'un large réseau d'espaces

protégés, jusqu'à l'atteinte de l'objectif qui consisterait à protéger plus de 50% des espaces naturels publics restant au Canada. D'autres organisations, comme Nature Québec et Sierra Club Québec, ont aussi pour mission la conservation de larges espaces naturels, dont les aires marines qu'on pourrait instituer dans le golfe. L'Association de gestion halieutique autochtone Mi'gmaq et Malécite a aussi une mission de conservation des ressources aquatiques sur l'ensemble de son territoire, mais sa position, comme nous l'avons dit, consiste davantage à concilier conservation et activités économiques, comme la pêche.

## POUR UNE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

La revendication d'une transition énergétique transcende tous les autres argumentaires, à l'exception de l'argumentaire en faveur de l'exploitation. Elle est caractéristique à la fois des groupes citoyens et des ONG environnementales. Il s'agit d'ailleurs d'une revendication qui dépasse largement le contexte du débat sur les hydrocarbures, mais qui est néanmoins mobilisée de plus en plus systématiquement par les acteurs de l'environnementalisme (Audet, 2016). Ce nouveau discours n'est cependant pas uniforme : la transition peut ainsi couvrir un éventail idéologique varié. Dans le cadre du débat sur les hydrocarbures dans le golfe, deux tendances principales se démarquent : l'approche inspirée de l'écologie politique et l'approche technocentriste.

La première, inspirée du courant de l'écologie politique, remet en cause les bases mêmes du système capitaliste et insiste sur la nécessité de transformer non seulement la réalité énergétique, mais aussi le système politico-économique. Pour Les AmiEs de la Terre de Québec, par

exemple, il importe de sortir du paradigme extractiviste actuel qui génère les projets d'exploration comme ceux qui touchent le golfe. Pour ce faire, la transition devrait procéder par une décentralisation des systèmes énergétiques afin que chaque communauté puisse choisir quelle énergie renouvelable prioriser. Le réseau de groupes Élan global propose un argumentaire apparenté, présentant la transition énergétique comme une affaire socioéconomique qui consistera notamment à « humaniser l'économie ». Dans le même ordre d'idées, le groupe citoyen Tache d'huile entrevoit une transition écologique associée à l'idée de décroissance en promouvant notamment la diminution du temps de travail, la réorientation des objectifs économiques ou la diminution de la consommation.

L'autre approche de la transition se préoccupe davantage des technologies à mettre en œuvre dans le cadre de la transition énergétique et, dans une certaine mesure, de leurs conséquences en matière de modèle économique. L'Association madelinienne pour la sécurité énergétique et environnementale, ainsi que les grandes ONG environnementales que sont Greenpeace, la Fondation David Suzuki et Équiterre, préconisent en effet une vision de la transition qui est axée sur les solutions de substitution technologique et énergétique – des énergies locales et renouvelables capables de générer des emplois dans les régions tout en remplaçant certaines formes de consommation des hydrocarbures. Il s'agit moins ici de critiquer l'ordre établi que de proposer des solutions de rechange relativement faciles à implanter afin de proposer une offre énergétique qui rendrait caduques les prétentions à l'atteinte d'une « autonomie énergétique » fondées sur les hydrocarbures. /

## CONCLUSION

Ce chapitre avait pour objectif d'explorer les projets et les revendications des groupes de la société civile québécoise concernant les enjeux de l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. Afin de rendre notre compte rendu le plus systématique possible, nous avons opté pour une définition « analytique-descriptive » de la société civile, qui a consisté à développer une segmentation des différents types de groupes de la société civile engagés dans la controverse sur les hydrocarbures au Québec afin de repérer les projets et les revendications qui les caractérisent et qui les distinguent. Les groupes citoyens, les ONG environnementales, les réseaux de groupes, les ONG

d'affaires et les organisations autochtones, comme nous l'avons ensuite montré, ont à la fois des revendications partagées et des positions qui les démarquent. Ces projets et ces revendications sont parfois complémentaires – c'est le cas, par exemple, des revendications pour une consultation et pour un moratoire –, alors que d'autres sont incompatibles – une approche critique de la transition énergétique interdit une position pour l'exploration et l'exploitation. Ce que nous pourrions appeler « l'espace discursif » du golfe du Saint-Laurent est donc nettement plus complexe que la dualité entre les « pour » et les « contre » qui transparait dans le débat public sur les hydrocarbures. /

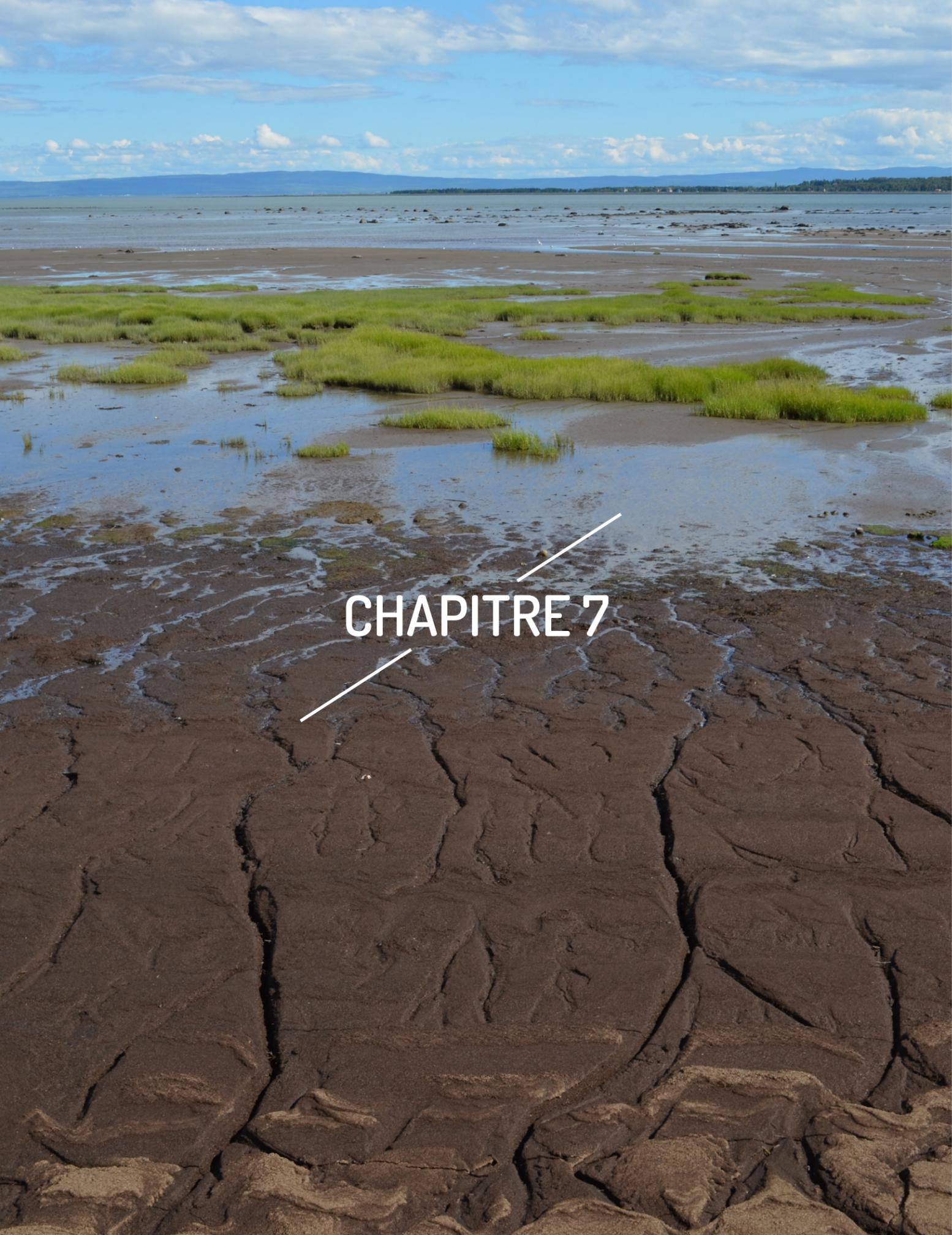
Visuel :  
[elanglobal.org](http://elanglobal.org)



Photo : Jannoon028 /  
Freepik

## BIBLIOGRAPHIE

- Audet, R. 2016. Discours autour de la transition écologique, dans M.-J. Fortin, Y. Fournis et F. L'Italien (dir.), *La transition énergétique en chantier. Les configurations institutionnelles et territoriales de l'énergie*, Presses de l'Université Laval, p. 11-30.
- Association pétrolière et gazière du Québec (APGQ). 2017a. À propos de l'APGQ. En ligne : <http://www.apgq-qoga.com/a-propos-de-l%E2%80%99apgq/> Consulté le 2 janvier 2017.
- APGQ. 2017b. Principes et engagements envers la communauté. En ligne : <http://www.apgq-qoga.com/a-propos-de-l%E2%80%99apgq/principes-et-engagements-envers-la-communaute/> Consulté le 2 janvier 2017.
- Bureau d'audience publique sur l'environnement (BAPE). 2004. Les enjeux liés aux levés sismiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, Rapport 193. Août 2004. En ligne : <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/rapports/publications/bape193.pdf>
- Bobbio, N. 1988. Gramsci and the concept of Civil Society, dans Keane, J. (dir.), *Civil Society and the State. New European Perspectives*, Londres et New York : Verso, p. 73-99.
- Canada-Newfoundland & Labrador Offshore Petroleum Board (C-NLOPB). 2011. Project-Based Environmental Assessments : Corridor Resources Inc. Drilling of an Exploration Well on the Old Harry Prospect - EL 1105. En ligne : <http://www.cnlopb.ca/assessments/corridorresinc2.php>
- Canada-Newfoundland & Labrador Offshore Petroleum Board (C-NLOPB). 2014. Western Newfoundland & Labrador Offshore Area Strategic Environmental Assessment (SEA) Update Report. En ligne : <http://www.cnlopb.ca/sea/western.php>
- Coalition Saint-Laurent. 2014. Golfe 101. Pétrole dans le golfe du Saint-Laurent : Faits, mythes et perspectives d'avenir. Coalition St-Laurent, 78 p.
- Cohen J.L., Arato, A. 1994. *Civil Society and Political Theory*, Cambridge : MIT Press, 771 p.
- Collectif pétrole Québec. 2014. Manifeste pour tirer profit collectivement de notre pétrole, En ligne : <http://www.petrolequebec.ca/> Consulté le 24 février 2016.
- Collectif pour sortir du pétrole. 2014. Manifeste pour sortir de la dépendance au pétrole, En ligne : <http://poursortirdupetrole.com/> Consulté le 24 février 2016.
- Desbiens, C., Gagnon, J., Roy-Allard, F. 2015. Présence et enjeux autochtones associés au développement des hydrocarbures au Québec, Revue de littérature présentée au Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques et au Ministère de l'énergie et des ressources naturelles dans le cadre de l'Évaluation environnementale stratégique (EES) globale sur les hydrocarbures au Québec, 77 pages.
- Duchastel, J., Audet, R. 2008. Démocratie, société civile et institutionnalisation de la gouvernance transnationale à l'OIT et à l'OMC, dans *Études internationales*, XXXIX(4) : 511-536.
- Genivar. 2013. Évaluation environnementale stratégique sur la mise en valeur des hydrocarbures dans les bassins d'Anticosti, de Madeleine et de la baie des Chaleurs (EES2). Bilan de l'approche participative. En ligne : [http://mern.gouv.qc.ca/publications/energie/ees/EES2\\_Bilan\\_approche\\_participative.pdf](http://mern.gouv.qc.ca/publications/energie/ees/EES2_Bilan_approche_participative.pdf)
- Glasius, M., Kaldor, M., Anheier, H. 2002. *Global Civil Society 2002*, Oxford University Press, 404 p.
- Keane, J. 2003. *Global Civil Society?*, Cambridge University Press, 220 p.
- Organisation des Nations unies (ONU). s.d.1. Société civile, En ligne : <http://www.un.org/fr/sections/resources/civil-society/> Consulté le 24 février 2016.
- Organisation des Nations unies (ONU). s.d.2. Système intégré des Organisations de la Société Civile, En ligne : <http://esango.un.org/civilsociety/login.do?locale=fr> Consulté le 24 février 2016.
- Mastnak, T. 2005. The Reinvention of Civil Society : through the looking glass of democracy, dans *Archives européennes de sociologie*, XLVI(2): 323-355.
- Pelczynski, Z.A. 1988. Solidarity and 'The Rebirth of Civil Society' in Poland, 1976-81, dans Keane, J. (dir.), *Civil Society and the State. New European Perspectives*, Londres et New York : Verso, p. 361-380.
- Plan d'action Saint-Laurent. 2016. Historique du Programme Zones d'intervention prioritaire (ZIP). En ligne : [http://planstlaurent.qc.ca/fr/gestion\\_integree/programme\\_zip.html](http://planstlaurent.qc.ca/fr/gestion_integree/programme_zip.html)
- Vaillancourt, J-G. 1981. Évolution, diversité et spécificité des associations écologiques québécoises : de la contre-culture et du conservationnisme à l'environnementalisme et à l'écosocialisme, dans *Sociologie et sociétés*, vol. 13, no. 1, p. 81-98.
- Vaillancourt, J-G. 2015. Le mouvement vert au Québec : une perspective historique et sociologique, dans *Bulletin d'histoire politique*, 23(2) : 113-132.
- Yvard-Djahansouz, G. 2010. *Histoire du mouvement écologique américain*, Paris: Éditions Ellipses, 177 pages.



## CHAPITRE 7

# Impact de la fragmentation du droit sur le développement des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent

---

**PAR** Hugo Tremblay  
Faculté de droit, Université de Montréal

Kamelia Kolli  
Faculté de droit, Université de Montréal

**V**u par le prisme du droit, le golfe du Saint-Laurent constitue un espace fragmenté entre des régimes de gestion dont l'arrimage reste imparfait. L'ordre juridique se divise en une kyrielle de sujets et de sources de droit, qui s'étendent du droit international aux normes locales, et qui incluent des États aussi bien que des Premières Nations, en passant par une myriade de communautés locales et d'agences réglementaires. La dichotomie entre l'unité physique et écosystémique du golfe, d'une part, et la mosaïque du droit qui s'y applique, d'autre part, complique – et même entrave à certains égards – le développement des hydrocarbures en milieu marin. Ce texte présente quelques-unes des interfaces les plus significatives entre les régimes juridiques afin d'illustrer les principes qui structurent et influencent le cadre normatif de gestion des ressources naturelles dans le golfe.



## FAITS MARQUANTS

- Parce que les régimes juridiques sont insuffisamment arrimés et que leurs interactions restent en partie occultes ou implicites, le droit fragmente la gestion du golfe du Saint-Laurent, compliquant la gestion des hydrocarbures en milieu marin.
- Il est nécessaire d'assurer une structure plus cohérente, une prise de décision éclairée de même que la mise en place de standards normatifs adéquats relativement au développement des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent.
- La mise sur pied d'un organisme ou d'un pôle de recherche permanent dédié à l'étude des questions soulevées par l'éventuelle exploitation des hydrocarbures dans le golfe favoriserait le développement ordonné et sécuritaire de cette filière énergétique.

## INTRODUCTION

Le golfe du Saint-Laurent constitue un espace singulier, un ensemble indivisible et distinct par sa géographie physique autant que par son écosystème endémique. Cette unicité ne se reflète pas dans le domaine juridique. Vu par le prisme du droit, le golfe constitue un espace divisé, fragmenté entre des régimes de gestion dont l'arrimage reste imparfait. Les fractures normatives qui parcourent le golfe scindent l'espace en de multiples juridictions et dissocient les champs réglementaires des diverses activités qui s'y déroulent. L'ordre juridique se segmente en une kyrielle de sujets et de sources de droit, qui s'étendent du droit international aux normes locales, et qui incluent des États aussi bien que des Premières Nations, en passant par une myriade de communautés locales et d'agences réglementaires.

La dichotomie entre l'unité physique et écosystémique du golfe, d'une part, et la mosaïque hétéroclite du droit qui s'y applique, d'autre part, complique – et même entrave à certains égards – le développement des hydrocarbures en milieu

marin. Ce chapitre présente quelques-unes des démarcations et des interfaces les plus significatives entre les régimes juridiques afin d'illustrer les principes qui structurent et influencent le cadre normatif de gestion des ressources naturelles dans le golfe<sup>1</sup>.

La première partie du texte aborde la fragmentation spatiale du golfe par l'action combinée du droit international, du droit constitutionnel et de la répartition territoriale des différentes juridictions. La seconde partie expose quelques intersections entre régimes juridiques qui ont des répercussions particulièrement significatives en matière de ressources naturelles. Il s'agit des interactions entre les lois-miroirs d'une zone de cogestion à l'autre, de la protection des investissements étrangers et des droits des Premières Nations. Les répercussions entre ces régimes juridiques restent largement occultes parce qu'elles n'ont pas encore fait l'objet de nombreux jugements, de recherches extensives ou d'études en profondeur à l'égard du développement des hydrocarbures dans le golfe. /

Le golfe du Saint-Laurent constitue un espace singulier, un ensemble indivisible et distinct par sa géographie physique autant que par son écosystème endémique. Cette unicité ne se reflète pas dans le domaine juridique.

<sup>1</sup> Ce texte omet certains détails des problèmes juridiques abordés afin de dégager un portrait global intelligible sans formation de juriste. Par exemple, la distinction entre les eaux intérieures et les eaux internes n'est pas établie. N'est pas non plus abordée la possibilité d'établir une distinction entre la situation du golfe du Saint-Laurent et les principes développés par la Cour suprême à propos de la juridiction sur les ressources naturelles au large des côtes du Pacifique et de l'Atlantique.

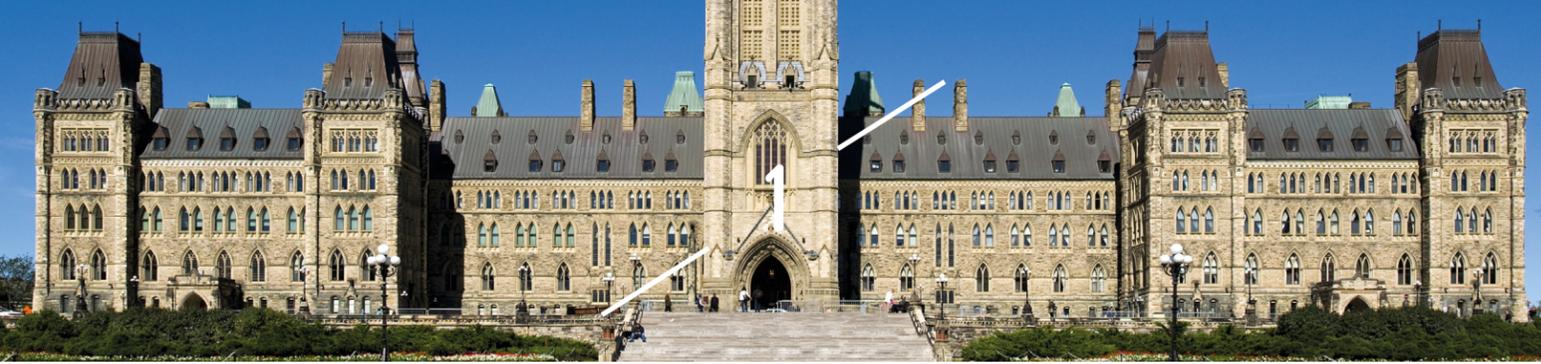


Photo : Saffron Blaze / www.mackenzie.co

## LES JURIDICTIONS DANS LE GOLFE DU SAINT-LAURENT

Le droit n'attribue pas clairement les juridictions dans le golfe du Saint-Laurent. Cette question fait l'objet d'incertitudes significatives. Son étude s'impose parce

qu'elle dicte en partie les formes du cadre législatif et réglementaire qui s'applique à la gestion des ressources naturelles dans le golfe.

### LES PRINCIPES DE DROIT CONSTITUTIONNEL

La Loi constitutionnelle de 1867 (Constitution) répartit les pouvoirs législatifs entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux. En général, les pouvoirs sont partagés de façon à refléter la compétence fédérale sur les sujets pan-canadiens ou d'intérêt national, tandis que la compétence des provinces s'exerce sur leur territoire respectif, à l'égard des sujets de nature locale.

La Constitution accorde des pouvoirs spécifiques selon deux listes de sujets attribués respectivement aux gouvernements fédéraux et provinciaux. D'une part, l'article 91 de la Constitution confère expressément au Parlement fédéral le pouvoir de légiférer dans divers domaines pertinents à l'égard du golfe du Saint-Laurent. Ces domaines couvrent notamment la navigation et les bâtiments de marine, la propriété publique fédérale, la réglementation du trafic et du commerce, les pêcheries de la mer et de l'intérieur, les affaires autochtones, de même que les travaux et les entreprises s'étendant au-delà des limites d'une province ou reliant des provinces entre elles. S'ajoutent à cette liste les « pouvoirs résiduels », en vertu des-

quels le gouvernement fédéral exerce juridiction par rapport aux domaines qui ne sont pas expressément assignés aux provinces.

D'autre part, la compétence des provinces envers le développement des hydrocarbures peut être reliée à plusieurs dispositions constitutionnelles. L'article 92 leur accorde compétence à l'égard de la propriété et des droits civils, des terres publiques provinciales et de toutes les matières d'une nature purement locale ou privée. L'article 92A prévoit que les provinces ont compétence pour légiférer dans les matières suivantes :

- **prospection** des ressources naturelles non renouvelables de la province ;
- **exploitation**, conservation et gestion des ressources naturelles non renouvelables, y compris leur rythme de production primaire ;
- **exportation**, hors de la province à destination d'une autre partie du Canada, de la production primaire tirée des ressources naturelles non renouvelables.

Enfin, l'article 109 octroie aux provinces la propriété des « terres, mines, miné-

raux », c'est-à-dire des ressources naturelles qui se trouvent sur leur territoire, dont les hydrocarbures. À ce titre, les provinces peuvent édicter des règles pour gérer l'usage de leur propriété, comme peut le faire tout propriétaire à l'égard de son bien.

Ainsi, la Constitution paraît accorder des compétences législatives qui permettent aux deux ordres de gouvernement d'intervenir à l'égard du développement des hydrocarbures. Les provinces peuvent réglementer l'exploitation des ressources naturelles, notamment en délivrant des permis pour l'exploitation du pétrole ou du gaz qui se trouve sur leur territoire, ou en émettant des droits d'émission de gaz à effet de serre pour le secteur des énergies fossiles. Le gouvernement fédéral peut réglementer la navigation des pétroliers qui circulent sur le Saint-Laurent ou l'exportation d'hydrocarbures par des oléoducs transfrontaliers.

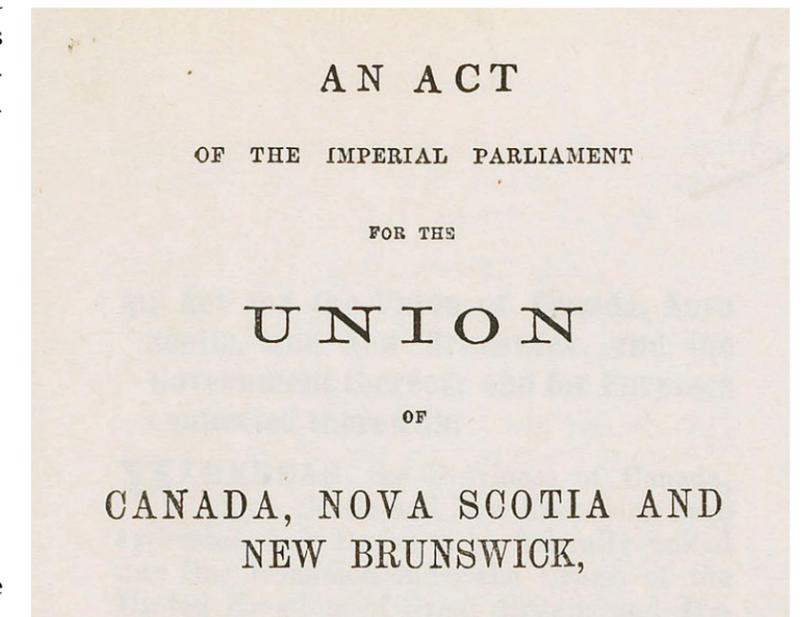
La Constitution paraît accorder des compétences législatives qui permettent aux deux ordres de gouvernement d'intervenir à l'égard du développement des hydrocarbures.

D'emblée, il est possible d'imaginer une gestion intergouvernementale du développement des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent, où les cadres législatifs provinciaux et fédéral cohabiteraient harmonieusement dans une perspective de fédéralisme coopératif. La situation n'est cependant pas aussi simple. Plusieurs facteurs de nature juridique compliquent l'arrimage des interventions législatives fédérales et provinciales dans le golfe.

Premièrement, le texte de la Constitution date d'un siècle et demi. Il est peu détaillé et mal adapté pour encadrer le développe-

ment d'un type d'activité qui n'existait pas à l'époque de la Confédération. Les tribunaux doivent donc interpréter les dispositions constitutionnelles en fonction de principes et de règles complexes détaillés par une jurisprudence abondante afin de déterminer quel ordre de gouvernement dispose du pouvoir d'encadrer les divers aspects du secteur énergétique dans le golfe. Dans certains cas, il est impossible de savoir avec certitude si une disposition législative particulière est valide et conforme à la Constitution avant que la Cour suprême ne se prononce.

Le texte de la Constitution date d'un siècle et demi. Il est peu détaillé et mal adapté pour encadrer le développement d'un type d'activité qui n'existait pas à l'époque de la Confédération.



Par exemple, les questions environnementales sont cruciales pour le développement des ressources naturelles. Or, la Constitution n'assigne pas expressément de compétence en matière environnementale (Becklumb, 2013; Halley et Trudeau, 2012). En 1867, la protection de l'environnement n'était pas un enjeu significatif. Traditionnellement, les modifications à l'environnement causées par les projets d'extraction des ressources naturelles étaient perçues comme un sujet local de compétence provinciale affectant

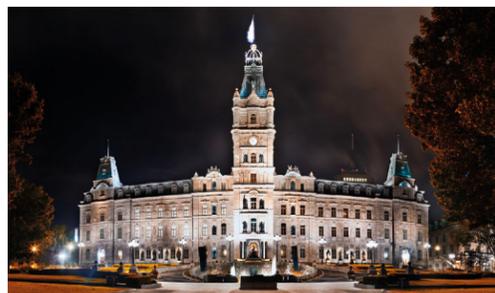
Les questions environnementales sont cruciales pour le développement des ressources naturelles. Or, la Constitution n'assigne pas expressément de compétence en matière environnementale.

les droits civils des citoyens et des corporations. Cependant, la Cour suprême a rendu un jugement en 1997 qui établit pour la première fois que le Parlement fédéral peut s'appuyer sur sa compétence en matière criminelle afin de mettre en place des mesures de gestion des substances toxiques pour l'environnement (R. c. Hydro-Québec, 1997; Brun, 1993). Du coup, la légalité d'un ensemble de dispositions s'en trouve confirmée, ce qui accroît le pouvoir fédéral d'intervention en matière environnementale.

Deuxièmement, les compétences assignées au Parlement fédéral et aux provinces sont généralement considérées comme exclusives. Un ordre de gouvernement – fédéral ou provincial – ne peut pas empiéter dans la juridiction de l'autre ordre. Par exemple, le Québec ne peut pas affecter la navigation des navires pétroliers qui circulent sur le Saint-Laurent et dans le golfe lorsqu'il prend des mesures pour préserver l'environnement puisque le gouvernement fédéral dispose d'une compétence exclusive sur la navigation. Un chevauchement des normes provinciales et fédérales reste possible, mais l'exclusivité des compétences peut empêcher un ordre de gouvernement de mettre en place un cadre législatif exhaustif qui intègre toutes les facettes d'un secteur d'activité. D'ailleurs, la fragmentation qui en résulte est accrue par la doctrine de la prépondérance fédérale applicable en cas de chevauchement. Cette doctrine rend inopérantes les normes provinciales contraires aux normes fédérales. Une norme provinciale valide peut donc être privée d'effet même lorsqu'elle se trouve dans un champ de compétence provincial.

Troisièmement, les compétences législatives des provinces sont confinées à leur territoire respectif. Le principe de territorialité empêche une province d'adopter des lois pour régir des activités hors de ses frontières. En théorie, les pouvoirs exclusifs reconnus aux provinces par la Constitution portent uniquement sur le « territoire terrestre », qui inclut les eaux intérieures. Par contre, seul le gouvernement fédéral est compétent et détient la propriété des ressources naturelles en « territoire maritime ». Bien qu'elle paraisse claire à première vue, la règle de la territorialité fait l'objet de contestations. Certaines provinces étendent leur juridiction au-delà de leur territoire terrestre (voir la *Personal Property Security Act*, alinéa 4(1)b) de la Nouvelle-Écosse). De plus, l'étendue et l'emplacement des frontières provinciales peuvent être confus, ce qui empêche de déterminer clairement où commencent et finissent les compétences exclusives des deux ordres de gouvernement (Newman, 2013; Dorion et Lacasse, 2011).

Photo : Benson Kua / Wikimedia



Sur le plan juridique, ces trois facteurs génèrent plusieurs incertitudes, qui peuvent provoquer des tensions ou des conflits débouchant sur des litiges. La gestion des ressources naturelles dans le golfe du Saint-Laurent s'en trouve compliquée. La problématique liée au principe de territorialité est particulièrement aigüe pour le développement des hydrocarbures. Compte tenu de son importance, cette question mérite une attention particulière.

## LES PRINCIPES DU DROIT INTERNATIONAL DE LA MER

Le partage des droits et compétences dans l'espace marin en vertu du droit canadien repose en bonne partie sur des concepts et des principes de droit international. Le droit international de la mer divise le territoire maritime de tout État en plusieurs « zones » prévues par les Conventions de Genève sur les droits de la mer de 1958, puis par la Convention des Nations unies sur le droit de la mer de 1982 (Convention de 1982). Or, le Canada est partie à la Convention de 1982, qui est transposée en droit fédéral par la Loi sur les océans. De plus, les principes développés en droit international sont appliqués par la Cour suprême du Canada pour déterminer à quel ordre de gouvernement appartiennent les ressources qui se trouvent dans les zones maritimes.

Avant d'aborder la jurisprudence de la Cour suprême, un survol des principes et des concepts de droit international s'impose afin de faciliter la compréhension de la situation juridique :

• **Ligne de base** : La ligne de base correspond généralement à la « laisse de basse mer », c'est-à-dire la ligne marquée par les eaux des marées descendantes les plus basses. La ligne de base délimite la fin du territoire terrestre d'un État et le début de son territoire maritime (Rigaldies, 2001). Autrement dit, les territoires terrestre et maritime sont séparés l'un de l'autre par la ligne de base. Les États évoquent couramment plusieurs exceptions prévues par le droit international pour tracer des lignes de base au large de la laisse de basse mer afin d'enclorre des baies, l'embouchure de cours d'eau, des archipels ou d'autres échancrures des côtes dans leur territoire terrestre et de projeter plus loin leur territoire maritime;

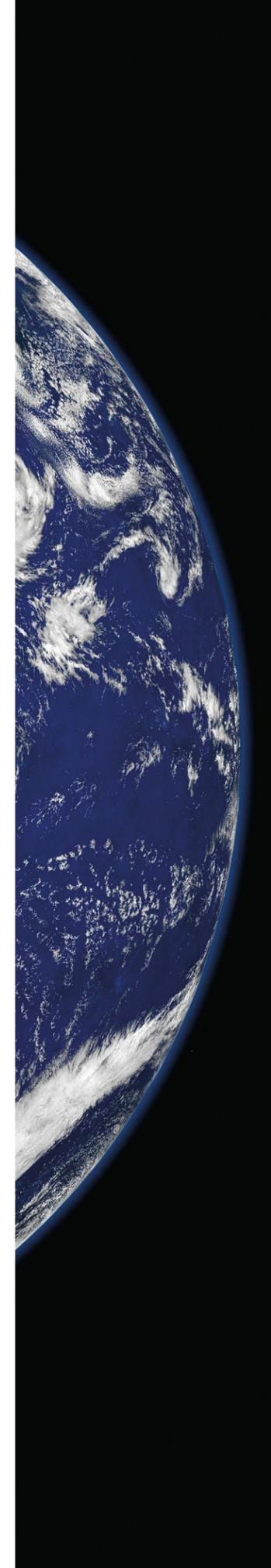
• **Eaux intérieures** : Les eaux intérieures sont comprises entre la terre et la ligne de base. En général, l'eau douce et le littoral maritime se trouvent dans les eaux intérieures. Selon le droit international, les eaux intérieures font partie du territoire terrestre de l'État côtier, qui y exerce pleine souveraineté;

• **Mer territoriale** : La mer territoriale, désignée aussi par les termes « eaux territoriales », s'étend de la ligne de base vers la haute mer sur une bande de 12 milles marins. Le mille marin, ou nautique, équivaut à 1852 mètres. En droit international, la souveraineté de l'État côtier s'exerce aussi sur la mer territoriale ainsi que sur les fonds et sous-sols marins qui s'y trouvent. La souveraineté confère à l'État un droit exclusif d'exploitation des ressources naturelles;

• **Zone économique exclusive** : La zone économique exclusive (ZEE) s'étend sur une bande comprise entre la limite externe de la mer territoriale et une ligne située à 200 milles marins au large de la ligne de base. L'État n'y exerce pas sa pleine souveraineté, mais y bénéficie de droits exclusifs « aux fins d'exploration et d'exploitation, de conservation et de gestion des ressources naturelles, biologiques ou non biologiques des eaux surjacentes aux fonds marins, des fonds marins et de leur sous-sol, ainsi qu'en ce qui concerne d'autres activités tendant à l'exploration et à l'exploitation de la zone à des fins économiques »<sup>2</sup>;

• **Zone contigüe et plateau continental** : D'autres notions, comme la zone contigüe ou le plateau continental, étendent l'influence d'un État au-delà de son territoire en vertu du droit interna-

<sup>2</sup> Alinéa 56(1)a) de la *Convention des Nations unies sur le droit de la mer*, conclue à Montego Bay le 10 décembre 1982, reproduite dans Nations unies (1994). *Recueil des traités*, 1834(1-31363), p. 25.



tional. Par exemple, le plateau continental prolonge les droits exclusifs d'un État jusqu'au rebord externe de la marge continentale. La marge continentale constitue l'extension immergée de la masse terrestre de l'État côtier jusqu'au talus continental, ce qui exclut les grands fonds océaniques. Le plateau continental peut s'étendre plus ou moins loin de la ZEE selon les particularités géologiques locales. Dans l'Atlantique au large des côtes de Terre-Neuve-et-Labrador, le plateau continental se prolonge loin au-delà de la ZEE. Quoi qu'il en soit, les notions de zone contigüe et de plateau continental ne confèrent pas plus de droits que les zones déjà ciblées aux fins du développement des hydrocarbures dans le golfe.

En vertu du droit international, le Canada dispose donc des droits d'exploration et d'exploitation des ressources naturelles dans le golfe du Saint-Laurent. La ZEE s'étend assez loin à partir des rives de chaque province côtière pour couvrir la totalité du golfe. Les droits exclusifs ainsi conférés au Canada impliquent que nul autre État ne peut procéder au développement des ressources en hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent.

Ces principes ne résolvent pas toutes les ambiguïtés. Le statut exact du golfe du Saint-Laurent en droit international n'est pas parfaitement clair. S'agit-il d'eaux intérieures sur lesquelles s'exerce la pleine souveraineté canadienne ou s'agit-il plutôt d'un espace encerclé par une couronne de mer territoriale et situé en ZEE canadienne ? En droit international, l'étendue des droits dont le Canada dispose varie selon que le golfe se trouve dans l'une ou l'autre de ces situations. En principe, la Convention de 1982 comporte des mécanismes que le Canada pourrait invoquer pour tracer des lignes de base droites fermant les entrées du golfe aux détroits de Cabot et de Belle Isle. Bien que ces lignes de base n'aient pas été officiellement tracées, le Canada a établi des lignes de fermeture de pêche dans les deux détroits en 1971 et il agit en réalité comme si le golfe était sous sa juridiction nationale. Même si les droits et les actions du Canada dans le golfe ne justifiaient pas un titre historique, il est fort probable que le faisceau d'actes unilatéraux posés par le Canada et acceptés par les autres États établirait la pleine souveraineté canadienne sur le golfe en droit international (Rigaldies, 2001).

Le statut exact du golfe du Saint-Laurent en droit international n'est pas parfaitement clair. S'agit-il d'eaux intérieures sur lesquelles s'exerce la pleine souveraineté canadienne ou s'agit-il plutôt d'un espace encerclé par une couronne de mer territoriale et situé en ZEE canadienne ?

## LA JURISPRUDENCE DE LA COUR SUPRÊME

L'application des règles de droit international percole en droit national canadien et influence le partage des compétences et des droits dans le golfe. Au cours de la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle, la Cour suprême du Canada a déterminé quel ordre de gouvernement (fédéral ou provincial) a la propriété des ressources pétrolières et gazières situées au large des

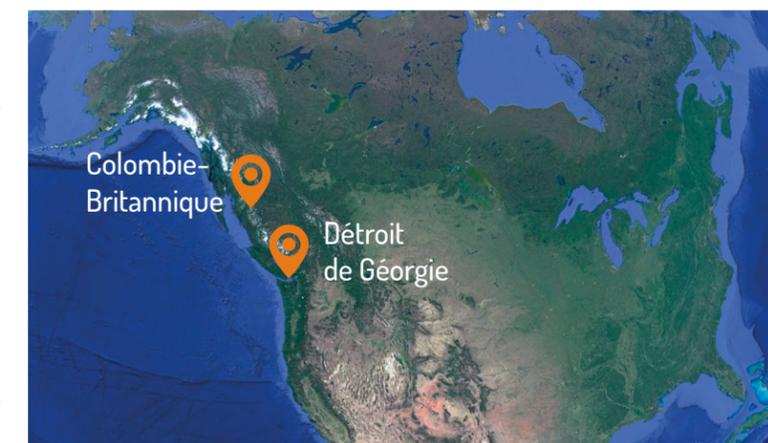
côtes, de même que la compétence pour les explorer et exploiter. La réponse de la Cour, développée au fil de trois arrêts de principe, allie l'analyse juridique à une perspective historique<sup>3</sup>. La Cour applique le droit de la mer international au contexte de la fédération canadienne pour parvenir à ses conclusions.

### › RENVOI DE 1967 SUR LES DROITS MINIERS SOUS-MARINS AU LARGE DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE

Dans cette affaire, la Colombie-Britannique soutient qu'elle possède les droits de propriété et la juridiction législative sur la mer territoriale et sur le plateau continental au large de ses côtes. La province prétend qu'elle y dispose de la compétence exclusive sur l'exploration et l'exploitation des ressources minérales.

Premièrement, la Cour établit que la Colombie-Britannique n'exerce aucun droit en mer territoriale. Le Canada est l'État souverain propriétaire du lit de la mer territoriale. Il a le droit de l'explorer et de l'exploiter en vertu de sa compétence constitutionnelle sur la propriété publique fédérale ou de son pouvoir résiduaire puisqu'il s'agit d'une matière affectant le Canada en général. De plus, les droits du Canada dans la mer territoriale proviennent du droit international et sont reconnus par les autres États souverains. Enfin, le Canada a compétence pour conclure des ententes internationales concernant les droits dans la mer territoriale.

Deuxièmement, la Colombie-Britannique ne dispose pas non plus de droits sur le plateau continental parce qu'elle ne peut s'appuyer sur aucune base historique, légale ou constitutionnelle. Le plateau continental est au-delà des frontières de la Colombie-Britannique. Le Canada est l'État souverain reconnu comme le titulaire des pouvoirs accordés par le droit international, et il lui appartient de repousser les réclamations des autres membres de la communauté internationale dans cette zone.



Carte : IBCAO 2017 / Google Earth

<sup>3</sup> Le statut de la baie des Chaleurs est réglé par : *An act for the settlement of boundaries between the provinces of Canada and New Brunswick*, 1851, 15-16 *Victoriae Reginae*, c. 63 (R.-U.); *Mowat v. McPhee*, (1880) 5 RCS 66. La baie des Chaleurs est entièrement située en territoire provincial et divisée entre le Québec et le Nouveau-Brunswick.

### › RENVOI DE 1984 RELATIF À LA PROPRIÉTÉ DU LIT DU DÉTROIT DE GÉORGIE

Dans cette affaire, la Colombie-Britannique se pose la même question de sa propriété et de sa compétence exclusive sur l'exploration et l'exploitation des ressources minérales, non pas dans la mer territoriale ni le plateau continental, mais dans le détroit de Géorgie, entre le continent et l'île de Vancouver. La Cour reprend le même test qu'elle a appliqué dans le renvoi de 1967 : les terres submergées en question appartenaient-elles à la province lors de son entrée dans la Confédération ? La décision de la Cour repose

sur l'interprétation des termes « océan pacifique » dans une loi impériale britannique de 1866 et des termes « territoire des États-Unis » dans un traité de 1848 entre les États-Unis et la Grande-Bretagne. Le traité et la loi impériale accordent souveraineté à la Colombie-Britannique sur les mers en deçà de l'océan Pacifique avant son entrée dans la Confédération, de telle sorte que la province est propriétaire des ressources dans les eaux intérieures du détroit de Géorgie et y exerce sa compétence législative exclusive.

Photo : Xucy / Wikimedia



### › RENVOI DE 1984 RELATIF AU PLATEAU CONTINENTAL DE TERRE-NEUVE

Dans cette affaire, Terre-Neuve et Ottawa se disputent la propriété et la compétence sur les ressources du champ pétrolifère *Hibernia*, un gisement pétrolier majeur situé sur le plateau continental dans l'Atlantique. L'échec des négociations politiques débouche sur un litige porté devant les tribunaux en 1983. La Cour suprême rend jugement en 1984 et décide que le gouvernement fédéral dispose des droits d'exploration et d'exploitation ainsi que de la compétence pour légiférer dans cette zone en vertu de son pouvoir résiduaire. La Cour maintient le même test que dans les deux renvois précédents : il s'agit principalement de déterminer si les terres submergées en question appartenaient à la province lors de son entrée dans la Confédération. Cependant, la Cour ajoute au test les volets suivants :

- 1) le droit international doit avoir reconnu le droit d'explorer et d'exploiter le plateau continental avant l'entrée de Terre-Neuve dans la Confédération le 31 mars 1949 ;
- 2) Terre-Neuve doit effectivement avoir acquis ces droits ;
- 3) Terre-Neuve ne doit pas avoir perdu ces droits en vertu des conditions de l'union au Canada.

En l'instance, la réponse à toutes ces questions est négative, de telle sorte que Terre-Neuve ne dispose d'aucun droit ni pouvoir.

En somme, la jurisprudence de la Cour suprême établit globalement que la compétence législative des provinces et leurs droits d'explorer et d'exploiter les ressources naturelles situées au large de leurs

côtes s'exercent jusqu'à la ligne de base, qui indique le début du territoire marin et de la mer territoriale. Quant à lui, le gouvernement fédéral dispose d'une compétence exclusive et des droits à partir de la ligne de base vers le large des côtes, que ce soit en mer territoriale, en ZEE ou sur le plateau continental (Roy, 2009). Ottawa jouit des droits prévus par le droit international sur ces zones maritimes et en est la seule responsable vis-à-vis de ses États voisins et de la communauté internationale.

Une fois de plus, cette situation apparemment claire souffre néanmoins d'incertitudes. La jurisprudence de la Cour suprême montre que le droit international percole en droit national et détermine, dans une certaine mesure, les compétences et les droits des gouvernements fédéral et provinciaux en zone marine. Il est possible que le droit international considère le golfe du Saint-Laurent comme des eaux intérieures assujetties à la pleine souveraineté canadienne. Un tel statut pousserait les provinces côtières à réclamer compétence sur le golfe : les eaux intérieures



Carte : IBCAO 2017 / Google Earth

appartiennent au territoire terrestre, de telle sorte que la compétence constitutionnelle des provinces s'y exercerait par ricochet (voir *Calderbank et al.*, 2006; Charney, 1992a, 1992b). Ce raisonnement pourrait expliquer en partie pourquoi le Canada n'a pas tracé de lignes de base droites aux deux détroits qui ferment le golfe. Malgré un faisceau d'arguments juridiques jouant en faveur d'Ottawa, ces incertitudes résiduelles entretiennent les revendications provinciales à l'égard du golfe.

## LES REVENDICATIONS PROVINCIALES

Depuis 1960, les provinces canadiennes revendiquent juridiction sur les ressources naturelles en zone marine. Pour le golfe du Saint-Laurent, cette revendication se manifeste en septembre 1964 par un accord convenu entre Terre-Neuve, la Nouvelle-Écosse, l'Île-du-Prince-Édouard et le Nouveau-Brunswick (*Arbitration between Newfoundland and Labrador and Nova Scotia*, 1<sup>re</sup> phase, 2001, p. 38-39). Cet accord, auquel Québec se joint, divise le golfe en zones attribuées à chaque province côtière. La délimitation des zones respectives et le tracé des frontières s'y effectuent essentiellement selon la méthode de l'équidistance stricte (Smith, 1997). Cette méthode délimite

les zones en traçant une ligne médiane dont chaque point est à distance égale des lignes de base bordant les côtes opposées et adjacentes des provinces côtières dans le golfe. À l'intérieur de sa zone attirée, chaque province disposerait de tous les droits et compétences nécessaires aux fins du développement des ressources pétrolières et gazières en milieu marin, y compris le pouvoir d'octroyer des titres et de délivrer des permis.

Les tractations survenues avant et après l'accord de 1964 indiquent que ce dernier vise à établir un front commun pour amener le gouvernement fédéral à accepter les revendications des provinces. Les



Photo : miqitos / Flickr

provinces veulent notamment convaincre Ottawa de modifier leur territoire respectif par l'exercice du pouvoir accordé au Parlement fédéral en vertu de l'article 3 de la Loi constitutionnelle de 1871. L'accord a donc une portée politique. Néanmoins, la position des provinces fait aussi appel à des arguments de droit et s'appuie sur des opinions juridiques.

Quoi qu'il en soit, le Renvoi de 1967 sur les droits miniers sous-marins au large de la Colombie-Britannique affaiblit la position des provinces du golfe. En 1969, une nouvelle initiative menée par le Québec vise à confirmer la répartition du golfe selon une variante de l'accord de 1964 par des lois qu'adopterait le gouvernement de chacune des provinces côtières. L'initiative débouche en 1972 sur un communiqué commun des cinq provinces qui réitère le partage du golfe et affirme leur propriété sur les ressources naturelles qui s'y trouvent. Le gouvernement fédéral rejette le communiqué sur-le-champ. Le consensus provincial se défait peu de temps après lorsque Terre-Neuve amorce la révision de sa politique marine, qui la mène à adopter une approche unilatérale.

En 1974, le gouvernement fédéral entame un processus de négociation avec les provinces. Terre-Neuve n'y prend pas part, tandis que Québec s'en désengage rapidement. Les négociations culminent en 1977 par une offre d'entente qu'Ottawa présente au Nouveau-Brunswick, à la Nouvelle-Écosse et à l'Île-du-Prince-Édouard (Clancy, 2011; Harrison, 1977). L'offre vise à mettre fin aux revendications territoriales provinciales en échange d'une gestion intergouvernementale consistant, d'une part, à diviser le plateau continental atlantique entre les provinces à partir du tracé de 1964 et, d'autre part, à répartir les compétences entre les gouvernements fédéral et provinciaux. L'entente échoue à la suite du retrait de la Nouvelle-Écosse, qui préfère revenir à sa position initiale pour réclamer les droits exclusifs sur les

ressources naturelles au large de ses côtes.

Malgré cet échec, Ottawa et les provinces amorcent alors un tournant dans leurs politiques à l'égard du golfe pour privilégier une gestion intergouvernementale fondée sur des ententes bilatérales. En 1982, le gouvernement fédéral conclut un accord avec la Nouvelle-Écosse pour établir l'Office Canada-Nouvelle-Écosse sur les hydrocarbures extracôtiers, qui est désormais responsable de l'élaboration des projets d'exploitation et du partage des revenus au large de cette province. L'accord écarte délibérément la problématique de la compétence sur le plateau continental.

Par ailleurs, le Renvoi de 1984 relatif au plateau continental atlantique sape les prétentions de Terre-Neuve à l'égard des hydrocarbures extracôtiers, alors même que le gouvernement fédéral adoucit sa position pour concéder l'essentiel des revenus provenant de l'exploitation des gisements sous-marins. En 1985, Ottawa et Saint-Jean, à Terre-Neuve, concluent l'Accord atlantique, qui prévoit la gestion commune des ressources énergétiques en milieu marin, le partage des recettes correspondantes et la création de l'Office Canada-Terre-Neuve des hydrocarbures extracôtiers.

Finalement, un regain d'intérêt pour les hydrocarbures du golfe du Saint-Laurent au cours des années 2000 encourage les gouvernements fédéral et québécois à écarter les différends territoriaux qui font obstacle au développement des ressources. En 2011, les deux parties signent un accord de gestion intergouvernementale conférant à la province la plupart des bénéfices liés aux éventuelles activités de mise en valeur des hydrocarbures dans la zone du golfe que l'accord de 1964 lui attribue (Turmel, 2011).

Somme toute, la force prédominante des revendications juridiques fédérales à



l'égard des hydrocarbures du golfe a raison du front commun destiné à imposer les réclamations provinciales. Néanmoins, ces dernières restent assez persistantes pour décourager une mainmise fédérale sur la zone. En fin de compte, l'approche privilégiée consiste à suspendre la question de la propriété des ressources pour établir des cadres bilatéraux de gestion commune reposant sur des structures administratives conjointes chargées de contrôler les activités de développement des hydrocarbures et de répartir les revenus entre les ordres fédéral et provincial. Cette approche constitue le socle de toutes les ententes proposées aux provinces.

Quelle que soit leur valeur juridique, certaines revendications provinciales sur le golfe perdurent, ce qui entretient un

climat d'incertitude à propos de la question territoriale. Chacune des lois provinciales de mise en œuvre des trois accords de gestion contient des dispositions destinées à préserver tous les droits dont les provinces pourraient être titulaires à l'égard des hydrocarbures extracôtiers. Dans le cas du Québec, les revendications se transposent dans la Loi sur les terres du domaine de l'État, qui « s'applique à toutes les terres qui font partie du domaine de l'État, y compris le lit des cours d'eau et des lacs, de même que les parties du lit du fleuve Saint-Laurent et du golfe du Saint-Laurent appartenant au Québec par droit de souveraineté »<sup>4</sup> (voir Smith, 1997; La Forest, 1970). Ottawa s'oppose à cette prétention. Le gouvernement fédéral s'appuie sur la délimitation fixée par la Proclamation royale du 7 octobre 1763 pour limiter le territoire du Québec à l'estuaire du Saint-Laurent à l'ouest d'une ligne qui part de Cap-des-Rosiers, en Gaspésie, pour rejoindre la pointe ouest de l'île d'Anticosti et, de là, se diriger vers l'embouchure de la rivière Saint-Jean, sur la Côte-Nord (Dorion et Lacasse, 2011). Plusieurs lois fédérales, par exemple la Loi sur la marine marchande, réfèrent d'ailleurs à ces lignes. /

En fin de compte, l'approche privilégiée consiste à suspendre la question de la propriété des ressources pour établir des cadres bilatéraux de gestion commune reposant sur des structures administratives conjointes chargées de contrôler les activités de développement des hydrocarbures et de répartir les revenus entre les ordres fédéral et provincial. Cette approche constitue le socle de toutes les ententes proposées aux provinces.

<sup>4</sup> Art. 1 de la Loi sur les terres du domaine de l'État, RLRQ, chap. T-8.1.



Carte : IBCAO 2017 /  
Google Earth

## LES INTERFÉRENCES ENTRE LES RÉGIMES JURIDIQUES

La division du golfe du Saint-Laurent en fonction des compétences constitutionnelles et des zones géographiques attribuées aux provinces y impose d'emblée une structure de gestion complexe. L'accrétion de régimes juridiques dans cet espace marin rend ardue la compréhension du droit et alourdit son fonctionnement. Cette section présente quelques régimes juridiques supplémentaires qui

affectent le développement du pétrole et du gaz naturel dans le golfe et qui la compliquent, d'autant que leurs interactions réciproques restent en bonne partie implicites ou insuffisamment intégrées. C'est le cas des interactions entre les lois-miroirs d'une zone de cogestion à l'autre, de la protection des investissements étrangers et des droits des Premières Nations.

## LES INTERACTIONS GOUVERNEMENTALES

Les accords intervenus entre le gouvernement fédéral et les provinces pour la gestion des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent débouchent sur des lois-miroirs. Pour chaque zone de gestion, le Parlement canadien et la législature de la province en question adoptent, chacun de son côté mais en étroite collaboration, deux lois qui reproduisent fidèlement les dispositions l'une de l'autre. Autrement dit, dans chaque zone de gestion s'appliquent deux lois pratiquement identiques, l'une provinciale et l'autre fédérale. La zone de cogestion terre-neuvienne est régie par la Loi de mise en œuvre de l'Accord atlantique Canada-Terre-Neuve-et-Labrador (fédérale) et par la *Canada-Newfoundland and Labrador Atlantic Accord Implementation Act* (provinciale), tandis que la zone de cogestion néo-écossaise

est régie par la Loi de mise en œuvre de l'accord Canada-Nouvelle-Écosse sur les hydrocarbures extracôtiers (fédérale) de même que par la *Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Resources Accord Implementation Act* (provinciale). Dans la zone de cogestion québécoise, les lois de mise en œuvre de l'accord de 2011 n'ont pas encore été sanctionnées, mais des projets de loi ont été présentés en 2015 : le projet de loi n° C-47 au palier fédéral et le projet de loi n° 49 au palier provincial<sup>5</sup>.

Le modèle des lois-miroirs dédouble les instruments juridiques applicables. Il a cependant l'avantage d'écartier le contentieux des droits et compétences respectifs des deux ordres de gouvernement en court-circuitant toute possibilité de contestation de la validité constitution-

nelle des dispositions législatives par les justiciables qui y auraient intérêt. En outre, les lois-miroirs dans chaque zone de cogestion visent la coordination complète des différents ministères et des agences gouvernementales impliqués afin d'intégrer l'action administrative et décisionnelle.

La structure administrative et ses modalités de fonctionnement varient d'une zone de cogestion à l'autre, mais l'exemple des projets de loi n°s C-47 et 49 permet d'illustrer le type de coordination mis en place. Dans la zone de cogestion québécoise, la structure administrative s'articule en trois volets principaux : la gestion conjointe par les ministres, la gestion conjointe par la Régie de l'énergie du Québec et par l'Office national de l'énergie, et la gestion par le Comité des hydrocarbures en milieu marin.

D'abord, le ministre fédéral des Ressources naturelles et le ministre québécois de l'Énergie et des Ressources naturelles gèrent ensemble l'allocation et le développement des hydrocarbures. Leurs décisions sont prises conjointement et retranscrites dans un document unique. Ils délivrent ainsi les autorisations de mise en valeur des hydrocarbures, y compris les permis d'exploration, de découverte importante et de production. Ni l'un ni l'autre ne peut prendre de règlement relatif à l'application d'une loi-miroir sans la consultation et l'approbation préalables de son homologue.

Ensuite, la Régie de l'énergie du Québec et l'Office national de l'énergie au palier fédéral régissent conjointement les activités pétrolières et gazières ainsi que le transport par oléoduc. Ils supervisent et délivrent les permis requis pour les activités d'exploration, de forage, de production et de transport des hydrocarbures. La Régie et l'Office prennent des décisions conjointes en deux étapes : dans un premier temps, ils rendent une décision

individuelle qu'ils se communiquent, puis ils s'accordent sur une décision conjointe respectant leur décision individuelle. Par ailleurs, ils doivent mettre en place des services communs et veiller à éviter la duplication des travaux et activités. Ils peuvent s'entendre sur les modalités de leur collaboration, entente par la suite soumise aux deux ministres pour approbation.

## Office national de l'énergie



Enfin, les ministres fédéral et provincial peuvent constituer le Comité des hydrocarbures en milieu marin, qui remplit principalement des fonctions consultatives. Le Comité peut faire des enquêtes, tenir des audiences publiques et prendre toute décision nécessaire à l'accomplissement des mandats qui lui sont confiés. Le Comité est constitué de cinq membres, dont trois au maximum peuvent être choisis parmi les fonctionnaires québécois ou fédéraux; les autres doivent disposer d'une expertise dans le domaine des hydrocarbures.

Malgré la coordination des représentants des États fédéral et provinciaux et des agences administratives assurée par les lois-miroirs, la fragmentation juridique du golfe exerce encore une influence sur le développement des hydrocarbures. Par exemple, les lois-miroirs prévoient des mécanismes pour conclure des accords d'union permettant l'exploitation conjointe par plusieurs exploitants et titulaires de redevances lorsqu'un gisement dépasse les frontières d'une unité d'espa-

<sup>5</sup> Le projet de loi n° C-47 est mort au feuillet, compte tenu des élections fédérales à l'automne 2015.

Les lois-miroirs ne prévoient pas de dispositions explicites qui permettraient de gérer la mise en place d'accords d'union pour des gisements qui chevauchent la frontière d'une zone de cogestion.

cement, c'est-à-dire d'un secteur attribué aux fins de forage ou de production des hydrocarbures. Les mécanismes relatifs aux accords d'union s'appliquent lorsqu'un gisement chevauche deux ou plusieurs unités d'espacement dans une même zone de cogestion. Toutefois, les lois-miroirs ne prévoient pas de dispositions explicites qui permettraient de gérer la mise en place d'accords d'union pour des gisements qui chevauchent la frontière d'une zone de cogestion.

Dans le même ordre d'idées, certains mécanismes régissant les interactions entre les gouvernements impliqués dans le golfe revêtent une importance particulière parce qu'ils visent la délimitation spatiale des compétences respectives des provinces. Toutes les lois de mise en œuvre des accords sur la gestion intergouvernementale des hydrocarbures dans le golfe prévoient en effet un processus de résolution des disputes en cas de différend sur le tracé des limites maritimes entre deux provinces. Ce processus de règlement des différends requiert l'attention pour plusieurs raisons. D'une part, il porte sur la question fondamentale de la territorialité abordée dans la première partie du texte. D'autre part, il révèle des incertitudes significatives qui persistent à cause de l'arrimage imparfait entre plusieurs régimes juridiques applicables dans le golfe.

Premièrement, les frontières des zones de cogestion attribuées par les lois-miroirs dans le golfe ne sont pas toutes fixées définitivement selon un tracé consensuel approuvé par les provinces côtières et Ottawa. Les lois-miroirs canado-québécoise et canado-néo-écossaise délimitent des zones de cogestion tracées selon la méthode de l'équidistance stricte

qui reflètent les frontières provinciales établies par l'accord de 1964. Cependant, une sentence arbitrale rendue en 2002 à propos d'un litige portant sur la délimitation des zones de cogestion entre la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve-et-Labrador conclut que l'accord de 1964 n'a pas de force juridique contraignante. D'ailleurs, Terre-Neuve-et-Labrador ne reconnaît plus le tracé de 1964 (Dorion et Lacasse, 2011). Les deux lois-miroirs canado-terre-neuviennes définissent seulement la frontière avec la zone de cogestion néo-écossaise, mais omettent de délimiter la frontière avec l'éventuelle zone de cogestion québécoise.

Deuxièmement, la fixation ou le déplacement des frontières dans le golfe pourrait affecter la répartition des ressources et des revenus entre les gouvernements impliqués. La structure géologique d'*Old Harry*, aux Îles-de-la-Madeleine, illustre l'effet du tracé des frontières sur l'attribution des ressources. Plusieurs évaluations définissent *Old Harry* comme l'emplacement ayant le plus grand potentiel pétrolier ou gazier du golfe. Cependant, cette structure chevauche la frontière entre Québec et Terre-Neuve-et-Labrador tracée par l'accord de 1964. D'une part, Terre-Neuve-et-Labrador ne reconnaît plus le tracé de cette frontière. D'autre part, les repères géographiques utilisés pour déterminer son emplacement peuvent être remis en cause. La délimitation issue de l'accord de 1964 repose sur l'équidistance entre la pointe de l'Est aux Îles-de-la-Madeleine et la côte terre-neuvienne. Autrement, si les rochers aux Oiseaux servent de repère (il s'agit d'un îlot québécois qui est occupé par un phare et des bâtiments, et qui se trouve à 32 km à l'est des Îles-de-la-Madeleine), la frontière pourrait se déplacer de quelques kilomètres vers Terre-Neuve-et-Labrador. Les permis d'exploration d'*Old Harry* accordés dans la zone de cogestion terre-neuvienne se retrouveraient alors sous la compétence d'une autre juridiction, soit dans la zone

visée par l'accord canado-québécois de 2011 (Coalition Saint-Laurent, 2014).

Troisièmement, l'amorce de certains travaux d'exploration des hydrocarbures dépend du règlement de tout différend éventuel entre Québec et Terre-Neuve-et-Labrador. Québec a délivré des permis de recherche d'hydrocarbures en 1996 et 1997 à des compagnies d'exploration dans la portion du golfe que la province revendique (Hydro-Québec, 2002). Depuis, ces permis font l'objet d'un moratoire. L'accord Canada-Québec de 2011 et les projets de lois-miroirs qui le transposent privent ces permis de reconnaissance et de caractère opérationnel sous le régime

de cogestion tant qu'un éventuel différend interprovincial reste irrésolu (Accord Canada-Québec, 2011, paragr. 12.2; Projet de loi n° 49, 2015, art. 479; Projet de loi n° C-74, 2013-2015, art. 98).

Quatrièmement, le règlement d'un différend entre deux provinces reposerait sur l'application des règles de droit international relatives à la délimitation des frontières maritimes. Les frontières de l'accord de 1964 reposent sur la méthode d'équidistance stricte. Bien que le droit international reconnaisse cette méthode de délimitation, il ne s'agit pas de la règle prédominante. À cet égard, Labrecque s'exprime ainsi :

« Il existe, en droit international, une norme fondamentale qui s'exprime comme suit : la délimitation d'une frontière maritime doit être établie

1) conformément au droit applicable – conventions internationales, actes unilatéraux, coutume, décisions judiciaires, principes équitables, doctrine, résolutions des organisations internationales ;

2) compte tenu des circonstances pertinentes – qui peuvent être d'ordre géographique, géomorphologique, environnemental, historique, économique et géopolitique ;

3) par l'utilisation de méthodes appropriées, notamment l'équidistance (ou la médiane), la perpendiculaire à la direction générale des côtes, le thalweg, la ligne astronomique (méridien, parallèle, azimut), la ligne géométrique (bissectrice, arc de cercle), le prolongement de la frontière terrestre, le prolongement ou l'adoption d'une frontière maritime préexistante;

et 4) de manière à aboutir à un résultat équitable – lequel peut être vérifié par des tests de proportionnalité qui visent à établir un rapport entre les longueurs respectives des côtes des deux pays et les superficies de zones maritimes qui leur sont dévolues de part et d'autre de la frontière. »

(Labrecque, 1993, p. 195)

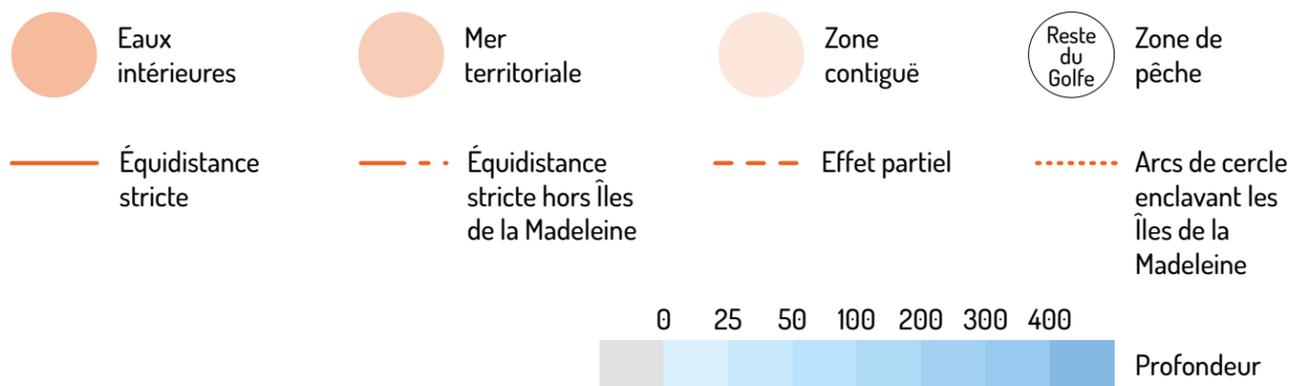
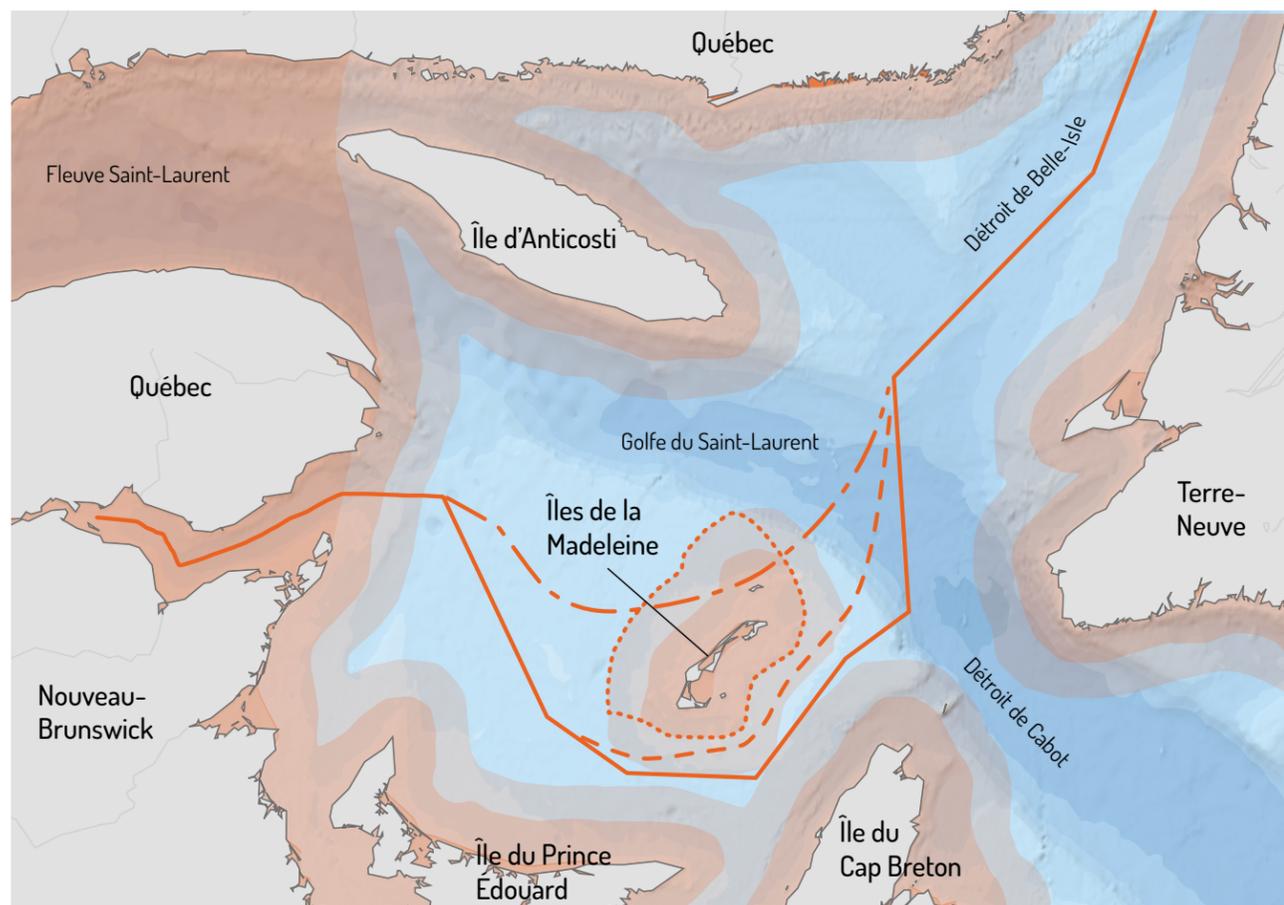
Ainsi, la règle de délimitation des frontières maritimes en droit international vise avant tout l'obtention d'un résultat équitable. L'utilisation de la méthode de l'équidistance stricte est subordonnée à ce résultat. Si les limites actuelles tracées selon l'équidistance stricte débouchaient

sur une situation inéquitable, un panel arbitral appliquant le droit international pourrait les modifier. Sans suggérer que ce serait effectivement le cas, la résolution d'un différend entre Québec et Terre-Neuve-et-Labrador pourrait donc écarter les frontières établies par l'accord de 1964.

**Figure 71**

Méthodes de délimitation appliquées au golfe du Saint-Laurent.

(D'après Labrecque, 1993.)



Finalement, les processus de règlement des différends ne sont pas uniformes. D'une part, les zones de cogestion néo-écossaise et terre-neuvienne prévoient des mécanismes identiques, qui accordent un rôle central au gouvernement fédéral et qui lui confèrent un large pouvoir discrétionnaire pour décider du processus à suivre. Dans un premier temps, le gouvernement canadien tente, pendant une période raisonnable, de résoudre par la négociation la dispute entre deux provinces. À défaut, le gouvernement fédéral détermine ensuite l'organe de résolution des différends qui tranche le litige, et établit la procédure de même que les règles de fonctionnement de ce dernier après avoir consulté les provinces impliquées. D'autre part, les lois-miroirs applicables dans la zone de cogestion québécoise donnent

un rôle de premier plan aux provinces et prévoient un processus beaucoup plus détaillé. Les provinces peuvent d'abord tenter de résoudre le différend par la négociation, puis par la médiation. Si ces étapes ne résolvent pas le litige, les provinces peuvent convenir de se soumettre à un processus d'arbitrage fixé selon des modalités consensuelles. À défaut de règlement par la voie consensuelle, une province peut décider unilatéralement de soumettre le différend à un processus d'arbitrage contraignant dont les détails sont prévus par une série de dispositions dans les lois-miroirs. Dans ce contexte, la possibilité d'un litige entre Québec et Terre-Neuve-et-Labrador pourrait engager deux processus de règlement différents sans qu'il soit possible de déterminer a priori lequel devrait avoir préséance.

## LA PROTECTION DES INVESTISSEMENTS ÉTRANGERS

Outre les règles relatives à la délimitation des frontières maritimes, d'autres aspects du droit international peuvent influencer le développement des hydrocarbures dans le golfe. Le droit international de l'investissement a des répercussions significatives sur la réglementation nationale des ressources naturelles, notamment sur les dispositions relatives à la préservation de l'environnement (Dufour et Trudeau, 2012).

Plusieurs accords internationaux de libre-échange auxquels le Canada est partie prévoient des mesures de protection des investisseurs et des investissements étrangers. L'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA) constitue l'exemple prééminent de ce type d'entente, mais il en existe de nombreux autres, y compris le Partenariat Trans-Pacifique et l'Accord économique et commercial global Canada-Union européenne (Prince, 2015).



Photo : Dashu83 / Freepik.com

Dans ce cadre, les personnes, les entreprises ou les actifs de toutes sortes qui proviennent d'un pays étranger membre d'un tel accord et qui sont impliqués dans des activités commerciales au Canada se voient attribuer un ensemble de droits. Ces droits comprennent le bénéfice d'un traitement aussi favorable que le traitement accordé par le Canada aux investisseurs et aux investissements canadiens (traitement national), de même qu'aux investisseurs et aux investissements d'un quel-



Photo : katemangostar / Freepik.com

conque État tiers (traitement de la nation la plus favorisée). De plus, le Canada doit accorder aux investisseurs et aux investissements étrangers un traitement juste et équitable, ce qui les protège contre toute forme de discrimination, d'abus et d'arbitraire. Les investisseurs étrangers bénéficient aussi d'une protection contre l'expropriation directe ou indirecte, protection qui leur permet d'obtenir une indemnité de la part du Canada, même si l'expropriation est conforme à la loi, si elle est effectuée à des fins d'intérêt public et si les investisseurs canadiens dans une situation similaire n'ont pas droit à une indemnité équivalente. Finalement, les accords internationaux de protection des investisseurs étrangers interdisent certaines pratiques traditionnelles des États qui imposent des obligations pour maximiser les retombées au bénéfice de l'économie nationale, y compris les clauses de

#### › MOBIL INVESTMENTS CANADA INC. ET MURPHY OIL CORPORATION C. GOUVERNEMENT DU CANADA

Les entreprises Mobil et Murphy investissent dans les projets pétroliers *Hibernia* et *Terra Nova*, situés sur le plateau continental atlantique, au large de Terre-Neuve-et-Labrador. Les lois-miroirs qui régissent la zone de cogestion

contenu local minimal ou les préférences pour les biens et services canadiens. Lorsque l'un ou l'autre de ces droits subit une atteinte, l'investisseur étranger peut soumettre une plainte à l'arbitrage international sans passer par les tribunaux canadiens afin d'obtenir une compensation pour les pertes ou les dommages qu'il subit.

Les décisions et les commentaires doctrinaux relatifs aux droits des investisseurs étrangers remettent en question la capacité dont l'État dispose pour effectuer certaines interventions à l'égard des projets de mise en valeur des ressources naturelles (Elcombe, 2010). Par exemple, la protection accordée aux investisseurs étrangers restreindrait le pouvoir étatique de fixer souverainement et d'appliquer des normes environnementales adéquates. En principe, les autorités administratives et réglementaires d'un État pourraient hésiter à intervenir à l'égard d'un projet d'extraction contraire aux normes environnementales nationales par crainte de contrevenir aux mesures de protection des investissements étrangers en droit international et de faire face à des réclamations exorbitantes<sup>6</sup>. Les trois exemples suivants de sentences arbitrales et de réclamations en vertu de l'ALENA illustrent l'effet que la protection des investissements étrangers pourrait avoir à l'égard du développement des hydrocarbures dans le golfe.

terre-neuvienne exigent que les investisseurs dans les projets pétroliers extracôtiers obtiennent l'approbation d'un plan de retombées économiques avant l'autorisation de leur projet. Le litige naît à la suite de l'adoption, en 2004, par l'Office

<sup>6</sup> La doctrine réfère à ce phénomène par les termes de « refroidissement réglementaire » (en anglais, *regulatory chill*).

Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers, de nouvelles lignes directrices qui imposent d'allouer à des fins de recherche, d'éducation et de formation, dans le plan de retombées économiques, un pourcentage fixe des revenus annuels issus des activités d'exploration et de production (Genest, 2014).

L'affaire est portée devant un tribunal arbitral, qui conclut que le Canada a violé les mesures de protection des investissements étrangers prévues par l'ALENA. La sentence arbitrale établit que les dépenses

#### › CLAYTON AND BILCON OF DELAWARE INC. C. GOUVERNEMENT DU CANADA

Pendant les années 2000, des investisseurs américains lancent un projet de carrière et de terminal maritime en Nouvelle-Écosse afin d'extraire des volumes importants d'agrégats rocheux et de les acheminer aux États-Unis pour fournir des matériaux de construction et approvisionner des usines de ciment. La carrière est située assez près du milieu marin pour que des baleines se retrouvent de temps à autre à moins de 1 km du site, où des séries d'explosions permettraient d'extraire l'agrégat. Les mesures de protection de l'habitat du poisson de la Loi sur les pêches s'ap-



exigées de la part des investisseurs dans les plans de retombées économiques obligent *de facto* à acheter, utiliser ou privilégier des produits ou des services produits ou fournis dans la province. L'obligation d'investir un pourcentage précis des revenus annuels en recherche et développement autant qu'en éducation et en formation n'est pas un élément accessoire, mais bel et bien un élément central des lignes directrices de 2004, qui doivent par conséquent être déclarées invalides sous l'ALENA.

pliquent, et les lois fédérales autant que provinciales imposent l'évaluation des impacts environnementaux du projet. La commission d'examen conjointe chargée de mener les deux processus d'évaluation des impacts recommande aux autorités fédérale et provinciale de refuser les demandes d'autorisation du projet à cause de ses répercussions sociales et environnementales considérables. Les autorités suivent cette recommandation et rejettent le projet, ce qui provoque une réclamation en vertu de l'ALENA.

Les investisseurs argumentent que le processus d'évaluation a été mené de manière arbitraire, inéquitable et discriminatoire. Selon eux, le refus du projet est illégal parce qu'il se fonde notamment sur l'incompatibilité du projet avec « les valeurs fondamentales de la collectivité », un motif de rejet que la loi ne prévoit pas. Les investisseurs considèrent aussi que la commission d'examen conjointe a omis de considérer ou de proposer des mesures d'atténuation des effets environnementaux négatifs afin d'éviter le rejet du projet.

Le tribunal arbitral se prononce en faveur des investisseurs. Il conclut que le Canada a violé les prescriptions de l'ALENA rela-



tivement au traitement juste et équitable et à l'obligation de traiter les investisseurs étrangers de la même manière que les ressortissants nationaux dans des situations similaires. Les arbitres considèrent que la notion de « valeurs fondamentales de la collectivité » n'est pas prévue par les lois canadiennes, et que ni le processus d'évaluation des impacts environnementaux ni la décision d'autoriser ou de refuser le projet n'aurait dû en tenir compte. L'inclusion d'un critère arbitraire dans le processus d'évaluation provoque une discri-

### › LONE PINE RESOURCES INC. C. GOUVERNEMENT DU CANADA

En 2006, une entreprise américaine s'engage contractuellement avec une compagnie canadienne titulaire de permis de recherche accordés sous la Loi sur les mines québécoise afin de mener des forages exploratoires dans le lit du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Bécancour. Quelques années plus tard, Québec s'engage dans un processus d'évaluation environnementale stratégique sur les gaz de schiste. Devant la controverse que soulève le développement des énergies fossiles, la province décide d'instaurer un moratoire sur l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le fleuve Saint-Laurent et adopte la Loi limitant les activités pétrolières et gazières en 2011. Désormais, les activités de recherche d'hydrocarbures dans le fleuve Saint-Laurent sont interdites par le droit provincial.

En 2013, l'investisseur américain entame une procédure d'arbitrage en vertu de l'ALENA contre le Canada pour réclamer 118,9 M\$. La sentence arbitrale n'a pas encore été rendue, mais les arguments de part et d'autre reflètent les enjeux de cette affaire. D'une part, Lone Pine Resources conteste la révocation des permis et allègue que le Canada a violé la norme

de traitement juste et équitable, de même que les mesures de protection contre l'expropriation. L'entreprise estime que l'adoption du moratoire est une mesure arbitraire qui se base sur des motifs politiques et qui constitue une expropriation illégale de ses investissements.

mination à l'encontre des investisseurs, qui n'ont pas la possibilité d'établir la conformité et le bien-fondé de leur projet. Cette décision a fait l'objet de nombreuses critiques, qui soulignent la méconnaissance des lois canadiennes relatives au processus d'évaluation environnementale de la part des arbitres (Bankes, 2015a; Doelle, 2015; McCarthy, 2015). Le Canada a déposé un avis de demande d'annulation de la sentence arbitrale devant la Cour fédérale du Canada en juin 2015<sup>7</sup>.

D'autre part, le Canada fait valoir que le moratoire a été adopté à la suite de nombreuses études environnementales qui concluent que le fleuve Saint-Laurent est peu propice aux activités de mise en valeur des hydrocarbures, et que la technique de fracturation hydraulique pose des risques pour l'environnement biophysique et humain. Le moratoire est motivé par l'intérêt général et vise un objectif de politique publique qui consiste en la protection du fleuve. De plus, le moratoire s'applique de manière non discriminatoire à l'ensemble des titulaires de permis de recherche et ne peut être considéré comme arbitraire, injuste ou inéquitable. Enfin, le Canada considère que Lone Pine Resources n'est pas titulaire de permis de recherche et ne possède pas d'investissement susceptible d'être exproprié. Elle a tout au plus conclu un contrat avec une compagnie canadienne titulaire d'un

permis de recherche, ce qui ne lui donne aucune garantie.

Dans ce contexte, la protection des investisseurs étrangers en droit économique international soulève un ensemble de questions significatives pour la gestion socioécologique du golfe du Saint-Laurent. Les trois cas présentés indiquent que les réclamations d'investisseurs étrangers peuvent affecter les décisions prises par les autorités administratives et législatives ou leur faire obstacle afin de protéger l'environnement ou les communautés locales et de stimuler l'économie locale (voir Dufour, 2012; Bankes, 2013). Le processus d'évaluation des impacts environnementaux des projets de développement des ressources naturelles devient

plus complexe et perd en partie son caractère opérationnel. La loi canadienne confère au décideur administratif une discrétion assez large pour tenir compte de l'acceptabilité sociale par l'intermédiaire de l'intérêt général, qui justifie l'autorisation d'un projet. Cependant, les panels arbitraux peuvent nier cette discrétion et accorder des dommages aux investisseurs étrangers dont les projets font l'objet d'un refus administratif, à défaut d'être acceptés par les collectivités qui les hébergent. Finalement, le régime de protection des investissements étrangers ajoute une strate normative supplémentaire, dont les répercussions accroissent la complexité et la fragmentation de la structure juridique régissant le golfe.

## LES DROITS DES PREMIÈRES NATIONS

Les droits des Premières Nations ont souvent été décrits comme le « géant endormi » du secteur des ressources naturelles au Canada. Depuis les années 1970, le droit autochtone s'est développé et a connu des transformations majeures au fil des décisions de la Cour suprême et des accords intervenus entre les gouvernements et les Premières Nations. Le rattachement de la Constitution a joué un rôle crucial dans cette évolution en conférant une portée et une force supralégislatives aux droits des Premières Nations par leur enchâssement à l'article 35 de la Loi constitutionnelle de 1982. Désormais, la plupart des projets de développement des ressources naturelles comprennent un volet relatif au droit autochtone.

L'article 35 de la Loi constitutionnelle de 1982 reconnaît et confirme les droits autochtones ancestraux, de même que les droits issus de traités, y compris les droits susceptibles d'être acquis à l'avenir par l'intermédiaire d'accords sur des revendications territoriales. Le texte de cet

article permet de discerner plusieurs types de droits autochtones. D'abord, les droits issus de traités sont les plus faciles à relever puisqu'ils reposent sur un texte. Les traités se répartissent en deux grandes familles :

- 1) les traités historiques, habituellement formulés en termes nobles, généraux et ambigus, à l'égard desquels les tribunaux recourent à des principes sous-jacents, comme l'honneur de la Couronne, pour pallier la faiblesse du texte afin de parvenir à des résultats équitables (Beckman c. Première nation de Little Salmon/Carmacks, 2010, paragr. 12);
- 2) les traités modernes, signés après 1970, dont le contenu détaillé fait l'objet de négociations complexes par des parties disposant d'importantes ressources, et au libellé desquels les cours portent une grande attention (Québec [Procureur général] c. Moses, 2010, paragr. 7).

Désormais, la plupart des projets de développement des ressources naturelles comprennent un volet relatif au droit autochtone.

<sup>7</sup> [www.italaw.com/sites/default/files/case-documents/italaw4362.pdf](http://www.italaw.com/sites/default/files/case-documents/italaw4362.pdf)

Par ailleurs, les droits ancestraux sont plus difficiles à relever et à définir. En l'absence d'une incarnation textuelle, la grande diversité de ces droits débouche sur des formes hautement variables, tributaires du contexte dans lequel elles s'insèrent. La définition des droits ancestraux se fonde sur les éléments fondamentaux des sociétés autochtones avant l'arrivée des Européens afin d'en déterminer les coutumes, pratiques et traditions intégrantes (R. c. Van der Peet, 1996, paragr. 44-45). Les droits ancestraux doivent être évalués en fonction de leur exercice au moment du premier contact avec les puissances coloniales, tout en reconnaissant leur évolution dans le temps par la suite.

Les titres ancestraux constituent une catégorie particulièrement importante de

droits ancestraux, à la fois parce qu'elle a récemment fait l'objet de développements jurisprudentiels, mais aussi parce qu'elle peut avoir un impact manifeste sur la gestion des ressources naturelles dans le golfe du Saint-Laurent (en général, voir Bankes, 2015b). Dans un jugement rendu en 2014, la Cour suprême reconnaît et affirme pour la première fois l'existence d'un titre autochtone territorial (Nation Tsilhqot'in c. Colombie-Britannique, 2014). La démonstration d'un titre ancestral requiert que l'occupation d'un territoire par un groupe autochtone soit à la fois suffisante, continue, exclusive et antérieure à l'affirmation de la souveraineté de la Couronne. Lorsqu'un groupe autochtone revendique et parvient à démontrer en cour l'existence d'un titre ancestral, celui-ci :

« (...) confère des droits de propriété semblables à ceux associés à la propriété en fief simple [c'est-à-dire l'équivalent de la propriété privée de droit civil en common law], y compris le droit de déterminer l'utilisation des terres, le droit de jouissance et d'occupation des terres, le droit de posséder les terres, le droit aux avantages économiques que procurent les terres et le droit d'utiliser et de gérer les terres de manière proactive. [...] Le droit de contrôler la terre que confère le titre ancestral signifie que les gouvernements et les autres personnes qui veulent utiliser les terres doivent obtenir le consentement des titulaires du titre ancestral. Si le groupe autochtone ne consent pas à l'utilisation, le seul recours du gouvernement consiste à établir que l'utilisation proposée est justifiée en vertu de l'art. 35 de la Loi constitutionnelle de 1982. »

(Nation Tsilhqot'in c. Colombie-Britannique, 2014, paragr. 73 et 76)<sup>8</sup>

<sup>8</sup> En général, voir les paragraphes 67 à 88.

Qu'il s'agisse de justifier une atteinte à un titre ancestral ou, plus généralement, dès qu'ils envisagent une mesure susceptible d'avoir des répercussions sur un droit ancestral de quelque nature que ce soit, les gouvernements fédéral et provinciaux doivent se conformer au devoir de consultation et d'accommodement envers les Premières Nations (Rio Tinto Alcan inc. c. Conseil tribal Carrier Sekani, 2010). Les mesures gouvernementales qui peuvent déclencher le devoir de consultation et d'accommodement incluent les actes administratifs autorisant des activités précises d'extraction des ressources naturelles aussi bien que les décisions stratégiques plus générales, dont l'approbation de plans de gestion d'une ressource ou même l'adoption de certaines lois. Les modalités d'acquittement du devoir de consultation et d'accommodement varient selon les circonstances, mais l'intensité du devoir augmente plus les droits autochtones sont clairs et plus le risque d'y porter atteinte est élevé (Nation Haïda c. Colombie-Britannique, 2004).

Un survol de la situation des Premières Nations dans le golfe du Saint-Laurent indique que chaque type de droit autochtone pourrait, en principe, être affecté par le développement des hydrocarbures en milieu marin, des droits issus de traités aux titres ancestraux, allant d'une pléiade de droits ancestraux jusqu'au droit à la consultation et à l'accommodement (Desbiens *et al.*, 2015). Trois Premières Nations fréquentent le golfe du Saint-Laurent depuis des temps qui remontent avant la colonisation européenne : les Innus, les Malécites et les Mi'gmaqs. Ces nations se répartissent en une vingtaine de communautés dans les zones côtières qui bordent le golfe sur le territoire des cinq provinces côtières (Dubé-Tourigny, 2014; GENIVAR, 2013). Certaines d'entre elles ont conclu, avec les puissances coloniales, des traités historiques qui leur confèrent des droits de pêche vivriers et commerciaux que le gouvernement fédéral a dû



encadrer par un régime pour éviter d'y porter atteinte (R. c. Marshall, 1999; Gough, 2008). La conclusion de traités n'a cependant pas éteint les autres droits déjà reconnus ou encore inarticulés dont les Premières Nations peuvent disposer dans le golfe.

Les droits ancestraux autant que les droits issus des traités peuvent contraindre l'action étatique en matière de développement des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent à plusieurs égards. Les droits ancestraux peuvent imposer des obligations de consultation et d'accommodement d'autant plus sévères que des négociations entre la Couronne et des Premières Nations qui revendiquent un titre ancestral sur le golfe ont débuté depuis plusieurs années (voir Affaires autochtones et du Nord Canada, 2010). Parmi les mesures assujetties aux contraintes résultant des droits autochtones pourraient se retrouver, le cas échéant, l'attribution d'autorisations de forages exploratoires, la délivrance de permis d'exploitation, la mise en place d'objectifs de développement des hydrocarbures en milieu marin dans une politique pluriannuelle à la suite d'une évaluation environnementale stratégique, et même l'adoption d'une

loi-cadre qui régirait le développement des ressources dans le golfe ou la modification de dispositions législatives qui réduirait la protection dont dispose l'écosystème aquatique. Les droits autochtones pourraient aussi interférer avec la protection des investissements étrangers (Tucker, 2013). Toutes ces mesures sont effectivement susceptibles d'entraîner des répercussions négatives diverses sur les droits autochtones dans le golfe du Saint-Laurent, que ce soit par l'impact sonore

des levés sismiques sur les ressources halieutiques ou par l'accroissement du risque d'une marée noire. Cependant, il est pratiquement impossible de déterminer à l'avance comment le droit autochtone interagira avec les autres régimes de développement des ressources naturelles en vigueur dans le golfe, compte tenu du caractère contextuel des règles applicables, de la faible transposition de ces dernières dans l'encadrement législatif et de l'évolution constante de la jurisprudence. /

## CONCLUSION

Le droit fragmente le golfe du Saint-Laurent. Les régimes juridiques y sont insuffisamment arrimés les uns aux autres. Leurs interactions restent en partie occultes ou implicites. Une telle situation complique la gestion des hydrocarbures en milieu marin. Un effort d'étude et de recherche soutenu à l'égard de nombreux aspects inexplorés de l'encadrement juridique dans le golfe est nécessaire afin d'assurer une structure plus cohérente et une

prise de décision éclairée, de même que la mise en place de standards normatifs adéquats relativement au développement du pétrole et du gaz. La mise sur pied d'un organisme ou d'un pôle de recherche permanent dédié à l'étude des multiples questions soulevées par l'éventuelle exploitation des hydrocarbures dans le golfe favoriserait le développement ordonné et sécuritaire de cette nouvelle filière énergétique. /

Photo :  
É. Pelletier



## BIBLIOGRAPHIE

Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sur la gestion conjointe des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent, 24 mars 2011.

Act for the Settlement of Boundaries between the Provinces of Canada and New Brunswick, 1851, 15-16 Victoriae Reginae, c. 63 (R.-U.).

Acte de l'Amérique du Nord britannique, 1871, 34-35 Victoria, c 28 (R.-U.).

Affaires autochtones et du nord Canada. 2010. Négociations visant les droits ancestraux et issus de traités et l'autonomie gouvernementale sur la côte Est, en ligne <<https://www.aadnc-aandc.gc.ca/fra/1100100028583/1100100028584>>.

Arbitration between Newfoundland and Labrador and Nova Scotia Concerning Portions of the Limits of Their Offshore Areas as Defined in the Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Resources Accord Implementation Act and the Canada-Newfoundland Atlantic Accord Implementation Act, Award of the Tribunal in the First Phase, Ottawa, 17 mai 2001, p.83.

Bankes, N. 2013. From Regulatory Chill to Regulatory Concussion: NAFTA's Prohibition on Domestic Performance Requirements and an Absurdly Narrow Interpretation of Country Specific Reservations, dans ABLaw.ca (6 mai 2013), en ligne : <http://ablawg.ca>.

Bankes, N. 2015a. The Bilcon Award, dans ABLaw.ca (7 avril 2015), en ligne <http://ablawg.ca>.

Bankes, N. 2015. The implication of the Tsilhqot'in (William) and Grassy Narrows (Keewatin) decisions of the Supreme Court of Canada for the natural resources industries, dans Journal of Energy and Natural Resources Law, 188, 33: 3.

Becklumb, P. 2013. La réglementation environnementale: compétences fédérales et provinciales, Bibliothèque du Parlement, en ligne : <<http://site.ebrary.com/id/10874297>> (consulté le 9 décembre 2015).

Beckman c. Première nation de Little Salmon/Carmacks, [2010] 3 R.C.S. 103.

Brun, P. 1993. La pollution du partage de compétences par le droit de l'environnement, dans Revue Générale Droit 191, 24: 209.

Calderbank, B., Macleod, A., Mcdorman, T., Gray, D. 2006. Canada's Offshore : Jurisdiction, Rights, and Management, 3ième éd., Victoria, Trafford.

Canada-Newfoundland and Labrador Atlantic Accord Implementation Newfoundland and Labrador Act, RSNL 1990, c C-2

Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Resources Accord Implementation (Nova Scotia) Act, SNS 1987, c 3

Charney, J. 1992a. Maritime Jurisdiction and the Secession of States: The Case of Quebec, dans *Vanderbilt Journal of Transnational Law* 25: 343.

Charney, J. 1992b. The Maritime Boundaries of Québec, dans *Commission d'étude des questions afférentes à l'accession du Québec à la souveraineté*, dans *Études des questions afférentes à l'accession du Québec à la souveraineté*, Volume 1 : Les attributs d'un Québec souverain, p. 498-577.

Clancy, P. 2011. *Offshore petroleum politics. Regulation and risk in the Scotian Basin*, Vancouver, Toronto, UBC Press.

Clayton, W. R., Clayton, W. R., Clayton, D., Clayton, D., et Bilcon of Delaware Inc. v. Government of Canada, UNCITRAL PCA Case No. 2009-04, en ligne <<http://www.italaw.com/cases/1588>>.

Coalition Saint-Laurent, 2014. *Golfe 101 – Pétrole dans le Golfe du Saint-Laurent : faits, mythes et perspectives d'avenir*, juin.

Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, conclue à Montego Bay, le 10 décembre 1982, (1994) Vol.1834 Nations Unies – Recueil des Traités I-31363

Desbiens, C., Gagnon, J., Roy-Allard, F. 2015. *Présence et enjeux autochtones associés au développement des hydrocarbures au Québec*, Département de géographie, Université Laval, Devis 4 du Chantier société de l'Évaluation environnementale stratégique globale sur les hydrocarbures au Québec.

Doelle, M. 2015. Clayton Whites Point NAFTA Challenge Troubling, dans *University of Dalhousie Blogs*, 25 mars 2015, en ligne <https://blogs.dal.ca>.

Dorion, H., Lacasse, J.-P. 2011. *Le Québec, territoire incertain*, Québec, Septentrion.

Dubé-Tourigny, N. 2014. *Analyse de la gouvernance de l'écosystème du golfe du Saint-Laurent*, essai de maîtrise sous la direction d'Annie Chaloux, centre universitaire de formation en environnement et développement durable, université de Sherbrooke.

Dufour, G, Trudeau, H. 2012. L'État a-t-il encore toute la marge de manœuvre qu'il devrait avoir? L'impact du chapitre 11 de l'ALÉNA sur le droit québécois de l'environnement, dans *Service de la formation continue du barreau du Québec*, éd., *Développements récents en droit de l'environnement 2012*, Cowansville, Yvon Blais, 217.

Dufour, G., 2012. Le cas du Chapitre 11 de l'ALÉNA: son impact sur la capacité de l'Etat d'agir pour le bien public et de gérer le risque, dans *Lex Electronica* 5, 17-1.

Elcombe, J. 2010. *Regulatory Powers vs. Investment Protection under NAFTA's Chapter 1110: Metalclad, Methanex, and Glamis Gold*, dans *University of Toronto Faculty of Law Review* 68: 71.

Genest, A. 2014. A Blow to Policy Space and Predictability for Measures dans *ICSID Review* 306, 29:2 en ligne <<http://icsidreview.oxfordjournals.org>>.

GENIVAR, 2013. *Évaluation environnementale stratégique sur la mise en valeur des hydrocarbures dans les bassins d'Anticosti, de Madeleine et de la baie des Chaleurs (EES2) – Rapport d'étude*, septembre.

Gough, J. 2008. *La gestion des pêches au Canada : des premiers jours jusqu'à l'an 2000*, Québec, Septentrion.

Halley, P., Trudeau, H. 2012. *Partage des compétences sur l'environnement, l'eau et les ressources naturelles*, dans *JurisClasseur Québec, Droit de l'environnement*, Fascicule 2, Montréal, LexisNexis Canada, 2012-mises-à-jour annuelles.

Harrison, R. 1977. The offshore mineral resources agreement in the maritime provinces, dans *Dalhousie Law Journal*, 4: 245.

Hydro-Québec, 2002. *Plan d'exploration pétrole et gaz naturel au Québec 2002-2010*, 23 août 2002.

La Forest, G. 1970. « Les droits de propriété du Québec sur ses eaux. Les eaux intérieures et territoriales et le plateau continental », dans Jacques Brossard et al., *Le territoire québécois*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal, p. 105.

Labrecque, G. 1993. La frontière maritime du Québec dans le golfe du Saint-Laurent, dans *Cahiers de Géographie du Québec* 37, 101: 183.

Loi de mise en œuvre de l'accord Canada - Nouvelle-Écosse sur les hydrocarbures extracôtiers, LC 1988, c 28.

Loi de mise en œuvre de l'Accord atlantique Canada — Terre-Neuve-et-Labrador, LC 1987, c 3.

Loi limitant les activités pétrolières et gazières, LQ 2011, c 13.

Loi sur les océans, LC 1996, c 31.

Loi sur les terres du domaine de l'État, RLRQ, c T-8.1.

Lone Pine Resources Inc. v. Government of Canada, ICSID Case No. UNCT/15/2, en ligne : <<http://www.italaw.com/cases/1606>>.

McCarthy, S. 2015. NAFTA ruling in Nova Scotia quarry case sparks fears for future settlements, dans *The Globe and Mail*, 24 mars 2015, en ligne <<http://www.theglobeandmail.com>>.

Mobil Investments Canada Inc. et Murphy Oil Corporation c. Gouvernement du Canada, ICSID Case No. ARB(AF)/07/4, en ligne <<http://www.italaw.com/cases/1225>>.

Mowat v. McPhee, (1880) 5 R.C.S. 66.

Nation Haïda c. Colombie-Britannique (Ministre des Forêts), [2004] 3 R.C.S. 511.

Nation Tsilhqot'in c. Colombie-Britannique, [2014] 2 R.C.S. 257.

Newman, D. 2013. Natural Resource Jurisdiction in Canada, Markham, Lexis Nexis.

Personal Property Security Act, SNS 1995-96, c 13.

Prince, H. 2015. Contribution de l'Accord économique et commercial entre le Canada et l'Union européenne (AECG) au débat sur la contestation de l'arbitrage investisseur État, dans Lex Electronica 20-2.

Projet de loi C-74 - Loi portant sur la mise en œuvre de l'Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sur la gestion conjointe des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent et modifiant d'autres lois en conséquence, 2ième session, 41ième législature, 62-63-64 Elizabeth II, 2013-2014-2015.

Projet de loi n°49 - Loi assurant la mise en œuvre de l'Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sur la gestion conjointe des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent, Assemblée nationale du Québec, 41ième législature, 1ière session, 11 juin 2015.

Quebec c. Moses, [2010] 1 R.C.S. 557.

R. c. Hydro-Québec, [1997] 3 R.C.S. 213.

R. c. Marshall, [1999] 3 R.C.S. 533.

R. c. Van der Peet. 1996. 2 R.C.S. 507.

Reference Re: Offshore Mineral Rights. 1967. R.C.S. 792.

Renvoi relatif à la propriété du lit du détroit de Géorgie et des régions avoisinantes, [1984] 1 R.C.S. 388

Renvoi relatif au plateau continental de Terre-Neuve. 1984. 1 R.C.S. 86.

Rigaldies, F. 2001. Les lignes de base dans le droit de la mer contemporain, dans Revue Juridique Themis, 35,1.

Rio Tinto Alcan Inc. c. Conseil tribal Carrier Sekani. 2010. 2 RCS 650

Roy, D. 2009. Plateau continental juridique: la surprenante pratique canadienne concernant l'exploitation des hydrocarbures sur le plateau continental de la côte atlantique, dans Revue Générale de Droit 3, 39, 29

Smith, J. 1997. Notre Mer ? An Independent Québec's Maritime Claims in the Gulf of St. Lawrence and Beyond, dans Canadian Yearbook of International Law 113.

Tucker, K. 2013. Reconciling Aboriginal Rights with International Trade Agreements: Hupacasath First Nation v. Canada, dans Revue internationale de droit et politique du développement durable de McGill 9, 2 : 109

Turmel, A. 2011. Pétrole et gaz dans le golfe du Saint-Laurent : de l'exploration à la production, dans Billet Energie – Fasken Martineau, août 2011, en ligne <http://www.fasken.com>.



## CHAPITRE 8

# Encadrer l'exploitation des hydrocarbures extracôtiers

---

**PAR** Dany Dumont

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Cindy Grant

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

Irene R. Schloss

Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski  
Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, Argentina

C'est par la mise en place de cadres de régulation que l'industrie et les États ont, au fil du temps, tenté de maintenir les risques associés à l'exploration et à l'exploitation des hydrocarbures à des niveaux négligeables, acceptables ou à tout le moins tolérables. Or, exploiter les hydrocarbures dans le milieu extracôtier implique de s'engager en terrain largement inconnu tant sur le plan de la santé et de la sécurité que de la protection environnementale. C'est pour cette raison que le gouvernement du Québec insiste pour l'adoption des meilleures pratiques, sans toutefois les définir. Quelles sont ces meilleures pratiques ? Existent-elles ? C'est en étudiant les caractéristiques environnementales et juridictionnelles du golfe du Saint-Laurent dans une perspective internationale que nous jetons ici un peu de lumière sur ce que pourraient être ces meilleures pratiques. Nous apprenons notamment, à travers l'étude du cas particulier de la mer de Barents, que les normes techniques à appliquer pour assurer un niveau de risque acceptable n'existent pas encore pour un milieu comme le golfe. De plus, leur développement et leur mise en place exigent non seulement la modernisation de l'encadrement législatif et technique, mais par-dessus tout la proactivité, la coopération et la transparence de toutes les parties prenantes, incluant l'industrie, dans une perspective internationale.

Photo :  
Pixabay

## FAITS MARQUANTS

Photo : D. Kalenitchenko

- Les cadres juridique et normatif qui prévalent dans le golfe suivent un modèle de gestion intergouvernementale provinciale-fédérale des hydrocarbures extracôtiers, supervisée par des mécanismes d'harmonisation des pratiques.
- Le gouvernement du Québec a amorcé une démarche visant à encadrer la mise en valeur des hydrocarbures en milieu marin en favorisant l'utilisation des meilleures pratiques généralement reconnues.
- Le contexte de la mer de Barents est analogue au golfe du Saint-Laurent du point de vue de l'environnement, et le projet Barents 2020 constitue un cas d'école pour la définition et le développement des meilleures pratiques en matière de normalisation technique.
- Ce cas démontre que le développement des normes et leur mise en place exigent non seulement la modernisation de l'encadrement législatif et technique, mais par-dessus tout la proactivité, la coopération et la transparence de toutes les parties prenantes.

## INTRODUCTION

Depuis le début de l'ère industrielle, l'exploitation des énergies fossiles a permis à l'humanité un développement extraordinaire et a permis d'entrer dans l'ère de l'anthropocène. Si elle a contribué à soutenir la croissance et à globaliser les échanges, elle a aussi eu des effets néfastes. Pour en tirer des bénéfices socioéconomiques,

les répercussions négatives associées aux activités d'exploration, d'extraction, de stockage, de distribution et de consommation des hydrocarbures doivent être minimisées. Ces activités ont ainsi progressivement été optimisées par l'acquisition de connaissances plus approfondies, souvent issues de l'expérience et de

l'apprentissage par essais et erreurs, par le développement et l'application de nouvelles technologies, et par la mise en place de cadres et de régulation.

Vers les années 1960, prenant la mesure des impacts négatifs des activités industrielles sur l'environnement, certaines sociétés ont graduellement intégré sa protection dans les pratiques d'encadrement. Bien que l'exploitation des hydrocarbures soit une industrie mature et bien encadrée, la recherche et l'exploration de nouveaux gisements s'effectuent là où les ressources deviennent beaucoup plus coûteuses et difficiles à exploiter. Sur terre, les ressources recherchées et exploitées sont le gaz et le pétrole de schiste ainsi que les sables bitumineux, lesquels impliquent l'utilisation de procédés industriels coûteux et plus risqués à plusieurs égards. En mer, ce sont dans les régions de plus en plus profondes ainsi que dans les mers englacées une grande partie de l'année que les recherches s'effectuent. On estime à environ 90 Gb de pétrole, 1669 tpi<sup>3</sup> de gaz naturel et 44 Gb de liquides de gaz naturel ce qu'il reste à trouver en ressources techniquement exploitables dans l'Arctique (USGS, 2008), dont 84 % se trouvaient dans les régions extracôticières<sup>1</sup> (voir également Weissenberger et Waaub, 2017, cet ouvrage). Malgré un encadrement strict, explorer dans de nouveaux environnements et dans des conditions avec lesquelles l'industrie n'a pas d'expérience, implique un risque plus grand. L'industrie et les États impliqués font également face à de nouveaux défis : la société civile, à travers l'action des citoyens et des organisations non gouvernementales, participe de plus en plus aux processus législatifs et décisionnels ; les technologies traditionnelles ne sont plus adéquates ; et les projets ont une envergure telle que la coopération internationale et intersectorielle est devenue nécessaire. Enfin, en milieu

marin, l'environnement de travail est dangereux et encore largement inconnu. Pour progresser de manière constructive dans cette voie, les organisations désireuses d'exploiter les hydrocarbures doivent donc manœuvrer avec prudence et diligence, et encadrer les activités de manière idoine.

Au Québec, l'idée d'exploiter les hydrocarbures, y compris dans le golfe du Saint-Laurent, figure toujours dans le programme politique et soulève plusieurs questions, notamment celle de savoir s'il est possible d'exploiter les hydrocarbures extracôtiers de façon rentable pour la société. En d'autres mots, peut-on exploiter les hydrocarbures en s'assurant d'un niveau de risque acceptable pour la santé et la sécurité des personnes et de l'environnement ? Plusieurs efforts ont été réalisés et d'autres sont en cours de réalisation dans le but de répondre à cette question fort complexe. Parmi ces efforts, notons particulièrement les évaluations environnementales stratégiques (EES) commandées par le gouvernement du Québec (AECOM-Tecsult, 2010; GENIVAR, 2013) ainsi que les rapports produits dans le cadre du plan d'acquisition de connaissances additionnelles (PACA). Trois documents sont particulièrement pertinents au propos de ce chapitre. Le premier présente une analyse comparative des législations encadrant la prévention, la préparation et l'intervention en cas d'accident majeur réalisée par la Chaire de recherche du Canada en droit de l'environnement (CRCDE, 2015), étude qui traite des cadres juridiques de Terre-Neuve-et-Labrador,

Peut-on exploiter les hydrocarbures en s'assurant d'un niveau de risque acceptable pour la santé et la sécurité des personnes et de l'environnement ? Plusieurs efforts ont été réalisés et d'autres sont en cours de réalisation dans le but de répondre à cette question fort complexe.

<sup>1</sup> Les unités Gb et tpi<sup>3</sup> signifient milliards de barils et trillions de pieds cubes.

de l'Arctique canadien, du Royaume-Uni (mer du Nord) et des États-Unis (golfe du Mexique), et qui fait état de plusieurs constats éclairants. Ce rapport ne couvre cependant pas le cas de la Norvège et de la mer de Barents, que nous verrons plus loin. Le second, produit par Innovation maritime (2015), fait l'examen des mesures de prévention, de préparation et d'intervention en cas d'accident majeur résultant du transport maritime d'hydrocarbures. Enfin, le rapport de la Coalition Saint-Laurent (2014) dresse un portrait complet et référencé de la question des hydrocarbures extracôtiers dans le golfe du Saint-Laurent, incluant une description du cas du prospect *Old Harry*.

L'objectif de ce chapitre est de définir l'idée d'adoption des meilleures pratiques

ou des plus hauts standards, termes largement employés dans le discours public comme conditions nécessaires devant être satisfaites avant d'autoriser les activités d'exploration et d'exploitation. Nous commencerons donc par décrire le paysage législatif du golfe du Saint-Laurent afin de le placer dans un contexte global. La recherche des meilleures pratiques nous mènera à examiner l'exemple particulier de la mer de Barents, une région arctique présentant des similitudes avec le golfe du Saint-Laurent sur le plan des conditions d'exploitation et un cas pratique d'élaboration *ad hoc* de l'encadrement technique. Cet exemple nous aidera à prendre la mesure de ce que représente une quête des meilleures pratiques en matière de santé, de sécurité et de protection de l'environnement. /

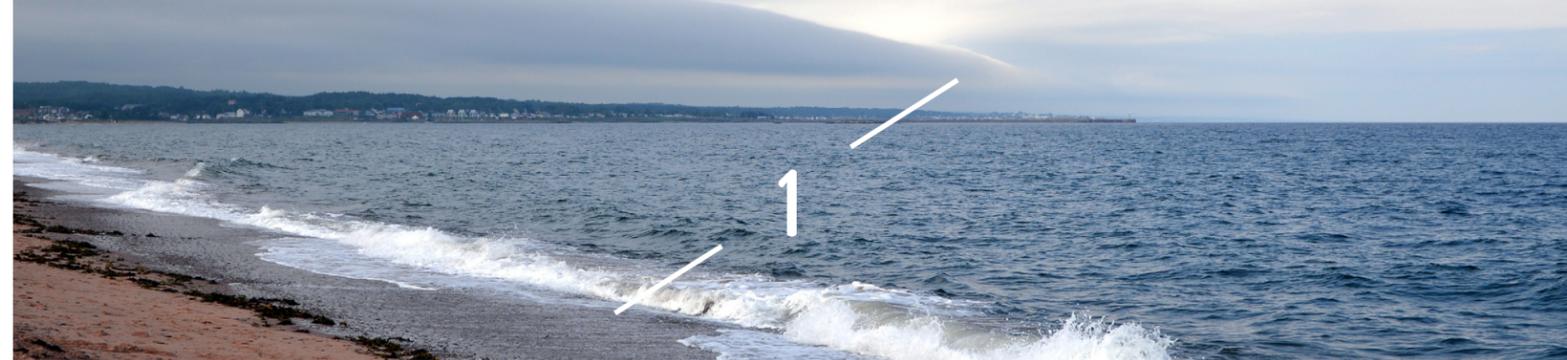


Photo : É. Pelletier

## LE CONTEXTE JURIDIQUE DE L'ENCADREMENT DES ACTIVITÉS DANS LE GOLFE DU SAINT-LAURENT

La présentation préalable du contexte juridique vise à éclairer les différents types de normes régissant le secteur d'activité des hydrocarbures, de manière à mettre en évidence les normes et standards techniques constituant l'encadrement en matière de sécurité. (Pour un portrait du régime juridique des hydrocarbures, consulter Tremblay et Kolli, 2017, cet ouvrage.)

Un cadre juridique est d'abord constitué de **lois**, c'est-à-dire de textes proposés, discutés et votés par l'assemblée qui dispose du pouvoir législatif dans une juridiction. L'application des lois est ensuite confiée à une **autorité** administrative dotée du

pouvoir d'adopter des **règlements**. Les règlements précisent les modalités opérationnelles de la loi et balisent les aspects concrets des activités qui y sont assujetties. Les règlements peuvent faire référence à des directives administratives, à des normes ou à des standards techniques qui précisent davantage les critères d'application de la loi et du règlement. Les directives aident à établir si les dispositions de la loi et du règlement sont respectées ou enfreintes, mais leur force contraignante à l'égard des justiciables varie. Contrairement aux lois et aux règlements, les **directives**, **normes** et **standards** ne sont pas directement contraignants en tant que tels, à moins qu'une disposition législative ou réglementaire ne stipule qu'il faille s'y conformer.

Il existe cependant des différences d'une situation à l'autre, d'un pays à l'autre, dues au mode d'élaboration de ces cadres. À cet égard, les cadres techniques sont souvent déterminés soit par un industriel pionnier ou en position dominante sur un marché, soit par une association professionnelle, soit par un consortium d'acteurs industriels. Les processus de standardisation ou de normalisation visent ensuite à établir un référentiel commun dans un secteur donné, de manière à harmoniser le cadre technique. Se posent particulièrement les questions de l'efficacité, de la pertinence



Photo :  
P. Archambault



Photo : Awesomecontent /  
Freepik.com

et de l'articulation de ces cadres techniques à un contexte juridique particulier, au regard notamment de la législation nationale en vigueur.

Dans le secteur qui nous intéresse, il s'agit de déterminer s'il existe des normes et standards techniques établis par l'industrie, et s'ils permettent effectivement d'assurer la sécurité, la santé et la protection de l'environnement.

matière (droit du travail, de la santé, de l'environnement, etc.). Un régime juri-

Le régime législatif et réglementaire entourant la gestion des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent est particulièrement complexe. Plusieurs juridictions s'y chevauchent, incluant un gouvernement fédéral, cinq gouvernements provinciaux, des dizaines de municipalités côtières, des revendications territoriales autochtones (p. ex., nations innue et mi'gmaque), des parcs nationaux et provinciaux ainsi qu'un trafic maritime international.

## LE CADRE JURIDIQUE CANADIEN ET LE RÔLE DE L'OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE

L'Office national de l'énergie (ONE) est l'autorité responsable de la réglementation des opérations assujetties à la Loi sur les opérations pétrolières au Canada (L.R.C., 1985, chap. O-7) (voir le tableau 8.1 pour une liste des lois citées dans ce

dique comporte la plupart du temps plusieurs lois et de nombreux règlements qui régissent chacun des aspects des activités visées sous la supervision de diverses autorités responsables. Le régime législatif et réglementaire entourant la gestion des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent est particulièrement complexe. Plusieurs juridictions s'y chevauchent, incluant un gouvernement fédéral, cinq gouvernements provinciaux, des dizaines de municipalités côtières, des revendications territoriales autochtones (p. ex., nations innue et mi'gmaque), des parcs nationaux et provinciaux ainsi qu'un trafic maritime international. La sous-section suivante décrira le cadre législatif canadien et comment il s'assure d'une gestion la plus uniforme possible des hydrocarbures, malgré les particularités régionales.

**Tableau 8.1**

Liste de quelques lois et de certains règlements fédéraux et provinciaux encadrant les hydrocarbures au Canada.

CANADA	
S.R.C., 1985, chap. 36	Loi fédérale sur les hydrocarbures
L.C., 1987, chap. 3	Loi de mise en œuvre de l'Accord atlantique Canada-Terre-Neuve-et-Labrador (voir S.N.S., 1987, chap. 3)
L.C., 1988, chap. 28	Loi de mise en œuvre de l'Accord Canada-Nouvelle-Écosse sur les hydrocarbures extracôtiers (voir R.S.N.L., 1990, chap. C-2)
Projet de loi n° C-74, 41 <sup>e</sup> législature, 2 <sup>e</sup> session	Loi portant sur la mise en œuvre de l'Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sur la gestion conjointe des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent et modifiant d'autres lois en conséquence * Projet de loi mort au feuillet lors du déclenchement des élections le 2 août 2015
L.R.C., 1985, chap. O-7	Loi sur les opérations pétrolières au Canada
L.C., 1999, chap. 33	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
L.C., 2012, chap. 19, art. 52	Loi canadienne sur l'évaluation environnementale
L.R.C., 1985, chap. 22, 4 <sup>e</sup> suppl.	Loi sur les mesures d'urgence
L.R.C., 1985, chap. 6, 4 <sup>e</sup> suppl.	Loi sur la protection civile
DORS/87-612	Règlement sur la sécurité et la santé au travail (pétrole et gaz)
DORS/96-114	Règlement sur les certificats de conformité liés à l'exploitation du pétrole et du gaz au Canada
DORS/2009-317	Règlement sur le forage et la production relatifs aux hydrocarbures dans la zone extracôtière de Nouvelle-Écosse
DORS/2009-316	Règlement sur le forage et la production relatifs aux hydrocarbures dans la zone extracôtière de Terre-Neuve
DORS/2009-315	Règlement sur le forage et la production de pétrole et de gaz au Canada
QUÉBEC	
L. Q., 2011, chap. 13	Loi limitant les activités pétrolières et gazières
L. Q., 1998, chap. 24, art. 153	Loi modifiant la Loi sur les mines et la Loi sur les terres du domaine public
RLRQ, chap. Q-2	Loi sur la qualité de l'environnement
Projet de loi n° 49, 41 <sup>e</sup> législature, 1 <sup>re</sup> session	Loi assurant la mise en œuvre de l'Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sur la gestion conjointe des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent
TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR	
R.S.N.L., 1990, chap. C-2	<i>Canada-Newfoundland and Labrador Atlantic Accord Implementation Act</i>
NOUVELLE-ÉCOSSE	
S.N.S., 1987, chap. 3	<i>Canada-Nova Scotia Offshore Petroleum Resources Accord Implementation Act</i>



taines exigences doivent être remplies en matière de santé et sécurité, en vertu du Règlement sur la sécurité et la santé au travail (pétrole et gaz) (DORS/87-612), ainsi qu'en matière d'environnement, en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (L.C., 1999, chap. 33), de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (L.C., 2012, chap. 19, art. 52), de la Loi sur les mesures d'urgence (L.R.C., 1985, chap. 22, 4<sup>e</sup> suppl.) et de la Loi sur la protection civile (L.R.C., 1985, chap. 6, 4<sup>e</sup> suppl.). L'application de ces lois relève de plusieurs organismes différents, incluant entre autres l'ONE, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), Pêches et Océans Canada (MPO) et l'Agence canadienne d'évaluation environnementale. En 2010, à la suite de l'accident de la plateforme *Deepwater Horizon*, l'ONE a réalisé une vaste consultation dans le but de revoir les exigences de sécurité et de protection de l'environnement liées au forage extracôtier dans l'Arctique canadien (ONE, 2011). En 2014, il

publie les exigences de dépôt relatives aux forages extracôtiers dans l'Arctique canadien (ONE, 2014), qui décrit ce à quoi un exploitant doit se soumettre afin d'obtenir la permission de forer.

L'ONE régleme les activités d'exploration et de production pétrolières et gazières dans les eaux canadiennes, à l'exception des régions extracôtiers de la Nouvelle-Écosse, qui sont du ressort de l'Office Canada-Nouvelle-Écosse sur les hydrocarbures extracôtiers (OCNEHE), et des régions extracôtiers de Terre-Neuve-et-Labrador, lesquelles relèvent de la compétence de l'Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers (OCTNLHE). Ces deux organismes, dont les domaines de juridiction sont illustrés à la figure 8.1, sont issus de l'adoption de lois-miroirs conclues entre le Canada et chacune des deux provinces. Ils encadrent la gestion partagée des ressources pétrolières et gazières extracôtiers et le partage des revenus (L.C., 1987, chap. 3; R.S.N.L., 1990, chap. C-2; L.C., 1988, chap. 28; S.N.S., 1987, chap. 3). Ces lois prévoient également un processus d'arbitrage pour établir les limites de la zone extracôtier en cas de litige entre les provinces. Une sentence a d'ailleurs été rendue par un tribunal d'arbitrage le 26 mars 2002, établissant la limite de la zone extracôtier entre Terre-Neuve-et-Labrador et la Nouvelle-Écosse. L'ONE, l'OCNEHE et l'OCTNLHE évaluent les demandes, émettent les autorisations et agissent comme premiers répondants en assurant la coordination en cas de déversement. Le gouvernement fédéral est donc présent, soit par les ententes avec les provinces, soit par l'ONE, dans tous les projets d'exploitation d'hydrocarbures en milieu marin.

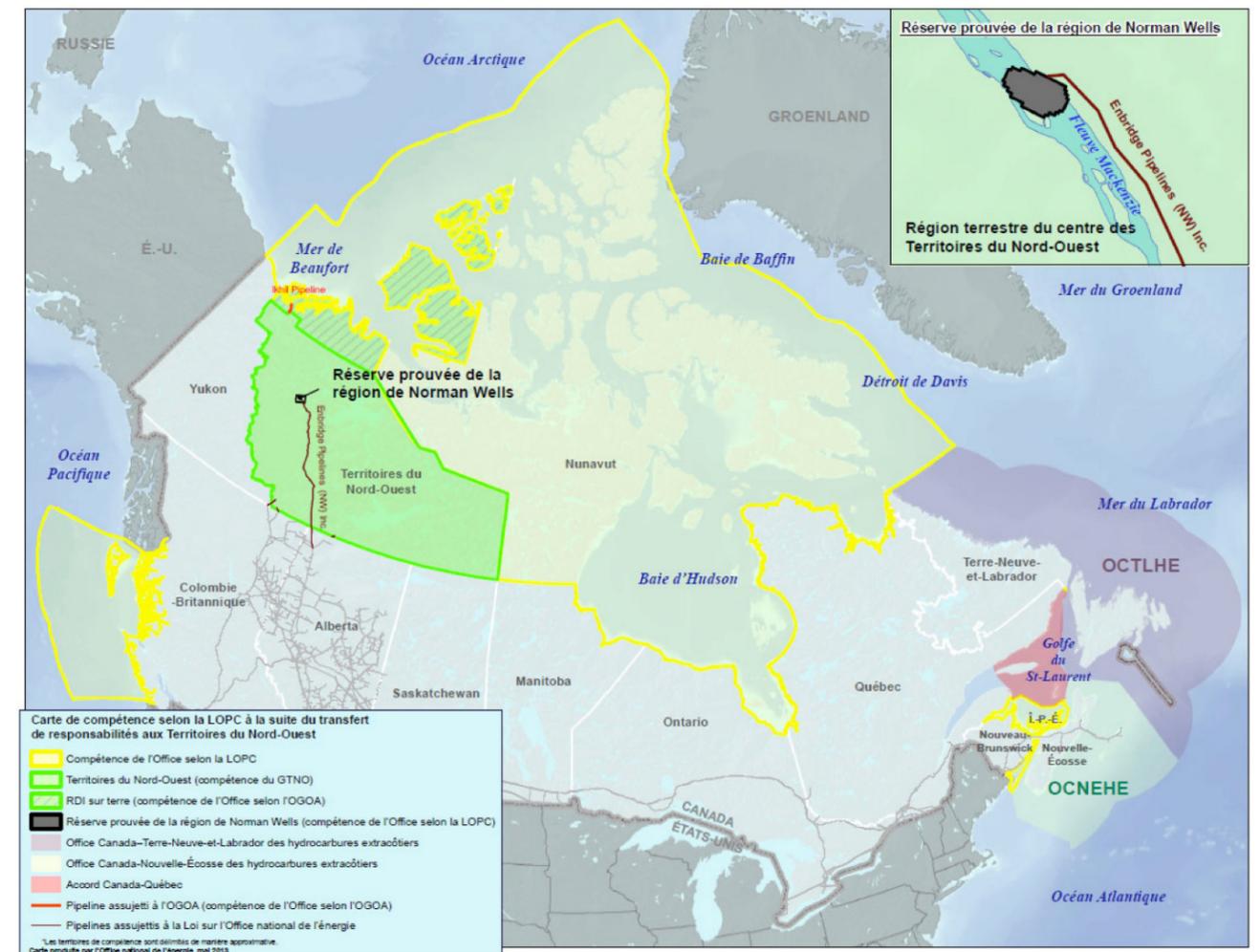
La Loi sur les opérations pétrolières au Canada ne prévoit qu'un seul exploitant par installation (L.R.C., 1985, chap. O-7). Cet exploitant est aussi l'opérateur et le titulaire du permis. Il y a aussi un

seul **système de gestion** pour une installation. Le Règlement sur le forage et la production de pétrole et de gaz au Canada (DORS/2009-315) stipule que le demandeur d'une autorisation a la responsabilité d'élaborer et de promulguer un système de gestion efficace, un plan de sécurité et un plan de protection de l'environnement (PPE), et que ces plans doivent être soumis aux offices respectifs pour approbation. Une fois l'autorisation accordée,

il est de la responsabilité de l'exploitant d'assurer la conformité avec le système de gestion. Dagg et ses collaborateurs (2011) définissent un système de gestion comme étant un ensemble de processus et de procédures visant à assurer qu'un exploitant remplit les exigences réglementaires et atteint les objectifs fixés en matière de santé, de sécurité et de protection environnementale.

**Figure 8.1**

Zones côtières et extracôtiers canadiennes règlementées par l'Office national de l'énergie (ONÉ), l'Office Canada-Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers (OCNEHE) et l'Office Canada Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers (OCTLHE). La zone rouge est celle couverte par l'Accord Canada-Québec qui a mené en juin 2015 au dépôt de projets de lois miroirs. (Office national de l'énergie (<https://www.neb-one.gc.ca/nrth/index-fra.html>).



## LE CADRE JURIDIQUE DU QUÉBEC

À l'heure actuelle, deux moratoires sont en vigueur. Un premier moratoire permanent interdit les activités d'exploration et d'exploitation pétrolières et gazières dans le fleuve, l'estuaire et le nord-ouest du Saint-Laurent, en vertu de la Loi limitant les activités pétrolières et gazières (L. Q., 2011, chap. 13). Un second moratoire (L. Q., 1998, chap. 24, art. 153) interdit les activités d'exploration et d'exploitation pétrolières et gazières dans la portion québécoise du golfe du Saint-Laurent et dans la baie des Chaleurs, et ce, jusqu'à ce qu'un cadre de gestion adéquat ait été mis en place et que toutes les conditions nécessaires pour protéger l'environnement marin soient réunies.



Photo Baie des Chaleurs : Gilles Douaire / Flickr

Le 24 mars 2011, le Québec a signé un accord avec le gouvernement fédéral sur la gestion intergouvernementale des hydrocarbures extracôtiers (MERN, 2011). Cet accord constitue le premier

pas vers l'exploration pétrolière dans la partie québécoise du golfe et sera mis en œuvre avec l'adoption de lois-miroirs, dont les projets ont été déposés en 2015. Le 11 juin 2015, le projet de loi n° 49 : Loi assurant la mise en œuvre de l'Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sur la gestion conjointe des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent (Projet de loi n° 49, 41<sup>e</sup> législature, 1<sup>re</sup> session) est déposé à l'Assemblée nationale du Québec. Peu après, le 18 juin 2015, le projet de loi n° C-74 : Loi portant sur la mise en œuvre de cet accord (Projet de loi n° C-74, 41<sup>e</sup> législature, 2<sup>e</sup> session) est déposé à la Chambre des communes. Il s'agit des deux projets de lois-miroirs donnant suite à l'accord précédemment conclu qui, au moment d'écrire ces lignes, n'ont pas encore été sanctionnés. Le 2 août 2015, le projet de loi fédéral n° C-74 est mort au feuillet lors du déclenchement des élections fédérales et aucun autre projet de loi n'a été déposé depuis. L'étude du projet de loi n° 49 est au point mort, car il doit être étudié en parallèle à un projet de loi fédéral. Toujours est-il que l'objectif de ces lois est d'encadrer la mise en valeur des hydrocarbures en milieu marin en favorisant l'utilisation des « meilleures pratiques généralement reconnues » (Devost, 2015). Cette volonté est réitérée en 2014 par le plan d'action du gouvernement du Québec visant l'adoption des « meilleures pratiques d'exploration et d'exploitation par la modernisation de l'encadrement législatif et réglementaire »<sup>2</sup>.

L'Accord Canada-Québec reconnaît que le Québec sera le principal bénéficiaire des activités de mise en valeur des hydrocarbures et bénéficiera de l'ensemble des revenus propres à ces ressources. La Régie de l'énergie du Québec et l'ONE doivent

exercer conjointement les pouvoirs et fonctions qui leur sont attribués par la loi. Les projets de loi prévoient que les activités d'exploration, de production et de transport des hydrocarbures dans la zone désignée nécessiteront un permis d'effectuer les travaux et une autorisation pour chaque activité. Les autorisations d'activités doivent minimalement contenir des conditions relatives à la responsabilité en cas de pertes et de dommages, à la réalisation d'études en matière d'environnement et au paiement des frais engagés par la Régie et l'ONE. L'avis du ministre québécois responsable de la Loi sur la qualité de l'environnement (RLRQ, chap. Q-2) et celui de l'autorité responsable de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (L.C., 2012, chap. 19, art. 52) seront nécessaires pour l'approbation de certaines activités à incidences environnementales. La réglementation découlant de ces deux projets de loi n'est pas encore connue et pourrait contenir des éléments nouveaux quant aux meilleures pratiques en matière d'exploration et d'exploitation extracôtiers.

La Politique énergétique 2030 du Québec, rendue publique le 7 avril 2016 (Québec, 2016) mentionne que, s'il s'engage à développer la filière des hydrocarbures, le gouvernement devra travailler à changer son approche en procédant étape par étape et en toute transparence. Les revenus tirés de cette filière seraient affectés à la transition énergétique et, prioritairement, au développement des énergies renouvelables. Pour cela, un certain nombre de conditions doit être respecté : le transport sécuritaire des hydrocarbures, l'exploitation responsable des hydrocarbures au Québec, l'acceptabilité sociale au sein des communautés d'accueil ainsi que l'application des normes techniques et environnementales les plus strictes.

Les « meilleures pratiques », les « plus hauts standards » ou les « pratiques exemplaires » sont des termes omniprésents

dans le discours des politiques publiques et des législateurs. Les meilleures pratiques réfèrent à un ensemble de mesures de gouvernance et de régulation dans un secteur donné, établies par comparaison entre différentes régions et différents pays. Ces pratiques peuvent ainsi inclure des mesures de politiques publiques ou des mesures législatives, réglementaires et techniques. Dans le cadre de normes et de standards techniques, la CRCDE (2015) constate que, à la suite d'une série d'accidents majeurs survenus dans plusieurs juridictions étudiées, notamment à Terre-Neuve-et-Labrador, aux États-Unis et au Royaume-Uni, des restructurations majeures ont été amorcées en passant progressivement d'un mode de régulation plus normatif vers un mode basé sur la performance ou par objectifs (voir encadré « Modes de régulation » - page suivante, pour une définition de ces modes de régulation). /

Les meilleures pratiques réfèrent à un ensemble de mesures de gouvernance et de régulation dans un secteur donné, établies par comparaison entre différentes régions et différents pays.



Photo : Deepwater Horizon Response / Flickr

<sup>2</sup> <http://hydrocarbures.gouv.qc.ca/demarche-plan-action-quebec.asp>

Il existe deux approches de régulation des activités d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures en milieu marin : l'**approche normative et celle basée sur la performance**. Il y a une augmentation générale de l'utilisation de la régulation basée sur la performance au Royaume-Uni, au Groenland et en Norvège. Les États-Unis utilisent essentiellement une régulation normative et le Canada, une version hybride des deux approches.

La **régulation normative** définit les exigences techniques ou les procédures auxquelles les entités régulées doivent se soumettre. La fonction de réglementation vise dans ce cas à assurer la conformité avec les exigences spécifiées. Cette approche est appropriée lorsqu'une direction précise sur les procédures ou les normes techniques est nécessaire, et elle est particulièrement applicable lorsque les meilleures pratiques peuvent être clairement définies. Ces pratiques représentent ce qui est perçu comme un équilibre raisonnable entre la mitigation des risques et les coûts liés à l'investissement et au fonctionnement. Cependant, elle laisse peu de place à l'innovation : son manque de flexibilité peut entraver l'introduction de pratiques et de technologies nouvelles. Cette approche requiert des inspections détaillées et il est de la responsabilité de l'utilisateur d'évaluer et de gérer les risques encourus. Enfin, la régulation normative

est peu transparente puisqu'elle dépend de la volonté des parties prenantes de partager de l'information.

La **régulation basée sur la performance** définit, pour les entités régulées, les fonctions ou les résultats à atteindre, mais permet une grande flexibilité dans la procédure. L'opérateur doit sélectionner les solutions qui répondent à ces objectifs et exigences pour chaque cas particulier. Cette approche encourage l'innovation et la proactivité des entreprises puisqu'il est de la responsabilité des opérateurs de trouver des solutions et de bâtir les compétences nécessaires sur la technologie, sur les opérations et sur la compréhension du risque. L'industrie devient pleinement responsable de ses activités, mais l'efficacité de l'approche est déterminée selon le dialogue et la confiance entre l'autorité et l'industrie. En effet, la tâche des autorités dans ce régime est de concevoir et d'élaborer les règlements, puis de surveiller les méthodes de travail des opérateurs et les systèmes de gestion. Les opérateurs ont un degré de liberté relativement élevé pour développer leur propre solution, tant qu'ils peuvent démontrer qu'ils gèrent le risque associé à leurs activités ainsi que les objectifs et exigences fonctionnelles du règlement. Cette approche exige un degré élevé de connaissances et de compétences, mais peut entraîner un manque de transparence auprès du public.

Mockup : C. Petetin



## LES NORMES ET STANDARDS TECHNIQUES DANS LE DOMAINE DES HYDROCARBURES EXTRACÔTIERS

L'Organisation internationale de normalisation (en anglais, *International Organization for Standardization* ou ISO) joue un rôle de premier plan dans l'harmonisation technique des standards, des processus de standardisation ou de normalisation des activités provenant des industries ou acteurs d'un secteur donné. C'est le premier producteur de normes internationales d'application volontaire dans le monde. Ces normes établissent des spécifications de pointe applicables aux produits, aux services et aux bonnes pratiques, permettant d'accroître l'efficacité de tous les secteurs de l'économie. Élaborées dans le cadre d'un consensus international, par secteur, elles aident à supprimer les obstacles au commerce international. L'Association canadienne de normalisation (CSA) est aussi un organisme d'élaboration de normes de certification dont les activités visent à répondre aux besoins de l'industrie, du gouvernement, des consommateurs et d'autres parties intéressées du Canada ainsi qu'à ceux du marché mondial. Les normes internationales ont pour but de garantir des produits et services sûrs, fiables et de bonne qualité. Pour les entreprises, elles sont des outils stratégiques permettant d'abaisser les coûts, tout en augmentant la productivité et en réduisant les pertes et les erreurs. Elles ouvrent l'accès à de nouveaux marchés, établissent des règles

du jeu équitables pour les pays en développement, et facilitent le libre-échange et le commerce équitable dans le monde. Ce sont des experts du monde entier qui préparent les normes requises par leur secteur.

Au regard de l'industrie pétrolière, il existe 174 normes ISO, dont 123 traitent des divers aspects de la production en mer, allant des exigences générales pour les structures en mer (ISO 19900:2013) jusqu'aux exigences et lignes directrices pour les interventions d'urgence (ISO 15544:2000), en passant par les exigences et lignes directrices pour le contrôle et l'atténuation des feux et des explosions dans les installations en mer (ISO 13702:2015).

Il est important de souligner que les régions affectées par un climat extrême et sous l'influence de la glace posent des défis supplémentaires à toute activité d'exploration et d'exploitation d'hydrocarbures extracôtiers. Des efforts internationaux s'attaquant à cette question ont abouti à la rédaction de la norme sur les structures arctiques en mer (ISO 19906:2010), laquelle fournit des recommandations et des lignes directrices pour la conception, la construction, le transport, l'installation et le démantèlement de structures en mer liées aux activités des industries du pétrole et du gaz naturel dans les régions froides

et arctiques. L'objectif de cette norme est de s'assurer que les structures extracôtées en milieu arctique et subarctique fournissent un niveau adéquat de fiabilité en ce qui concerne la sécurité des personnes et la protection de l'environnement. Les principes directeurs de cette norme sont de compléter, sans toutefois dupliquer, la suite des normes ISO 19900 (tableau 8.2) sur des questions précises pour les structures en présence de glace. Les normes sur les oléoducs, sur les installations portuaires et sur les ponts en sont exclues, et elles ne couvrent pas non plus le fonctionnement, la maintenance,

l'inspection, le service ou la réparation de structures arctiques en mer. Même si le document est maintenant disponible pour utilisation, la norme ISO 19906:2010 est en cours de révision (ISO/AWI 19906)<sup>3</sup> par le sous-comité 7 du comité technique 67 (ISO TC 67/SC 7). L'actualisation des normes est un processus long et fastidieux, notamment parce qu'elle requiert un imposant travail de recherche et de consultation ainsi que le consensus de nombreuses parties. Les améliorations peuvent conséquemment survenir tard par rapport aux besoins réels de l'industrie.



Photo : C. Petetin

## LE NIVEAU DE RISQUE DANS LE GOLFE DU SAINT-LAURENT

### UNE DÉFINITION DU RISQUE

Le risque potentiel est un concept statistique défini comme le produit de la probabilité ou fréquence d'un incident et ses

dommages anticipés – appelons cela la conséquence –, qu'on peut représenter par l'équation suivante :

$$\text{RISQUE} = \text{PROBABILITÉ} \times \text{CONSÉQUENCE}$$

Les conséquences des accidents en pertes de vies humaines, en dommages à l'environnement et/ou en perte économique peuvent être plus sévères dans les environnements où les conditions d'exploitation sont plus difficiles. L'éloignement et le manque d'infrastructures peuvent rendre les interventions d'urgence moins rapides. Les températures extrêmes, les aléas météorologiques et la présence de glace peuvent rendre les sauvetages plus difficiles et périlleux, voire impossibles. La vulnérabilité des environnements affectés peut faire augmenter les coûts associés à la compensation des services rendus par l'écosystème ou à la réparation des dégâts. La probabilité accrue d'un arrêt prolongé des activités après un acci-

dent en raison d'un accès saisonnier pour réparation peut occasionner une perte de rentabilité de l'activité. Si les activités font par surcroît l'objet d'une vive attention du public, qui a une faible tolérance pour les accidents, il y a une probabilité accrue d'une perte de réputation pour toutes les parties concernées en cas d'accident. Évaluer le risque exige donc, dans un premier temps, de déterminer et de mesurer les conséquences associées aux accidents possibles et, ensuite, de déterminer la probabilité d'occurrence.

Le risque peut être atténué en diminuant la probabilité d'occurrence des incidents et/ou en atténuant les conséquences des accidents potentiels. Cependant, les conséquences liées à certains facteurs, tels que l'obscurité, la basse température, la glace, l'éloignement et l'environnement vulnérable, ne peuvent pas facilement être compensées. Afin de maintenir un même niveau de sécurité dans un contexte qui aggrave les conséquences, la seule voie possible consiste à réduire la probabilité d'occurrence des incidents.



Photo :  
D. Kalenitchenko

**Tableau 8.2**  
Suite des normes  
ISO 19900  
s'appliquant aux  
structures en mer.

NORME	TITRE
ISO 19900	Exigences générales pour structures en mer
ISO 19901-(1-7)	Exigences spécifiques
ISO 19902	Plateformes fixes en acier
ISO 19903	Plateformes fixes en béton
ISO 19904-(1-2)	Structures flottantes en mer
ISO 19905	Unités mobiles en mer (avec évaluation spécifique du site)
ISO 19906	Structures arctiques en mer

Les normes internationales sont générales et peuvent s'appliquer à de nombreuses zones géographiques en fonction des options de développement des projets. Dans de nouvelles situations, par exemple pour des projets extracôtiers en Arctique, les règlements et normes techniques ne sont normalement pas préparés ou mis à jour en tenant compte des conditions particulières. Si l'on souhaite atteindre un niveau acceptable de sécurité dans le contexte d'un projet ou d'une région précise, les normes générales doivent être adaptées en tenant compte de plusieurs aspects. Cela inclut notamment les objectifs de sécurité des entreprises,

les méthodes d'évaluation du risque de la conception du projet aux opérations, l'acquisition de données environnementales propres au site, la définition des besoins fonctionnels supplémentaires ou modifiés, l'établissement de critères de base pour la sélection des facteurs de sécurité du projet et la définition de nouvelles exigences de réglementation pour la zone visée. Nous verrons plus loin comment ce travail d'adaptation s'est amorcé dans le cas concret de l'exploitation des hydrocarbures en mer de Barents, mais prenons d'abord le temps de caractériser le niveau de risque auquel l'industrie devrait faire face dans le golfe du Saint-Laurent. /

<sup>3</sup> L'acronyme AWI signifie *approved working item* et identifie le stade de développement des normes ISO. Il y a six étapes à franchir avant qu'une norme ne soit approuvée et publiée. Pour plus de détails sur ce processus, consulter [www.iso.org/iso/home/standards\\_development/resources-for-technical-work/stages\\_table.htm#s20](http://www.iso.org/iso/home/standards_development/resources-for-technical-work/stages_table.htm#s20).

## LES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES



Photo :  
É. Pelletier

Qu'en est-il donc des risques liés aux activités extracôtières dans le golfe du Saint-Laurent ? Sans répondre de manière exhaustive à cette question, nous pouvons tout de même établir un portrait comparatif des conditions météo-océaniques afin de mieux situer le golfe du Saint-Laurent par rapport aux autres régions ciblées par

l'exploitation des hydrocarbures. Malgré sa position australe par rapport au cercle Arctique, le golfe présente des conditions hivernales à certains égards similaires à celles qui prévalent dans certaines régions de l'Arctique. La température de l'air peut atteindre des extrêmes autour de  $-30^{\circ}\text{C}$ . Ainsi, l'effet sur la santé et la sécurité des personnes œuvrant à l'extérieur peut être accentué par le refroidissement éolien intense lors des tempêtes hivernales. Des précipitations parfois fortes et abondantes, du verglas, du brouillard ainsi que des vagues fortes et abruptes font partie des conditions présentes dans le golfe. Un des aléas les plus redoutés par les opérateurs extracôtiers est la col-

**Tableau 8.3**

Comparatif des conditions météorologiques marines prévalent dans les principales zones pétrolifères extracôtières de l'hémisphère nord. Le chiffre indique le niveau de sévérité de l'aléa sur une échelle relative de 0 à 3, 3 étant le niveau le plus sévère parmi les régions présentées et 0 une absence ou présence négligeable de l'aléa (voir le tableau 8.4 pour les définitions).

	GLACE DE MER	ICEBERGS	VERGLAS	REFROIDISSEMENT ÉOLIEN	MARÉES	VAGUES	TOTAL
1. Golfe du Saint-Laurent	2	1	2	2	1-3	2	12
2. Grands Bancs de Terre-Neuve	1	3	2	2	1	3	12
3. Plateau néo-écossais	1	1	1-2	2	1-3	3	12
4. Mer de Beaufort	3	2	3	3	1	1-2	14
5. Baie de Baffin	2	3	3	3	1	1-2	14
6. Détroit de Fram (nord-est du Groenland)	3	3	3	3	1	1	14
7. Mer de Barents	1	2	3	3	1-2	2	13
8. Mer d'Okhotsk (île Sakhaline, Russie)	2	0	2	2	1-2	2	10
9. Mer du Nord	0	0	1	1	2	3	7
10. Mer Caspienne	1	0	1	1	0-1	2	6

lision entre une plateforme et un iceberg. Même si des icebergs sont très rarement observés dans le golfe, la probabilité de présence n'est pas nulle, particulièrement dans la portion nord-est du golfe, près du détroit de Belle Isle (Hill, 2000). Une base de données colligées par le Conseil national de recherches du Canada rapporte plusieurs collisions entre un navire et un iceberg dans les eaux de l'Est du Canada, bien que celles-ci aient été plus rares au cours des dernières décennies.

La distance entre une éventuelle plateforme et les installations côtières est aussi un facteur à considérer. Si l'on suppose qu'une plateforme serait installée à l'endroit du prospect *Old Harry*, elle serait à environ 80 km de la côte, une distance

beaucoup moins grande que certaines autres plateformes au large de Terre-Neuve ou en mer du Nord. Cela peut représenter un avantage en réduisant le temps d'intervention en cas d'accident, si bien sûr des installations appropriées sont accessibles à ces endroits. Toutefois, la proximité des côtes augmente le risque que des déversements atteignent des milieux côtiers sensibles et vulnérables. Les tableaux 8.3 et 8.4 présentent un sommaire de la sévérité des conditions météo-océaniques prévalant dans 10 régions arctiques et subarctiques. Ces régions, qui sont toutes à l'intérieur ou aux abords de la couverture de glace hivernale dans l'hémisphère Nord, indiquée par les points blancs, sont présentées à la figure 8.2. /

**Tableau 8.4**

Description de l'échelle de sévérité pour chacun des aléas présentés au tableau 8.3.

ALÉAS	NIVEAU 1	NIVEAU 2	NIVEAU 3
Glace de mer	Présence sporadique de glace saisonnière	Présence récurrente de glace saisonnière Pression de glace faible à modérée	Présence de glace saisonnière et pérenne (pluriannuelle) pendant la majeure partie de l'année Pression de glace modérée à forte
Icebergs	Présence occasionnelle de petits icebergs	Présence occasionnelle d'icebergs de toutes tailles	Forte probabilité de présence d'icebergs de toutes tailles, incluant les icebergs géants et les îles de glace
Verglas	Précipitations rares de verglas	Précipitations occasionnelles	Précipitations fréquentes
Refroidissement éolien	Occurrence occasionnelle de périodes de vent et de froid intense	Probabilité forte de périodes de vent et de froid pendant une partie de l'année	Persistance du froid et du vent sur de longues périodes de temps
Marées	Variations faibles du niveau d'eau et/ou des courants liées à la marée	Variations significatives du niveau d'eau et/ou des courants liées à la marée	Variations importantes du niveau d'eau et/ou des courants liées à la marée
Vagues	Vagues extrêmes < 5 m	Vagues extrêmes 5-15 m	Vagues extrêmes > 15 m

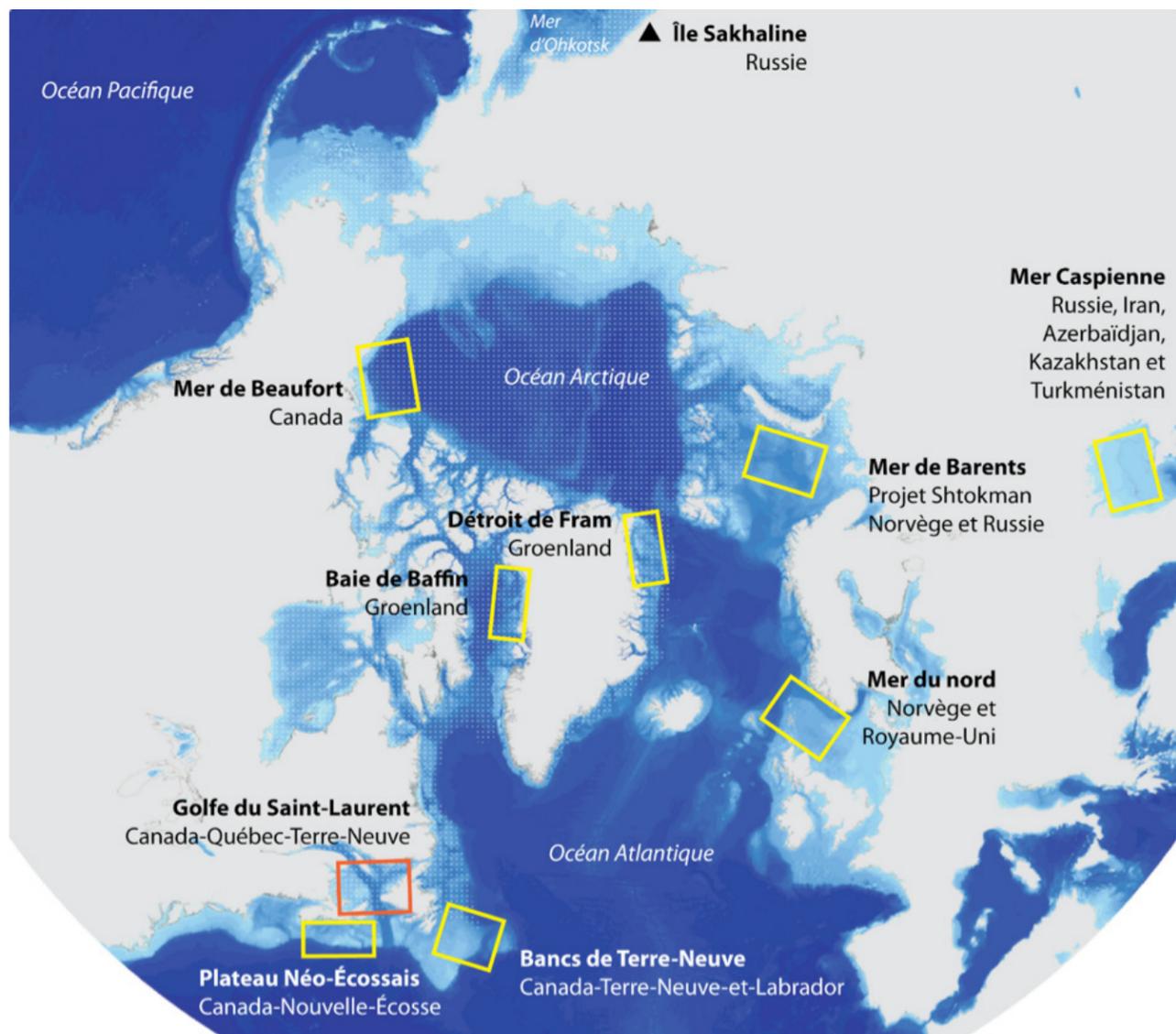
Figure 8.2

Zones extracôtières arctiques et subarctiques où l'on retrouve des gisements ou des prospectifs d'hydrocarbures (pétrole et/ou gaz) en développement ou en cours d'exploitation. Les conditions météo-océaniques de ces régions sont décrites et qualifiées aux tableaux 8.2 et 8.3. Les points blancs recouvrent l'étendue moyenne de glace au mois de mars 2015. On retrouve :

- 1) le golfe du Saint-Laurent
- 2) les grands bancs de Terre-Neuve
- 3) le plateau néo-écossais
- 4) la mer de Beaufort
- 5) la Baie de Baffin
- 6) le détroit de Fram
- 7) la mer de Barents
- 8) l'île Sakhaline, dans la mer d'Okhotsk
- 9) la mer du Nord
- 10) la mer Caspienne.



Photo : Pixabay



## LE CAS DE LA MER DE BARENTS

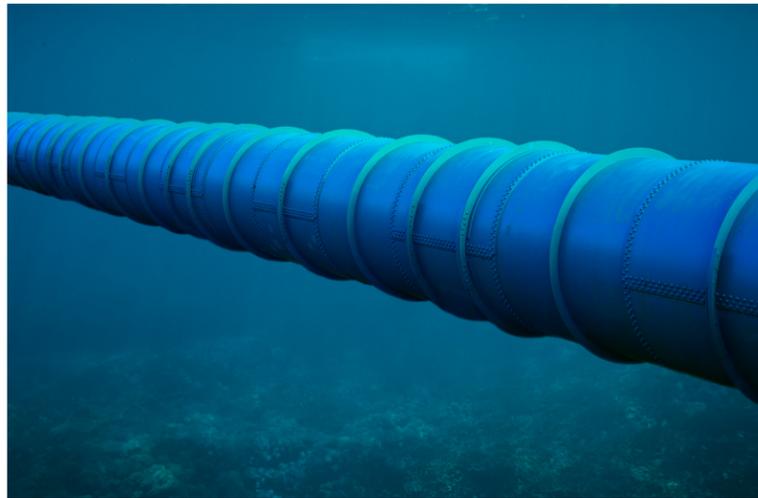
Au regard du tableau 8.3, il apparaît évident que Terre-Neuve-et-Labrador est le cas le plus similaire à celui du golfe du Saint-Laurent, particulièrement si l'on considère les parentés existantes sur le plan juridique (CRCDE, 2015). Toutefois, dans la quête des meilleures pratiques en matière de sécurité, l'approche comparative invite à examiner ce qui se fait ailleurs dans le monde. La Norvège est largement reconnue comme une nation championne en matière d'opérations extracôtières. Cette compétence prend racine au siècle passé alors que la compagnie à but non lucratif Det Norske Veritas (DNV) est fondée en 1864 pour coordonner et superviser le développement de la navigation marchande. Lors de la découverte du pétrole en mer du Nord dans les années 1970, DNV s'est appuyée sur ses compé-

tences dans le domaine maritime pour jouer un rôle-clé dans le développement des pratiques d'inspection, de vérification et de gestion des structures et opérations extracôtières. Aujourd'hui fusionnée avec la Germanischer Lloyd (GL), fondée en 1868 à Hambourg, la multinationale DNV - GL possède une notoriété internationale en matière de régulation de l'industrie maritime, des hydrocarbures et de l'énergie.

Toutefois, les conditions qui prévalent en mer du Nord, là où la Norvège a entamé et poursuit toujours l'exploitation de pétrole extracôtière, ne se comparent pas à celles du golfe, notamment du fait de l'absence de glace de mer et de son climat plus tempéré. C'est plutôt vers la mer de Barents qu'il faut tourner notre regard. La Norvège y a développé des projets d'exploitation de gaz naturel (*Snohvit*) et de pétrole (*Goliat*). S'y trouve aussi, dans la portion russe de la mer de Barents, une des plus grandes réserves prouvées de gaz naturel du monde, nommée *Shtokman* d'après son découvreur et autour de laquelle s'articule depuis 2008 un immense projet international visant l'exploitation de ses ressources. L'exercice de définition et de perfectionnement des normes internationales qui s'est déployé en marge du développement du projet lui-même, un projet appelé Barents 2020, constitue un exemple particulièrement éclairant pour notre étude.



Photo Plateforme Goliat : ENI NORGE



## LE GISEMENT DE SHTOKMAN

Le gisement de *Shtokman* est une des plus grandes réserves connues de gaz naturel du monde. Il est situé dans la partie russe de la mer de Barents, à 650 km au nord de la péninsule de Kola et à l'ouest de la Nouvelle-Zemble (figure 8.2). Ses réserves sont estimées à 3200 Gm<sup>3</sup>, soit quelque 2 % des réserves mondiales de gaz conventionnel et plus de deux fois les réserves du Canada, qui est le troisième pays producteur. Le gisement est situé en moyenne à 350 m de profondeur. Ces réserves en gaz naturel ont été découvertes en 1988, mais le gisement n'a pas encore été exploité en raison des conditions d'extraction difficiles, de l'éloignement, de la profondeur et aussi du contexte du marché du gaz, rendu défavorable par la croissance de la production de schiste par les États-Unis. De plus, le gisement est situé à 500 km des côtes, ce qui pose deux sérieux problèmes. Cette distance interdit tout d'abord l'emploi d'hélicoptères pour assurer la rotation du personnel et le ravitaillement. Il faut ensuite construire un gazoduc sous-marin de 500 km de longueur, soit quatre fois plus long que celui du projet *Snohvit*, situé dans le secteur norvégien de la mer de Barents, dont la construction se heurte à des difficultés considérables. Une

fois achevé, ce gazoduc sous-marin serait le plus long du monde en milieu polaire.

La compagnie Shtokman Development AG a été fondée en 2008 pour réaliser la phase 1 de l'exploitation du champ de gaz et pour supporter les risques financiers et techniques associés à l'extraction et à la production de gaz naturel liquéfié. En 2009, la compagnie se dote d'une politique en matière de santé, sécurité et environnement (SSE)<sup>4</sup> qui adopte le principe du risque le plus faible raisonnablement possible (en anglais, *as low as reasonably practicable* ou ALARP, voir encadré « Le concept de l'ALARP »). En raison de la chute récente des prix du pétrole et du gaz, l'entreprise française Total E&P s'est retirée du consortium en 2015 (*Les Échos*, 2015), alors que l'entreprise norvégienne Statoil l'avait fait trois ans plus tôt. En parallèle, deux initiatives sont lancées afin de mettre à jour les normes techniques visant l'exploitation de la ressource avec un minimum de risque, dans un milieu arctique : la production d'une norme technique internationale pour les opérations extracôtières en Arctique et le projet Barents 2020.

<sup>4</sup> [www.shtokman.ru/f/1/about/policy/hse\\_policy.pdf](http://www.shtokman.ru/f/1/about/policy/hse_policy.pdf)

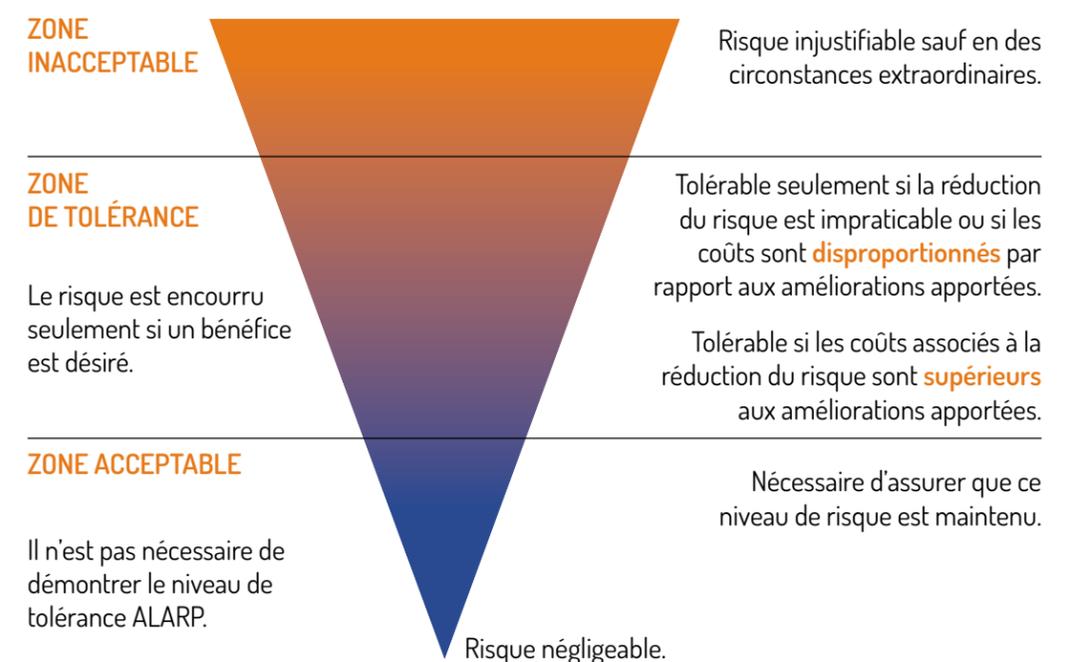
## LE CONCEPT DE L'ALARP

L'ALARP réfère au niveau de risque le plus faible raisonnablement possible (*as low as reasonably practicable*). C'est un concept qui permet de définir des critères quant aux moyens à prendre pour réduire le risque et qui découle du principe de précaution. Il est souvent représenté par un diagramme en carotte (voir ci-dessous) séparé en trois régions principales. Dans la région du haut sont classés les risques jugés normalement inacceptables, c'est-à-dire les risques qui ne doivent pas être encourus, sauf en cas de circonstances extraordinaires. Au bas de la carotte se trouvent les risques qui sont jugés minimales ou négligeables, donc généralement acceptables, et qui n'ont pas à être soumis à une analyse coût-avantage. Le niveau de risque doit cependant être continuellement mesuré pour assurer qu'il reste en-deçà de la limite de tolérance. Au centre, c'est la zone de tolérance, souvent appelée zone ALARP, où les risques peuvent être tolérés s'il y a eu

une démonstration que des mesures de mitigation ont été mises en place et que les coûts associés à la réduction du risque sont supérieurs ou même disproportionnés par rapport aux avantages attendus. Le processus ALARP implique que l'exploitant doit analyser des coûts et des avantages pertinents, par exemple l'augmentation de la productivité, associés à la réduction du risque et doit déterminer quel est le niveau de risque minimal qu'on peut atteindre à des coûts raisonnables. Ce processus est influencé par plusieurs facteurs comme la perception du risque, la politique de gestion des risques de l'opérateur, la perception du risque sociétal et les attentes des organisations non gouvernementales. Les critères de tolérance (acceptable, tolérable, inacceptable) du risque envers le personnel et l'environnement doivent être définis pour toutes les activités.

**Tableau 8.3**

Le diagramme en carotte illustrant le concept ALARP. (Modifié de <http://www.ep-consult.co.uk/service/hse-risk-assessment/safety-case-development>.)



## LE PROJET BARENTS 2020

Reconnaissant les défis importants que posent l'exploration et l'exploitation du gaz en mer de Barents en matière de SSE, le ministère des Affaires étrangères de la Norvège mandate l'entreprise DNV (aujourd'hui DNV GL) de diriger une initiative impliquant l'industrie et en coopération avec la Russie visant l'harmonisation et la définition des standards auxquels l'industrie devra répondre. La Norvège et la Russie possèdent déjà une compétence certaine en matière d'exploitation des hydrocarbures extracôtiers, mais la mise à jour des standards régionaux ou nationaux existants et leur adaptation à la réalité de la mer de Barents sont essentielles. Ce projet s'est déroulé en quatre phases sur une période de cinq ans (2007-2012). Pendant la **phase 1** (octobre 2007 à octobre 2008), cinq articles ont été produits afin d'orienter le modèle de coopération entre la Norvège et la Russie : DNV a été choisie comme gestionnaire des portions norvégienne et internationale du projet, alors que le comité technique 23 de Vniigaz et Gazprom a reçu le mandat de gérer la portion russe du projet, une structure de gouvernance qui sera préservée jusqu'à son terme.

Dans la **phase 2** (novembre 2008 à mars 2009), les parties prenantes industrielles du projet ont sélectionné sept thèmes-

clés qui seraient traités en priorité par des groupes de travail formés de spécialistes provenant de différents secteurs : les normes communes extracôtiers; les charges de glace; la gestion des risques; l'évacuation et le sauvetage; l'environnement de travail; le chargement, le déchargement et le transport par bateau; et les émissions opérationnelles et les rejets dans l'air et dans l'eau. Les experts se sont entendus pour utiliser les normes et pratiques utilisées en mer du Nord comme point de référence pour la mer de Barents. En considérant des conditions d'exploitation plus difficiles en cas d'intervention, par exemple pour la recherche et le sauvetage et pour le nettoyage d'un déversement, les experts du projet ont conclu qu'un niveau acceptable de risque devra être atteint en diminuant la probabilité d'occurrence des incidents et des accidents, confirmant ainsi l'objectif vers une amélioration des normes techniques de sécurité.

Les sept groupes de travail se sont penchés, pendant la **phase 3** (mai 2009 à mars 2010), sur le recensement des différents aspects liés à la sécurité des opérations dans la mer de Barents et ont déterminé un total de 130 normes s'appliquant aux pratiques communes (Barents 2020, 2009). De ce nombre, 64 peuvent s'appliquer telles

quelles, alors que les 66 restantes peuvent s'appliquer conditionnellement à ce que des modifications soient apportées pour la basse température et les charges de glace. Les normes définies peuvent être classifiées comme suit : les normes internationales (p. ex., ISO, UIT et IEC), les normes régionales (p. ex., CEN et CENELEC), les normes nationales (p. ex., GOST-R) et les normes industrielles ou d'associations (p. ex., Norsok, SNIP, API, IOGP et DNV) (voir le glossaire pour une définition de ces acronymes).

L'ultime phase du projet, la **phase 4** (mai 2010 à mars 2012), avait pour but de fournir des directives concrètes à l'industrie dans des domaines jugés critiques et prioritaires en matière de réduction de la probabilité d'occurrence des incidents et accidents. Le rapport final (Barents 2020, 2012) contient des recommandations détaillées provenant de cinq des sept groupes de travail de la phase 3, lesquelles ont été soumises aux organismes de normalisation compétents, principalement au sous-comité 8 chargé des opérations arctiques, qui répond du TC 67 de l'ISO. Parmi les recommandations du rapport final se retrouvent :

- La norme ISO 19906 doit servir de base pour la conception et le fonctionnement des appareils fixes en mer de Barents;
- La norme ISO 19906 est à mettre en œuvre en tant que norme nationale puisqu'elle a été approuvée à l'international;
- Le groupe de travail a déterminé 10 rubriques, dont quatre prioritaires, de la norme ISO 19906 qui devraient être modifiées. Un document d'orientation a été déterminé comme étant le meilleur moyen d'aborder ces sujets. Ce document met l'accent sur la nécessité d'harmoniser la compréhension et l'interprétation de la norme ISO 19906.



Photo :  
Freepik.com

En résumé, le projet Barents 2020 est un exercice effectué préalablement à l'installation et à l'opération de structures en mer, dans un environnement qui, à plusieurs égards, est similaire au golfe du Saint-Laurent, et ce, dans le but précis de déterminer les meilleures pratiques en matière de santé, de sécurité et de protection environnementale. L'exercice a mobilisé plus de 100 experts internationaux provenant d'institutions de 40 pays différents pendant cinq ans, alors que la production de la norme ISO 19906 a nécessité un effort de plus de 1 000 000 heures-personnes étalées sur sept ans et effectuées par un groupe de travail international qui s'est réuni à 12 reprises. Les personnes impliquées dans les groupes de travail sont des chercheurs, des ingénieurs et des spécialistes de l'industrie pétrolière, des bénévoles provenant de sociétés non pétrolières, des entrepreneurs et des chercheurs universitaires de plusieurs pays. Le rapport final du projet Barents 2020 souligne, entre autres choses, l'importance toute particulière d'une approche bijuridictionnelle et intersectorielle, avec la participation de représentants des deux pays, la Norvège et la Russie, au succès de l'entreprise. /



Photo :  
D. Kalenitchenko

## CONCLUSION

Loin de constituer une revue exhaustive des pratiques d'encadrement des activités d'exploitation des hydrocarbures extracôtiers, ce chapitre a tenté de dessiner un portrait de celui qui existe dans le golfe du Saint-Laurent et d'étudier le niveau de risque en matière de sécurité des structures en tenant compte des spécificités de la région. Dans cette optique, et dans la perspective de définir les meilleures pratiques d'encadrement dans ce domaine, nous nous sommes intéressés à un cas pratique pertinent de développement des normes et standards techniques. Nous retenons, à l'instar du rapport de la CRCDE (2015), que le contexte du golfe du Saint-Laurent est particulièrement complexe et que toute comparaison reste difficile. L'histoire récente nous apprend que les cadres juridique et normatif qui

seront appliqués dans le golfe suivront, comme Terre-Neuve-et-Labrador et la Nouvelle-Écosse, un modèle de gestion intergouvernementale Canada-Québec des hydrocarbures extracôtiers, supervisée par des mécanismes d'harmonisation des pratiques. C'est dans ce contexte que le Québec et ses partenaires devront définir et adopter les meilleures pratiques.

La réputation et l'expérience acquises par la Norvège, autant dans les opérations extracôtières que dans le développement de mécanismes performants de régulation, nous a menés à examiner le cas particulier de la mer de Barents, non seulement comme analogue environnemental, mais potentiellement comme exemple à suivre pour la définition et le développement des meilleures pratiques de normalisation technique en matière de sécurité. L'examen du projet Barents 2020, mis en place dans la foulée de la décision de plusieurs pétrolières multinationales d'exploiter le champ de gaz *Shtokman*, nous a permis d'effectuer un certain nombre de constats.

Premièrement, le postulat sur lequel les parties se sont entendues dès le départ est qu'il n'existait pas a priori de normes applicables à l'exploitation des hydrocarbures extracôtiers dans la mer de Barents. Elles se sont donc donné comme tâches de relever et d'examiner les normes existantes et, au besoin, de les ajuster dans le but de préserver un niveau de risque équivalent à celui qui prévaut en mer du Nord. Les normes à appliquer doivent contribuer à minimiser la probabilité d'occurrence des aléas, car les conséquences associées à un même aléa sont, dans l'Arctique, généralement plus sévères.

Dans la définition des meilleures normes applicables à une situation nouvelle, ce

sont les normes internationales qui sont considérées, simplement parce qu'elles sont issues d'un processus rigoureux d'harmonisation visant l'atteinte d'un consensus d'experts internationaux (la standardisation ou la normalisation). Or, comme elles s'appliquent à des conditions générales, celles-ci doivent être adaptées par des organisations de certification régionales, nationales ou industrielles. Le Règlement sur les certificats de conformité liés à l'exploitation du pétrole et du gaz au Canada (DORS/96-114) identifie entre autres Det Norske Veritas et Germanischer Lloyd (DNV GL) comme autorité de certification de conformité pour les structures extracôtières, sans déterminer explicitement quelles normes cette autorité doit utiliser pour la certification. Si l'on suppose que DNV GL applique, par exemple, les normes les plus strictes en vigueur, celles-ci seront au mieux celles qui ont été ajustées à la mer de Barents ou à une autre région qui aura été définie comme étant similaire. Si, au contraire, la meilleure pratique est justement d'adapter les normes à la région dans laquelle auront lieu les opérations, en tenant ainsi compte des particularités régionales, la conclusion qui s'en dégage est que les normes applicables n'existent pas encore.

Cela nous amène à un autre constat. La définition et l'adoption des meilleures pratiques en mer de Barents ont été réalisées en coopération et de manière complètement transparente entre toutes les parties prenantes, c'est-à-dire les nations souveraines impliquées, les autorités de certification ainsi que les experts universitaires, indépendants, internationaux et industriels. Si l'on transpose cet exercice au Canada, il faudrait inviter à la table les cinq provinces limitrophes du golfe ainsi que le gouvernement fédéral et leurs autorités concernées, les nations autoch-

tones, la Société d'intervention maritime de l'Est du Canada (SIMEC), l'industrie, les autorités de certification (possiblement DNV GL ou d'autres) et potentiellement certaines organisations américaines qui seraient appelées à intervenir dans certaines situations, par exemple la Garde côtière américaine dans le cas d'un déversement majeur.

Au Canada, la coopération interprovinciale ou fédérale-provinciale a toujours été historiquement difficile. Parmi les normes citées dans les directives des offices extracôtiers et à l'ONE, la norme ISO 19906 s'appliquant aux structures arctiques en mer n'apparaît pas et, jusqu'à maintenant et à notre connaissance, aucune initiative pour étudier ou réviser les normes appliquées régionalement, dans le golfe du Saint-Laurent, n'est en cours. L'accident survenu en 2010 à la plateforme *Deepwater Horizon*, dans le golfe du Mexique, a entraîné aux États-Unis, au Canada et ailleurs plusieurs réformes des façons de faire en matière d'encadrement des hydrocarbures extracôtiers, démontrant une fois de plus que, même en présence de mécanismes d'encadrement, l'industrie évolue par essais et erreurs. Enfin, les acteurs industriels impliqués détenant des claims dans le golfe du Saint-Laurent n'ont pas l'expérience ni l'expertise de joueurs ayant pris part à des projets d'envergure, comme celui de *Shtokman* (p. ex., Total E&P, Statoil et Gazprom).

En somme, adopter les meilleures pratiques n'implique pas uniquement la modernisation de l'encadrement législatif et technique. Cela demande la proactivité des autorités, la coopération avec toutes les parties prenantes (incluant l'industrie), une grande transparence ainsi qu'une perspective internationale. /

Photo : Håkon Thingstad / Wikimedia



## REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à Émilien Pelletier, Hugo Tremblay, Sandy Lamalle, Paul Nicot, Sylvain Archambault et Paule Halley qui ont généreusement contribué à la réflexion, à la rédaction ou à l'évaluation de ce document.

## ACRONYMES

- API** *American Petroleum Institute*
- CEN** Comité européen de normalisation
- CENELEC** Comité européen de normalisation en électronique et en électrotechnique
- DNV** Det Norsk Veritas
- GOST-R** Organisme de certification et de normalisation de la Fédération de Russie
- IEC** *International Electrotechnical Commission*
- ISO** *International Standard Organisation*
- NORSOK** Normes techniques développées par l'industrie pétrolière norvégienne
- IOGP** *International Association for Oil and Gas Producers*
- SNIP** Normes techniques pour la Russie et le Kazakhstan
- UIT** Union Internationale des Télécommunications

## BIBLIOGRAPHIE

- AECOM-Tecsult. 2010. EES de la mise en valeur des hydrocarbures dans le bassin de l'estuaire maritime et du nord-ouest du golfe du Saint-Laurent, 05-19255 - Rapport préliminaire en appui aux consultations - Juillet 2010.
- Barents 2020 – Phase 3. 2009. Assessment of international standards for safe exploration, production and transportation of oil and gas in the Barents Sea. Harmonisation of Health, Safety, and Environmental- Protection Standards for the Barents Sea. Report no 2009-1626, 136 pp.
- Barents 2020 –Phase 4. 2012. Assessment of international standards for safe exploration, production and transportation of oil and gas in the Barents Sea. Harmonisation of Health, Safety, and Environmental- Protection Standards for the Barents Sea. Report no 2012-0690, 295 pp.
- Chaire de recherche du Canada en droit de l'environnement, CRCDE. 2015. Analyse comparative des législations encadrant la prévention, la préparation et l'intervention en cas d'accident majeur – exploitation pétrolière et gazière en milieu marin, document GTVS02-B du plan d'acquisition de connaissances additionnelles (PACA), octobre, 85 pp.

- Coalition Saint-Laurent. 2014. Golfe 101 – Pétrole dans le golfe du Saint-Laurent : Faits, mythes et perspectives d'avenir. Coalition Saint-Laurent, 78 pp.
- Dagg, J., Holroyd, P., Lemphers, N., Lucas, R., Thibault, B. 2011. Comparing the offshore regulatory regimes of the Canadian Arctic, the U.S., the U.K., Greenland and Norway. The Pembina Institute, 179 pp.
- Devost, M. 2015. Dépôt des projets de loi miroirs du Québec et du Canada sur la gestion conjointe des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent, Actualité juridique, Norton Rose Fulbright, <http://www.nortonrosefulbright.com/centre-du-savoir/publications/130691/depot-des-projets-de-loi-miroirs-du-quebec-et-du-canada-sur-la-gestion-conjointe-des-hydrocarbures-dans-le-gol>.
- GENIVAR. 2013. Évaluation environnementale stratégique sur la mise en valeur des hydrocarbures dans les bassins d'Anticosti, de Madeleine et de la baie des Chaleurs (EES2)
- Hill, B.T. 2000. Database of ship collisions with icebergs, NRC Institute for Marine Dynamics, 14 December, 36 pp.
- Innovation maritime. 2015. Examen des mesures de prévention, de préparation et d'intervention en cas d'accident majeur résultant du transport maritime d'hydrocarbures, document GTVS02 du plan d'acquisition de connaissances additionnelles (PACA), 23 octobre, 134 pp.
- Les Échos. 2015. Total se retire du projet géant de Chtokman, 14 juin. [http://www.lesechos.fr/24/06/2015/lesechos.fr/021161719405\\_gaz---total-se-retire-du-projet-geant-de-chtokman.htm](http://www.lesechos.fr/24/06/2015/lesechos.fr/021161719405_gaz---total-se-retire-du-projet-geant-de-chtokman.htm).
- MERN. 2011. Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sur la gestion conjointe des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent, 24 mai 2011, <http://mern.gouv.qc.ca/presse/pdf/Accord-Canada-Quebec-FR.pdf>
- Office national de l'énergie, ONE. 2011. Le passé imprègne le présent et contient le futur : La revue des forages extracôtiers dans l'Arctique canadien. Préparons l'avenir, ISBN 978-1-100-98389-9, décembre, 55 pp.
- Office national de l'énergie, ONE. 2014. Exigences de dépôt relatives aux forages extracôtiers dans l'Arctique canadien, ISBN 978-0-660-22967-6, 59 pp.
- Québec. 2016. Politique énergétique 2030. L'énergie des québécois : source de croissance, 66 pp.
- U.S.G.S, United States Geological Survey. 2008. Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle, USGS Fact Sheet 2008-3049, Washington, DC.
- Weissenberger, S., Waaub, J-P. 2017. Exploitation des hydrocarbures du golfe du Saint-Laurent dans le contexte global de la crise climatique. Dans: Archambault, P., Schloss, IR, Plante, S. Les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent.



## CHAPITRE 9

# Données environnementales « commercialement sensibles » : une étude de cas à propos d'assertions de suintements de pétrole à *Old Harry*

**PAR Daniel Bourgault**  
Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski

**Hugo Tremblay**  
Faculté de droit, Université de Montréal

**Irene R. Schloss**  
Institut des sciences de la mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski  
Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires, Argentina

**Steve Plante**  
Département sociétés, territoires et développement, Université du Québec à Rimouski

**Philippe Archambault**  
Département de biologie, Université Laval

Nous illustrons ici par un cas de figure les difficultés éprouvées pour obtenir auprès de l'industrie de l'information environnementale qui serait pertinente, voire cruciale aux études d'impact et aux prises de décision à propos de l'exploration et de l'exploitation d'hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. Le cas rapporté concerne l'information véhiculée par *Corridor Resources* selon laquelle il y aurait, dans le golfe du Saint-Laurent, des écoulements naturels persistants de pétrole en provenance des flancs du prospect *Old Harry*. Ces suintements remonteraient jusqu'à la surface, apparaîtraient tout juste au-dessus du site et formeraient des nappes de pétrole visibles par imagerie satellitaire. *Corridor* interprète cela comme étant des indications que le prospect *Old Harry* renferme du pétrole. Or, bien que cette information puisse être crédible, il nous a été impossible d'en vérifier la véracité puisque *Corridor* n'est apparemment pas en droit de divulguer ses sources, étant donné que l'information est considérée comme étant commercialement sensible. Nous

Photo : J. Desclotres,  
MODIS Land Rapid Res-  
ponse Team, NASA/GSFC

exposons dans quels contextes juridique, économique et politique cette rétention d'information peut se produire, et posons un regard critique sur l'impact que cela peut avoir sur les prises d'importantes décisions de société.



### *Scientia potentia est.*

(La connaissance est pouvoir.)  
Thomas Hobbes, 17<sup>e</sup> siècle

- L'entreprise *Corridor Resources* affirme avoir observé des nappes d'hydrocarbures en surface et interprète ce phénomène comme révélant l'occurrence de suintements naturels provenant du gisement *Old Harry*.

- Il est impossible de rendre publique une vérification indépendante de cette interprétation puisque les données sont considérées comme commercialement sensibles.

- Ces données seraient d'un grand intérêt scientifique pour la compréhension du potentiel impact naturel des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent.

- Afin d'éviter toute ambiguïté, les conclusions d'études techniques rendues publiques devraient répondre aux standards de transparence, de rigueur et de contrevérification propres à la recherche scientifique.

## INTRODUCTION

Au Canada, les connaissances scientifiques sont considérées comme étant le meilleur moyen pour éclairer les importantes décisions de société que doivent prendre les gouvernements, que ce soit pour des questions liées à la santé publique, à l'éducation, à l'environnement ou à toute autre sphère de la vie publique

jugée importante pour l'amélioration du bien-être collectif. Par exemple, et en lien direct avec les préoccupations du réseau Notre Golfe, cette philosophie est exposée noir sur blanc sur le site d'Environnement et Changement climatique Canada à la section *Lien avec l'élaboration des politiques et la prise de décisions*, où l'on peut lire :

« La direction de science et recherche atmosphériques d'Environnement et Changement climatique Canada soutient les politiques du gouvernement fédéral de qualité de l'air et les initiatives réglementaires. À la base de ces activités, la recherche et la science fournit [sic] les connaissances scientifiques solides afin de soutenir la Loi canadienne sur la protection de l'environnement [...], la fondation du gouvernement de la législation environnementale du Canada »

(Environnement et Changement climatique Canada, 2016)

Cette approche est aussi valorisée par le Canada (MPO) qui, à la section *Un cadre ministériel des Pêches et des Océans du scientifique pour l'avenir*, indique :

« Étant un ministère à vocation scientifique, le MPO compte sur le programme dynamique du Secteur des sciences pour obtenir des données et des informations qualitatives et quantitatives, alliées avec des analyses et des conseils scientifiques d'experts, pour appuyer directement le processus décisionnel, ainsi que la mise en œuvre des programmes et des politiques déterminant la conduite de ses opérations au Canada et à l'étranger »

(Pêches et Océans Canada, 2016)

Les institutions gouvernementales canadiennes vouées aux questions environnementales considèrent donc que l'approche et les connaissances scientifiques sont nécessaires pour appuyer les prises de décision de façon éclairée et transparente. C'est bien aussi dans ce contexte qu'est né et qu'évolue le réseau Notre Golfe (Archambault *et al.*, 2016).

Or, s'il s'agit là d'une pratique valorisée et pratiquée par les ministères en environnement, il en est autrement par l'industrie. En effet, l'industrie se permet parfois de véhiculer de l'information qu'elle présente comme étant rigoureusement scientifique, mais qui se trouve en réalité être scientifiquement irrecevable et parfois trompeuse, soit par conflit d'intérêts, par manque de rigueur ou par manque de transparence. Certains exemples de ces pratiques non scientifiquement rigou-

reuses effectuées par *Corridor Resources*, la pétrolière qui détient un permis d'exploration sur la partie terre-neuvienne du prospect *Old Harry*, ont déjà été exposés et critiqués dans Bour-gault et ses collaborateurs (2014). Nous ne reviendrons pas sur ces exemples, mais nous rapportons ici un autre cas de figure qui expose l'impasse dans laquelle nous nous sommes retrouvés en tentant de vérifier des assertions faites par *Corridor* à propos de possibles suintements de pétrole émanant du prospect *Old Harry*. Nous présentons aussi le contexte juridique dans lequel ce type d'information circule. /

Les institutions gouvernementales canadiennes vouées aux questions environnementales considèrent donc que l'approche et les connaissances scientifiques sont nécessaires pour appuyer les prises de décision de façon éclairée et transparente.

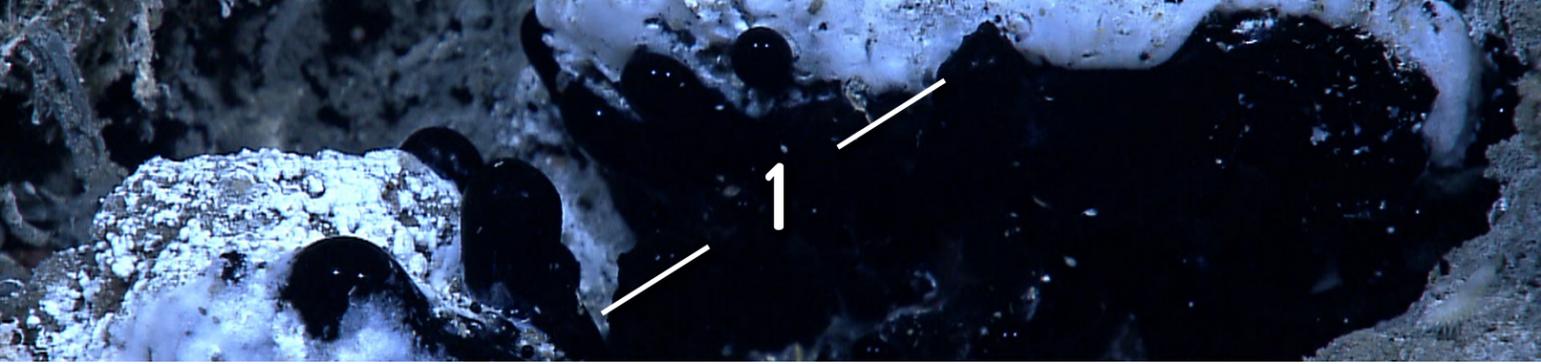


Photo : NOAA Okeanos Explorer Program, Gulf of Mexico 2012 Expedition / Flickr

## LES SUINTEMENTS NATURELS DE PÉTROLE EN MER

Près de la moitié du pétrole qui se retrouve dans l'environnement marin provient de suintements naturels (Kvenvolden et Cooper, 2003). Ces suintements sont causés par l'exfiltration lente de pétrole ou de gaz au travers de réseaux de veines et de fissures qui se créent naturellement dans la roche sédimentaire, du réservoir profondément enfoui jusqu'aux fonds marins. Une fois en contact avec l'eau de mer, la fraction du pétrole plus lourde que l'eau du fond peut se déposer sur le sédiment à proximité de la source du suintement, alors que le gaz et le pétrole plus léger peuvent remonter plus haut dans la colonne d'eau. Selon les conditions de stratification de l'eau environnante<sup>1</sup>, le pétrole peut remonter jusqu'à s'insérer entre deux eaux à la profondeur

d'équilibre, c'est-à-dire là où le pétrole a la même densité que l'eau ambiante, ou même remonter jusqu'à la surface si le pétrole est suffisamment léger.

Si la quantité de pétrole léger ainsi relâchée est suffisamment importante, cela peut créer une nappe visible en surface, qui peut dériver au gré des vents et des courants. Après un certain temps, la partie la plus volatile de la nappe d'hydrocarbures s'évaporerait, laissant derrière un pétrole alourdi qui pourra couler et se retrouver déposé plus loin sur les fonds marins. Cette séquence est illustrée schématiquement à la figure 9.1. Bien que les principes de base de ce processus naturel soient connus, les suintements naturels demeurent peu étudiés et mal compris.

Sous certaines conditions, et à la suite d'analyses minutieuses et approfondies, ces nappes générées par suintements naturels peuvent être détectées par imagerie satellitaire (Hu *et al.*, 2009). Ces détections peuvent indiquer la présence d'un réservoir de pétrole et de gaz dans le sous-sol marin à proximité, bien qu'il soit encore difficile de déterminer sans ambiguïté la réelle source d'une nappe de pétrole uniquement détectée par imagerie satellitaire. /

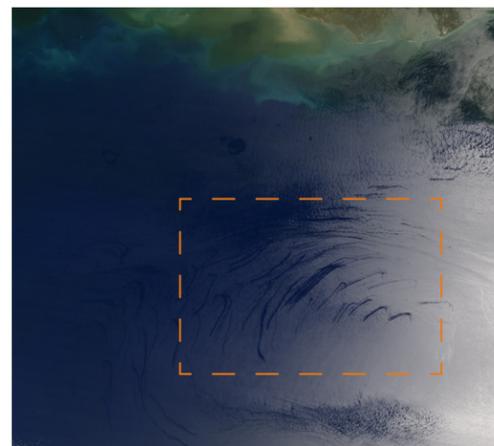
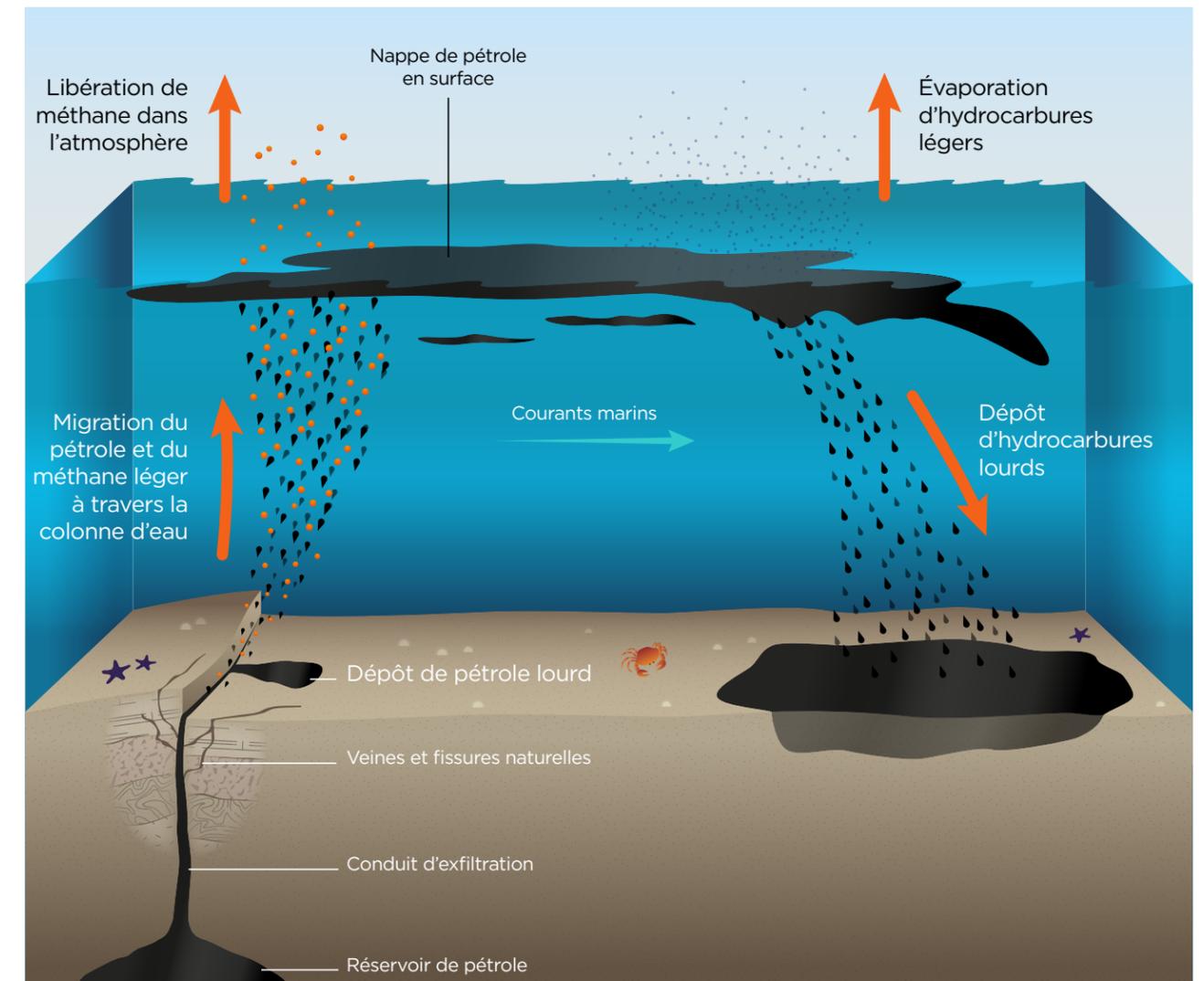


Photo Nappes naturelles de pétrole dans le Golfe du Mexique : Jesse Allen / NASA (using data obtained from the Goddard Level 1 and Atmospheric Archive and Distribution System (LAADS). Caption by Rebecca Lindsey.)

Figure 9.1

Représentation schématique du parcours du pétrole et gaz relâchés en mer par suintements naturels. (Modifié d'après Woods Hole Oceanographic Institution, <http://www.whoi.edu/oil/natural-oil-seeps>.)



<sup>1</sup> Pour plus de détails sur les conditions hydrographiques qui caractérisent le golfe, voir le chapitre 2 par Bourgault et ses collaborateurs.

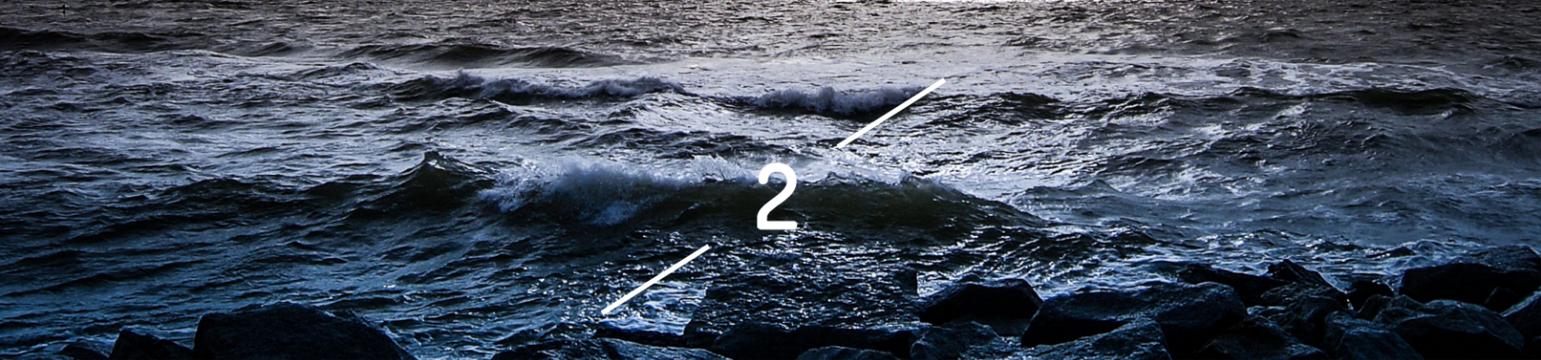


Photo : Pixabay

## DES SUINTEMENTS DE PÉTROLE DANS LA RÉGION D'OLD HARRY ?

Les structures géologiques pouvant causer des suintements naturels se retrouvent généralement regroupées dans certains endroits bien précis autour du globe, par exemple dans le golfe du Mexique (Hu *et al.*, 2009). La question se pose ici de savoir s'il pourrait y avoir de tels suintements naturels dans le golfe du Saint-Laurent en

général, et dans la région d'Old Harry en particulier, qui pourraient trahir la présence d'un réservoir d'hydrocarbures dans le sous-sol du golfe.

Selon *Corridor*, la réponse est affirmative en ce qui concerne le prospect *Old Harry*. En effet, la pétrolière affirme depuis une quinzaine d'années que « six manifestations de nappes de pétrole émanant

vraisemblablement des flancs du prospect *Old Harry* ont été détectées à la surface du golfe par imagerie satellitaire » (Corridor Resources, 2000, p. 9; 2005, p. 13, traduction libre). Cette affirmation a été présentée dans ses rapports annuels entre

2000 et 2005, inclusivement (Corridor Resources, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005) et est toujours présentée dans sa notice annuelle (en anglais, *annual information form*) (p. ex., Corridor Resources, 2016). L'information a aussi été donnée lors de présentations grand public, entre autres lors du Forum sur l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent, qui a eu lieu aux Îles-de-la-Madeleine en avril 2011 et au cours duquel une carte illustrant la position des six suintements en question avait été présentée. De plus, lors de cette conférence, le représentant de *Corridor Resources* a qualifié ces six suintements comme étant « persistants », laissant ainsi entendre que le prospect *Old Harry* échapperait naturellement du pétrole de façon continue et permanente. Ce pétrole remonterait donc les 470 m de colonne d'eau pour apparaître tout juste au-dessus du prospect (Corridor Resources, 2011)<sup>2</sup>. La quantité de pétrole ainsi larguée serait suffisamment grande pour être détectable en surface par imagerie satellitaire.

Or, *Corridor Resources* ne donne aucune autre information pour appuyer cette

assertion, de sorte que, avec l'information disponible, il est impossible d'en vérifier sa véracité ou de la critiquer scientifiquement. Par le fait même, cette information ne peut donc pas non plus être contredite. Comme nous l'avons exposé à la section précédente, l'apparition naturelle de nappes de pétrole en surface par le suintement de réservoirs sous-marins est un phénomène possible qui peut parfois être observé par imagerie satellitaire, par exemple dans le nord-ouest du golfe du Mexique (Hu *et al.*, 2009). L'information véhiculée par *Corridor Resources* devient alors possiblement crédible. Il se pourrait que le golfe du Saint-Laurent suinte le pétrole, autour d'Old Harry ou ailleurs, mais, avant de le conclure définitivement, cette information doit être contrevalidée de façon scientifique, transparente et indépendante.

Nous avons contacté la direction de *Corridor* pour obtenir plus d'informations sur ces suintements qu'elle affirme avoir détectés. *Corridor* nous a répondu qu'elle n'était pas en droit de fournir plus de

Photo : Pressfoto / Freepik



détails puisqu'elle est contrainte par un contrat d'exclusivité avec la firme *Airbus Defence and Space*, qui a produit les analyses en question. En fait, Airbus a monté les banques de données relatives aux suintements d'hydrocarbures dans le golfe dans le cadre d'un contrat accordé par Nalcor, une corporation indépendante de la Couronne provinciale. (Nous y reviendrons dans la section suivante.)

L'industrie tiendrait donc ici une information environnementale cruciale et d'intérêt public dont elle ne peut apparemment pas partager les détails. Ce qui est particulier dans ce cas-ci est que, de toute évidence, *Corridor* se sent en droit de partager publi-

quement et bien librement les conclusions de l'étude effectuée par Airbus, mais ne se sent pas en droit de partager les détails méthodologiques qui permettraient de vérifier ou de contredire les conclusions tirées. Sans dévoiler les sources et les données, l'information véhiculée ne peut conséquemment pas être critiquée et demeure inatteignable. En somme, *Corridor* dit : « Croyez-nous sur parole. » Or, cette façon de procéder est scientifiquement inacceptable. Ce type d'information véhiculée par *Corridor* nous apparaît irrecevable, scientifiquement et socialement, surtout pour un enjeu environnemental aussi important et pour une information aussi cruciale à propos de la possible présence naturelle de pétrole en mer.

Du point de vue de l'environnement, cette information serait cruciale à vérifier et à approfondir, car, s'il s'avérait que le golfe où *Old Harry* suintait le pétrole de façon persistante, il faudrait alors impérativement coordonner des efforts de recherche, de prise de mesures et de monitoring pour quantifier le pétrole naturellement émis dans le golfe, et pour en déterminer

Or, *Corridor Resources* ne donne aucune autre information pour appuyer cette assertion, de sorte que, avec l'information disponible, il est impossible d'en vérifier sa véracité ou de la critiquer scientifiquement.

<sup>2</sup> « We hired a company that uses orbiting satellites to take pictures of the sea surface [...] and what they've noticed is that over the Old Harry site there are six persistent oil signatures on the surface. So there's an indicator from these satellite images that there's potential oil seeping out of Old Harry at the present day » (Corridor Resources, 2011, 5:00-5:28).

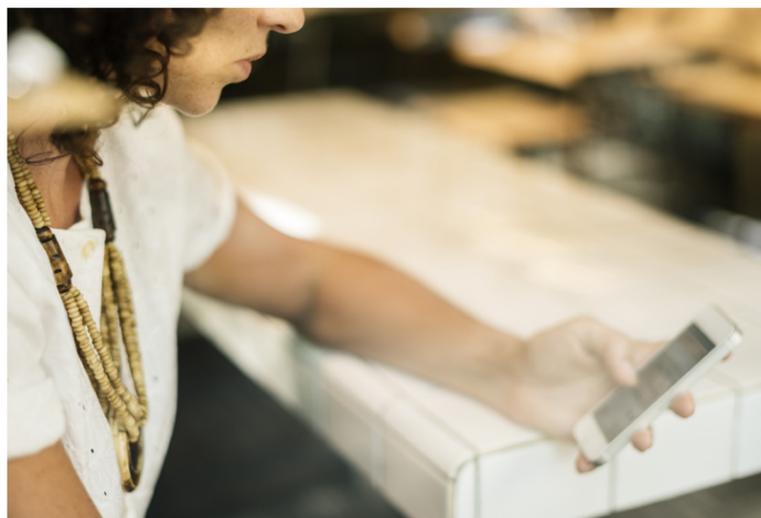
Si l'industrie détient une information inédite d'une telle importance, elle devrait dévoiler ses sources afin de mieux orienter la recherche, qui permettrait de contribuer à de meilleures connaissances scientifiques.

les sources avant d'entreprendre toute tentative d'exploration ou d'exploitation. Il est en effet impératif de connaître la concentration naturelle de base de pétrole

et ses sources si l'on veut éventuellement faire du suivi comparatif et évaluer les impacts environnementaux de l'exploration et l'exploitation pétrolières dans le golfe. Si l'industrie détient une information inédite d'une telle importance, elle devrait dévoiler ses sources afin de mieux orienter la recherche, qui permettrait de contribuer à de meilleures connaissances scientifiques.

Autrement, des décisions de société ne doivent pas se prendre sur la base de telles informations invérifiables.

Nous avons ensuite communiqué avec Airbus pour tenter d'en apprendre davantage sur la source des images satellites et sur les analyses effectuées. Nous lui avons demandé si nous pourrions aussi acheter les données et les analyses, à quel prix ou sous quelles conditions. Il y a, au sein du réseau Notre Golfe, des experts qui pourraient coordonner une seconde analyse et une interprétation de ces images de façon transparente et rigoureusement scientifique.



Airbus nous a répondu que ces données étaient « commercialement sensibles » et ne pouvaient donc pas être partagées publiquement. Airbus s'est montrée plutôt ouverte à nous vendre les données et les analyses suivant une certaine négociation, au cours de laquelle nous lui aurions expliqué ce que nous voulions faire avec ces données. En principe, nous aurions pu établir un contrat d'exclusivité qui nous aurait permis d'accéder aux données. Cependant, puisque les données sont classées comme étant commercialement sensibles par Airbus, nous n'aurions pas pu légalement les divulguer publiquement. Or, en recherche scientifique, des données exclusives qui ne peuvent se partager publiquement n'ont pas de valeur puisque la science doit fondamentalement faire preuve de complète transparence et se soumettre à la critique. Nous n'avons donc pas investi de fonds publics pour acquérir ces données, qui n'auraient que satisfait notre curiosité, sans que nous puissions en faire bénéficier plus largement la société.

En recherche scientifique, des données exclusives qui ne peuvent se partager publiquement n'ont pas de valeur puisque la science doit fondamentalement faire preuve de complète transparence et se soumettre à la critique.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, un aspect particulier de ce cas de figure est que, bien que ces données soient considérées par Airbus comme étant commercialement sensibles et que *Corridor Resources* soit apparemment contrainte par un contrat légal à ne pas diffuser ces données, la pétrolière se permet tout de même de divulguer publiquement les résultats. N'y a-t-il pas là un paradoxe ? Comment se fait-il que *Corridor* ait le droit de divulguer

les conclusions, mais sans pouvoir présenter la méthode d'analyse ni divulguer les données ? Que signifient exactement les termes « commercialement sensibles » dans ce contexte-ci ? Sensible pour qui et pour quoi ? Pourquoi est-ce que les conclusions de l'étude, c'est-à-dire l'assertion de la présence de six suintements persistants autour d'*Old Harry*, ne sont pas considérées comme étant commercialement sensibles, alors que la méthodologie l'est ? La question se pose aussi de savoir pourquoi *Corridor* tient à divulguer les conclusions de cette étude jugée commercialement sensible. Est-ce pour tenter de convaincre les gouvernements, les investisseurs et la population d'une importante réserve d'hydrocarbures à *Old Harry* ? Cette révélation semble en être la raison principale, si l'on se fie à l'exposé donné par *Corridor Resources* aux Îles-de-la-Madeleine (*Corridor Resources*, 2011). Ou serait-ce aussi pour minimiser l'impact que pourraient causer des déversements liés à des activités d'exploitation, argumentant qu'il y a déjà des fuites naturelles ? Or, s'il y a des fuites naturelles, quelle quantité est relâchée ? La réponse à cette question doit être connue.

Ces assertions à propos de suintements naturels autour d'*Old Harry* divulguées sans donner plus de détails soulèvent plusieurs autres interrogations. Ces suintements détectés existent-ils seulement autour d'*Old Harry* ou est-ce que de tels suintements se manifestent un peu partout sur l'ensemble du golfe ? Autrement dit, est-ce que *Corridor* choisit de divulguer seulement les possibles suintements détectés dans la région d'*Old Harry*, en faisant abstraction d'autres suintements possiblement détectés ailleurs dans le golfe, ou bien est-ce que la région d'*Old Harry* est réellement un point chaud du golfe pour de tels suintements ? Selon la réponse, l'interprétation et le suivi environnemental de ces suintements seraient bien différents. Aussi, *Corridor Resources* ne nous informe pas à savoir si les ana-

lyses satellitaires ont été faites seulement sur la région autour d'*Old Harry* ou sur l'ensemble du golfe. Là encore, si l'analyse n'a été effectuée que sur *Old Harry*, il apparaît hasardeux de généraliser et de conclure qu'*Old Harry* est un point chaud du golfe en matière de suintements. Nous avons posé ces questions à *Corridor Resources* et nous n'avons pas obtenu de réponses. Nous avons aussi posé ces questions à Airbus, qui ne nous a que partiellement renseignés. Selon les réponses partielles reçues, des suintements semblables auraient aussi été relevés dans d'autres secteurs du golfe. Où ? Combien ? Pas plus de détails ne nous ont été donnés. De plus, connaissant les forts courants du golfe et les propriétés de la colonne d'eau (voir chapitre 2), nous nous demandons comment il est possible qu'un pétrole suintant d'*Old Harry*, dans 470 m d'eau, puisse ainsi apparaître en surface tout juste au-dessus du prospect. Nous avons aussi demandé à Airbus comment elle avait pu déterminer que ces suintements provenaient des flancs du prospect *Old Harry*. Airbus nous a répondu que cette conclusion ne relevait pas de ses analyses. Airbus nous a indiqué qu'elle n'a fait que donner la position en surface des suintements qu'elle a relevés. Ce serait *Corridor Resources* qui aurait conclu que ces possibles suintements détectés en surface près d'*Old Harry* émanaient du prospect lui-même. L'affirmation selon laquelle les suintements proviendraient vraisemblablement des flancs d'*Old Harry* relève ainsi de l'interprétation de *Corridor Resources*, mais nous n'avons aucun moyen de savoir comment cette conclusion a pu être tirée. /

La question se pose aussi de savoir pourquoi *Corridor* tient à divulguer les conclusions de cette étude jugée commercialement sensible. Est-ce pour tenter de convaincre les gouvernements, les investisseurs et la population d'une importante réserve d'hydrocarbures à *Old Harry* ?

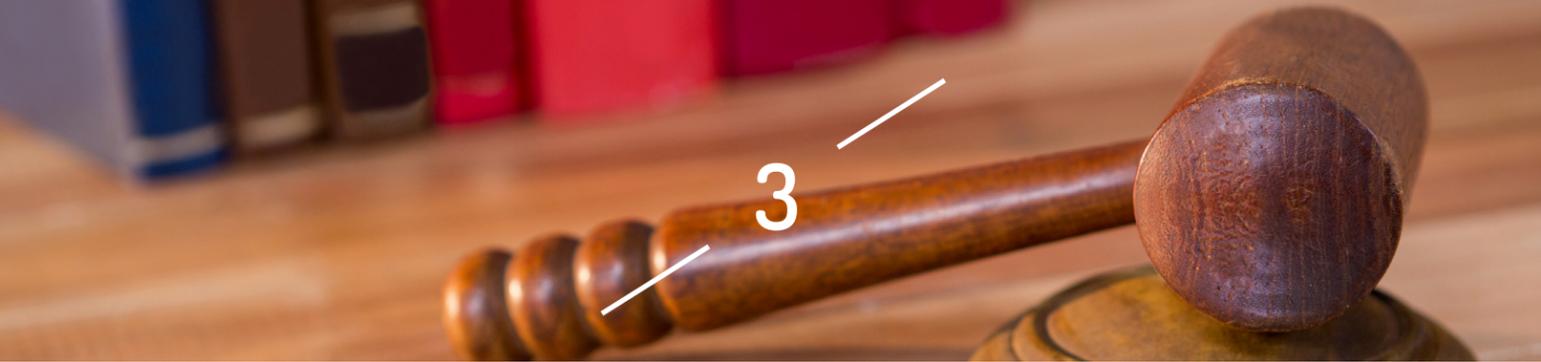


Photo : Awesomecontent / Freepik

## LES ASPECTS JURIDIQUES

Les réponses communiquées par Nalcor, Airbus et *Corridor Resources* indiquent que l'information sur les suintements de pétrole se trouve dans les banques de données commerciales d'Airbus. Airbus peut délivrer des permis aux compagnies pétrolières en contrepartie d'un paiement pour leur permettre d'utiliser ces données à leurs propres fins. Outre ces éléments, les relations juridiques entre Airbus, *Corridor Resources* et Nalcor à l'égard des données de suintements restent opaques. Les contrats qui ont mené aux permis délivrés par Airbus à *Corridor*, de même qu'à la mise sur pied des banques de données d'Airbus grâce au financement de Nalcor, ne sont pas accessibles au public. Il est difficile de déterminer si Nalcor dispose directement des données en question ou de droit sur ces données.

Dans ce contexte, le caractère opaque des arrangements contractuels relatifs aux données de suintements rend incertaine l'application du cadre législatif



relativement à la divulgation d'informations dans la portion terre-neuvienne du littoral atlantique. L'*Energy Corporation Act* (ECA) (2007) nomme Nalcor à titre de corporation indépendante de la Couronne provinciale, ce qui limite d'emblée les obligations de divulgation qui s'imposent généralement à l'État et à ses représentants. L'ECA confère aussi à Nalcor une importante latitude pour refuser les demandes de communication ou de divulgation des informations commercialement sensibles dont elle dispose (voir l'article 5.4 et le sous-alinéa 2(b.1), qui définissent l'expression *commercially sensitive information*). Dans la mesure où Airbus dispose des droits commerciaux sur les données relatives aux suintements d'hydrocarbures dans le golfe, de telles données revêtent certainement un caractère commercialement sensible pour Airbus en plus de *Corridor*, ce qui rend l'information difficilement accessible. Si elle dispose elle-même des données ou de droits sur celles-ci, Nalcor pourrait décider de les divulguer ou de les mettre à la disposition du public, comme elle le fait à l'égard d'une série de données géologiques en application de sa politique de divulgation, mais le droit accorde peu de moyens pour la forcer à divulguer l'information qu'elle considère comme commercialement sensible si elle en refuse l'accès.

Ces incertitudes et difficultés d'accès doivent se comprendre dans le contexte du secteur pétrolier. Les normes et les

pratiques en matière de développement des ressources naturelles, notamment dans le secteur des hydrocarbures, accordent généralement une protection significative à l'information privilégiée et confidentielle liée à la découverte ou à l'exploitation d'un gisement par l'intermédiaire des secrets commercial et industriel (Hardwicke-Brown, 1997). Cette protection se reflète dans le régime prévu pour l'éventuel développement du pétrole et du gaz dans le golfe du Saint-Laurent.

Comme des accords semblables conclus entre le gouvernement fédéral, d'une part, et Terre-Neuve-et-Labrador de même que la Nouvelle-Écosse, d'autre part, l'Accord entre le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sur la gestion conjointe des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent engage ses signataires à traiter l'information reçue de la part des compagnies pétrolières ou gazières comme de l'information privilégiée à ne pas divulguer publiquement sans l'autorisation écrite du propriétaire de l'information, sous réserve des lois fédérales et provinciales applicables. Cette protection se transpose par une série de dispositions dans les lois-miroirs qui opérationnalisent les accords de gestion bilatéraux entre le gouvernement fédéral et les provinces en bordure du golfe. Les dispositions reflètent les considérations que nos législateurs et nos décideurs administratifs ont en tête lorsqu'ils protègent les secrets commercial et industriel.

Par exemple, l'Office national de l'énergie et la Régie de l'énergie du Québec pourraient empêcher, sous certaines conditions, la divulgation d'informations pendant une audience publique à propos d'une décision relative au développement des hydrocarbures dans le golfe. C'est le cas si la divulgation risque vraisemblablement de causer des pertes de profits considérables aux entreprises ou de nuire à leur compétitivité, et si, en plus, le préjudice pouvant résulter de la divulgation l'em-

porte sur l'importance de la divulgation au regard de l'intérêt public. De même, la divulgation pourrait aussi être empêchée lorsqu'il s'agit de renseignements financiers, commerciaux, scientifiques ou techniques de nature confidentielle appartenant aux entreprises, et lorsque l'intérêt des entreprises à préserver la confidentialité des renseignements l'emporte sur l'importance de leur divulgation au regard de l'intérêt public.

Dans le contexte du secteur des hydrocarbures, ces exemples montrent une approche assez permissive de la divulgation des informations. En fait, la transparence est souvent moins grande, comme le montre la situation relative aux données sur les suintements d'*Old Harry*. D'ailleurs, le droit fédéral autant que le droit provincial prévoient une multitude de dispositions qui restreignent la diffusion des informations de nature technique ou scientifique afin de protéger les données dont disposent les acteurs du secteur des ressources naturelles (voir Burns *et al.*, 2014). Par exemple, la sécurité et la sûreté des équipements de même que la perte de compétitivité ou de profits financiers considérables peuvent justifier le blocage complet de la divulgation d'informations



Photo de suintements de pétrole : NOAA Okeanos Explorer Program, Gulf of Mexico 2012 Expedition / Flickr

relatives aux oléoducs. La plupart du temps, la législation applicable prévoit que les informations géologiques relatives à des activités d'exploration ou à des prospects bénéficient d'une protection étendue à titre de données privilégiées et confidentielles appartenant à l'industrie pendant une période de plusieurs années afin d'encourager les entreprises titulaires des droits à développer les ressources (Simms et Penick, 2007). Dans ce dernier cas, la théorie veut que les restrictions à la divulgation des informations procurent un avantage compétitif à l'entreprise qui en jouit, ce qui stimule l'activité extractive et l'économie, tout en accroissant les recettes fiscales publiques par l'intermédiaire du paiement des taxes et redevances.



En général, les lois d'accès à l'information n'offrent pas de palliatifs efficaces permettant d'obtenir l'information désirée. D'abord, les lois d'accès à l'information visent les organismes gouvernementaux et les agents de l'État, plutôt que les acteurs du secteur privé, par exemple les compagnies pétrolières ou gazières. Ensuite, ces lois jouent principalement un rôle supplétif et complémentaire. Elles trouvent application lorsque les dispositions précises qui régissent l'industrie des hydrocarbures ne prévoient pas de solution précise. De plus, les lois d'accès à l'information énoncent de nombreuses exceptions à l'obligation de divulguer les données en possession des agences administratives supervisant le développement des ressources naturelles (Baril, 2012, mise à jour annuelle)<sup>3</sup>. Ainsi, les renseignements à caractère technique, industriel ou financier qui sont considérés comme confidentiels dans le secteur des ressources naturelles bénéficient d'une exception qui en empêche la divulgation. C'est aussi le cas des avis professionnels de même que des renseignements qui peuvent nuire à la compétitivité de la compagnie qui les a fournis.

Les différentes normes applicables en cette matière reflètent donc un équilibre fluide entre diverses conceptions du bien public et de l'intérêt général. L'approche traditionnelle protège les secrets commerciaux et industriels à titre d'incitatif pour encourager l'activité économique, et accroît ainsi le bien-être matériel des individus et la valeur sociale. Autrement dit, l'activité de l'acteur économique individuel motivé par son profit dans le cadre du libre marché génère le bien commun en maximisant la richesse totale en société. D'autre part, la perspective alter-

native oppose l'intérêt privé, qui justifie la confidentialité, à l'intérêt général, lequel requiert la divulgation pour des motifs liés entre autres à la santé ou à la sécurité du public. Ce point de vue reconnaît le besoin d'une intervention des pouvoirs publics afin de remédier aux défauts du libre marché, qui génère des externalités

negatives sous diverses formes, y compris les impacts environnementaux des activités de développement des ressources ou le déficit d'information de ceux qui ne sont pas impliqués dans les activités du secteur extractif. Le Code civil du Québec illustre l'équilibre précaire entre les deux pôles du débat :

« Toute personne peut se dégager de sa responsabilité pour le préjudice causé à autrui par suite de la divulgation d'un secret commercial si elle prouve que l'intérêt général l'emportait sur le maintien du secret et, notamment, que la divulgation de celui-ci était justifiée par des motifs liés à la santé ou à la sécurité du public »

(Code civil du Québec, 1991)

Dans ce contexte juridique restrictif, comment s'assurer que l'information diffusée par les promoteurs (industrie ou firme-conseil, gouvernement, etc.) est juste et pertinente au sens commun autant qu'au sens scientifique ? La question se pose alors de savoir sur quelle base de légitimité les recherches sont encoura-

gées et financées lorsque vient le temps de s'intéresser à des questions qui touchent à la fois aux intérêts commerciaux de l'industrie et au bien public et à l'environnement. Serait-il judicieux d'introduire dans le débat des notions de données « environnementalement sensibles » ou « socialement sensibles » ? /

La question se pose alors de savoir sur quelle base de légitimité les recherches sont encouragées et financées lorsque vient le temps de s'intéresser à des questions qui touchent à la fois aux intérêts commerciaux de l'industrie et au bien public et à l'environnement. Serait-il judicieux d'introduire dans le débat des notions de données « environnementalement sensibles » ou « socialement sensibles » ?

<sup>3</sup> Voir aussi *Nalcor Energy (Re)*, 2016 CanLII 37497 (NLIPC) pour l'interaction entre, d'une part, l'article 5.4 de l'*Energy Corporation Act*, qui restreint l'accès aux informations commercialement sensibles, et, d'autre part, l'*Access to Information and Protection of Privacy Act* (2015), qui prévoit notamment des restrictions à la divulgation d'informations par l'État ou ses représentants lorsqu'un tiers pourrait en subir des dommages économiques.

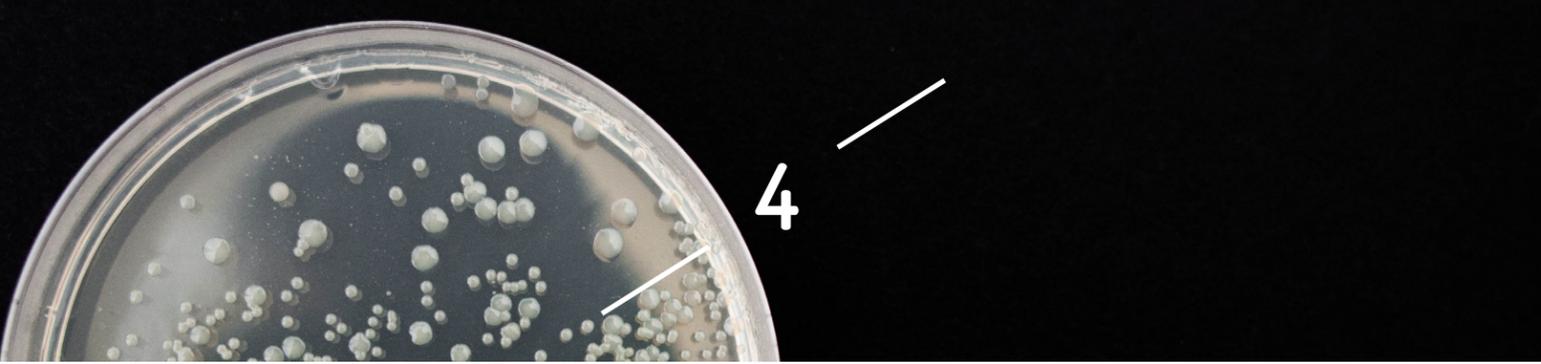


Photo : Pixabay

## L'IMPACT SUR LES DÉCISIONS FONDÉES SUR LES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES

Le fait de ne pas disposer des données commercialement sensibles à propos de possibles suintements de pétrole à *Old Harry* peut avoir des conséquences pour les populations côtières et insulaires ainsi que pour la planification de la recherche. Il peut engendrer une perte de ressources (en argent du contribuable), de temps et même d'occasions favorables pour l'industrie. Dans ce qui suit, nous présenterons un exemple pour illustrer notre propos.

Les organismes marins habitant dans des environnements où se trouvent des suintements de pétrole sont exposés à une contamination chronique par pétrole, par opposition à la contamination aiguë qui a lieu lors de déversements majeurs, généralement associés à des accidents dans les processus d'exploration, d'exploitation ou de transport des hydrocarbures. Cette exposition chronique fait en sorte que les organismes exposés présentent des adaptations uniques qui leur permettent d'y habiter, et ce, probablement depuis plusieurs générations. Ce phénomène signifie que les adaptations sont génétiquement codifiées, permettant aux organismes de métaboliser le pétrole. Des outils moléculaires permettraient de comprendre les mécanismes physiologiques derrière cette tolérance. Ces organismes deviennent alors des modèles pour l'étude de l'impact du pétrole et de l'adaptation sur plu-

sieurs générations dans l'environnement en question. Sans plus d'informations à propos de ces possibles suintements, les études scientifiques réalisées dans le but de caractériser l'état de l'écosystème avant toute perturbation occasionnée par d'éventuelles activités d'exploration ou d'exploitation seraient biaisées. Les effets de la contamination chronique sur les écosystèmes sont mal connus; avoir l'occasion d'étudier le golfe du Saint-Laurent à cet égard représenterait un important pas pour la compréhension du potentiel impact des hydrocarbures.

De plus, les organismes habitant autour des suintements, en particulier les bactéries, ont possiblement la capacité de dégrader le pétrole dans l'environnement (voir le chapitre 2). Leur utilisation en cas d'accident pourrait représenter un atout pour limiter les conséquences d'un déversement. Par contre, les conditions adéquates pour que ces organismes réagissent devraient être étudiées. Le fait de ne pas être au courant de leur présence potentielle pourrait signifier un retard dans la réponse à une urgence environnementale, voire freiner l'émergence d'une innovation ou d'une découverte dans le secteur. D'autre part, les hydrocarbures oxydés par les bactéries peuvent servir de source d'aliment aux organismes benthiques et cela est plus important à de grandes pro-

fondeurs (Bauer *et al.*, 1990). Enfin, l'activité bactérienne peut provoquer une diminution de la concentration d'oxygène dans les sédiments, limitant l'activité des organismes benthiques (Steichen *et al.*, 1996), et ce, dans un système où l'hypoxie est une source de stress pour les organismes (voir le chapitre 4). /

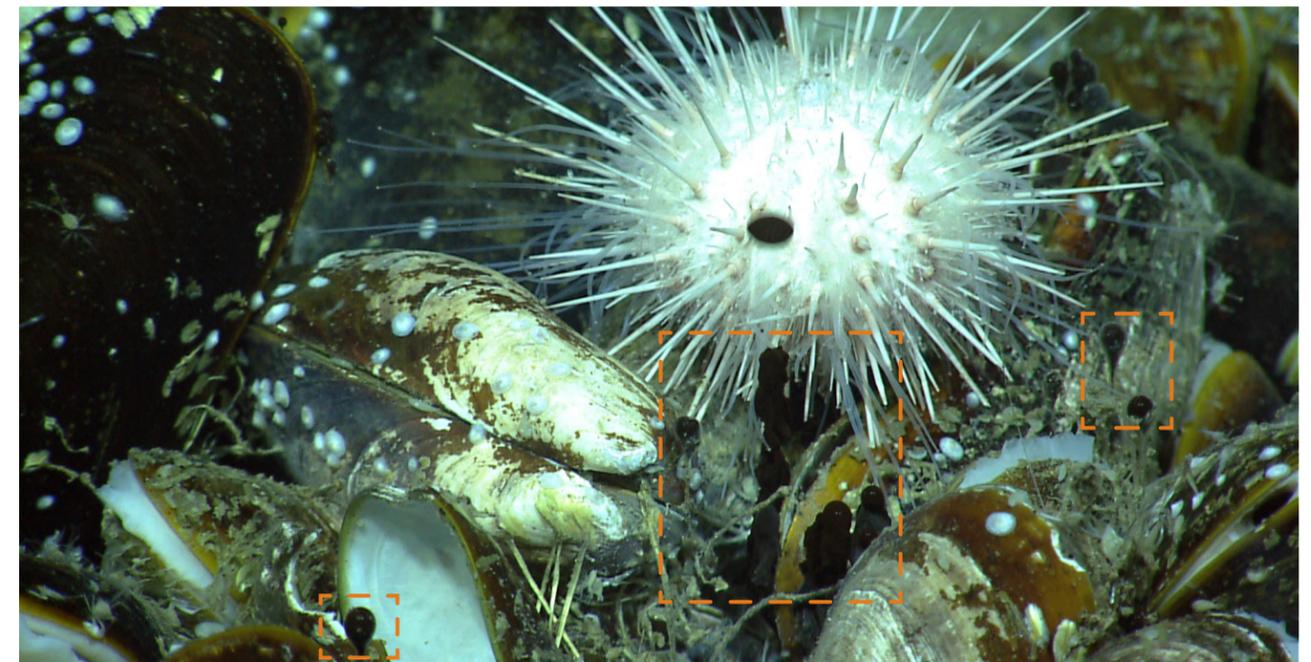


Photo d'organismes marins vivants à proximité de suintements de pétrole (encadrés en orange) : NOAA Okeanos Explorer Program, Gulf of Mexico 2014 Expedition / Flickr

# Véracité des informations ?

## CONCLUSION

L'analyse de cette situation illustre la vigilance dont il faut faire preuve par rapport aux informations environnementales véhiculées par l'industrie pour ce type d'enjeu de société. Ce n'est pas parce que l'industrie présente les conclusions d'une étude technique interne, d'apparence scientifique, que cette information respecte les standards de transparence, de rigueur et de falsifiabilité propres à la recherche scientifique. Notons que cette remarque ne s'applique pas qu'à l'industrie, mais aussi à tout autre groupe qui revendique des positions sur la base d'information présentée comme étant de nature scientifique. Il arrive parfois que la science soit utilisée pour ajouter ou donner de la crédibilité à une information, mais il faut rester bien attentif lorsque des informations techniques sont présentées de la sorte. Scientifiquement parlant, du moins en sciences naturelles, une information qui ne peut être contrevérifiée ni soumise à la critique parce que les sources ne peuvent pas être dévoilées n'a pas de valeur. Éthiquement parlant, l'industrie ni aucun autre groupe ne devraient se permettre de faire des assertions publiques sans pouvoir divulguer toutes les sources et les analyses qui ont mené aux conclusions véhiculées. L'industrie peut sans doute garder ses propres secrets, mais qu'elle les garde entièrement pour elle,

dans ce cas. La plus grande transparence doit primer à partir du moment où une industrie ou un groupe fait une assertion publique à propos d'un enjeu environnemental qui touche de près à une situation aussi importante que le potentiel développement des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent.

La science repose beaucoup sur les interrogations et sur l'esprit critique. Nous encourageons ici tout groupe citoyen, environnemental, scientifique, public ou industriel à garder l'esprit très critique par rapport à l'information véhiculée par tout autre groupe (citoyen, environnemental, scientifique, public ou industriel). La première et la plus simple façon d'exercer l'esprit critique est sans doute de poser des questions, et c'est ce que nous invitons à faire le plus possible. D'ailleurs, nous terminons cette conclusion en reposant ici clairement une série de questions à *Corridor Resources* à propos des possibles suintements persistants qu'elle a détectés comme émanant des flancs du prospect *Old Harry* :

- 1) Pouvez-vous nous fournir les rapports d'analyse et les données des images satellites qui vous ont permis de tirer les conclusions qu'il y aurait six sites de suintements naturels et persistants émanant d'*Old Harry* ?
- 2) À partir de combien d'images et sur quelle période temporelle est-ce que les six suintements en question ont été détectés ? Est-ce une seule image qui montre six occurrences simultanées de suintements ? Est-ce à partir de six images différentes ? Est-ce une synthèse de dizaines ou de centaines d'images ? En somme, quelle est la robustesse statistique de ces analyses et de ces conclusions ?
- 3) Comment a-t-il été déterminé que ces suintements détectés étaient d'origine naturelle ?
- 4) De toutes les images analysées, combien d'entre elles montrent sans ambiguïté des signes de suintements ? Autrement dit, comment a-t-il été déterminé que les suintements étaient persistants ? Est-ce à partir de plusieurs images satellites obtenues sur plusieurs années qui montreraient la présence systématique de ces mêmes six nappes au-dessus d'*Old Harry* ?
- 5) Comment a-t-il été déterminé que les suintements détectés provenaient directement des flancs du prospect *Old Harry*, et non d'ailleurs ?
- 6) Est-ce que l'analyse des images satellites a été effectuée sur l'ensemble du golfe ou seulement sur la région d'*Old Harry* ?
  - a. Si l'analyse des images satellites a été effectuée sur l'ensemble du golfe, est-ce que d'autres indications de suintements ont été détectées ailleurs dans le golfe ? Si oui, combien et où ?
  - b. Sinon, si l'analyse n'a été effectuée que sur une région autour d'*Old Harry*, comment a-t-il été conclu que la région d'*Old Harry* suinterait plus de pétrole qu'ailleurs dans le golfe ?

Les réponses à ces questions aideraient certainement les institutions gouvernementales à prendre des décisions fondées sur de réelles connaissances scientifiques. /

## BIBLIOGRAPHIE

Access to Information and Protection of Privacy Act, S.N.L., 2015, chap. A-1.2.

Archambault, P., Grant, C., Audet, R., Bader, B., Bourgault, D., Cusson, M., Doyon, S., Dumont, D., Lamalle, S., Levasseur, M., Morin, É., Pelletier, É., Schloss, I., St-Onge, G., Therriault, G., Tremblay, H., Tremblay, J.-É., Tremblay, R., Plante, S. (2016) Notre Golfe : l'émergence d'un réseau multisectoriel pour l'étude de l'environnement socioécologique du Golfe du Saint-Laurent. *Naturaliste Canadien* 140:41-44

Bourgault, D., Cyr, F., Dumont, D., Carter, A., 2014. Numerical simulations of the spread of floating passive tracer released at the old harry prospect, dans *Environmental Research Letters*, 9: 054001.

Bauer, J.E., Spies, R.B., Vogel, J.S., Nelson, D.E., Southon, J.R. 1990. Radiocarbon evidence of fossil-carbon cycling in sediments of a nearshore hydrocarbon seep, dans *Nature*, 348: 230–232.

Baril, J., 2012-mises-à-jour annuelles. Accès à l'information environnementale au Québec. *JurisClasseur Québec*, dans *Droit de l'environnement*, Montréal.

Burns, S., Newhook, T., Gittens, A., 2014. Energy Law : Confidential Information and Governments : Balancing the Public's Right to Access Government Records and an Oil and Gas Company's Right to Protect its Confidential Information, dans *Dalhousie Law Journal*, 37: 119.

Code civil du Québec, 1991, chap. 64, art. 1472.

Corridor Resources Inc., 2000. Annual Report. Halifax.

Corridor Resources Inc., 2001. Annual Report. Halifax.

Corridor Resources Inc., 2002. Annual Report. Halifax.

Corridor Resources Inc., 2003. Annual Report. Halifax.

Corridor Resources Inc., 2004. Annual Report. Halifax.

Corridor Resources Inc., 2005. Annual Report. Halifax.

Corridor Resources Inc., 2011. Conférence Corridor Resources (2 de 5), entre 4:46 et 5:28. YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=qH5XCWd8-3E>. Consulté le 17 novembre 2016.

Corridor Resources Inc., 2016. Annual Information Form. Halifax.

Energy Corporation Act (ECA), S.N.L., 2007, chap. E-11.01.

Environnement et Changement climatique Canada, 2016. Lien avec l'élaboration des politiques et la prise de décisions. Page web. <https://ec.gc.ca/air-sc-r/default.asp?lang=Fr&n=E557B129-1>. Consulté le 17 novembre 2016.

Hardwicke-Brown, M., 1997. Confidentiality and Dispositions in the Oil and Gas Industry. Alberta, dans *Law Review* 35: 356.

Hu, C., Li, X., Pichel W. G., Muller-Karger F. E., 2009. Detection of natural oil slicks in the NW Gulf of Mexico using MODIS imagery, dans *Geophysical Research Letters*, 36: L01604

Kvenvolden, K.A., Cooper, C.K., 2003. Natural seepage of crude oil into the marine environment, dans *Geo-Marine Letters*. 23 (3): 140-146.

Nalcor Energy (Re), 2016 CanLII 37497 (NLIPC).

Pêches et Océans Canada, 2016. Les sciences à Pêches et Océans Canada : Un cadre scientifique pour l'avenir. Page web. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/publications/framework-cadre/index-fra.htm>. Consulté le 17 novembre 2016.

Simms, M., Penick, V., 2007. The Confidentiality of Seismic Data, dans *Dalhousie Law Journal*, 30: 515

Steichen, D.J., Holbrook, S.J., Osenberg, C.W. 1996. Distribution and abundance of benthic and demersal macrofauna within a natural hydrocarbon seep, dans *Marine Ecology Progress Series*, 138: 71-82.



## CHAPITRE 10

# Éducation à l'environnement et au développement durable du golfe du Saint-Laurent : principes, démarches éducatives et types d'engagement écocitoyen des jeunes

---

**PAR** Barbara Bader

Département d'études sur l'enseignement et l'apprentissage, Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval

Émilie Morin

Université du Québec à Rimouski, Université Laval

Geneviève Therriault

Unité départementale des sciences de l'éducation, Université du Québec à Rimouski

Les fondements théoriques et les principes qui guident nos travaux d'innovation pédagogique et de recherche en éducation aux sciences et en éducation à l'environnement et au développement durable (EEDD) sont d'abord présentés brièvement, pour illustrer ensuite concrètement comment mettre en pratique une éducation des jeunes qui les initie notamment aux connaissances actuelles, aux pratiques de recherche et à la complexité des enjeux que soulèvent la préservation et le développement durable du golfe du Saint-Laurent, ce qui s'applique en particulier dans le cas de l'exploitation des hydrocarbures. Par la suite, deux démarches éducatives que nous avons conçues et menées en classe sont décrites. La première a consisté en un projet interdisciplinaire sur les changements climatiques destiné à deux classes de 4<sup>e</sup> année du secondaire d'une école du Bas-Saint-Laurent. Elle illustre comment il est possible d'amener les élèves à approfondir leur compréhension de cette question complexe de manière interdisciplinaire, à se documenter sur certaines pratiques de recherche actuelles et à oser échanger avec un expert sur un thème de leur choix. La seconde démarche éducative,

Photo :  
Pixabay

menée auprès d'élèves de 6<sup>e</sup> année du primaire, les a conduits à mieux connaître les caractéristiques physiques ou géographiques du Saint-Laurent, l'évolution des usages du fleuve, ainsi que la vulnérabilité des mammifères marins à la pollution sonore liée au transport maritime et à l'exploration minière des fonds marins. Les élèves y ont de plus pris conscience de l'origine géographique de nombreux objets qu'ils consomment couramment et qui sont acheminés par bateau. Ils ont enfin été initiés à différentes manières de s'engager pour la protection du Saint-Laurent, que ce soit par le choix de leur profession ou en tant que citoyen. Enfin, après avoir présenté le déroulement général de ces deux démarches, nous abordons le concept d'engagement écocitoyen et soulignons ce que la recherche nous apprend des valeurs, attitudes et habitudes des jeunes quant aux questions environnementales. Un des principes qui orientent nos travaux consiste en effet à définir les caractéristiques d'une éducation qui aurait plus de sens pour les élèves. Nous pensons les interpeller ainsi plus directement à l'école en explorant au préalable leurs manières de s'engager en tant que citoyen par rapport aux questions environnementales. Cela nous permet de décrire les apprentissages sur le Saint-Laurent que ces élèves jugent significatifs ainsi que leur analyse de la crise environnementale et leurs manières d'y réagir. Des pistes éducatives et de recherche tenant compte de ces caractéristiques sont finalement évoquées.



Photo :  
S. Bonvalot

## INTRODUCTION

En tant que chercheuses en éducation aux sciences et en éducation à l'environnement et au développement durable (EEDD)<sup>1</sup>, nous nous intéressons aux différents enjeux éducatifs soulevés par les questions environnementales controversées. Nous traitons dans ce chapitre d'une éducation citoyenne dans un contexte d'une éventuelle exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. Nous travaillons dans la perspective de former la jeune génération et de l'inviter à s'engager dans ces débats qui la concerne de manière bien documentée, réfléchie

et critique, en ayant acquis les connaissances les plus précises possible, tout en lui donnant confiance en sa capacité de changer les choses et en l'invitant à questionner les experts et à prendre position. Pour ce faire, et à la suite de différents chercheurs (Bencze et Alsop, 2014; Bader et Laberge, 2014), nous croyons en l'importance d'une EEDD qui initie les élèves de la fin du primaire et du secondaire à la réflexion critique, à la recherche scientifique et aux différents défis que soulève notre rapport occidental à la nature. Nous considérons également que, pour inter-

## FAITS MARQUANTS

- Des études démontrent une forme de paralysie ou de fatalisme chez les jeunes par rapport à la crise environnementale actuelle.
- Nos recherches et interventions en éducation aux sciences et en éducation à l'environnement et au développement durable amènent les élèves à approfondir leur compréhension des dynamiques complexes liées au golfe du Saint-Laurent.
- Ces travaux permettent également de développer chez les élèves des compétences de recherche et d'interaction avec des experts.
- Différents types de rapports des élèves aux savoirs scientifiques ont été définis de manière exploratoire (utilitaire, confiant, critique), lesquels correspondent à différents profils d'engagement écocitoyen.
- Ces recherches mettent en lumière l'importance d'aborder la dimension identitaire et culturelle du rapport à la nature dans les communautés côtières du golfe, dont les communautés autochtones, afin de penser sa protection pour les générations futures.

<sup>1</sup> Nous distinguons deux courants éducatifs :

- 1) l'éducation relative à l'environnement, expression francophone équivalant à l'éducation à l'environnement (en anglais, *environmental education*);
- 2) l'éducation au développement durable, telle qu'elle est définie par l'UNESCO. Dans ces deux courants éducatifs, nous reconnaissons la pertinence de certains travaux de recherche, approches, réflexions théoriques ou pratiques pédagogiques. Nous utilisons donc dans ce chapitre l'expression « éducation à l'environnement et au développement durable » pour souligner que nous nous inscrivons à la fois dans un courant et dans l'autre, lorsque les approches proposées nous paraissent pertinentes, en particulier lorsqu'elles mettent de l'avant les principes de la pédagogie critique. Nous ne développons pas davantage ces considérations dans le cadre de ce chapitre, bien qu'elles fassent l'objet de nombreux débats dans la communauté des chercheurs en éducation relative à l'environnement ou en éducation au développement durable.

peller ces jeunes citoyens, nous devons tenir compte de leurs préoccupations et projets, et viser leur émancipation, c'est-à-dire faire en sorte qu'ils prennent conscience de la manière dont certains codes culturels, des normes et une idéologie dominante orientent leurs manières d'être et de penser, afin de susciter réflexivité et sens critique.

Dans ce chapitre, nous illustrons tout d'abord les principes qui guident nos actions pédagogiques. De manière générale, il s'agit d'accorder de l'importance à une certaine vigilance citoyenne quant à notre gestion de la nature et à ses conséquences. Nous soulignons l'importance d'un enseignement des sciences capable de mobiliser les jeunes. Nous présentons également très succinctement les principes de pédagogie critique qui nous conduisent à valoriser les positions des jeunes, en fonction des dimensions identitaires qui les fondent, que ce soit leur histoire, leur culture, leur contexte familial ou le territoire auquel ils se rattachent.

Pour illustrer la mise en application de ces principes, nous présentons deux démarches éducatives réalisées en classe. La première consiste en un enseignement interdisciplinaire sur les changements climatiques en 4<sup>e</sup> année du secondaire, alors que la seconde traite de la protection de la biodiversité marine du Saint-Laurent en 6<sup>e</sup> année du primaire. Le premier exemple permet de cerner non seulement les apprentissages significatifs sur le Saint-Laurent effectués par les élèves, mais également leur intérêt pour les sciences et les pratiques de recherche, et pour un approfondissement en classe de la compréhension de la complexité des changements climatiques. Nous abordons également les types d'engagement écocitoyen que nous avons repérés auprès d'élèves ayant pris part au projet. Après avoir présenté ces deux démarches éducatives, nous précisons finalement les perspectives éducatives et de recherche qu'il conviendrait de privilégier à l'égard des enjeux liés à l'exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. /



Photo : M. Teixeira

## DE L'IMPORTANCE D'UNE ÉDUCATION À L'ENVIRONNEMENT ET AU DÉVELOPPEMENT DURABLE DU SAINT-LAURENT QUI INITIE À LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET QUI MOBILISE LES JEUNES

Au sein de la Stratégie gouvernementale de développement durable 2015-2020 du Québec (MDDELCC, 2015), un chantier de travail est consacré à l'éducation au développement durable. Partout, l'EEDD devient un enjeu national important (UNESCO, 2015). De plus, dans un contexte où, en 2015, le gouvernement du Québec a lancé sa Stratégie maritime (Québec, 2015), le développement durable du Saint-Laurent devient une

question de première importance qui devrait interpeller la jeunesse, qui aura à vivre avec les conséquences des décisions prises aujourd'hui.

Les questions environnementales ne suscitent pourtant pas forcément l'intérêt et la mobilisation nécessaire. En effet, la majorité des jeunes au Québec ou ailleurs ne semble pas considérer la préservation de l'environnement comme une priorité (Royer et de Grandpré, 2015). Bon nombre d'entre eux agissent sur une base individuelle, parfois davantage par conformisme que par conviction personnelle. Par exemple, les jeunes recyclent ou réutilisent certains produits, mais sans avoir forcément analysé la portée de leurs gestes, ni s'être penchés de manière approfondie et critique sur les causes structurelles de la dégradation environnementale. Leur connaissance des normes et règlements et leur participation aux instances et processus démocratiques qui garantissent que les lois en vigueur sont respectées ou bonifiées demeurent minimales. Certains auteurs vont jusqu'à parler de dépression des jeunes par rapport à la crise environnementale et aux discours catastrophistes servis à répétition, et soulignent un certain fatalisme

Photo : M. Teixeira





Photo :  
M. Teixeira

et la conviction, pour bon nombre d'entre eux, qu'ils n'ont pas le pouvoir de changer les choses (Zeyer et Kelsey, 2013).

L'éducation a donc un rôle important à jouer, en particulier pour redonner confiance aux jeunes et pour les mobiliser concrètement et de manière intéressante. Il s'agit d'enrichir les connaissances et de développer, chez les jeunes et les moins jeunes, les prises de conscience, les attitudes, les valeurs, le jugement critique et la créativité nécessaires à un engagement citoyen averti et respectueux de la nature et des autres, soucieux du bien commun et menant à cibler les transformations sociales nécessaires. Selon notre perspective, il s'agit de faire en sorte que les jeunes et les adultes se sentent autorisés à débattre des questions environnementales complexes, par exemple les risques éven-

tuels liés à l'activité pétrolière, et compétents pour le faire. Ce qui signifie être en mesure de questionner les experts à ce sujet et de participer aux débats publics de manière informée et réfléchie.

C'est dans ce contexte que nous proposons d'enrichir les connaissances scientifiques, de renouveler la conception courante des sciences et d'étudier les formes d'engagement écocitoyen de jeunes Québécois et Québécoises de la fin du secondaire concernant le développement durable du Saint-Laurent. Depuis 2008, notre équipe de recherche a colligé différents résultats concernant les élèves des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> années du secondaire. La manière dont ces élèves conçoivent ce que signifie « faire des sciences », leur intérêt pour ce domaine de connaissances ainsi que leurs connaissances sur les changements climatiques et leur engagement à l'école et en tant que citoyen par rapport à cette question ont particulièrement retenu notre attention (Bader *et al.*, 2013, 2014, 2015). De manière exploratoire, nous y avons fait des liens entre certains types de rapports aux savoirs scientifiques, l'engagement scolaire et l'engagement écocitoyen. Nous avons rencontré une minorité d'élèves plus critiques quant à ce que leur propose l'école et qui se montrent souvent très concernés par les questions environnementales. Ces derniers dénoncent la situa-

Il s'agit d'enrichir les connaissances et de développer, chez les jeunes et les moins jeunes, les prises de conscience, les attitudes, les valeurs, le jugement critique et la créativité nécessaires à un engagement citoyen averti et respectueux de la nature et des autres, soucieux du bien commun et menant à cibler les transformations sociales nécessaires.

tion économique et politique internationale au regard de son manque de justice sociale et d'action structurelle pour la préservation de l'environnement. Cependant, ils ne savent pas toujours comment transposer leurs préoccupations dans des actions citoyennes suffisamment réfléchies, bien documentées et de manière à tirer profit des lois et règlements en vigueur (Morin *et al.*, 2015).

Par ailleurs, nous nous appuyons sur les principes de la pédagogie critique pour penser les fondements et les modalités pratiques de l'EEDD (Bader, 2011; Bader et Laberge, 2014; Freire, 2013; Giroux, 2011). Nous initiions les élèves à des pratiques de recherche et aux connaissances scientifiques actuelles sur des questions environnementales qui les concernent : changements climatiques, protection de la biodiversité, enjeux énergétiques et exploitation des hydrocarbures. Ensuite, nous les sensibilisons à l'importance de leur rôle de citoyen en leur proposant différentes manières de s'engager qui ont porté fruit. Nous nous inscrivons également en prolongement d'une didactique des sciences d'inspiration piagétienne

(Piaget, 2012; Piaget et Inhelder, 2012) qui s'intéresse au développement de l'intelligence des élèves en tenant compte de leurs conceptions initiales, de leur logique et de leurs difficultés de compréhension pour adapter en conséquence les démarches éducatives, les expériences proposées et les contenus enseignés. Nous partageons également les positions d'auteurs comme Sadler et ses collaborateurs (2007), qui préconisent l'ouverture des élèves de la fin du secondaire à la complexité des questions environnementales, complexité relative aux incertitudes et souvent à l'absence de connaissances en jeu, mais aussi aux intérêts, valeurs, représentations et enjeux prioritaires dans leur analyse. Pour transposer ces considérations en classe, nous proposons une didactique de l'interdisciplinarité (Bader *et al.*, 2013; Fourez *et al.*, 2002) et nous nous situons dans une didactique des questions environnementales (Legardez et Simonneaux, 2006, 2011) qui mise notamment sur l'utilisation de débats encadrés en classe. Tout cela nous a menés jusqu'ici à valider de nombreuses activités éducatives et à recueillir l'avis des élèves pour en cerner la portée et les limites. /

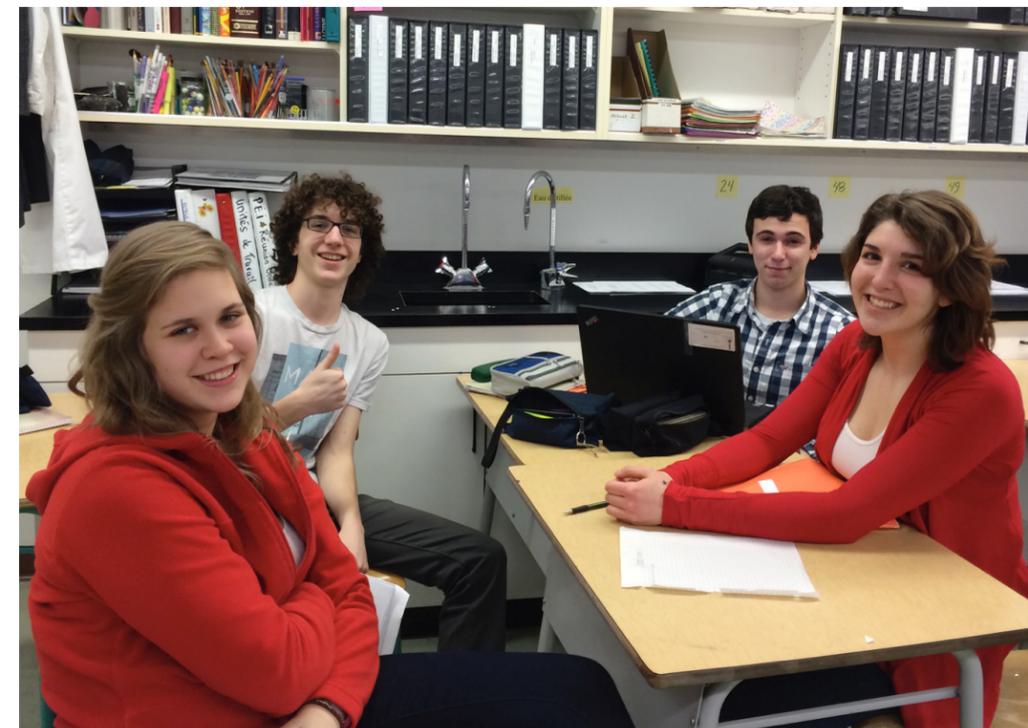


Photo :  
G. Therriault

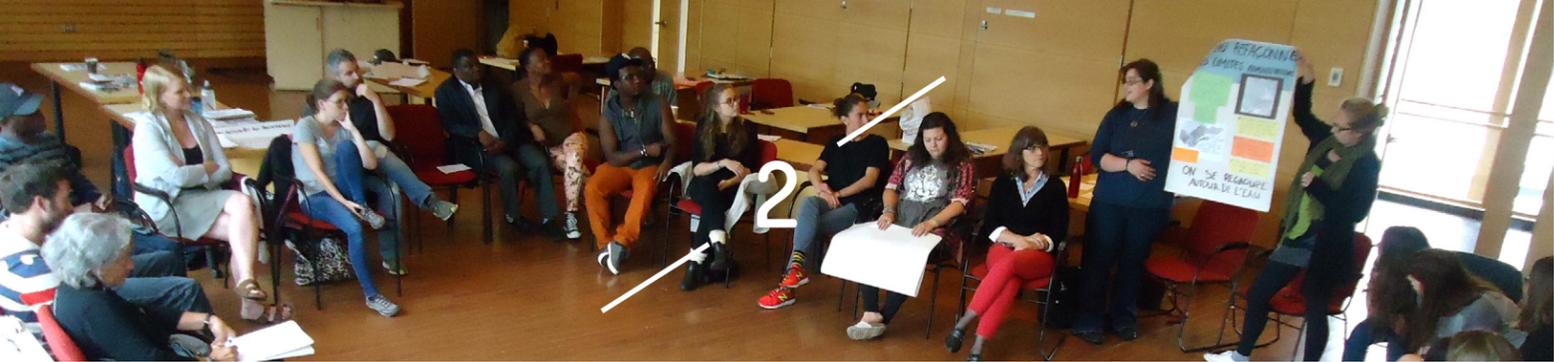


Photo : M. Teixeira

## ÉDUIQUER EN FONCTION DES JEUNES ET POUR LES JEUNES, ET RENOUVELER LA CONCEPTION SCOLAIRE DES SCIENCES AFIN DE LES INTERPELLER

Un des principes importants de la pédagogie critique consiste à rapprocher les propositions pédagogiques des préoccupations des jeunes. Il s'agit de travailler « en fonction » de ces jeunes, « avec eux » et « pour eux », à la suite notamment des propositions de Henry Giroux (2011), qui considère que l'école a souvent perdu de vue les préoccupations des jeunes, et ce, même lorsqu'ils s'intéressent aux sciences en dehors de l'école (Osborne *et al.*, 2003). Par ailleurs, plusieurs études en didactique des sciences illustrent que l'enseignement des sciences tend à renforcer une conception des sciences qui a peu à voir avec les



Photo : Collections  
École Polytechnique /  
Jérémy Barande

pratiques de recherche actuelles. L'idée du chercheur travaillant seul, en laboratoire, est encore très répandue au détriment de celle du travail en équipe, qui inclut la rédaction de demandes de subventions, la participation à des congrès, la confrontation des connaissances entre collègues et la confrontation explicite de nombreux liens entre les sciences et la société. Devant cette conception fictive, une seconde représentation, plus socioconstructiviste, inscrit le travail de recherche dans la société, définit les acteurs qui développent ces savoirs, les situe dans des contextes réels, précise certaines interactions sociales qui caractérisent la recherche scientifique et contribue ainsi à rendre les sciences plus accessibles (Fourez, 2002; Latour, 2001). Tout cela peut également inviter au dialogue entre citoyens et experts. La distinction est importante en éducation puisque ces deux représentations des pratiques de recherche ne conduisent pas au même type de rapport aux savoirs scientifiques.

Une EEDD du golfe du Saint-Laurent devrait donc renforcer les connaissances des élèves sur celui-ci, tout en sachant les mobiliser et développer leur jugement critique. Or, pour que les connaissances enseignées intéressent les élèves et les interpellent, il faut mieux connaître ces élèves et leurs intérêts; rattacher le sens de ce qui est enseigné à leur identité et à leur

culture; tenir compte du contexte social et de leur ancrage territorial; et privilégier des pratiques pédagogiques qui leur laissent de l'autonomie et qui les responsabilisent. D'où l'importance des études culturelles en EEDD (Zeyer et Kelsey, 2013; Corcoran et Osano, 2009; Giroux, 2011), car elles permettent de cerner comment des jeunes issus de contextes culturels différents envisagent la préservation environnementale et le développement durable de leur territoire, pour en tenir compte ensuite en classe (Martinez et Chamboredon, 2011; Schlosberg et Carruthers, 2010). Il s'agit également pour nous de donner plus de sens aux enseignements scolaires en les rattachant à des enjeux réels et de fournir des exemples d'engagement écocitoyen qui ont été fructueux.

Différents courants pédagogiques existent en EEDD (Scott et Oulton, 1999), allant de l'enrichissement des connaissances sur l'environnement de manière disciplinaire qui font par exemple appel à des notions de biologie, de chimie ou de physique, aux approches privilégiant plutôt des projets interdisciplinaires (Fourez, 2001), en passant par les approches misant sur le renforcement du lien affectif avec la nature. On peut aussi faire un travail de clarification de valeurs et d'analyse critique du système économique néolibé-

ral. Ainsi, la pédagogie critique propose de contribuer à expliciter les codes et les manières de penser dominantes, fondées notamment sur l'individualisme et sur le mythe du progrès technique. Elle veut également démasquer les rapports autoritaires et inégalitaires à l'école et, plus largement, leurs conséquences sur notre rapport à la nature et aux autres. Selon ces principes, il s'agit de renouer avec des modes de vie plus simples, respectueux de la nature, pacifistes et solidaires; de développer de telles valeurs à l'école; d'engager les jeunes dans des dialogues constructifs sur les multiples dimensions des questions environnementales; et de travailler concrètement à l'analyse d'enjeux complexes, mais situés dans des territoires précis afin d'en cerner les éléments principaux pour générer des solutions.

En somme, nous préconisons un renforcement de la culture scientifique des jeunes en traitant d'enjeux de société liés à la protection de l'environnement. Nous les initiions à certaines pratiques de recherche actuelles afin d'enrichir leur conception des sciences. Ensuite, nous leur faisons connaître des exemples de mobilisation pour l'environnement qui ont été des réussites et des professions intéressantes qui peuvent être considérées comme des manières de s'engager en tant que citoyen pour la préservation environnementale. /

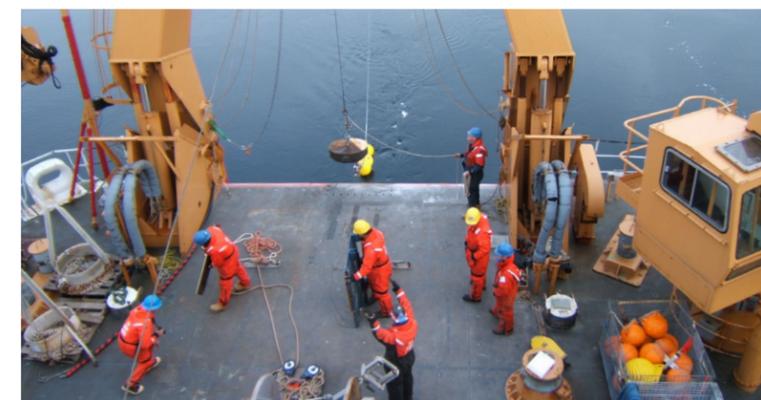


Photo : Collection of  
Dr. Pablo Clemente-Colon,  
Chief Scientist National  
Ice Center



Photo : Pressfoto / Freepik

## UN EXEMPLE DE DÉMARCHE ÉDUCATIVE EN 4<sup>e</sup> ANNÉE DU SECONDAIRE SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES



Photo : D. Kalenitchenko

Un projet en particulier<sup>2</sup> nous a amenées à travailler conjointement avec trois enseignants d'histoire, de sciences et d'éthique d'une école de la région du Bas-Saint-Laurent en 4<sup>e</sup> année du secondaire (voir encadré « Déroulement de la démarche en classe » - page ci-contre).

Retenons ici quelques éléments sur les connaissances qui touchent le Saint-Laurent et que les élèves considèrent comme utiles, agréables et importantes. Dans les lignes qui suivent, nous précisons également ce qu'ils nous disent de leur intérêt pour les sciences et les pratiques de recherche, comment ils envisagent la complexité de la question climatique et les types d'engagement écocitoyen que nous avons cernés.

<sup>2</sup> Conseil de recherche en sciences humaines (CRSH), Therriault et Bader, 2012-2015.

<sup>3</sup> Programme de l'organisme Baccalauréat International (IB) : [www.ibo.org/fr](http://www.ibo.org/fr).

<sup>4</sup> Nous n'élaborons pas davantage ici concernant nos cadres théoriques. Précisons seulement que nous nous intéressons au sens que les jeunes donnent aux connaissances scientifiques telles qu'elles sont enseignées en classe. Nous voulons également préciser leur manière de s'engager à l'école et cerner comment ils se mobilisent ou pas quant aux questions environnementales. Les premiers portraits d'élèves que nous avons pu dessiner de manière exploratoire à partir de ce cadre théorique nous permettent d'identifier des types d'élèves différents, tant concernant leur conception des sciences naturelles et sociales que leur manière d'être à l'école ou en tant que citoyen par rapport aux enjeux environnementaux. Nous présentons certains de ces éléments dans la section 4.

### DÉROULEMENT DE LA DÉMARCHE EN CLASSE

Deux groupes d'élèves ( $N = 45$ ) du Programme d'éducation intermédiaire (PEI)<sup>3</sup> étaient appelés à documenter une question de leur choix sur les changements climatiques. Ils devaient le faire de manière interdisciplinaire en soulevant quatre enjeux sur cette question (soit un enjeu environnemental, politique, social et économique). Ils devaient également cibler une controverse et une pratique de recherche, puis rencontrer un expert sur leur thème. Ce projet s'est déroulé sur une période de cinq mois, pendant lesquels sept périodes de 75 minutes étaient accordées aux élèves pour approfondir leur travail. À la fin de sa recherche, chaque équipe rédigeait un essai en réponse à deux questions-guides qui devaient orienter l'ensemble de sa réflexion :

- 1) *Que pouvons-nous faire devant la perspective des changements climatiques ?*
- 2) *Est-ce que la science peut nous dire comment agir ?*

Les équipes devaient également présenter les éléments importants de leur travail aux autres élèves de la classe. Les thèmes qui ont été traités sont, par exemple :

- l'impact de la délocalisation des entreprises sur les changements climatiques;
- les déversements de pétrole;
- l'impact des changements climatiques dans les eaux du Nord;
- la résilience des communautés envers les changements climatiques.

Afin de mieux connaître les jeunes qui ont participé à cette étude et d'évaluer la portée de cette démarche d'enseignement interdisciplinaire, nous avons tout

d'abord établi avec les élèves des « bilans de savoirs » écrits (Charlot *et al.*, 1992) sous la forme de questionnaires individuels. Cela nous a permis de faire le point sur les connaissances en sciences qu'ils disaient avoir acquises depuis leur enfance, de vérifier la provenance de ces connaissances (l'école, la famille ou autre), de déterminer s'ils les considéraient comme utiles, agréables et importants, ou pas, et pour quelles raisons (Bader *et al.*, 2014). Nous avons également mené plusieurs entretiens de petits groupes d'élèves à la fin de la démarche sur les changements climatiques pour préciser dans quelle mesure nous avons atteint nos objectifs. Finalement, nous avons mené un second entretien individuel avec 12 d'entre eux, au printemps qui a suivi, alors qu'ils étaient en 5<sup>e</sup> année du secondaire. Les données ont été recueillies de plusieurs manières et à différents moments de la démarche.

Dans le cadre de cette démarche d'enseignement interdisciplinaire, nos intérêts de recherche concernaient les rapports aux savoirs scientifiques, l'engagement scolaire et l'engagement écocitoyen des élèves<sup>4</sup> (Bader *et al.*, 2014). Les entretiens semi-dirigés auprès de petits groupes d'élèves menés à la fin de la démarche éducative nous ont permis de préciser si les élèves avaient enrichi leur conception des sciences, notamment en documentant une pratique de recherche particulière, et s'ils considéraient la question qu'ils avaient documentée comme étant complexe.

## LES APPRENTISSAGES SUR LE SAINT-LAURENT JUGÉS SIGNIFICATIFS PAR LES ÉLÈVES

Parmi les 68 élèves à qui le questionnaire de type « bilan de savoirs » a été distribué en début de démarche, 62 élèves ont répondu à la première question, qui portait sur les apprentissages significatifs. De ce nombre, 79 % des élèves font référence à des connaissances sur l'univers vivant (biologie, écologie). Au total, 95 apprentissages significatifs réfèrent au monde vivant, sur un total de 182 apprentissages jugés utiles, agréables ou importants par les élèves. Parmi ceux-ci, l'occurrence assez marquée d'apprentissages significatifs reliés aux marées, aux biomes marins, à la biodiversité, au benthos et à la zone pélagique, des objets de savoirs qui touchent directement le golfe du Saint-Laurent. Et parmi ces apprentissages, 58 % sont issus du milieu familial, alors que seulement 26,4 % des autres apprentissages significatifs rapportés sont issus du milieu familial. Cette proportion marquée d'apprentissages à la maison portant sur la région d'appartenance peut entre autres s'expliquer par une concentration notable de spécialistes du Saint-Laurent



Photo : P. Archambault

dans la région<sup>5</sup>, dont plusieurs sont des parents d'élèves, mais aussi par la forte signification que revêt l'estuaire du Saint-Laurent pour les habitants de la région où s'est tenue cette étude. À la lumière de ces résultats, il apparaît intéressant d'étudier l'importance qu'accordent des élèves de différentes régions du Québec à la connaissance du golfe du Saint-Laurent et à son développement durable, considérant notamment les enjeux soulevés par l'exploitation potentielle des hydrocarbures.

## L'INTÉRÊT POUR LES SCIENCES ET POUR LES PRATIQUES DE RECHERCHE

Bien que les élèves interrogés se disent intéressés par les sciences<sup>6</sup>, une bonne majorité des élèves (60,6 % des répondants) disent ne rien savoir ou savoir très peu de choses de la manière dont les scientifiques travaillent pour étudier les changements climatiques. Parmi les

autres élèves, 19 en parlent en termes très vagues (28,8 %).

Nous avons demandé aux élèves de documenter une pratique de recherche et de rencontrer un expert (scientifique ou citoyen) pour valider leur documentation

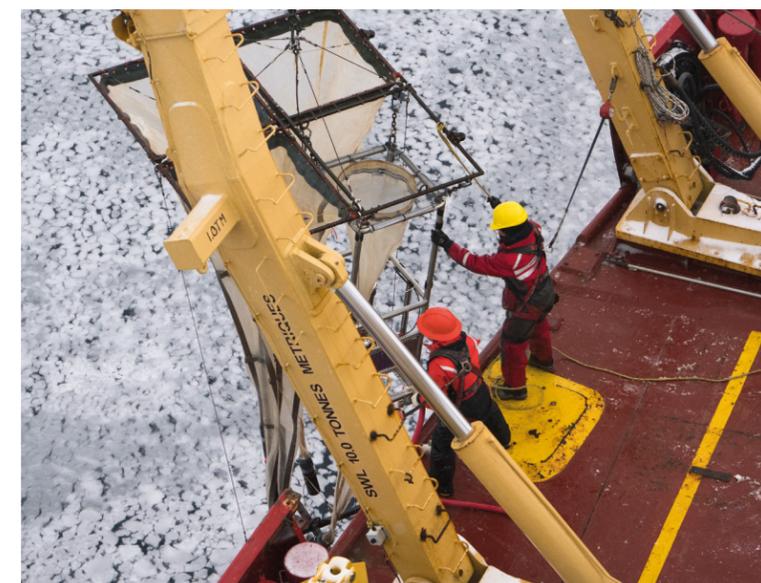
portant sur le thème qu'ils avaient choisi dans le cadre de la démarche d'enseignement sur les changements climatiques. Les élèves ont documenté presque autant de pratiques de recherche dans les domaines des sciences de la nature que des sciences sociales. Au départ, ils semblent entretenir une représentation des pratiques de recherche en sciences naturelles généralement peu précise et traditionnelle; les élèves parlent d'observations, d'expérimentation, de laboratoires et de prises de données sur le terrain. Concernant les sciences sociales, ils ont beaucoup de mal à expliquer ce que font les chercheurs en économie, en politique et en développement régional qu'ils ont rencontrés. En fait, ils ne semblent pas disposer d'un vocabulaire minimal à cet effet.

De manière générale, les élèves ayant pris part à la démarche ont appris qu'il existait des pratiques de recherche nombreuses et variées, et que les chercheurs travaillaient souvent en équipe, tout comme eux. Ils semblaient étonnés que les chercheurs soient des personnes sociables et que la discussion avec eux soit possible et fructueuse. En général, ils ne doutaient pas de la validité de ce que leur mentionnait l'expert rencontré. En fait, ces entretiens avec un chercheur ou un citoyen engagé ont été déterminants quant à leur intérêt pour la démarche proposée. Ainsi, 10 équipes sur 12 affirment que l'entretien avec l'expert a constitué un point central

de la démarche, que cette rencontre a été motivante et intéressante ou qu'elle leur a permis de valider plusieurs éléments déjà documentés.

Sur ce point, il serait intéressant de vérifier plus avant ce que les jeunes savent à propos des recherches actuelles qui portent sur l'exploitation des hydrocarbures ou, de manière plus générale, sur le golfe du Saint-Laurent, tant en sciences naturelles qu'en sciences sociales. Introduire progressivement et plus systématiquement ces considérations en classe, tout au long de la scolarité du secondaire et du collégial, serait tout à fait formateur, qu'il s'agisse de les initier à la recherche ou à des professions actuelles qui s'intéressent au Saint-Laurent.

Photo : S. Chayer



## LA COMPLEXITÉ DE LA QUESTION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Lors des entretiens de fin de projet, plusieurs élèves disent avoir compris que les connaissances sur une question comme les changements climatiques étaient beaucoup plus vastes que ce qu'ils pensaient au départ. Ils affirment aussi que la démarche leur a permis d'en approfondir plusieurs aspects avec précision, ce qu'ils disent n'avoir jamais fait en classe, bien que

le thème des changements climatiques ait souvent été abordé, mais de manière superficielle seulement, plus ou moins intéressante à leurs yeux. Il est également intéressant de noter que plusieurs élèves ont pris conscience qu'une problématique environnementale complexe gagnait à être analysée à l'aide de différentes disciplines.

<sup>5</sup> Dans la région du Bas-Saint-Laurent, on retrouve l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), qui comprend de nombreux chercheurs de différentes disciplines s'intéressant de près ou de loin au fleuve Saint-Laurent, l'Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), l'Institut maritime du Québec (IMQ), l'Institut Maurice-Lamontagne du ministère des Pêches et Océans du Canada ainsi que plusieurs compagnies privées liées aux technologies marines ou maritimes.

<sup>6</sup> Dans les deux groupes participant au projet, 82,4 % des élèves disent avoir un très grand ou un grand intérêt en classe de sciences.

## LES TYPES D'ENGAGEMENT ÉCOCITOYEN

Dans le cadre de cette même étude, notre exploration du concept d'engagement écocitoyen et de ses différentes dimensions nous a conduites à caractériser comment des jeunes définissent les questions environnementales, leurs causes, les solutions possibles ainsi que leur rôle en tant que citoyen par rapport à ces questions. Nous vérifions ainsi dans quelle mesure ces élèves se sentent concernés et intéressés par ces questions, s'ils ont des connaissances et s'informent, et s'ils considèrent qu'ils ont le pouvoir de changer les choses. Nous les écoutons également à propos de leur désir de s'impliquer et de quelle manière, à savoir si des adultes ou des projets sur l'environnement les ont marqués, s'ils fréquentent la nature et y sont attachés, s'ils participent à la vie démocratique sur ces questions et si ces expériences sont concluantes à leurs yeux. Ce sont autant d'éléments qui peuvent influencer leur manière de s'engager en tant que citoyen lorsqu'il est question d'environnement.

Notons que différentes études en EEDD démontrent une forme de paralysie ou de fatalisme chez les jeunes par rapport à la crise environnementale actuelle, considérée comme trop catastrophique pour qu'il puisse encore y avoir des solutions (Connell *et al.*, 1999; Fielding et Head, 2011; Zeyer et Kelsey, 2013). Lorsqu'ils agissent, les jeunes le feraient généralement par des actions relativement courantes comme le recyclage, la réutilisation d'objets ou l'utilisation du transport en commun, posant ces gestes de manière conventionnelle parce qu'on leur a répété que c'était important (Bader *et al.*, 2013).

Certains d'entre eux font preuve d'un certain cynisme. Dans une série d'entretiens menés dans une école secondaire de la région de Québec avec des élèves de 4<sup>e</sup> année du secondaire, dans le cadre d'une étude antérieure (Bader *et al.*, 2013), plus



de la moitié des élèves rencontrés (27) nous ont expliqué leur frustration devant ces problèmes dont ils ne se considéraient pas comme responsables au départ. Ils se voyaient plutôt comme devant faire face aux conséquences de l'inaction des adultes, ces mêmes adultes qui leur disent quoi faire, sans toujours s'impliquer eux-mêmes. Ces élèves précisait qu'ils considéraient ces gestes comme importants pour la protection de l'environnement, mais que, si les grandes entreprises et les gouvernements ne s'impliquaient pas davantage, leurs efforts seraient vains.

Plusieurs éléments sont importants pour soutenir la mobilisation citoyenne, comme proposer des exemples de réussite, s'impliquer dans des projets qui ont un impact réel et côtoyer des adultes significatifs réellement engagés. Il est également important d'analyser les causes structurelles et idéologiques, les jeux de pouvoir et d'intérêt ou les valeurs qui orientent les prises de décision. De plus, selon Wals et Jickling (2009) notamment, il faut éviter

d'enrôler les jeunes dans des projets entièrement prédéfinis puisque cela peut contribuer à renforcer leur désengagement. Il faudrait plutôt leur confier plus de pouvoir de décision et d'autonomie pour les responsabiliser (Bader *et al.*, 2010). Soulignons que certains élèves de la fin du secondaire sont tout à fait conscients des causes politiques, structurelles et idéologiques de ces questions de société, et pourraient jouer un rôle de leader en classe. Il est donc important de s'intéresser de près aux logiques qui sous-tendent la mobilisation des élèves et de mieux comprendre ce qui cause leur désengagement afin de leur proposer des projets éducatifs et des défis qui sauront les interpeller. Ce sont ces considérations qui nous conduisent à

étudier les logiques d'engagement écocitoyen des jeunes de la fin du secondaire.

En analysant 12 entretiens individuels menés un an après la fin de notre démarche éducative, nous avons distingué trois types d'engagement écocitoyen chez ces jeunes (Morin *et al.*, 2015) de manière tout à fait exploratoire. Il faut bien comprendre que les distinctions proposées ici méritent d'être raffinées ultérieurement, ce qui fera l'objet d'une étude subséquente auprès d'un plus grand nombre de sujets. Elles sont proposées ici à titre d'illustration de la portée éventuelle de ce type d'étude. Voici donc les trois types d'engagement à l'égard de l'environnement que nous proposons pour le moment.

### › PREMIER TYPE D'ENGAGEMENT :

#### UNE QUASI-ABSENCE D'ENGAGEMENT ÉCOCITOYEN ET UN CERTAIN PESSIMISME

Des actions réputées bonnes pour l'environnement sont posées sans véritable conviction ni analyse. Un exemple : David<sup>7</sup> est un élève qui ne pense pas avoir le pouvoir de changer les choses et qui n'a pas l'intention de « changer le monde ». Il fait de la récupération, évite le gaspillage et la surconsommation, mais ne pense pas que cela ait un impact : ce sont pour lui des « gouttes d'eau dans l'océan ». « Si tout le monde posait ces gestes, il y aurait une

chance », mais il se dit pessimiste. Pour lui, la majorité des gens ne veut pas changer. Le gouvernement est de droite; c'est donc la logique économique qui domine et qui a le pouvoir. Il soutient qu'être informé lui permettrait de développer son sens critique. Néanmoins, David ne s'informe pas spontanément à propos des questions environnementales. Il ne s'estime pas non plus engagé et reporte son engagement à plus tard.



<sup>7</sup> Les prénoms de tous les élèves dans ce chapitre sont fictifs.

› **DEUXIÈME TYPE D'ENGAGEMENT :**  
*UNE CERTAINE RESPONSABILISATION INDIVIDUELLE SANS ALLER JUSQU'À UNE PARTICIPATION COLLECTIVE À DES ACTIONS CITOYENNES*

Le jeune pose des gestes quotidiens sur une base individuelle, auxquels il accorde une certaine importance, mais sans désirer s'impliquer collectivement. À titre d'exemple, Louis recycle, composte, limite sa consommation d'eau, utilise son vélo pour certains déplacements et n'est pas porté à surconsommer. Il pose ces gestes assez facilement, mais pas systématiquement. Louis résume son engagement ainsi : « C'est peut-être individualiste, mais je fais ma part, alors ne me dérangez pas trop avec ça ! » Louis pense que, s'il sentait véritablement et davan-

tage qu'il y avait urgence, cela serait le seul moyen de le pousser à s'impliquer davantage. Marie-Hélène, quant à elle, agit parfois par souci environnemental. Elle dit fermer le robinet en se brossant les dents ou recycler, par exemple. Elle sait ce qu'elle pourrait faire pour adopter un comportement plus respectueux de l'environnement, comme ne plus acheter de vêtements neufs, se déplacer à vélo, participer à des mouvements citoyens et même prendre le leadership d'actions citoyennes, mais ne le fait pas.

› **TROISIÈME TYPE D'ENGAGEMENT :**  
*UN ENGAGEMENT PARTICIPATIF ET CRITIQUE QUI MISE SUR L'ACTION COLLECTIVE APRÈS UNE ANALYSE CRITIQUE DES CAUSES STRUCTURELLES DES PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX*

Ce type d'engagement est plus rare. Alice en est un très bel exemple. Lorsque nous l'avons rencontrée, elle nous a précisé qu'elle apprenait en classe par conscience sociale. Elle préfère les sciences sociales pour comprendre pourquoi et comment une société évolue. Elle trouve que les sciences telles qu'elles sont enseignées à l'école ne vont pas assez loin. Ses parents favorisent les débats à la maison, ce qu'elle apprécie. Souvent, elle s'ennuie à l'école, qu'elle trouve trop rigide. Il faudrait y laisser plus de place à la créativité et à l'autonomie des élèves, tenir compte de leurs préoccupations. Elle est très intéressée par les questions environnementales. Pour elle, l'individualisme est un problème. Elle exprime une préoccupation manifeste pour le bien commun, les générations futures et le partage. Elle considère que, collectivement, on a un pouvoir énorme. En consommant, on approuve le système. Elle pose de petits gestes, mais, pour Alice, le changement ne passera pas par là. Elle tente aussi de convaincre

d'autres personnes. Elle connaît une militante qui prend beaucoup la parole, ce qu'elle voit comme une prise de pouvoir. Elle considère que prendre la parole, c'est déjà influencer l'autre. Pour Alice, savoir et pouvoir sont associés. L'école échoue actuellement sur ce plan, elle doit faire plus. Présenter la variété des points de vue et des enjeux est un bon début, tout comme amorcer des débats constructifs pour aider les élèves à étayer leur prise de position.



**DES PISTES ÉDUCATIVES QUI TIENNENT COMPTE DES LOGIQUES D'ENGAGEMENT DES ÉLÈVES**

Quel que soit le profil des élèves rencontrés, certains points importants sont à relever. D'abord, il est nécessaire d'amener les élèves à approfondir et à préciser leur compréhension des causes de la crise environnementale actuelle en traitant, par exemple, d'une ou deux études de cas de manière interdisciplinaire au cours de leur scolarité secondaire. Plusieurs élèves ont souligné que la démarche sur les changements climatiques les ont amenés à approfondir différentes facettes de cette question. Lors de la mise en commun en classe en fin de projet, les exposés, qui portaient chacun sur un aspect différent de la question, leur ont fait prendre conscience de la complexité de cette question, traitée selon eux au préalable de manière trop superficielle en classe.

Pour les élèves qui se disent somme toute peu concernés par les questions environnementales, nous misons sur une explication des leviers d'action et de transformation sociale et environnementale. Par exemple, traiter des causes et des conséquences de la surconsommation est indispensable. Il s'agit aussi d'illustrer concrètement auprès de ces élèves certains méfaits bien documentés de pollutions connues ainsi que les solutions qui ont été concluantes, de manière à renforcer leur sentiment qu'il est possible de changer les choses. Il convient également d'inclure en classe plus de moments de prise de parole et de responsabilisation des élèves dans le déroulement même des activités scolaires, et de leur proposer une conception invitante de la recherche scientifique. Afin de renforcer la volonté des jeunes du secondaire de s'engager de manière plus participative et plus collective, nous avons également illustré des processus et ciblé des instances démocratiques existantes ainsi que des normes, lois et règlements, comme ceux qui ont permis d'instaurer au Québec des lieux de préservation de



la nature. Dans le cas du module d'EEDD conçu pour des élèves de la fin du primaire sur la question de la protection de la biodiversité marine du Saint-Laurent, nous avons ainsi documenté comment des acteurs engagés sont arrivés à créer le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. Il s'agit de leur présenter concrètement comment des changements sont possibles à partir des lois et règlements en vigueur, et ce, en utilisant les instances démocratiques à bon escient.

Comme nous le préciserons dans la prochaine section, nous avons également présenté aux élèves des exemples de citoyens qui, par leur profession ou leur conviction, s'engagent et font pression avec succès pour protéger notre environnement. Ajoutons qu'un autre élément important de notre travail consiste à revaloriser chez les jeunes la connaissance et le savoir scientifique en tant que tels et à illustrer concrètement comment des chercheurs s'y prennent pour répondre à leurs questions de recherche, en valorisant la portée de ces connaissances lorsqu'elles permettent d'orienter les choix politiques pour le mieux. Enfin, nous préconisons comme approche, auprès de tous les élèves, plus de formation et de soutien des postures critiques et engagées à l'école. Cela peut vouloir dire que les élèves capables de ce type d'analyse critique devraient être davantage encouragés et incités à participer plus activement à la vie de la classe et à agir en tant que leader. /

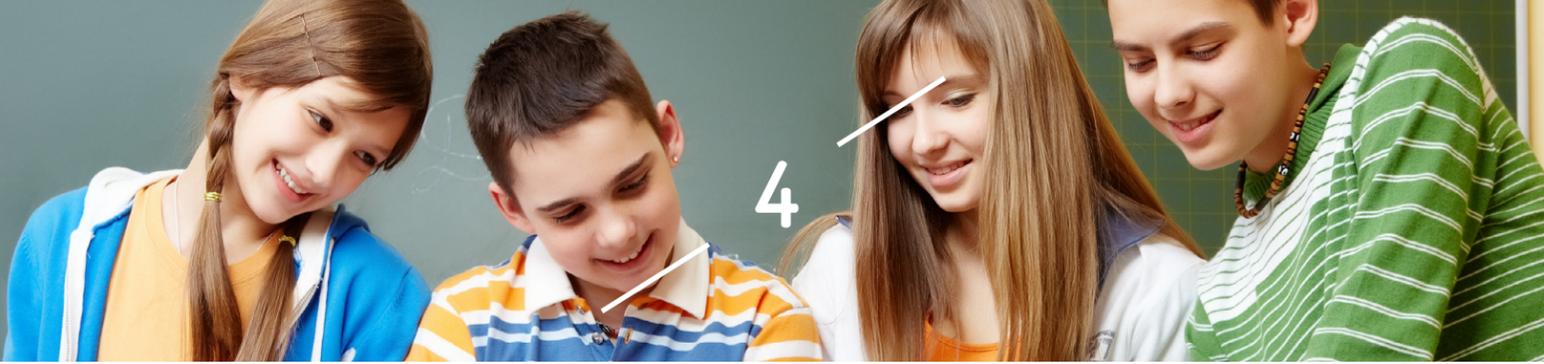


Photo : Pressfoto / Freepik

## UNE DÉMARCHE ÉDUCATIVE EN 6<sup>e</sup> ANNÉE DU PRIMAIRE : ENRICHISSEMENT DES CONNAISSANCES EN SCIENCES ET EN HISTOIRE SUR LE SAINT-LAURENT ET MODÈLES D'ENGAGEMENT ÉCOCITOYEN

En 2015, nous avons été invitées à concevoir un module d'EEDD pour deux groupes d'élèves de 6<sup>e</sup> année du primaire d'une école du Bas-Saint-Laurent<sup>8</sup>. Afin de sensibiliser les élèves à certains enjeux relatifs à la protection de la biodiversité marine du golfe du Saint-Laurent, nous avons développé les contenus de sciences et d'histoire-géographie, les deux enseignants impliqués y greffant les activités de français, de mathématiques, d'anglais ou d'arts plastiques, selon le cas. En cohérence avec certains de nos principes énoncés précédemment, nous avons mis l'accent sur des contenus relatifs au territoire du Bas-Saint-Laurent (contenus qui pourraient très bien être transposés auprès d'élèves d'une autre région).



Cette activité s'est déroulée en six étapes. Premièrement, après une discussion autour des connaissances de départ des élèves à propos du Saint-Laurent, les principales caractéristiques géographiques et physiques de ce fleuve (situation géographique, bathymétrie, salinité, courants, etc.) leur ont été présentées de manière interactive. Pour illustrer concrètement certains de ces aspects (p. ex., le concept de bassin versant et la nécessité de construire des écluses afin que les bateaux puissent circuler), nous avons présélectionné des documents vidéo et des sites Internet que les enseignants ont exploités avec leur classe. Des démonstrations ont également été réalisées. Par exemple, nous avons adapté une démonstration en bassin sur la salinité, sur la masse volumique et sur la circulation océanique conçue par deux chercheurs du réseau Notre Golfe. Les enseignants ont également utilisé un document présentant l'évolution des usages du Saint-Laurent conçu par une didacticienne de l'histoire de l'Université Laval. On y retrouve une carte de la Nouvelle-France dessinée par Samuel de Champlain présentant les espèces de poissons recensées à l'époque. Un autre

exemple de pêche a été présenté par un extrait du film *Le beau plaisir* (Brault, Gosselin et Perrault, 1968) sur la pêche aux marsouins.

Lors de la deuxième étape de l'activité, les élèves ont été engagés dans une recherche documentaire : ils devaient nommer des espèces vivantes dans le Saint-Laurent, tout en les associant à une zone particulière (benthique, pélagique, etc.). Comme l'installation éventuelle d'un port pétrolier à Cacouna en pleine pouponnière de bélugas faisait les manchettes en 2015, les élèves ont eu à faire une recherche sur un aspect particulier de cette espèce. Les équipes ont choisi des sujets comme la télémétrie acoustique, les bateaux et les bélugas, l'alimentation des bélugas et la chasse aux bélugas. Chaque équipe présentait son travail à l'ensemble de la classe.

Nous avons, dans un troisième temps, demandé aux élèves de faire une recherche sur la provenance des produits de consommation courante qu'ils trouvaient chez eux et d'en rendre compte en classe. Nous avons documenté l'intensification du transport maritime sur le Saint-Laurent. Les travaux de Merchant et ses collaborateurs (2014) sur les bruits des navires pour évaluer l'impact du développement côtier sur les mammifères marins nous ont par la suite servi à illustrer une pratique de recherche en classe. Ainsi, les élèves ont pu prendre connaissance du type de recherche scientifique menée par des chercheurs autour de la question du son produit par les navires et de son impact sur les mammifères marins. Les élèves ont été appelés à discuter des enjeux entourant le transport maritime dans le golfe du Saint-Laurent et à établir des liens avec leur consommation de biens matériels. Le document *Navires et baleines de l'Atlantique Nord-Ouest* (ROMM, 2014) ainsi que le projet *Trajectoires pétrolières* (Bourgault et Papillon, 2015) ont été mis à profit. Les enseignants ont finalement mis l'accent sur la question d'une éventuelle



exploitation pétrolière dans le Saint-Laurent en détaillant les nombreux produits et activités dépendant actuellement de cette source d'énergie et en soulignant les conséquences possibles (tant positives que négatives) de cette activité.

Quatrièmement, afin de ne pas reproduire un certain pessimisme (courant chez les jeunes, étant donné les discours catastrophistes servis à répétition) et de répondre aux préoccupations d'élèves du secondaire qui nous avaient exprimé par ailleurs leur malaise par rapport au peu de portée des actions posées pour la protection environnementale, nous avons proposé à ces élèves de 6<sup>e</sup> année des exemples de personnes engagées dans les enjeux environnementaux. Différents portraits d'acteurs ont donc été rédigés sous forme de fiches d'un jeu de rôle à réaliser en classe. Les portraits d'un biologiste membre du réseau Notre Golfe, d'un citoyen très mobilisé et bien documenté sur la filière pétrolière, d'un plongeur en eaux profondes travaillant sur des plateformes pétrolières, d'un naturaliste du comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, de la Société

<sup>8</sup> Du programme du Baccalauréat International (IB), l'équivalent du PEI au secondaire, mais pour le primaire.

de développement économique du Saint-Laurent (SODES) et, enfin, d'une professionnelle de recherche en océanographie physique ont servi d'exemples, pour n'en nommer que quelques-uns.

Lors de la cinquième étape, les élèves étaient donc invités à se documenter sur la position de l'acteur qu'ils avaient à incarner concernant la question de l'exploitation pétrolière et de ses conséquences sur la biodiversité du Saint-Laurent. Il s'agissait pour nous de proposer de véritables exemples inspirants qui illustrent différentes dimensions de la question afin de rapprocher l'école de la « vraie vie » et de conférer plus de sens aux apprentissages. Ces exemples devaient également enrichir

la manière dont les élèves souhaiteraient s'engager ensuite sur cette question, en fin de démarche.

Finalement, lors de la dernière étape, chaque élève devait se prononcer par écrit sur la question de l'exploitation des hydrocarbures en décrivant et en argumentant sa position, puis en expliquant comment il comptait s'engager dans l'avenir. Poursuivre la réflexion, enrichir ses connaissances sur le sujet, avoir des pratiques de consommation plus responsables et sensibiliser les autres à l'école ou en participant à des mouvements citoyens sont au nombre des actions que les élèves ont envisagées. /



Photo : Pressfoto / Freepik

## CONCLUSION

Les résultats préliminaires que nous avons évoqués dans ce chapitre indiquent qu'il existe une certaine cohérence dans les manières de s'engager en sciences à l'école et en environnement dans la société. Ils pointent vers des considérations déjà bien connues dans les travaux qui étudient le rapport au savoir des jeunes, soit des manières différentes de donner un sens aux apprentissages scolaires qui mènent à un engagement plus ou moins marqué, participatif et critique, lorsque les questions environnementales se posent en classe et dans l'espace public.

Le cadre conceptuel présenté dans l'article pourrait conduire à la définition de portraits de jeunes Québécois et Québécoises de la fin du secondaire en croisant l'étude des rapports aux savoirs scientifiques des élèves, à l'école, à l'environnement et à sa préservation. En explorant par écrit et par des entretiens le rapport aux sciences de ces jeunes, mais aussi leur conception de l'école et des questions de préservation et de développement durable du Saint-Laurent, nous pourrions cerner les logiques d'engagement ou de désengagement scolaire et écocitoyen de ces élèves, et en tenir compte pour orienter nos pratiques éducatives et de formation des enseignants. Ce travail de recherche nous permettra ainsi d'avoir une représentation plus précise des connaissances de ces jeunes de 15-16 ans sur le Saint-Laurent et sur les enjeux qui entourent son développement durable dans un contexte d'exploitation gazière et pétrolière. Cela s'avérera pertinent dans le contexte des activités liées aux hydrocarbures dans le golfe et des risques qui s'y rattachent.

Deux autres éléments méritent d'être soulignés en conclusion de ce chapitre. Concernant le rapport au territoire et ses conséquences sur l'engagement écocitoyen des jeunes, il nous est apparu claire-



Photo : M. Bergeron

ment que le rapport au Saint-Laurent et le sens des connaissances s'y rapportant sont particulièrement marqués dans la région du Bas-Saint-Laurent, où le recueil des données a eu lieu. Nous nous proposons donc de vérifier, dans de futures recherches, dans quelle mesure des jeunes de milieu urbain ou défavorisé, bien qu'habitants eux aussi au bord du fleuve, mobiliseraient des connaissances sur le Saint-Laurent en tant qu'apprentissages significatifs pour eux. Il s'agira également de préciser les connaissances qu'ils valoriseraient et pour quelles raisons. Un autre angle d'analyse concerne la dimension identitaire et culturelle de ce rapport à la nature puisqu'on sait par exemple que, pour les communautés autochtones côtières du golfe du Saint-Laurent, sa protection est fortement liée à des dimensions économiques, sociales, environnementales, mais aussi spirituelles.

Enfin, se posent de manière particulièrement prégnante les rapports des jeunes aux savoirs scientifiques et, en filigrane, leur rapport à l'expertise scientifique ou citoyenne lorsque vient le temps de prendre position sur des questions incertaines, risquées et controversées. En étudiant ces rapports aux savoirs scientifiques, nous serons en mesure de mieux comprendre le lien entre l'intérêt pour la connaissance scientifique chez les jeunes et leur pouvoir de négociation dans le contexte du débat public sur l'exploitation des hydrocarbures. /

## BIBLIOGRAPHIE

- Bader, B., Therriault, G., Morin, É. (2017). Engagement écocitoyen, engagement scolaire et rapport aux savoirs : renforcer la confiance des jeunes en leur capacité à changer les choses. Dans Sauvé, L., Orellana, I., Villemagne, C. et Bader, B. (Dir).  ducation, environnement,  cocitoyennet . Repères contemporains (Québec, Québec : Presses de l'Université du Québec).
- Bader, B., Jeziorski, A., Therriault, G. 2015. A concep o das ciências e do agir responsável dos estudantes face  s mudanças clim ticas (Conceptions des sciences et d'un agir responsable des élèves face aux changements climatiques), dans Educa o. Em foco ( ducation. Mise au point), 17(23), 153-179.
- Bader, B., Arseneau, I., Therriault, G. 2013. Conception des sciences d'élèves du 4e secondaire engagés dans une démarche interdisciplinaire d'enseignement des sciences sur les changements climatiques, dans éducation relative à l'environnement. Regards. Recherches. Réflexions, 11, 99-118.
- Bader, B. 2011.  ducation à l'environnement dans une société du risque : la conception des sciences privilégiée de l'éducation au développement durable, dans Bader, B. et Sauvé, L. (Dir).  ducation, environnement et développement durable : vers une écocitoyenneté critique (p. 223-250). Québec : Presses de l'Université Laval.
- Bader, B., Laberge, Y. 2014. Activism in science and environmental education: renewing conceptions about science when considering socioscientific issues, dans Bencze, J-L. et Alsop, S.J. (Eds). Activism Science and Technology Education (p. 419-433). Springer.
- Bader, B., Morin, E., Therriault, G., Arseneau, I. 2014. Rapports aux savoirs scientifiques et engagement  cocitoyen d'élèves de quatrième secondaire face aux changements climatiques, dans Revue francophone du développement durable, 4, 171-190.
- Bader, B., Horman, J., Lapointe, C. 2010. Fostering community and civic engagement in low income multicultural schools, dans Exceptional Education International, 20(2), 25-37.
- Bencze, J-L. et Alsop, S.J. (Eds). 2014. Activism Science and Technology Education (p. 419-433). Springer.
- Bourgault, D., Papillon, M. 2015. Trajectoires pétrolières. Repéré le 17 mars 2016 à <http://danielbourgault.com/portfolio/trajectoires-petrolieres/>
- Brault, M., Gosselin, B., Perrault, P. 1968. Le beau plaisir. Repéré le 17 mars 2016 à [https://www.onf.ca/film/beau\\_plaisir\\_le](https://www.onf.ca/film/beau_plaisir_le)
- Charlot, B., Bauthier,  ., Rochex, Y. 1992.  cole et savoir dans les banlieues et ailleurs. Paris : Armand Collin.
- Connell, S., Fien, J., Lee, J., Sykes, H., Yencken, D. 1999. If It Doesn't Directly Affect You, You Don't Think About It': a qualitative study of young people's environmental attitudes in two Australian cities, dans Environmental Education Research, 5(1), 95-113.
- Corcoran, P. B., Osano, P. M. 2009. Young people, education, and sustainable development. Exploring principles, perspectives, and praxis. Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Fielding, K. S., Head, B. W. 2011. Determinants of young Australians' environmental actions: The role of responsibility attributions, locus of control, knowledge and attitudes, dans Environmental Education Research, 18(2), 171-186.
- Fourez, G. 2001. Fondements  pist mologiques pour l'interdisciplinarité, dans Lenoir, Y., Rey, B. et Fazenda, I. (Dir), Les fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement (p. 67-84). Sherbrooke, Québec :  ditions du CRP.
- Fourez, G. (Dir), Maingain, A., Dufour, B. 2002. Approches didactiques de l'interdisciplinarité. Bruxelles : De Boeck.
- Fourez, G. 2002. La construction des sciences. Les logiques des inventions scientifiques. Bruxelles : De Boeck.
- Freire, P. 2013. Pédagogie de l'autonomie. Toulouse :  r s.
- Giroux, H. 2011. On Critical Pedagogy. New York: The Continuum International Publishing Group.
- Gouvernement du Québec, Ministère du Conseil exécutif. 2015. Stratégie maritime. Repéré le 21 mars 2016 à <https://strategiemaritime.gouv.qc.ca/>
- Latour, B. 2001. Le métier de chercheur. Regard d'un anthropologue. Paris : Institut national de la recherche agronomique.
- Legardez, A., Simmoneaux, L. 2006. L' cole à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions socialement vives. Paris : ESF  diteur.
- Legardez, A., Simonneaux, L. (Dir). 2011. Développement durable et autres questions d'actualité. Questions socialement vives dans l'enseignement et la formation. Dijon : Educagri.
- Martinez, M.-L., Chamboredon, M.-C. 2011. Approche anthropologique de la co-construction d'identités citoyennes : débats réglés sur le développement durable comme question socialement vive, dans la formation d'adultes, dans Simoneaux L. et Legardez A., (Dir), QSV et durabilité.  ditions Educagri.
- Merchant, N.D., Pirotta, E., Barton, T.R., Thompson, P.M. 2016. Soundscape and noise exposure monitoring in a marine protected area using shipping data and time-lapse footage. dans Advance in experimental and medical biology, 875, 705-712.

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MDDELCC). 2015. Stratégie gouvernementale de développement durable 2015-2020, Québec, Gouvernement du Québec. Repéré le 17 février 2017 à [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/strategie\\_gouvernementale/strategie-DD.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/strategie_gouvernementale/strategie-DD.pdf)
- Morin, É., Bader, B., Therriault, G. 2015, juin. Regard sur la forme scolaire, l'engagement écocitoyen et le rapport aux savoirs scientifiques d'élèves de la fin du secondaire au Québec. Communication présentée dans le cadre du 8th World Environmental Education Congress (WEEC) : « Planet and People – How cant hey develop together ? » à Gothenburg, en Suède, du 29 juin au 2 juillet 2015.
- Osborne, J., Simon, S., Collins, S. 2003. Attitudes towards science: A review of the literature and its implications, dans *Attitude Towards Science*, 25(9), 1049-1079.
- Piaget, J., Inhelder, B. 2012. *La psychologie de l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. 2012. *La Psychologie de l'intelligence*. Paris : Armand Colin.
- Réseau d'observation des mammifères marins-ROMM, 2014. *Navires et baleines de l'Atlantique Nord-Ouest. Guide à l'intention de l'industrie maritime*. Rivière-du-Loup, Québec. Fédération maritime du Canada et Université Dalhousie.
- Royer, C., de Grandpré, A. 2015. L'environnement : quelle valeur pour les jeunes Québécois?, dans *Recherches Sociographiques*, 56(2-3), 419-435.
- Sadler, T.D., Barab, S.A., Scott, B. 2007. What do students gain by engaging in socioscientific inquiry?, dans *Research in Science Education*, 37, 371-391.
- Scott, W., Oulton, C. 1999. Environmental Education: Arguing the case for multiple approaches, dans *Educational Studies*, 25(1), 89-97.
- Schlosberg, D., Carruthers, D. 2010. Indigenous struggles, environmental justice, and community capabilities, dans *Global environmental politics*, 10(4), 12-35.
- UNESCO. 2015. *Repenser l'éducation; vers un bien commun mondial?* Paris : Éditions de l'UNESCO (<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247507f.pdf>).
- Wals, A., Jickling, B. 2009. A framework for young people's participation in sustainability, dans Corcoran, P.B. et Osano, P.M. (Eds), *Young people, education, and sustainable development* (p. 77-85). Pays-Bas : Wageningen Academic Publishers.
- Zeyer, A., Kelsey, E. 2013. Environmental Education in a Cultural Context, dans Stevenson, R., Brody, M., Dillon, J. et Wals, A.E.J. (Eds). *International Handbook of Research on Environmental Education* (p. 206-212). New York : Routledge.



# CONCLUSION

## À la lumière de cet ouvrage

---

Les enjeux et les questionnements que soulève le débat public sur les hydrocarbures sont portés par différents groupes et organisations, qui demandent une réelle réflexion sur l'avenir de l'exploration et de l'exploitation des hydrocarbures, des précisions et une plus grande transparence. Audet et ses collaborateurs (chapitre 6) indiquent que, généralement, la polarisation des discours dans le cadre de discussions publiques ne permet pas de réflexion posée ni effective sur le sujet. Dans leur analyse des débats, Bourgault et ses collaborateurs (chapitre 9) soulignent l'importance des données et des informations utilisées dans les argumentations, de leur accès ainsi que de leur caractère scientifique et vérifiable. Dans cette perspective, la réflexion scientifique décloisonnée proposée dans cet ouvrage permet ainsi d'établir un nouvel espace de dialogue sur le sujet. Elle ouvre aussi la voie à une meilleure connaissance du Saint-Laurent et des enjeux de sa gestion par la population. Dans ce sens, Bader et ses collaboratrices (chapitre 10) préconisent une formation éclairée des générations futures à l'environnement et au développement durable du Saint-Laurent.

Parmi les questions à poser pour susciter la réflexion, Bourgault et ses collaborateurs (chapitre 2) mettent en lumière une large part de méconnaissance en ce qui concerne la dynamique des polluants ainsi que les incertitudes entourant la libération d'hydrocarbures sous la surface des eaux du golfe du Saint-Laurent. Un autre point de questionnement important porte sur la circulation profonde du golfe, qui, sous environ 30 m de profondeur, remonte vers l'amont. Ce phénomène pose la question de possibles déversements profonds, qu'ils soient chroniques ou aigus, et de leur impact sur la qualité de l'eau et sur l'écosystème qui se trouve en amont dans l'estuaire du Saint-Laurent, particulièrement à la tête du chenal Laurentien. Par ailleurs, Schloss et ses collaborateurs (chapitre 4) montrent que, dans l'éventualité d'un déversement, les zones susceptibles de recevoir des contaminants flottants en provenance d'*Old Harry* seraient l'estuaire du Saint-Laurent, le fjord du Saguenay, les Îles-de-la-Madeleine et la côte ouest de Terre-Neuve. Dans un scénario de déversement pétrolier dans le golfe (côtier ou extracôtier), il est intéressant de savoir qu'il existe différentes technologies desti-

Photo :  
C. Petelin

---

nées à nettoyer les zones touchées. Toutefois, Bourgault et ses collaborateurs (chapitre 2) précisent que le comportement des hydrocarbures et leur biodégradation changent dans le temps et dépendent des conditions environnementales et météorologiques, plus difficiles dans des conditions hivernales avec la présence de glace. Cusson et ses collaborateurs (chapitre 3) notent que, s'il existe des techniques de nettoyage, elles ne sont pas sans conséquences néfastes sur les organismes marins à long terme.

Parmi les connaissances établies sur les impacts sanitaires et sociaux de l'exploitation des hydrocarbures sur les populations côtières, Lessard et ses collaborateurs (chapitre 5) montrent que, lors des déversements, les impacts se produisent en cascade. Les impacts se font sentir en premier sur l'environnement biophysique et sur la santé physique des populations. Ensuite, on voit apparaître des impacts sociaux (fragmentation de la cohésion sociale, conflits sociaux, perte du réseau de reconnaissance et d'entraide) qui peuvent conduire, à plus long terme, à des effets sur la santé mentale des individus. Dans le cadre de décisions sur l'exploitation des hydrocarbures, un tel constat doit ainsi motiver l'élaboration de recommandations sur le bien-être et sur la santé des populations côtières.

Sur le plan du droit, Tremblay et Kolli (chapitre 7) soulignent que l'état de fragmentation juridique au regard des questions soulevées rend nécessaire la prise

de mesures internes à l'échelle provinciale, mais aussi interprovinciale et fédérale, visant à remédier aux carences et aux incertitudes du cadre normatif et juridique. Pour diminuer l'opacité autour de ce dossier et pour assurer une plus grande transparence, il faudrait déjà mieux comprendre les liens entre les différents régimes juridiques en place et les ressources. Et sur le plan de l'encadrement réglementaire des plateformes d'exploitation pétrolière, Dumont et ses collaboratrices (chapitre 8) soulignent la spécificité du golfe du Saint-Laurent, lequel nécessite un modèle de gestion conjoint des hydrocarbures extracôtiers supervisé par des mécanismes d'harmonisation des pratiques provinciales-fédérale. Dans cette perspective, ils préconisent une étude approfondie des aspects de normalisation en relevant les meilleures pratiques afin d'élaborer les normes techniques spécifiques de sécurité à appliquer en cas d'exploitation pétrolière dans le golfe du Saint-Laurent.

Enfin, en resituant l'exploitation des hydrocarbures dans le contexte global de la crise climatique, Weissenberger et Waaub (chapitre 1) concluent que les données scientifiques et techniques actuelles ne permettent pas de déterminer la quantité de gaz à effet de serre totale qui serait relâchée dans l'atmosphère lors d'une éventuelle exploitation des hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent. Les choix que le gouvernement du Québec privilégiera dans le secteur de l'énergie seront donc déterminants. /



## Mot de la fin

Cette première réalisation collective est le fruit d'un travail dédié et assidu des membres du réseau Notre Golfe, qui, dans une démarche collégiale, ont tenté de faire tomber les barrières disciplinaires et sectorielles pour répondre aux questions représentant certaines des préoccupations citoyennes. C'est pourquoi les études réalisées sont accessibles au grand public et produites dans un souci de qualité scientifique élevée.

Si les différents chapitres illustrent la diversité des enjeux, ils n'embrassent pas pour autant toutes les dimensions concernées. D'autres aspects requièrent une même approche décloisonnée et réflexive, avec une bonne dose d'innovation. À commencer par le mode de gouvernance et la prise en compte de tous les acteurs concernés. Un autre exemple est celui de la vaste question de l'économie en relation avec la filière des hydrocarbures, qui implique notamment différentes définitions et représentations de notre relation à l'environnement ainsi que des considérations d'ordres juridique, politique, gestionnel, évaluatif et organisationnel. Une perspective critique et innovante de cette question nécessiterait de se pencher sur les enjeux exposés dans cet ouvrage.

Enfin, ces travaux s'inscrivent résolument dans la durée. Ils posent un premier jalon de la réflexion scientifique et concertée en éclairant l'état des connaissances et en ouvrant le champ d'investigation à baliser. Dans cette optique, l'ouvrage s'adresse aussi aux générations futures. Nous reconnaissons la responsabilité des chercheurs au regard des questions aussi cruciales que celles de savoir comment nous allons vivre, nous déplacer, nous alimenter, nous chauffer et travailler.

Dans ce contexte, poursuivons la démarche et veillons à ce que la formulation des enjeux, la recherche et la communication des informations disponibles soient éclairées et prennent en compte non seulement les considérations propres à la filière des hydrocarbures, mais aussi et avant tout celles des populations présentes et futures vivant sur les rives du Saint-Laurent. /

