

LES SCIENCES DE LA MER AU CANADA : RELEVER LE DÉFI, SAISIR L'OPPORTUNITÉ

Résumé



Council of Canadian Academies
Conseil des académies canadiennes

La savoir au service du public

**LES SCIENCES DE LA MER AU CANADA : RELEVER LE DÉFI,
SAISIR L'OPPORTUNITÉ**

Le comité d'experts sur les sciences de la mer au Canada

LE CONSEIL DES ACADÉMIES CANADIENNES

180, rue Elgin, bureau 1401, Ottawa (Ontario) Canada K2P 2K3

AVIS : Le projet sur lequel porte ce rapport a été entrepris avec l'approbation du conseil des gouverneurs du Conseil des académies canadiennes (CAC). Les membres du conseil des gouverneurs sont issus de la Société royale du Canada (SRC), de l'Académie canadienne du génie (ACG) et de l'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS), ainsi que du grand public. Les membres du comité d'experts responsable du rapport ont été choisis par le CAC en raison de leurs compétences spécifiques et en vue d'obtenir un éventail équilibré de points de vue.

Ce rapport a été préparé pour le Consortium canadien des universités de la recherche océanographique (CCURO). Les opinions, constatations et conclusions présentées dans cette publication sont celles des auteurs, à savoir les membres du comité d'experts sur les sciences de la mer au Canada, et ne reflètent pas nécessairement les points de vue des organisations où ils travaillent ou auxquelles ils sont affiliés.

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Les sciences de la mer au Canada : relever le défi, saisir l'opportunité / Le Comité d'experts sur les sciences de la mer.

Publié aussi en anglais sous le titre: Ocean science in Canada.

Comprend des références bibliographiques et un index.

Publié en formats imprimé(s) et électronique(s).

ISBN 978-1-926558-68-4 (relié). – ISBN 978-1-926558-69-1 (pdf)

I. Sciences de la mer – Recherche – Canada. I. Conseil des académies canadiennes.

Comité d'experts sur les sciences de la mer, auteur

GC59.15.O3414 2013

551.46072'071

C2013-905598-3

C2013-905599-1

Avis de non-responsabilité : Au meilleur de la connaissance du CAC, les données et les informations tirées d'Internet qui figurent dans le présent rapport étaient exactes à la date de publication du rapport. En raison de la nature dynamique d'Internet, des ressources gratuites et accessibles au public peuvent subséquemment faire l'objet de restrictions ou de frais d'accès, et l'emplacement des éléments d'information peut changer lorsque les menus et les pages Web sont modifiés.

© 2013 Conseil des académies canadiennes

Imprimé à Ottawa, Canada



Le Conseil des académies canadiennes

Le savoir au service du public

Le Conseil des académies canadiennes (CAC) est un organisme indépendant à but non lucratif qui soutient des évaluations scientifiques indépendantes, effectuées par des experts, visant à éclairer l'élaboration de politiques publiques au Canada. Dirigé par un conseil de 12 gouverneurs et conseillé par un comité consultatif scientifique de 16 membres, le CAC a pour champ d'action la « science » au sens large, ce qui englobe les sciences naturelles, les sciences sociales, les sciences de la santé, ainsi que le génie et les sciences humaines.

Les évaluations du CAC sont effectuées par des comités pluridisciplinaires indépendants d'experts provenant du Canada et de l'étranger. Ces évaluations visent à cerner des problèmes émergents, des lacunes dans les connaissances, les atouts du Canada, ainsi que les tendances et les pratiques internationales. Ces études fournissent aux décideurs gouvernementaux, aux universitaires et aux parties prenantes les renseignements de haut calibre dont ils ont besoin pour élaborer des politiques publiques éclairées et novatrices.

Toutes les évaluations du CAC sont soumises à un examen formel. Elles sont publiées en français et en anglais et mises à la disposition du public sans frais. Des fondations, des organisations non gouvernementales, le secteur privé et tout palier de gouvernement peuvent soumettre au CAC des questions susceptibles de faire l'objet d'une évaluation.

Le CAC bénéficie aussi du soutien de ses trois académies membres fondatrices :

La Société royale du Canada (SRC) est le principal organisme national regroupant d'éminents scientifiques, chercheurs et artistes au Canada. La SRC a pour objectif premier de promouvoir l'acquisition du savoir et la recherche en arts et en sciences. Elle compte près de 2000 membres, des hommes et des femmes choisis par leurs pairs pour leurs réalisations exceptionnelles en sciences naturelles, en sciences humaines et en arts. La SRC s'attache à reconnaître l'excellence, à conseiller les gouvernements et les organisations et à promouvoir la culture canadienne.

L'Académie canadienne du génie (ACG) est l'organisme national par l'entremise duquel les ingénieurs les plus accomplis et chevronnés du Canada offrent des conseils stratégiques sur les enjeux de première importance pour le Canada. L'ACG, un organisme indépendant, autonome et à but non lucratif, a été fondé en 1987. Ses membres sont nommés et élus par leurs pairs, en reconnaissance de leurs réalisations exceptionnelles et de leurs longs états de service au sein de

la profession d'ingénieur. Les membres de l'ACG, qui sont approximativement au nombre de 600, s'engagent à faire en sorte que l'expertise canadienne en génie soit appliquée pour le plus grand bien de tous les Canadiens.

L'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS) reconnaît des personnes qui ont à leur actif de grandes réalisations dans le domaine des sciences de la santé en milieu universitaire au Canada. Fondée en 2004, l'ACSS compte environ 400 membres et elle nomme de nouveaux membres à chaque année. L'organisme est géré par un conseil de direction bénévole et un comité exécutif. La principale fonction de l'ACSS est de fournir des évaluations pertinentes, éclairées et impartiales sur des questions urgentes qui touchent la santé des Canadiens et des Canadiennes. De plus, l'ACSS surveille l'évolution des événements touchant à la santé mondiale afin de renforcer la capacité d'intervention du Canada pour l'avenir, et elle sert de porte-parole au Canada dans le domaine des sciences de la santé sur la scène internationale. Enfin, l'ACSS offre une voix collective et multidisciplinaire faisant autorité au nom de la collectivité des sciences de la santé.

www.sciencepourlepublic.ca

[@scienceadvice](https://twitter.com/scienceadvice)

Le comité d'experts sur les sciences de la mer au Canada

David Strangway, O.C., MSRC (président), ancien président-directeur général, Fondation canadienne pour l'innovation; ancien président et vice-recteur, Université de la Colombie-Britannique; ancien chef du département de géophysique, NASA; chancelier fondateur, Université Quest (Kelowna, C.-B.)

Louis Fortier, O.C., O.Q., professeur, Département de biologie, Université Laval (Québec, Qc)

Jim Hanlon, directeur général, Halifax Marine Research Institute (HMRI) (Halifax, N.-É.)

Peter Herzig, directeur administratif, GEOMAR – Centre Helmholtz pour la recherche océanographique (Kiel, Allemagne)

Barbara Neis, professeure, Département de sociologie, Université Memorial; codirectrice, SafetyNet Centre for Occupational Health and Safety Research (St. John's, T.-N.-L.)

R. Ian Perry, chercheur scientifique, Pêches et Océans Canada (Nanaimo, C.-B.); professeur agrégé, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

Martin Taylor, professeur de géographie, Université de Victoria; ancien président-directeur général d'Ocean Networks Canada (Victoria, C.-B.)

Wendy Watson-Wright, secrétaire administrative et directrice-générale adjointe, Commission océanographique intergouvernementale (COI), UNESCO (Paris, France)

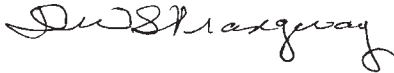
Message du président

Les sciences de la mer sont au cœur de notre compréhension des liens complexes par lesquels l'océan influe sur la vie des Canadiens et les Canadiens influent sur l'océan. Elles sont à la base de l'élaboration de modes durables d'utilisation des ressources (biologiques, minérales et énergétiques) de l'océan au bénéfice de la société tout en assumant le rôle de gardien responsable de l'océan planétaire. Les sciences de la mer sont uniques parce qu'elles puisent à de nombreuses sources d'excellence. Ce domaine de recherche ne connaît pas de frontières disciplinaires ou géographiques. Les sciences de la mer allient les connaissances produites par des scientifiques de nombreuses disciplines aux quatre coins du monde et elles bénéficient des efforts de gens de tous les secteurs de la société. Elles tirent parti des universités et du rôle qu'elles jouent dans l'enseignement et la recherche, ainsi que de la coordination de la recherche et de l'élaboration des politiques assurées par les gouvernements (fédéral, provinciaux et municipaux). Les sciences de la mer font aussi appel à l'expertise du secteur privé pour favoriser une mise en valeur responsable des ressources océaniques, souvent en collaboration avec des innovateurs des secteurs public et privé, pour mettre au point des technologies et des outils indispensables qui ouvriront la voie à de nouvelles façons de faire de la recherche. Enfin, les sciences de la mer s'appuient sur l'expérience et les connaissances des collectivités de toute taille jalonnant les trois côtes du Canada, ainsi que de nombreux autres citoyens intéressés ailleurs au pays.

Le comité d'experts sur les sciences de la mer au Canada a reçu le mandat d'évaluer quelles capacités sont requises pour répondre à une série de questions de recherche fondamentales énoncées par un groupe cadre sur les sciences de la mer canadiennes et quelles capacités parmi celles-ci sont actuellement disponibles au pays. Mais avant tout, ces questions nous incitent à élargir notre vision des sciences de la mer. La compréhension de l'océan, de ses côtes et du plateau continental est une entreprise tridimensionnelle qui exige des méthodes d'étude de plus en plus poussées et un niveau de détail croissant au chapitre de la surveillance et de l'observation. Pour que les sociétés puissent maintenir des systèmes océaniques sains et capables de leur procurer des avantages aujourd'hui et demain, nous devons aussi comprendre comment les systèmes socioécologiques marins changent avec le temps — ce qui ajoute une quatrième dimension à ce défi. La communauté mondiale à laquelle appartiennent les océanologues canadiens s'efforce constamment de repousser les frontières de la recherche afin d'élaborer les méthodes, les outils et les approches nécessaires pour relever les défis complexes inhérents à ces questions de recherche et pour saisir les occasions qu'engendre une meilleure compréhension du rôle du Canada en tant que nation océanique.

J'aimerais remercier mes collègues membres du comité d'experts pour leur engagement et leur esprit exceptionnel qui ont contribué à faire de ce processus une expérience des plus agréables. Le comité d'experts est par ailleurs hautement redevable envers les nombreuses personnes et organisations qui lui ont facilité l'accès à une grande partie des données probantes examinées dans ce rapport. Enfin, le comité d'experts et moi-même tenons à exprimer nos remerciements sincères aux membres du personnel du CAC pour leur excellent soutien dans la collecte de données à de nombreuses sources et leur synthèse, de même que pour leur aide au moment d'amalgamer les diverses idées exprimées par le comité d'experts en un rapport de haute qualité.

Président du comité d'experts sur les sciences de la mer au Canada

A handwritten signature in black ink, reading "David Strangway". The signature is fluid and cursive, with the first letters of the first and last names being capitalized and prominent.

David Strangway, O.C., MSRC

Remerciements

Au cours de ses délibérations, le comité d'experts a sollicité le concours de nombreuses personnes et organisations qui lui ont fourni des données et des informations précieuses aux fins de son examen. Des remerciements particuliers s'adressent au personnel du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), du Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH), aux Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC), à la Fondation canadienne pour les sciences du climat et de l'atmosphère (devenue le Forum canadien du climat) et à Génome Canada pour leur aide dans la compilation des données sur le financement de la recherche.

En outre, le comité d'experts a largement profité de la contribution des personnes suivantes : Doris Fortin et Dave Hazen, de Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC); Frank Welsh, de l'Agence de la santé publique du Canada (ASPC); Lisa Willner et Glen Condran, de Pêches et Océans Canada (MPO); Fred Cotaras, d'Ultra Electronics; Jim MacFarlane et Jim Ferguson, d'International Submarine Engineering; Bob Wilson, du Comité national canadien du Comité scientifique pour les recherches océaniques (CNC-SCOR); Paul Snelgrove, de l'Université Memorial; Paul Yeatman, de Geospectrum Technologies; Sara Iverson et Lucia Fanning, de l'Université Dalhousie; Scott McLean, d'Ocean Networks Canada (ONC); Tony Davis, de l'Université Mount Saint Vincent; Dan Lane et Mark Hannington, de l'Université d'Ottawa; Anne Rodger, du Nova Scotia Community College; Roy Hyndman, de la Commission géologique du Canada; Neil Gall, du gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador; Steve Scott, de l'Université de Toronto; Michael Enachescu, de MGM Energy; Stan Sutcliffe, de Suncor Energy; David Grant, Witty Murray et Greg Crawford, de l'Université de l'Île de Vancouver; Curtis Suttle, de l'Université de la Colombie-Britannique; Karen Kohfeld, de l'Université Simon Fraser; Renée Elio, de l'Université de l'Alberta; Dave Barber, de l'Université du Manitoba; Jaime Palter et Rose Goldstein, de l'Université McGill; Serge Demers, de l'Université du Québec à Rimouski; Ulrich Wortmann, de l'Université de Toronto; Adi Kellerman, du Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM); Bob Gagosian, du Consortium for Ocean Leadership; Ed Urban, du Comité scientifique pour les recherches océaniques (CSRO); Nancy Davis, de la Commission des poissons anadromes du Pacifique-Nord (CPAPN); et Tokio Wada, de l'Agence de recherches sur les pêches du Japon.

Personnel responsable du projet au Conseil des académies canadiennes

Équipe de l'évaluation : Stefan Juncurt, directeur intérimaire
de programmes
Jonathan Whiteley, chercheur
Weronika Zych, coordonnatrice
de programmes
Emily Maddocks, associée de recherche
CarolAnne Black, stagiaire

Avec la participation de : Clare Walker, révision du texte anglais
Eve Rickert, révision du texte anglais,
Talk Science to Me
CIGC inc., services de traduction
de l'anglais au français
Accurate Design & Communications,
conception graphique

Examen du rapport

Ce rapport a été examiné, à l'état d'ébauche, par les personnes mentionnées ci-dessous. Celles-ci ont été choisies par le Conseil des académies canadiennes en raison de la diversité de leurs points de vue, de leurs domaines de spécialisation et de leurs origines, dans les secteurs des établissements universitaires, de l'entreprise privée, des politiques et des organisations non gouvernementales.

Ces examinateurs ont évalué l'objectivité et la qualité du rapport. Leurs avis — qui demeureront confidentiels — ont été pleinement pris en considération par le comité d'experts, et un grand nombre de leurs suggestions ont été incorporées dans le rapport. Nous n'avons pas demandé à ces personnes d'approuver les conclusions du rapport, et elles n'ont pas vu la version définitive du rapport avant sa publication. Le comité d'experts sur les sciences de la mer au Canada et le Conseil des académies canadiennes assument l'entière responsabilité du contenu définitif de ce rapport.

Le CAC tient à remercier les personnes suivantes d'avoir bien voulu examiner le rapport :

Tim Cowles, vice-président et administrateur, Ocean Observing Activities, Consortium for Ocean Leadership (Washington, DC)

Ken Croasdale, MACG, président, K.R. Croasdale & Associates Ltd. (Calgary, Alb.)

John Cullen, MSRC, Département d'océanographie, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

Anthony Edward Hill, directeur général, National Oceanography Centre (Southampton, Royaume-Uni)

Leslie O'Reilly, directeur exécutif, OceansAdvance Inc. (St. John's, T.-N.-L.)

Rosemary Ommer, professeure auxiliaire, Université de Victoria (à la retraite) (Salt Spring Island, C.-B.)

Lori Ridgeway, conseillère principale du sous-ministre délégué, ministère des Pêches et Océans (à la retraite) (Ottawa, Ont.)

Paul Snelgrove, professeur et titulaire d'une chaire de recherche du Canada, Université Memorial de Terre-Neuve (St. John's, T.-N.-L.)

Rashid Sumaila, professeur et directeur, Fisheries Centre, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

Verena Tunnicliffe, MSRC, professeure et titulaire de la chaire de recherche du Canada en biologie et en sciences de la terre et de la mer, Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

La procédure d'examen du rapport a été supervisée, au nom du conseil des gouverneurs et du comité consultatif scientifique du CAC, par **M. Joseph D. Wright, MACG**, ancien président-directeur général, Paprican. Son rôle était de veiller à ce que le comité d'experts prenne en considération de façon entière et équitable les avis des examinateurs. Le conseil des gouverneurs du CAC n'autorise la publication du rapport d'un comité d'experts qu'une fois que la personne chargée de superviser l'examen du rapport confirme que le rapport satisfait bien aux exigences du CAC. Le CAC remercie M. Wright d'avoir supervisé consciencieusement l'examen du rapport.

La présidente-directrice générale du Conseil des académies canadiennes,



Elizabeth Dowdeswell, O.C.

Sommaire

Le Canada est façonné par l'océan. Trois bassins océaniques et le plus long littoral du monde tracent les frontières du Canada, influent sur le climat, regorgent de ressources précieuses et d'autres richesses et relient le Canada à ses voisins — rapprochés et éloignés — par le biais du commerce, du transport et des courants océaniques. Les systèmes océaniques procurent une foule de biens et de services aux Canadiens : des aliments provenant du poisson et d'autres organismes marins, de l'énergie tirée des gisements extracôtiers de pétrole et de gaz et de sources renouvelables, des minéraux sous-marins, la biodiversité, des routes de transport, un potentiel récréatif et l'emploi connexe.

Le système océanique complexe est soumis à un stress en raison des changements sans précédents qui se produisent à l'échelle planétaire, notamment le changement climatique, l'acidification de l'océan et la pression de plus en plus grande qu'exerce sur les ressources océaniques une population mondiale croissante et plus affluente. L'exposition importante du Canada à l'océan et à l'Arctique en mutation rapide engendre des possibilités presque illimitées pour la recherche fondamentale afin d'améliorer la compréhension des processus océaniques et pour la recherche appliquée sur le développement et la gestion durables de l'océan et des régions côtières au bénéfice de la société canadienne. Mais cela impose aussi au Canada le devoir d'agir en gardien de l'océan mondial.

Les sciences de la mer fournissent le fondement nécessaire à la compréhension des diverses façons dont l'océan influence la vie sur terre et des interactions entre les sociétés humaines et l'océan. L'ampleur de ces problématiques de recherche par rapport à la population restreinte du Canada soulève un défi primordial pour la société canadienne : comment s'assurer que les capacités en sciences de la mer sont à la fois étendues et adaptatives (tirant parti des enseignements et de l'apport de disciplines, de secteurs et de groupes multiples), conçues de façon appropriée et déployées efficacement. Telles qu'interprétées dans ce rapport, les sciences de la mer englobent toutes les disciplines de recherche qui s'intéressent à l'étude de l'océan et du littoral et de leur rapport avec les sociétés : les sciences naturelles, les sciences sociales et les sciences de la santé, ainsi que le génie, les sciences humaines et la recherche multidisciplinaire. Les sciences de la mer visent à comprendre des systèmes socioécologiques complexes qui interviennent à de multiples échelles, ce qui requiert un modèle de recherche multidisciplinaire fondé sur la collaboration.

Reconnaissant l'importance des sciences de la mer, le Consortium canadien des universités de la recherche océanographique (CCURO, pour Canadian Consortium of Ocean Research Universities) a demandé au Conseil des académies

canadiennes (CAC) de réaliser une évaluation sur l'état des sciences de la mer au Canada. Le CAC s'est attaqué à cette tâche en deux étapes. Premièrement, le CAC a demandé à un groupe cadre formé de spécialistes des sciences de la mer du Canada et de l'étranger d'élaborer un ensemble de questions de recherche prioritaires, lesquelles ont été publiées dans un document intitulé *Les 40 questions prioritaires pour la recherche canadienne en sciences de la mer*. Deuxièmement, le CCURO a demandé au CAC de convoquer un comité d'experts canadiens et étrangers en sciences de la mer pour exécuter le mandat suivant, en prenant pour guide les 40 questions de recherche :

Quel sont les besoins et capacités du Canada en matière de recherche en sciences de la mer s'il veut répondre aux principales questions et problématiques touchant ses océans et ses côtes et consolider son rôle de chef de file de la collaboration internationale en sciences de la mer?

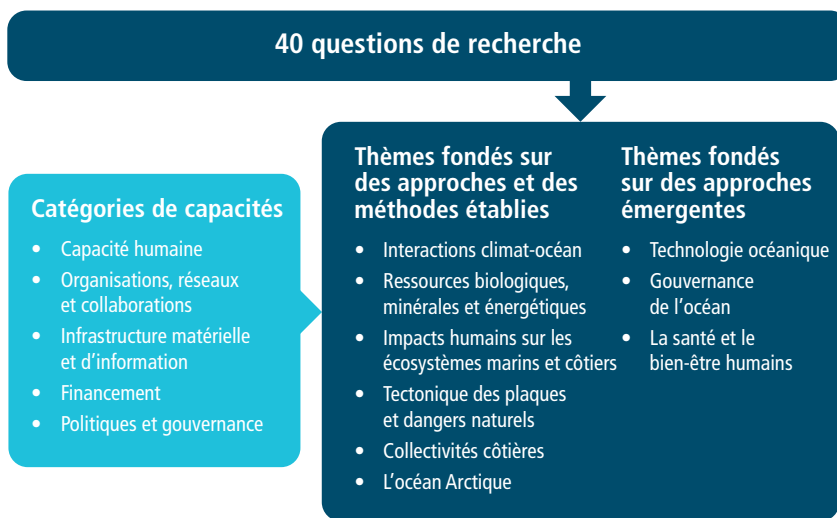


Figure 1

Cadre conceptuel pour répondre au mandat

Le comité d'experts a défini cinq catégories en vue de déterminer les capacités requises pour répondre aux 40 questions de recherche énoncées durant la phase 1 de l'évaluation et estimer la capacité de recherche actuelle au Canada. Pour faciliter l'analyse, le comité d'experts a regroupé les questions de recherche sous neuf thèmes : six thèmes regroupent les questions fondées sur des méthodes et des approches établies en sciences de la mer; les questions de recherche regroupées sous les trois autres thèmes sont davantage tournées vers l'avenir, abordant des besoins de recherche futurs incertains et des changements de paradigme attendus.

Afin de déterminer les capacités requises pour répondre aux 40 questions de recherche et évaluer les capacités actuelles du Canada (les « besoins et capacités » du mandat), le comité d'experts a examiné les données probantes pertinentes aux cinq catégories de capacités et regroupé les questions sous neuf thèmes (figure 1). Certaines questions de portée générale ont été associées à plus d'un thème. Le comité d'experts a employé une analyse bibliométrique des articles parus dans des revues évaluées par les pairs pour estimer la performance actuelle du Canada dans la recherche en sciences de la mer, laquelle a été complétée par un examen et une analyse d'autres renseignements disponibles sur la capacité, comme des données sur le financement et le personnel hautement qualifié et des publications et rapports scientifiques, afin d'articuler des possibilités et des défis sous chacun des thèmes.

LA SITUATION DES SCIENCES DE LA MER AU CANADA

Les sciences de la mer au Canada sont structurées en un réseau de grappes régionales qui regroupent diverses organisations ayant des capacités et des intérêts différents en matière de recherche. Alors qu'une bonne partie de la capacité de recherche sur l'Arctique est regroupée le long du fleuve Saint-Laurent, les principaux centres de recherche sur le pétrole et le gaz extracôtiers sont concentrés sur la côte Est et un observatoire câblé du plancher océanique parmi les meilleurs au monde est situé au large de la côte Ouest. Cette structure permet d'éviter certains des risques inhérents à un établissement de recherche océanographique central, qui pourrait se traduire par une forte concentration géographique de la capacité. Cependant, le réseau de grappes dispersées du Canada peut se révéler problématique pour certaines formes de collaboration, l'alignement des stratégies de recherche, et la coordination et l'utilisation des grands investissements en infrastructure.

Les analyses bibliométriques font ressortir l'importance historique des organisations du gouvernement fédéral au sein de ce réseau, en particulier Pêches et Océans Canada (MPO), Ressources naturelles Canada, Environnement Canada et le Conseil national de recherches du Canada. Ces organisations décentralisées, qui ont des mandats nationaux, représentent des pôles vitaux pour la collaboration et l'accès à l'expertise et aux infrastructures essentielles, telles que les navires, les laboratoires spécialisés, les bases de données et l'infrastructure de traitement des données et de communication. Les universités sont aussi des pivots importants qui collaborent avec les ministères et, de plus en plus, les unes avec les autres au sein de réseaux de recherche. Les activités des ministères, des universités et des autres acteurs varient selon les thèmes de recherche. Le secteur privé dispose d'une capacité de recherche importante dans des domaines tels que la mise en valeur des ressources pétrolières et gazières au large des côtes, l'extraction minière en eaux profondes et la technologie océanique. Ainsi, non seulement les capacités en sciences de la mer au Canada sont-elles dispersées géographiquement, mais elles

sont réparties entre une variété d'organisations ayant des priorités et des mandats différents. Cela ajoute une autre dimension au défi que pose la coordination des activités et des ressources limitées en sciences de la mer à travers le pays.

L'ÉTAT ET LA CAPACITÉ DES SCIENCES DE LA MER AU CANADA

Le comité d'experts a constaté que les données et les informations requises pour évaluer les capacités en sciences de la mer se trouvent actuellement entre les mains d'un grand nombre d'établissements et ont été colligées dans des formats non comparables et souvent incomplets ou non accessibles au public. La nature multidisciplinaire des sciences de la mer signifie aussi qu'il est difficile de les isoler dans les ensembles de données existants. Le comité d'experts a identifié un certain nombre de domaines où l'information était limitée ou structurée d'une manière qui en réduisait l'utilité aux fins de l'évaluation, par exemple le nombre de chercheurs actifs en sciences de la mer, la capacité au sein des universités, les activités de recherche dans le secteur privé, les dépenses consacrées aux sciences de la mer par les divers ministères, les parcs de gros instruments et la collaboration internationale. En se basant sur les meilleurs renseignements disponibles, le comité d'experts a esquissé un aperçu de la capacité des sciences de la mer au Canada et a formulé les observations clés suivantes :

- **L'état de la capacité humaine en sciences de la mer ne peut être déterminé en raison des limites des données.** Malgré l'augmentation continue du nombre d'étudiants au premier cycle et aux cycles supérieurs dans plusieurs disciplines liées aux sciences de la mer au Canada entre 2001 et 2009, il est difficile de dire si les tendances générales de la capacité humaine sont globalement positives, ou si les compétences requises pour répondre aux 40 questions de recherche sont disponibles. En raison de leur nature interdisciplinaire, les sciences de la mer font intervenir du personnel hautement qualifié provenant de nombreux programmes et départements, ce qui signifie que la capacité humaine constitue l'une des catégories les plus difficiles à évaluer. Cela suscite une préoccupation particulière du fait que la capacité humaine déterminera l'utilisation et la productivité de tous les autres volets de la capacité des sciences de la mer.
- **Le Canada dispose d'une flotte de navires de recherche importante mais vieillissante.** La Garde côtière canadienne opère la flotte de navires de recherche du Canada qui comprend plusieurs grands navires océanographiques et un brise-glace réservé à la recherche qui permet d'avoir accès à l'Arctique. La moitié de ces navires ont été construits il y a plus de 25 ans, et les plus âgés sont davantage sujets à des pannes, à des coûts plus élevés et à des pertes de temps-navire opérationnel pour des raisons d'entretien. En outre, le comité d'experts a observé que d'autres pays avaient mis en place des systèmes plus transparents de répartition du temps-navire qui favorisent une utilisation plus efficiente du temps-navire et fournissent des données servant à la planification des investissements en infrastructure. Le renouvellement en cours de la flotte

de recherche canadienne fournit l'occasion non seulement de moderniser une infrastructure vieillissante, mais aussi d'assurer une meilleure correspondance entre les spécifications des navires et les besoins de la science.

- **Le Canada possède plusieurs systèmes d'observation et de surveillance océaniques de calibre mondial; cependant, l'extension de la couverture géographique et l'intégration de la gestion des données posent des défis.** Le Canada a récemment investi dans des plateformes d'observation novatrices comme l'observatoire câblé NEPTUNE et l'Ocean Tracking Network, qui exploitent des forces historiques dans le développement des technologies de détection et d'observation à distance. Alors que ces systèmes sont à la fine pointe du progrès et attireront des océanologues réputés de partout dans le monde, des problèmes subsistent au niveau de la couverture géographique des activités d'observation et de surveillance, en particulier dans l'Arctique. D'autres défis continuent de se poser en ce qui a trait à l'intégration et à l'accessibilité des données par le biais de portails de données modernes. Il est notamment important de résoudre ces difficultés aux fins de la recherche sur les changements à l'échelle planétaire, notamment le changement climatique.
- **Même si le financement alloué aux sciences de la mer dans les universités canadiennes va en augmentant, les tendances du financement total demeurent imprécises en raison d'une insuffisance de données.** Les dépenses totales des organismes de financement au Canada ont augmenté entre 2002 et 2011, mais le financement direct de projets de recherche individuels a diminué depuis 2008. Davantage de fonds sont consacrés aux grands réseaux de recherche et aux investissements dans des projets d'infrastructure majeurs, mais les changements apportés aux politiques et aux programmes des organismes de financement requièrent une coordination plus étroite parmi les chercheurs et un meilleur alignement des multiples sources de financement. Les dépenses du MPO pour des activités scientifiques ont atteint un sommet entre 2006 et 2008, suivi d'un repli jusqu'à leur niveau de 2002. Dans l'ensemble, les données sur les dépenses des organisations gouvernementales et du secteur privé en sciences de la mer étaient insuffisantes pour estimer les tendances nationales du financement des sciences de la mer.
- **Le Canada se classe dans le groupe de tête des pays pour la production et l'impact des études publiées en sciences de la mer, mais sa position est vulnérable.** Le comité d'experts a utilisé une analyse bibliométrique comme indicateur approximatif pour faire une comparaison internationale de la performance du Canada en sciences de la mer. Cette analyse révèle que le Canada arrive au 7^e rang pour le nombre d'études évaluées par les pairs et au 11^e rang pour l'impact scientifique, mesuré par la moyenne des citations relatives. Au Canada, les sciences de la mer croissent plus lentement que les autres domaines scientifiques. Le Canada enregistre aussi le plus faible indice de croissance parmi les 25 premiers pays en sciences de la mer. Cela signifie

que les sciences de la mer perdent plus rapidement du terrain que les autres domaines scientifiques au Canada sur les autres pays, ce qui entraînera à long terme un recul de la position du Canada au chapitre de la production et de l'impact de la recherche.

RÉPONDRE AUX GRANDES QUESTIONS DE RECHERCHE : POSSIBILITÉS ET DÉFIS

Le comité d'experts a évalué les capacités requises pour répondre aux questions de recherche regroupées sous chacun des six thèmes axés sur des méthodes et des approches établies en sciences de la mer. Cet exercice a été suivi d'une évaluation de la capacité existante à l'aide d'une analyse bibliométrique et d'autres renseignements disponibles. À la lumière de ces évaluations, le comité d'experts a défini des possibilités et des défis en sciences de la mer au Canada pour chacun de ces thèmes :

- **Interactions océan-climat** : Le Canada dispose d'une capacité importante de télédétection et de modélisation climatique qui offre des possibilités pour faire avancer la recherche sur les interactions océan-climat et, plus précisément, pour s'attaquer aux questions axées sur une meilleure intégration de l'océan et de la glace marine dans les modèles climatiques. Mais pour saisir cette occasion, il faut pouvoir compter sur des observations continues et le suivi des données océaniques liées au climat. Cela pose un défi pour le Canada, principalement en raison de l'étendue et de l'éloignement des côtes, dont une grande partie se trouve dans l'Arctique où les activités d'observation et de surveillance sont évidemment plus coûteuses.
- **Ressources biologiques, minérales et énergétiques** : Le Canada a une importante capacité de recherche fondamentale sous ce thème qui repose en grande partie sur la qualité historique de la recherche gouvernementale, notamment en sciences halieutiques et en géologie marine, et sur la recherche halieutique menée dans plusieurs instituts de recherche universitaires qui publient abondamment. Ces forces engendrent des possibilités en sciences halieutiques en fournissant l'assise à une capacité de recherche émergente sur la biodiversité marine à l'aide de technologies et d'approches fondées sur la génomique. Les principaux défis dans ce domaine sont de prévenir une perte supplémentaire de capacité en taxonomie et de poursuivre la transition vers des approches plus holistiques telles que les cadres de recherche écosystémiques et socioécologiques. Le secteur privé possède une capacité de recherche substantielle dans le domaine des ressources minérales et énergétiques, notamment des bases de données géologiques et d'autres ressources d'information. Les principaux défis à ce chapitre sont de mieux coordonner et aligner la capacité des établissements privés, gouvernementaux et universitaires, et d'intégrer efficacement la recherche sur les impacts environnementaux et sociétaux de la mise en valeur des ressources océaniques.

- **Impacts humains sur les écosystèmes marins et côtiers** : La recherche sur ce thème est aussi avantagée par les atouts historiques des ministères et des universités. Le défi consiste à adapter la capacité existante à l'évolution du contexte et des priorités de ce secteur de recherche. Les ajustements faits jusqu'à maintenant ont suscité un retard dans la recherche sur les espèces envahissantes — lequel pourrait bientôt être comblé grâce à un nouveau projet de réseau — ainsi que dans la surveillance et la compréhension des comportements des contaminants, en particulier les contaminants nouveaux et les contaminants connus dans des conditions nouvelles et changeantes (par exemple, les déversements de pétrole sous le couvert de glace marin). Simultanément, on assiste à des déplacements et à des chevauchements dans les responsabilités des ministères au chapitre de la recherche et de la surveillance des contaminants connus et nouveaux. En raison de ces développements, la recherche sur les impacts humains arrive difficilement à maintenir la cadence avec l'exploitation de nouvelles ressources océaniques et l'apparition de nouvelles sources de pollution en provenance du milieu terrestre.
- **Tectonique des plaques et dangers naturels** : Les réalisations passées au chapitre des levés géologiques et hydrographiques et les investissements récents dans des observatoires câblés à la fine pointe de la technologie offrent de grandes possibilités sous ce thème. Ces investissements comportent aussi des défis pour ce qui est d'assurer à long terme la couverture des coûts de fonctionnement et d'utilisation de ces plateformes pour la recherche. D'autres défis ont trait à la mobilisation de la capacité requise pour cartographier en détail la géologie et la bathymétrie du vaste fond océanique du Canada.
- **Collectivités côtières** : Le Canada possède une communauté active de scientifiques de diverses disciplines qui font de la recherche sur ce thème et, notamment, sur les effets du changement climatique, de la dégradation des ressources, de l'expansion des populations côtières et des utilisations de plus en plus variées des régions côtières et de l'océan. Des réseaux interdisciplinaires englobant les sciences naturelles et sociales et le génie sont essentiels pour mobiliser ce potentiel. Un défi clé est donc d'assurer un soutien continu à la collaboration interdisciplinaire et à la formation dans ces domaines.
- **Océan Arctique** : Les investissements récents et futurs dans des brise-glaces et des laboratoires de recherche dans l'Arctique ouvriront des possibilités pour élucider certaines questions de recherche inhérentes à l'océan Arctique. Certaines sont liées à l'importance stratégique et économique croissante de la région arctique. Étant donné que plusieurs de ces questions portent sur les effets du changement climatique, des défis similaires se posent sur le plan de la continuité des observations. La nécessité d'établir des priorités pour la recherche sur certains impacts des activités humaines dans l'Arctique de manière à ce que la recherche suive le rythme du développement soulève également d'autres défis.

Les trois autres thèmes englobent des questions de recherche de nature plus prospective qui décrivent des besoins futurs en recherche ou anticipent des changements de paradigme que ne peut saisir l'analyse bibliométrique. Le comité d'experts s'est donc intéressé aux modèles de recherche émergents et aux conditions qui favorisent leur développement et leur adoption. Utilisant cette approche, le comité d'experts a recensé les possibilités et les défis suivants :

- **Technologie océanique** : Le secteur diversifié et dynamique de la technologie océanique au Canada a assurément la capacité requise pour mettre au point des outils et des technologies susceptibles de faire progresser les sciences de la mer au Canada et à l'étranger. Ces technologies peuvent faciliter de nouvelles formes d'observations et d'expériences et abaisser les coûts de la surveillance à grande échelle à long terme, ce qui contribuera à atténuer les difficultés inhérentes aux autres thèmes de recherche. Un défi primordial dans ce domaine est de parvenir à mieux aligner le développement technologique motivé par la recherche dans le secteur scientifique sur les possibilités qui s'offrent pour mettre au point des technologies commerciales, et améliorer l'accès des instruments scientifiques aux marchés internationaux de manière à rendre ces innovations économiquement viables.
- **Gouvernance de l'océan** : Ce thème se distingue par une incertitude croissante des volets écologiques et sociaux des systèmes socioécologiques et il requiert de plus en plus l'intégration de connaissances provenant de sources multiples. La nécessité d'élaborer des approches privilégiant l'adaptation et la participation dans la gouvernance de l'océan laisse entrevoir des possibilités pour élaborer des approches novatrices en recherche, ainsi que de nouveaux modèles d'alignement et de collaboration entre les chercheurs, les décideurs et les professionnels.
- **Santé et bien-être humains** : La recherche sur les rapports entre l'océan et la santé et le bien-être humains connaît un changement de paradigme, l'accent se déplaçant des contaminants et des maladies vers une interprétation plus holistique des déterminants sociaux et environnementaux de la santé. Même si plusieurs questions de recherche évoquent ce changement, la recherche actuelle au Canada s'intéresse principalement à certains déterminants biologiques, comme les pathogènes et les biotoxines. Les principaux défis à cet égard concernent l'intégration de la capacité de recherche sur certains déterminants en lien avec l'océan aux recherches qui s'inscrivent dans une perspective plus vaste de la santé de la population.

NOUVEAUX PARAMÈTRES DE LA RECHERCHE CANADIENNE SUR L'OCÉAN PLANÉTAIRE

Les sciences de la mer deviennent de plus en plus complexes, multidisciplinaires, multi-échelles et interdépendantes sur le plan international. Pour répondre aux 40 questions de recherche, il faudra concevoir de nouvelles formes d'alignement et de collaboration au niveau tant national qu'international. Le comité d'experts

a constaté que le paysage des sciences de la mer au Canada était déjà en voie de changer en réaction à ces besoins. Des réseaux innovateurs tels que les Réseaux de centres d'excellence facilitent la collaboration entre les scientifiques des universités, du gouvernement, du secteur privé, des organisations de la société civile et des collectivités. De nouvelles possibilités de financement, par exemple celles offertes par la Fondation canadienne pour l'innovation, facilitent la mise en place et la gestion de grosses infrastructures, comme des navires et des réseaux d'observation, hors des organisations fédérales. Des consortiums d'intervenants tels que le CCURO font leur apparition en donnant l'impulsion nécessaire au changement. Ces réseaux et ces modèles d'alignement nouveaux ont déjà débouché sur plusieurs initiatives novatrices de calibre mondial.

Malgré ces avancées, le comité d'experts a repéré les lacunes suivantes dans la coordination et l'alignement de la communauté des sciences de la mer au Canada, lesquelles ne sont pas abordées à l'heure actuelle :

- **Un manque de vision** : Contrairement à d'autres pays ou à d'autres disciplines au Canada, il n'y a pas de stratégie ou de vision nationale d'ensemble des sciences de la mer au pays. Cela rend difficile une hiérarchisation des besoins et une planification minutieuse des investissements en sciences de la mer.
- **Un manque de coordination** : Pour s'attaquer aux problématiques de plus en plus complexes des sciences de la mer, il faut pouvoir s'appuyer sur une meilleure collaboration aux niveaux local, régional, national et international, ainsi qu'entre les disciplines et les secteurs. Malgré de nombreux cas de collaboration fructueuse au Canada, la coordination dans des domaines clés comme l'observation océanique demeure insuffisante, tandis que l'appui aux réseaux de recherche a souvent été contraint par un financement temporaire. De façon générale, il n'existe pas de mécanisme efficace au palier national pour coordonner l'affectation des ressources et faciliter le partage des infrastructures et des connaissances entre les océanologues. Cela entrave aussi la mise en commun des ressources et des connaissances au niveau international.
- **Un manque d'information** : Les contraintes liées à l'accès, à la disponibilité et à la comparabilité de l'information ont compliqué la tâche d'évaluer plusieurs catégories de capacités en sciences de la mer (par exemple le nombre de chercheurs actifs, des données détaillées sur les dépenses de recherche, ou des inventaires des gros instruments utiles en sciences de la mer). Bien que de nombreux intervenants en sciences de la mer tiennent des inventaires pour leur usage interne, aucun mécanisme ou registre existant ne recueille systématiquement et ne fait régulièrement la mise à jour des renseignements sur les activités de recherche, les infrastructures et les autres capacités importantes en sciences de la mer pour l'ensemble du pays. Même si la cueillette de ces renseignements représente aussi une tâche complexe dans d'autres pays, certains comme les États-Unis, l'Allemagne et le Royaume-Uni, ont créé des institutions et des processus

pour collecter ces données et les mettre à la disposition des intervenants en sciences de la mer. Ces renseignements sont ensuite utilisés non seulement pour évaluer les capacités, mais aussi pour éclairer l'élaboration périodique de stratégies scientifiques nationales et de plans, et pour établir des priorités aux fins de la prise de décision concernant les investissements dans l'infrastructure de recherche. L'absence de tels inventaires au Canada complique la tâche de déterminer les capacités requises au niveau national. De même, il est plus difficile de reconnaître les possibilités qui s'offrent pour répondre aux questions de recherche grâce à la collaboration nationale ou internationale.

Le comité d'experts est arrivé à la conclusion qu'il est essentiel de combler ces lacunes pour que le Canada puisse répondre aux besoins croissants des sciences de la mer avec des ressources limitées, et faire le meilleur usage possible des capacités actuelles pour relever les défis et saisir les possibilités que présente ce secteur. Aucun alignement, consortium ou réseau actuel ou émergent ne saurait, à lui seul, combler ces écarts. Cette tâche requiert un effort national mobilisant l'ensemble de la communauté canadienne des océanologues, ainsi que les utilisateurs des sciences de la mer, y compris les décideurs, les entrepreneurs, les collectivités et la société civile.