

RÉSUMÉ

Proposition de valeur de l'exploitation de l'énergie marémotrice en Nouvelle-Écosse, au Canada atlantique et au Canada

Avril 2015



Rédigé pour : Offshore Energy Research Association (OERA)
Halifax (Nouvelle-Écosse)



Par : Gardner Pinfold Consultants Inc. et l'Acadia Tidal Energy Institute

Le projet de proposition de valeur a été commandité par l'association Offshore Energy Research Association (OERA), grâce à l'appui financier de la Province de la Nouvelle-Écosse et financé conjointement avec l'Agence de promotion économique du Canada atlantique (APECA).

L'OERA remercie l'APECA pour son appui financier à ce projet. De plus, l'OERA est reconnaissante du temps et des efforts déployés par le comité de gestion de projet, un groupe consultatif bénévole formé d'experts en matière d'énergie marine renouvelable provenant du gouvernement du Canada, du gouvernement de la Nouvelle-Écosse, de l'industrie et du secteur universitaire à l'échelle du pays. Ce groupe a fourni une rétroaction et des commentaires très utiles pendant le projet.

Toute erreur de fait ou d'interprétation est la responsabilité des auteurs du rapport.

Photo de la couverture : OERA

Rapport rédigé par :

Gardner Pinfold Consultants Inc.
1331, rue Brenton, Halifax (Nouvelle-Écosse) B3J 2K5
www.gardnerpinfold.ca

Collaboration à la recherche :

Gardner Pinfold Consultants Inc.

Michael Gardner
Gregor MacAskill

Acadia Tidal Energy Institute

Shelley MacDougall
Richard Karsten
Stéphanie Maillet

Quadrule Services

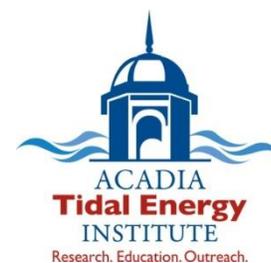
James Taylor

Heriot Watt University

Sandy Kerr
Kate Johnson

QS Atlantic

Joe Fitzharris



L'étude stratégique est commanditée en parti par l'agence de promotion économique du Canada atlantique (APECA) en vertu de la Mesure de recherche stratégique de l'Atlantique, laquelle constitue un mécanisme pour l'analyse des enjeux stratégiques socio-économiques au Canada atlantique. Les points de vue exprimés dans cette étude ne représentent pas nécessairement le point de vue de l'APECA ou du gouvernement du Canada. L'auteur est responsable de l'exactitude, de la fiabilité et de l'actualité de l'information.



Atlantic Canada
Opportunities
Agency

Agence de
promotion économique
du Canada atlantique

Canada

Résumé

1. Contexte

Les océans regorgent d'énergie hydrocinétique. L'exploitation de cette ressource permettrait vraisemblablement de réduire de façon considérable la dépendance aux combustibles fossiles afin de répondre à l'augmentation de la demande d'électricité. En outre, cela ouvrirait la voie à la création d'un tout nouveau secteur, qui offrirait des solutions techniques à une industrie en développement dans le monde entier et procurerait des avantages socioéconomiques importants aux pays qui ont des ressources à exploiter et qui souhaitent appuyer des projets industriels et hydroliens.

Le secteur de l'énergie marémotrice, ou hydrolienne, en est aux premières étapes de son développement. Il doit beaucoup compter sur diverses formes de soutien des pouvoirs publics pour réaliser ses activités de recherche et développement ainsi que sur des investisseurs privés. Il profite de tarifs de rachat garanti dans quelques secteurs de compétences (dont la Nouvelle-Écosse), à mesure qu'il progresse vers l'étape de l'exploitation commerciale. Les gouvernements comme les entreprises sont bien conscients que le développement du secteur nécessitera un soutien pendant plusieurs années jusqu'à ce que les frais d'exploitation aient diminué suffisamment pour faire concurrence aux autres formes d'énergie renouvelable. Le développement du secteur de l'énergie éolienne sur terre et en mer démontre bien comment le secteur public peut favoriser l'atteinte des objectifs environnementaux et industriels.

Dans une perspective à long terme, la proposition de valeur de l'énergie marémotrice repose sur deux facteurs principaux : la capacité de faire concurrence aux autres sources d'énergie sur le plan des coûts, et les retombées pour l'économie locale grâce au développement de la chaîne d'approvisionnement. Les deux sont liés. À court terme il faut soutenir l'industrie pour l'encourager à investir dans la recherche, le développement, l'innovation et la démonstration (RDID) nécessaires pour commercialiser la technologie. À long terme, une fois l'objectif de commercialisation atteint, l'industrie produira le dividende économique, soit une capacité nationale d'approvisionnement permettant d'aménager et d'exploiter des installations hydroliennes. Pour les premiers à adopter la technologie, cette capacité pourrait bien s'exporter et accroître ainsi considérablement les possibilités de retombées économiques.

2. Objectifs

Le présent rapport a été rédigé pour le compte de l'Offshore Energy Research Association of Nova Scotia (OERA) afin de bien expliquer au gouvernement et à l'industrie quelle est la proposition de valeur de l'énergie marémotrice au Canada et quelles sont les possibilités et les difficultés associées à la création d'une chaîne d'approvisionnement du futur secteur de l'énergie marémotrice.

Il s'agit surtout de procurer une évaluation exhaustive de la proposition de valeur de l'énergie marémotrice, et de présenter une estimation de la valeur potentielle, des avantages généraux et des retombées économiques possibles de l'exploitation de l'énergie marémotrice pour la Nouvelle-Écosse, la région de l'Atlantique et le Canada. Il faut donc ratisser large afin de tenir compte de l'ensemble des renseignements utiles et des enseignements tirés. Voici les principaux éléments :

- ❑ L'exploration du potentiel hydrolien et de son développement ailleurs dans le monde : les grands facteurs qui influent sur le développement, les types et les niveaux d'aide du secteur public ainsi que les propositions de valeur mises de l'avant par l'industrie et les gouvernements pour justifier ces niveaux de soutien.

- ❑ Trois scénarios d'exploitation de l'hydrolien au Canada, qui jettent les bases de l'évaluation de la proposition de valeur et qui sont comparés au plan stratégique de la Nouvelle-Écosse en matière d'énergie marine renouvelable (adoption précoce). Les divers facteurs qui influent sur l'ampleur du développement sont examinés sur une période de 25 ans, soit de 2015 à 2040. La compétitivité de l'énergie marémotrice par rapport à d'autres sources est évaluée suivant un modèle axé sur le coût moyen actualisé de l'énergie (CMAE).
- ❑ Un examen attentif des possibilités pour la chaîne d'approvisionnement grâce au développement hydrolien au Canada. Les étapes de démonstration (précommerciales) et de développement commercial sont examinées, avec une description de la façon dont se développerait une chaîne d'approvisionnement. Les possibilités liées à la chaîne d'approvisionnement sont décrites, en tenant compte des estimations des coûts connexes.
- ❑ La quantification de la proposition de valeur, en commençant par une évaluation de la participation de l'industrie avant d'estimer les retombées économiques selon chacun des scénarios. L'absence d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et d'autres types de polluants est un avantage important de la proposition de valeur.
- ❑ L'évaluation des zones d'incertitudes, dont l'examen de l'incidence des risques sur la proposition de valeur et la présentation de moyens d'atténuer ces risques. En guise de conclusion, le rapport suggère des mesures que peuvent prendre les gouvernements et l'industrie à l'égard de divers enjeux afin d'améliorer la proposition de valeur.

3. Constatations

Généralités

Les océans sont une immense source d'énergie renouvelable. Dans le monde entier, des centaines de millions de dollars ont été investis jusqu'à présent en recherche et développement afin de mettre au point des appareils permettant d'exploiter le potentiel des marées et des vagues. Cette activité a été réalisée en bonne partie en Europe, où il y a l'espoir de créer une chaîne d'approvisionnement afin de répondre aux besoins d'un secteur régional et mondial de l'énergie marine, tout en réduisant la dépendance à l'égard des combustibles fossiles et en améliorant l'assurance de l'approvisionnement énergétique. Ces réalisations à venir sont les fondements de la proposition de valeur.

Les sources d'énergie marine du Canada sont considérables, notamment les marées de la baie de Fundy, une des ressources les plus importantes et les plus accessibles sur le globe. La valeur marchande pour l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement du secteur de l'énergie marémotrice est fonction de la demande d'hydroliennes afin de répondre aux besoins en électricité. Puisqu'il n'existe aucune projection certaine, des scénarios sont établis pour évaluer cette demande. Ils tiennent compte de l'évolution des coûts d'immobilisation et d'exploitation, reflétant ainsi l'« apprentissage de l'industrie » – l'amélioration de l'efficacité des hydroliennes, des modes de fabrication, des économies d'échelles et de la logistique maritime.

La grande difficulté actuellement pour les fabricants d'hydroliennes, c'est de prouver que la technologie est fiable et que l'énergie marémotrice pourra éventuellement concurrencer les autres sources d'énergie renouvelable, surtout l'énergie éolienne en mer. On procède continuellement à la mise à l'essai et à la démonstration de prototypes en Europe et dans la baie de Fundy (les premières hydroliennes ont été installées en 2009 et les prochaines devraient l'être d'ici 2015). Les premières démarches cruciales en vue de l'exploitation commerciale (le moment où il devient possible de concurrencer les autres formes d'énergie et ainsi de générer une demande) ont été entreprises au Royaume-Uni, en France et en Nouvelle-Écosse. Il s'agit de divers programmes de soutien, dont des tarifs de rachat garanti (TRG). Néanmoins, selon la

structure actuelle, ce soutien à long terme est assuré pour les installations datant d'avant 2020; pour la suite des choses, les stratégies et le soutien restent à déterminer.

Le type et l'ampleur du soutien stratégique après 2020 ne sont clairement établis nulle part. Ce qui semble évident, c'est qu'il faudra démontrer que le soutien sera maintenu de façon à ce qu'il y ait suffisamment de nouvelles installations à l'échelle mondiale pour que l'industrie acquière les connaissances lui permettant de réduire les coûts et d'accroître la compétitivité. Autrement dit, les fabricants doivent estimer que l'énergie marémotrice a sa place dans l'offre énergétique, c'est-à-dire que la demande sera éventuellement suffisamment forte et soutenue pour qu'il vaille la peine de continuer à investir dans la technologie. Un tel soutien stratégique a compté pour beaucoup dans le développement de la technologie de l'énergie éolienne (en mer et sur terre) et solaire. Quant aux gouvernements, ils doivent pouvoir constater que l'industrie prend les mesures requises pour assurer la rentabilité de l'énergie marémotrice.

L'absence d'une chaîne d'approvisionnement mondiale bien établie est une occasion à saisir pour d'éventuels fournisseurs, que ce soit au Canada, en Europe ou ailleurs. Dans le cas d'une vaste gamme de biens et de services, cela signifie qu'aucun compétiteur bien établi ne bloque l'entrée sur le marché. Il y a cependant deux exceptions dignes de mention : la fabrication de composantes d'hydroliennes et l'approvisionnement en câbles marins, dont le marché est contrôlé par quelques grandes entreprises industrielles basées principalement en Europe. Il convient de souligner que ces articles ne comptent que pour 30 % à 40 % des coûts d'immobilisation. Cela laisse de 60 % à 70 % de la valeur du développement pour une nouvelle chaîne d'approvisionnement, dont la majeure partie est liée aux biens et aux services qui seront ou qui pourraient être fournis sur les chantiers hydroliens ou à proximité de ceux-ci. Il s'agit notamment de toute une gamme de services d'évaluation et de planification environnementales, de construction d'installations et de bâtiments, d'assemblage et d'installation de matériel et d'installation de câbles. Les frais d'exploitation et d'entretien engagés localement représenteraient plus de 80 % du total de ces frais.

Les fournisseurs de la Nouvelle-Écosse, de la région de l'Atlantique et du Canada sont en très bonne posture pour répondre à 60 %, voire 70 %, de la demande de biens et de services visant les hydroliennes dans la baie de Fundy. La décision de pénétrer ou non le marché dépendra de l'évaluation de la demande par rapport à des facteurs liés à l'approvisionnement, dont l'investissement requis et la concurrence. Il est présumé que la participation des fournisseurs nationaux est forte, ce qui donne lieu à des retombées économiques (sur les plans du produit intérieur brut [PIB], de l'emploi et des revenus) qui varient plus ou moins en fonction de la puissance installée selon chacun des scénarios. Les retombées sont les plus grandes lors de la phase de développement, lorsque les hydroliennes sont installées, quoique l'exploitation génère également une activité locale importante. Le fait que le développement lié à l'installation d'hydroliennes se produise surtout en milieu rural rend les retombées (les emplois et les revenus) d'autant plus importantes, puisque généralement les emplois y sont rares et les revenus, relativement faibles.

L'installation d'hydroliennes à l'extérieur du Canada procure également des occasions aux fournisseurs du Canada. Selon certaines estimations, ce marché pourrait bien valoir entre 900 et 1 000 milliards de dollars d'ici 2050. Même si les fournisseurs canadiens s'attaquaient à 10 % du marché et allaient chercher une part de marché de 5 %, cela équivaudrait à une somme de 4 à 5 milliards de dollars au cours de la période visée. La réussite sur le marché d'exportation serait encore meilleure si le Canada procédait à l'exploitation de l'énergie marémotrice avant les autres pays, ou du moins pas après ceux-ci. Ce serait le cas si le scénario d'adoption précoce était réalisé, avec une capacité installée de 500 MW en Nouvelle-Écosse d'ici 2032.

Dans un monde où la lutte contre les changements climatiques est de plus en plus pressante, l'investissement dans les technologies propres pour remplacer les combustibles fossiles et réduire la production de GES (et d'autres polluants) rend la proposition de valeur visant l'énergie marémotrice particulièrement intéressante. Une estimation prudente des coûts environnementaux calculés à la tonne établit la valeur des émissions évitées à environ 200 millions de dollars selon le scénario de démonstration et jusqu'à 1 milliard de dollars selon le scénario d'adoption précoce.

En contrepartie des avantages de la proposition de valeur (création d'un secteur industriel, réduction des GES et autres émissions et amélioration de la sécurité énergétique), il y a les coûts intrinsèques du soutien stratégique nécessaire pour stimuler le développement de l'énergie marémotrice. En Nouvelle-Écosse, le soutien principal est un tarif de rachat garanti pour les projets de distribution et de transmission d'une puissance installée maximale d'environ 20 MW. Selon l'analyse, les coûts de production de l'énergie marémotrice devraient être comparables à ceux d'autres types d'énergie de remplacement renouvelable peu après 2040. Par conséquent, chacun des scénarios prévoit implicitement un certain soutien public nécessaire pour combler l'écart entre le coût moyen actualisé de l'énergie marémotrice et celui des autres types d'énergie de remplacement.

Le taux d'installation d'hydroliennes à l'échelle mondiale est un important facteur déterminant de la rapidité à laquelle les coûts de l'énergie hydrolienne devraient diminuer. Ces facteurs influent donc sur le moment où la parité quant au coût sera atteinte et le niveau de soutien nécessaire pour combler l'écart relatif au coût de l'énergie. L'hypothèse relative au taux d'installation mondial devient donc un facteur important de la présente analyse, malgré la grande incertitude qui l'entoure. L'hypothèse retenue pour l'analyse semble réaliste compte tenu des renseignements disponibles. Mais si le taux d'installation devait être plus élevé que prévu, les coûts diminueraient rapidement, la parité avec les autres sources d'énergie de remplacement renouvelable serait atteinte plus rapidement, et le soutien public diminuerait.

Particularités

□ **La proposition de valeur (justification des fonds publics) de l'énergie marémotrice pour les États membres de l'Union européenne repose sur les possibilités connexes d'élaboration de politiques dans trois domaines clés : l'économie, les changements climatiques et la sécurité énergétique.**

Plusieurs nations ayant un potentiel hydrolien souhaitent l'exploiter. Outre le Canada, les pays de l'Union européenne (UE), et surtout le Royaume-Uni, sont ceux qui en font le plus pour quantifier le potentiel de la ressource et appuyer la RDID. Les gouvernements nationaux et la Commission européenne ont consacré plusieurs centaines de millions de dollars ces dernières années pour soutenir le développement de l'énergie marémotrice. Ce soutien est accordé de diverses façons, notamment en octroyant directement des fonds aux développeurs d'hydroliennes et aux chercheurs ainsi qu'aux organismes qui font la mise à l'essai et la démonstration d'installations (p. ex. le Centre européen d'énergie marine [EMEC]). Plusieurs pays offrent également des tarifs de rachat garanti afin de subventionner les producteurs d'électricité (en attendant la production commerciale). L'octroi d'un tel soutien est pratique courante lorsqu'une technologie est susceptible de permettre la poursuite d'objectifs stratégiques : c'est l'essence même de la proposition de valeur. L'énergie éolienne est un bon exemple de l'utilisation des fonds publics afin de jeter une passerelle entre l'étape du début du développement et celle de la commercialisation, et du même de créer un secteur dynamique dans les premiers pays à adopter la technologie (p. ex. le Danemark, les États-Unis, l'Espagne et l'Allemagne).

Dans divers documents de l'industrie (et dans certains du secteur public), l'accent est mis sur l'occasion de mettre sur pied un nouveau secteur afin de fournir les biens et les services nécessaires à l'exploitation de la ressource hydrolienne. Plusieurs indicateurs sont utilisés pour quantifier les retombées : valeur de la production du secteur (possibilité de milliards de dollars), emplois créés, revenus gagnés, apport au PIB et possibilités d'exportation. L'énergie marémotrice est proposée comme moyen de respecter les engagements pris à l'égard des changements climatiques pour ce qui est de la réduction des émissions de GES et des coûts environnementaux et économiques associés au réchauffement de la planète. Autre argument non négligeable : elle présente une solution importante permettant d'améliorer la sécurité énergétique et de stabiliser les prix. Les mesures et les facteurs particuliers de la proposition de valeur utilisés pour quantifier les indicateurs sont présentés dans le Tableau S.1.

Tableau S.1 : Proposition de valeur de l'énergie marémotrice dans l'UE

Critère	Facteurs motivants de la proposition de valeur	Mesures possibles
Croissance économique	Développement de la chaîne d'approvisionnement. Emplois et revenus. Disparités régionales. Avantage pour les premiers participants et possibilités d'exportation Zone industrielle	Part nationale des dépenses consacrées au développement. PIB, emplois et revenus générés. Implantation du secteur en milieu rural. Investissements étrangers et capacité d'exportation. Coût de l'électricité (relatif).
Sécurité énergétique	Réduction de la dépendance à l'égard des combustibles fossiles. Épuisement des ressources traditionnelles. Âge de l'infrastructure de production actuelle. Facteurs géopolitiques. Augmentation de la demande d'électricité.	Stabilisation des prix de l'électricité. TWh déplacés/coût par rapport aux autres types d'énergie de remplacement. Échéancier de production. Approvisionnement incertain/risqué. Source nationale sûre.
Changements climatiques	Engagements au titre des changements climatiques. Source d'énergie renouvelable.	% de la contribution à l'approvisionnement en énergie renouvelable (TWh). Tonnes d'émissions de CO ₂ évitées. Réduction des coûts liés au carbone (comparativement aux autres technologies propres).

- **Le potentiel hydrolien mondial est important et il pourrait falloir investir jusqu'à 1 000 milliards de dollars pour l'exploiter.** Il est estimé que le potentiel théorique de la ressource hydrolienne (courant et amplitude de marée) à l'échelle mondiale est de 1 200 millions de MWh par année, ce qui est suffisant pour répondre aux besoins annuels de 100 millions de foyers (un peu moins que le nombre de foyers aux États-Unis). Dans la pratique, le potentiel est considérablement moindre, mais tout de même substantiel. En 2013, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) a indiqué que la puissance installée pourrait atteindre 23 000 MW d'ici 2035, alors que l'estimation du Carbon Trust du Royaume-Uni était de 55 000 MW d'ici 2050. Pour atteindre cette dernière estimation, il est prévu qu'il faudra un investissement cumulatif de l'ordre de 900 à 1 000 milliards de dollars canadiens. Bien que ces prévisions peuvent sembler beaucoup trop optimistes compte tenu des difficultés que l'industrie doit surmonter pour obtenir un soutien permanent afin de développer la technologie, elles donnent une idée de la valeur de l'industrie mondiale qui assurerait l'approvisionnement en biens et services.
- **Il est probable que l'exploitation du potentiel hydrolien du Canada se fasse d'abord là où la proposition de valeur est la plus forte : dans la baie de Fundy.** Le potentiel théorique de l'énergie marémotrice au Canada, exploité à l'aide de quelque 190 installations dans les régions Atlantique, Pacifique et Arctique, est estimé à 42 000 MW. Quant à la quantité d'électricité qu'il est effectivement possible d'extraire à l'aide de la technologie actuelle, les estimations varient, et il faudra considérablement plus d'analyses pour déterminer le potentiel réalisable. Certains sites les plus prometteurs sont bien situés, alors que d'autres se trouvent dans des milieux éloignés des réseaux de transmission. Certains sites accessibles au Canada sont intéressants, mais sans tarifs de rachat garanti ou d'autres types de soutien, l'occasion pourrait bien se limiter à une technologie hydrolienne à petite échelle pour l'alimentation de collectivités éloignées et non branchées au réseau, qui utilisent actuellement à grands frais des groupes électrogènes à moteur diesel.

Il est présumé que l'exploitation de l'énergie marémotrice se fera d'abord là où la proposition de valeur semble la plus forte, et l'analyse est centrée sur le potentiel qui existe en Nouvelle-Écosse, plus particulièrement dans la baie de Fundy. Cette zone répond à trois critères : excellent potentiel de la ressource, coût d'accès au réseau relativement peu élevé et exigences prévues par la loi en ce qui a trait aux émissions de carbone et à l'atteinte de cibles en matière d'énergie renouvelable (liées à la diversité et à la sécurité énergétiques). L'exploitation de ce potentiel nécessiterait un investissement important dans l'infrastructure, des groupes marémoteurs et une vaste gamme de services de soutien.

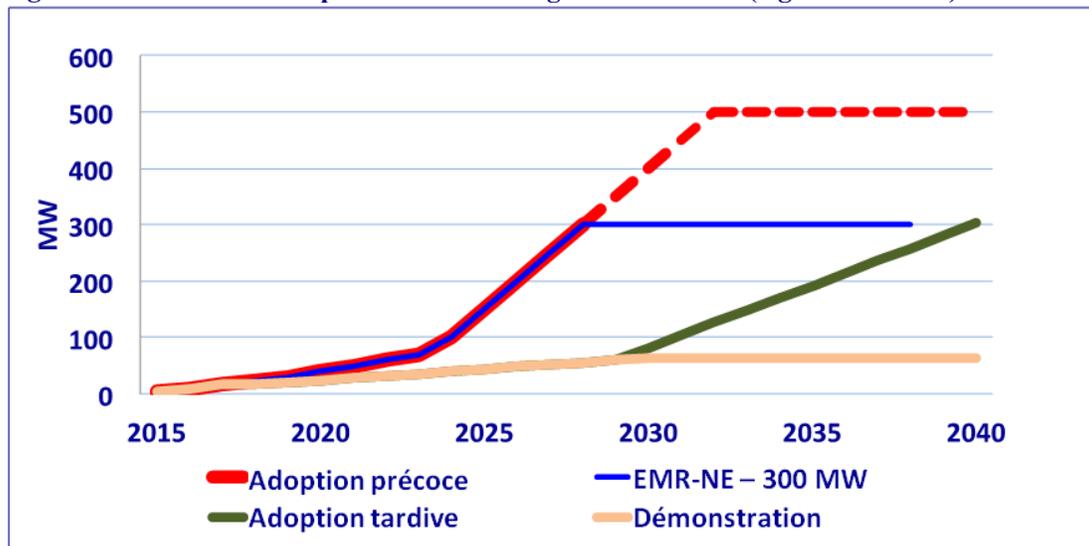
- **L'ampleur de tout projet hydrolien en Nouvelle-Écosse dépend de facteurs liés à la ressource, à l'environnement, au marché, à l'économie et aux pouvoirs publics.** Selon les recherches préliminaires, le potentiel de l'emplacement le plus intéressant, le passage Minas dans la baie de Fundy, pourrait être de 2 500 MW et l'impact sur le flux des marées serait négligeable. D'autres études sont nécessaires pour déterminer l'ensemble des répercussions des hydroliennes sur le milieu marin, sans oublier les répercussions du milieu marin sur le rendement des hydroliennes. L'énergie marémotrice présente des caractéristiques intéressantes sur le plan commercial : comme l'énergie éolienne, elle est renouvelable, mais en plus elle offre un avantage de taille, elle est prévisible. Néanmoins, l'ajout de grandes quantités d'énergie marémotrice ne se ferait pas sans difficulté, vu les niveaux actuels et futurs d'énergie éolienne dans le réseau électrique de la Nouvelle-Écosse. Bien évidemment, comme le marché de la Nouvelle-Écosse ne serait pas en mesure d'absorber une quantité de 2 500 MW d'électricité supplémentaire, il faudrait assurer l'accès à des marchés à l'extérieur de la province. Cela nécessiterait l'amélioration du réseau de transport entre la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick (ce qui est probable avec la réalisation du projet Maritime Link) ainsi qu'entre le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Angleterre. En outre, l'accès aux marchés à l'extérieur de la Nouvelle-Écosse présuppose que l'énergie marémotrice serait concurrentielle. Compte tenu de ces facteurs, la Stratégie de mise en valeur des énergies renouvelables de la mer de la Nouvelle-Écosse prévoit une approche par étape et progressive dont l'objectif à long terme est d'atteindre une production de 300 MW d'énergie marémotrice.
- **L'analyse de la proposition de valeur repose sur trois scénarios d'exploitation en réseau de l'énergie marémotrice à grande échelle et deux scénarios d'exploitation en réseau de distribution à petite échelle mis en œuvre au cours de la période de 2015 à 2040.** Ces options (illustrées dans la Figure S.1) mettent en opposition diverses conditions afin d'évaluer les possibilités quant au développement de la chaîne d'approvisionnement, aux coûts énergétiques et aux retombées économiques. Pour tous les scénarios d'exploitation entre en jeu le soutien accordé en Nouvelle-Écosse grâce aux tarifs de rachat garanti et aux tarifs de soutien communautaire (COMFIT).

Grande échelle

- **Scénario de démonstration – 64 MW.** Les promoteurs profitent pleinement de l'infrastructure du Fundy Ocean Research Centre for Energy (FORCE) dans le cadre de diverses initiatives des gouvernements ou du milieu de la recherche, et la puissance installée se stabilise à 64 MW d'ici 2030. Parmi les hypothèses principales, il y a le fait que le secteur hydrolien n'est pas parvenu à réduire suffisamment les coûts pour que la technologie puisse faire concurrence aux autres sources d'énergie de remplacement renouvelable en Nouvelle-Écosse, et que le soutien gouvernemental qui permet de combler l'écart n'est offert que jusqu'en 2030.
- **Scénario d'adoption précoce – 300/500 MW.** Les coûts de l'énergie marémotrice semblent baisser rapidement, et l'industrie continue de profiter du soutien des gouvernements jusqu'à ce que la technologie permette de concurrencer les autres sources d'énergie de remplacement renouvelable. Il est tenu pour acquis que la Nouvelle-Écosse et le Canada accélèrent l'installation d'hydroliennes, ce qui accroît les occasions pour les entreprises canadiennes dans la chaîne d'approvisionnement internationale, mais au prix des coûts supérieurs associés au développement précoce. La capacité se développe rapidement après 2023, à la suite de l'investissement dans le réseau de transport régional, pour atteindre l'objectif fixé en 2012 avec la Stratégie de mise en valeur des énergies renouvelables de la mer de la Nouvelle-Écosse (EMR-NE), soit de 300 MW en 2028. En 2032, la capacité atteint 500 MW, la limite supérieure possible du marché régional.

- **Scénario d'adoption tardive – 300 MW.** Le développement de la capacité suit le scénario de démonstration jusqu'en 2029, avant de s'intensifier pour atteindre 300 MW en 2040 lorsque la technologie est sur le point de concurrencer les autres sources d'énergie de remplacement. La croissance de la capacité hydrolienne à l'échelle internationale favorise la compétitivité des coûts, mais l'arrivée tardive sur le marché réduit l'avantage concurrentiel des fournisseurs de la Nouvelle-Écosse et du Canada dans la chaîne d'approvisionnement mondiale. Parmi les hypothèses principales : l'investissement requis pour intégrer plusieurs centaines de MW d'énergie marémotrice est réalisé lors de l'agrandissement des réseaux de production-transport d'électricité en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick pour intégrer le Maritime Link.

Figure S.1 : Scénarios d'exploitation de l'énergie marémotrice (à grande échelle)



Petite échelle

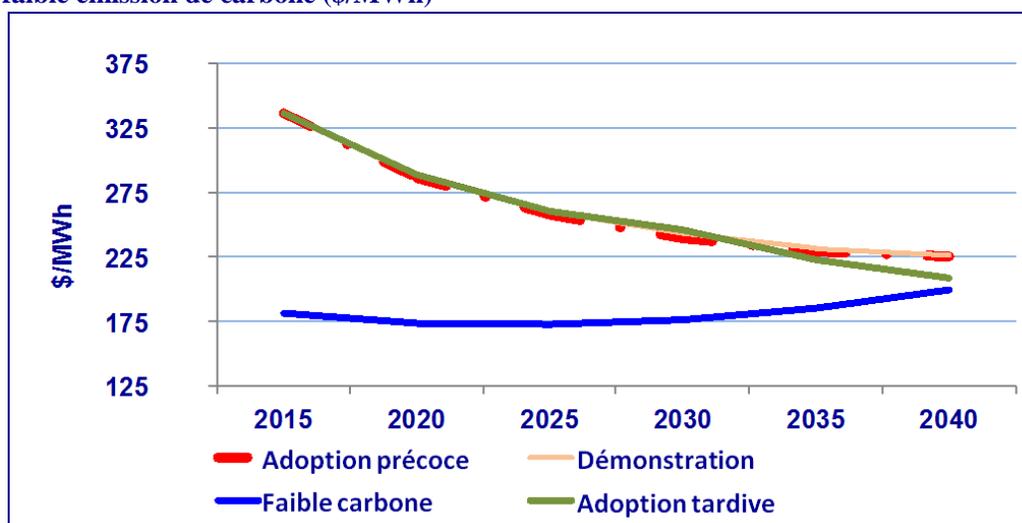
- **Exploitation faible – 3,5 MW.** La capacité des sites approuvés va de 500 kW à 1,95 MW dans le comté de Digby (passage Digby, Grand Passage et Petit Passage) et de 100 à 500 kW au Cap-Breton (lacs Bras d'Or). Les hydroliennes seront installées d'ici 2017.
 - **Exploitation importante – 10 MW.** Plusieurs sites au Canada offrent un potentiel de production d'énergie marémotrice, mais pour qu'un site puisse avoir une capacité supérieure à celle que permet le COMFIT, il doit satisfaire à trois critères : il doit être rentable sans subvention (puisque aucun autre endroit au Canada n'offre encore de subvention); les réseaux de distribution doivent pouvoir absorber la production; et il doit subir avec succès toutes les évaluations réglementaires et environnementales et être accepté à la suite de la consultation des Premières Nations. En l'absence de renseignements sur ces critères, aucun site particulier autre que ceux mentionnés dans le scénario d'exploitation faible n'est prévu pour le scénario d'exploitation importante.
- **En présupposant que le soutien public est maintenu, le coût de l'énergie marémotrice diminuera au cours de la période de l'étude et il deviendra concurrentiel, comparativement au coût des autres sources d'énergie de remplacement renouvelable, au début des années 2040.** Il est important de pouvoir compter sur des estimations fiables des coûts d'immobilisation et d'exploitation liés à l'énergie marémotrice, car cela permet de procéder à une analyse de la capacité de concurrencer les autres sources d'énergie de remplacement en plus de jeter les bases de l'évaluation de la valeur de la chaîne d'approvisionnement escomptée et des retombées économiques découlant de l'exploitation de l'hydrolien. Les coûts de l'énergie marémotrice sont relativement élevés, car la

technologie est nouvelle. Ils diminueront à mesure que les procédés de fabrication et d'installation seront industrialisés. La rapidité de cette diminution sera proportionnelle au rythme auquel les hydroliennes seront installées.

L'industrie tire des leçons de l'expérience, la technologie évolue et des économies d'échelle sont réalisées. *L'analyse des coûts dans le présent rapport repose sur la présomption d'installations à l'échelle mondiale, ce qui contribue à réduire les coûts.* L'estimation du taux de croissance mondiale est un élément déterminant; un taux de croissance élevé fait diminuer les coûts rapidement et accélère l'atteinte de la parité des coûts.

L'évolution des coûts au cours de la période de l'étude, soit de 2015 à 2040, est déterminée à l'aide d'une méthode traditionnelle fondée sur le coût moyen actualisé de l'énergie. Selon une comparaison des coûts de chacun des scénarios avec le coût moyen d'un ensemble de solutions à faible émission de carbone, la parité sur le réseau devrait être atteinte peu après 2040 (Figure S.2).

Figure S.2 : Coûts de l'énergie – scénarios liés à l'hydrolien comparés aux sources d'énergie à faible émission de carbone (\$/MWh)



La rapidité à laquelle les coûts diminuent influe directement sur le niveau de soutien dont le secteur hydrolien aurait besoin avant que la technologie puisse concurrencer les autres sources d'énergie de remplacement. Ce niveau de soutien (illustré par l'écart entre l'énergie marémotrice et les solutions à faible émission de carbone) peut être vu comme étant l'investissement dans l'apprentissage de l'hydrolien que font les gouvernements afin d'atteindre les objectifs stratégiques sur les plans économique et énergétique.

- **La naissance d'une chaîne d'approvisionnement de l'hydrolien dépend du passage réussi du secteur de l'étape de la RDID à celle de l'exploitation commerciale.** Du point de vue de l'offre et de la demande, la voie du secteur semble tracée pour les quatre à cinq prochaines années. Les emplacements où la ressource est la plus prometteuse (le Royaume-Uni, la France et la Nouvelle-Écosse) ont prévu des mécanismes pour appuyer la mise à l'essai et le développement d'hydroliennes reliées au réseau d'électricité. De l'avis des observateurs, il faudra au moins deux années d'exploitation continue pour que soient satisfaits les critères de fiabilité et d'exploitation fixés par les producteurs d'électricité indépendants, les assureurs, les prêteurs, les investisseurs et les services publics. Cela donne à penser que les premiers groupes précommerciaux (technologie fiable, mais pas encore concurrentielle) seront en place au plus tôt en 2018-2019.

Les tarifs de rachat garanti sont essentiels partout pour assurer le développement du secteur à ce moment-ci.

Le développement du secteur est incertain après 2019, car les niveaux de soutien public futurs pour assurer le développement de la technologie ne sont connus nulle part. L'incertitude est surtout liée aux coûts de l'énergie marémotrice, qui seront encore trop élevés en 2020 pour concurrencer les autres sources d'énergie de remplacement renouvelable. Ce seuil ne sera peut-être pas atteint avant 2030 au mieux, en grande partie parce que les développeurs d'hydroliennes ont consacré beaucoup plus de temps que prévu à la RDID. Entretemps, ces derniers demandent aux gouvernements de maintenir leur soutien, qu'ils jugent essentiel au maintien de l'intérêt des parties prenantes du secteur. Ce soutien vise à encourager l'installation de nouvelles hydroliennes sans lesquelles il n'est pas possible de développer le secteur, d'assurer la spécialisation de la chaîne d'approvisionnement et de réaliser les gains d'efficacité qui feront baisser les coûts.

Le tout nouveau secteur de l'énergie marémotrice se trouve donc à un tournant décisif. Les coûts doivent diminuer pour que la technologie soit concurrentielle, mais pour que les coûts diminuent, il faut que le nombre d'hydroliennes augmente. Et alors que le secteur se tourne vers les gouvernements pour obtenir du soutien, ces derniers demandent au secteur d'en faire plus pour résoudre certaines des difficultés qui perdurent. En présumant que l'ensemble des facteurs requis pour débloquer l'impasse est réuni au cours des prochaines années, le secteur de l'énergie marémotrice pourrait entrer dans la phase commerciale de son développement d'ici l'année 2020 environ. *Cette hypothèse est fondée sur la présomption que de petits groupes marémoteurs de quelques 150 MW seront installés sur la planète entre 2015 et 2020.* Il s'agit d'un développement essentiel pour forcer la réduction des coûts de l'énergie marémotrice à environ 290 \$/MWh d'ici 2020. La chaîne d'approvisionnement devrait se développer timidement jusqu'à cette date.

En présumant que l'énergie marémotrice peut être distribuée sur les réseaux électriques à un prix concurrentiel à celui des autres sources d'énergie de remplacement renouvelables (en tenant compte du soutien des gouvernements), la capacité du secteur à l'échelle mondiale se développerait rapidement à divers endroits. Elle pourrait dépasser 500 MW d'ici 2030. Pour qu'une telle expansion se concrétise, il faudrait une transformation importante de la structure et du fonctionnement d'aspects importants du secteur de l'énergie marémotrice tel qu'il existe aujourd'hui.

- Les producteurs d'électricité indépendants assumeraient la responsabilité de conception, de mise en œuvre et d'exploitation, comme ils font dans l'industrie éolienne bien établie (sur terre et en mer).
- Les développeurs de la technologie assumeraient progressivement leur rôle habituel de fournisseurs de la technologie.
- Les producteurs d'électricité indépendants auraient accès aux sources traditionnelles de financement et d'assurance, à condition que les hydroliennes répondent aux critères de fiabilité acceptés et soient garanties par leurs fabricants.
- Une convergence des technologies serait vraisemblable, vu la nécessité de réaliser des gains d'efficacité sur les plans de la production et de l'installation. Des bâtiments construits sur mesure seraient utilisés pour l'installation et la récupération d'appareils de conversion de l'énergie marémotrice.
- En raison du rythme de développement prévu et de la taille des hydroliennes, il faudrait investir dans les installations situées à proximité des sites pour l'assemblage, la fabrication et l'installation.

- Une demande forte et constante d'énergie marémotrice donnerait lieu au développement d'une chaîne d'approvisionnement du secteur, menant à la fabrication et à la mise en marché de biens et de services comme c'est le cas pour les technologies éprouvées (comme l'éolien).
- **Le développement d'une chaîne d'approvisionnement en Nouvelle-Écosse et ailleurs au Canada dépend de la réalisation des attentes d'une demande forte et soutenue d'énergie marémotrice et de biens et services liés aux travaux connexes.** Pour chacun des scénarios d'exploitation à grande échelle, il y a une phase d'essai de 2015 à 2017, alors que les parties prenantes du centre FORCE qui ont des mouillages pour les turbines installent leurs hydroliennes. Les projets à petite échelle sont exécutés pendant la même période. Au centre FORCE, un ou plusieurs développeurs déploient de petits groupes marémoteurs, ce qui porte le total de la capacité à 20 MW d'ici 2018. À cette étape, comme les groupes marémoteurs sont déployés par plusieurs développeurs et qu'il est incertain si un soutien autre que les tarifs de rachat garanti actuels sera offert, il est probable que les travaux d'assemblage des hydroliennes pour les exploitations à grande échelle et de fabrication de structures seront réalisés dans des installations déjà existantes à Halifax; les hydroliennes seront ensuite transportées dans la baie de Fundy. Autrement dit, d'ici 2018, il est probable que la compétitivité (y compris la fiabilité et le financement) de l'énergie marémotrice ne soit pas suffisamment établie, tout comme les perspectives de développement rapide de la capacité, pour justifier l'investissement dans des installations d'assemblage et de fabrication.

Pour ce qui est de l'exploitation de l'énergie marémotrice à grande échelle, la nature et la portée du développement de la chaîne d'approvisionnement dépendent largement de ce qui se produira après 2018. C'est à ce moment que les scénarios commencent à se distinguer les uns des autres.

- **Scénario de démonstration** : La demande du marché ne dépasse pas la capacité du projet FORCE. Il est présumé que le développement est stimulé par un tarif de rachat garanti réduit pendant les années 2020, mais la capacité concurrentielle requise pour une expansion supérieure à 64 MW n'est pas atteinte. Il n'est pas justifié de construire des installations d'assemblage et de fabrication dans la baie de Fundy; ce travail est organisé à Halifax.
- **Scénario d'adoption précoce** : La réduction des coûts et le soutien des gouvernements font que la demande du marché est suffisante pour justifier une capacité de 500 MW d'énergie marémotrice d'ici 2032. La première étape vise une capacité de 300 MW, ce qui correspond à l'objectif de la stratégie EMR-NE. Grâce à une demande régionale suffisante d'énergie renouvelable, il est présumé que le développement se poursuit jusqu'à l'atteinte d'une capacité de 500 MW. Nova Scotia Power Inc. (NSPI) fait savoir qu'elle entend lancer des appels d'offres visant des quantités précises d'énergie. Cela produit un climat de confiance qui incite les producteurs d'électricité indépendants à s'implanter sur le marché et les investisseurs à construire une usine d'assemblage et de fabrication dans la baie de Fundy. La prévision d'une demande forte et soutenue pendant une décennie stimule également le développement d'une chaîne d'approvisionnement nationale.
- **Scénario d'adoption tardive** : La demande d'énergie marémotrice en Nouvelle-Écosse ne dépasse pas 64 MW avant 2030, après que l'installation d'hydroliennes ailleurs a réduit les coûts à des niveaux se rapprochant de ceux nécessaires pour faire concurrence aux solutions à faible émission de carbone. Le secteur a adopté un ou deux modèles. Il est justifié de construire des installations d'assemblage et de fabrication dans la baie de Fundy, mais les travaux ne sont pas réalisés avant la fin des années 2020. Une chaîne d'approvisionnement commence à se former au pays dans les années 2030.

Les petits projets hydroliens varient en nombre, en taille, en complexité et en durée, et par conséquent, au lieu de voir l'émergence d'une chaîne d'approvisionnement spécialisée, on constate que la plupart des besoins sont vraisemblablement satisfaits par des fournisseurs qui adaptent leurs

biens et leurs services. Le fait qu'il s'agisse de petits projets favorise le recours à des installations locales pour l'assemblage, la fabrication et l'installation, exception faite des turbines. Les chaînes d'approvisionnement permettant d'assurer la fabrication efficace en série de composantes et de pièces devraient se former à mesure que la demande augmente.

- **L'exploitation de l'énergie marémotrice générerait des occasions pour les fournisseurs d'une vaste gamme de biens et de services, dont le type et l'ampleur seraient fonction de la demande.** Bon nombre des activités liées à l'hydrolien ne seraient pas étrangères aux entreprises qui ont l'expérience de la planification, de la construction et de l'exploitation en milieu marin. Pour certains fournisseurs, il serait relativement simple de répondre à la demande nationale de biens et de services pour le secteur de l'énergie marémotrice, puisqu'ils disposent déjà des capacités directes. D'autres n'auraient qu'à adapter leur offre et à développer leur capacité en prévision de la demande ou pour donner suite à celle-ci. Selon les entrevues réalisées auprès d'éventuels fournisseurs, bon nombre d'entre eux choisiraient d'attendre, avant d'investir dans des travaux d'adaptation ou d'expansion, afin de voir si la demande est réellement forte et soutenue ou s'il est possible de conclure avec justesse qu'elle le sera.

Les fournisseurs de la Nouvelle-Écosse, de la région et d'ailleurs au Canada ont la capacité et l'expérience nécessaires pour fournir de 60 % à 70 % des biens et des services requis pour une exploitation à grande échelle. Cette estimation varie selon les intrants ou les activités propres aux sites et elle est relativement uniforme d'un scénario à l'autre. Le Tableau S.2 présente une répartition des besoins et des coûts ainsi qu'une estimation de la participation locale.

La capacité d'approvisionnement devrait être élevée pour la plupart des intrants, sauf les turbines, l'équipement connexe et les câbles marins. Une bonne partie de ces composantes seront vraisemblablement importées. Il est plus que probable que les développeurs d'hydroliennes fassent appel aux fabricants existants (surtout en Europe), permettant ainsi de perfectionner les opérations et de prolonger les cycles de production pour réduire les coûts. Néanmoins, à mesure que la confiance augmente à l'égard des perspectives continues d'exploitation de l'énergie marémotrice, le secteur national parvient à s'adapter et à réellement faire concurrence pour l'approvisionnement de certains des biens et des services qui sont susceptibles d'être importés au début (p. ex. certaines composantes et les aubes de turbines). Dans le cas de l'exploitation à petite échelle, les hydroliennes sont fabriquées au Canada. Le taux de participation au chapitre de l'approvisionnement se rapproche de 100 % si les hydroliennes de fabrication canadienne sont utilisées.

L'exploitation de l'énergie marémotrice à l'extérieur du Canada procure des possibilités d'exportation aux fournisseurs canadiens. La capacité acquise par ces derniers grâce aux projets dans la baie de Fundy permettrait très bien de participer à ce marché mondial. Les possibilités les plus intéressantes pour les fournisseurs canadiens sont les suivantes :

- Modélisation des ressources et caractérisation des sites (applicable directement).
- Construction navale spécialisée (applicable directement).
- Fabrication de structures de soutien (applicable directement).
- Capteurs, acoustique, instruments et surveillance (adaptation requise).
- Fabrication d'aubes de turbines en matériaux composites (innovation et adaptation requises).
- Installation de câbles marins, interconnexions et systèmes électriques (innovation requise).

La pénétration du marché d'exportation ne serait pas chose facile. En effet, la logique présentée dans le Tableau S.2 selon laquelle le contenu local serait relativement élevé est la même ailleurs, surtout en Europe où la capacité industrielle et la longue expérience de l'exploitation du pétrole et du gaz extracôtiers et des travaux en mer. *Les possibilités d'exportation seraient accrues dans la mesure où*

l'échelonnement, le rythme et l'ampleur de l'exploitation de l'énergie marémotrice placeraient le Canada parmi les premiers à adopter la technologie. Néanmoins, cela vaut uniquement pour le scénario d'adoption précoce.

Tableau S.2 : Coûts de l'exploitation de l'énergie marémotrice par scénario et estimation du contenu national, 2015-2040

Centre de coûts (1)	Fournisseur	Total des dépenses : 2015-2040					% du total	% dépensé au Canada (2)		EMR-NE (3)
		Adoption précoce				Adoption tardive		%	Milliers de \$ (2012)	
		Démo	EMR-NE	Maximum						
	MW	67	300	500		300				
1. Planification préalable										
Évaluation de site										
	Évaluation de la ressource	Expert-conseil	320	1,305	2,025	1,153	0.1%	100%	1,305	
	Analyse des contraintes	Expert-conseil	128	522	810	461	0.0%	100%	522	
	Analyse – santé et sécurité	Expert-conseil	256	1,044	1,620	922	0.1%	100%	1,044	
	Évaluation du raccordement au réseau	Expert-conseil	192	783	1,215	692	0.1%	100%	783	
	Analyse logistique	Expert-conseil	320	1,305	2,025	1,153	0.1%	100%	1,305	
	Évaluation technologique	Expert-conseil	256	1,044	1,620	922	0.1%	100%	1,044	
	Analyse de faisabilité préliminaire	Expert-conseil	128	522	810	461	0.0%	100%	522	
Évaluation environnementale et technique										
	Établissement de la portée de l'évaluation environnementale	Expert-conseil	639	2,610	4,049	2,305	0.2%	100%	2,610	
	Arpentage physique	Expert-conseil	1,278	5,219	8,099	4,610	0.3%	100%	5,219	
	Évaluation météorologique et de la ressource	Expert-conseil	959	3,914	6,074	3,458	0.3%	100%	3,914	
	Évaluation de l'infrastructure du réseau	Expert-conseil	639	2,610	4,049	2,305	0.2%	100%	2,610	
	Évaluation de l'infrastructure marine	Expert-conseil	1,278	5,219	8,099	4,610	0.3%	100%	5,219	
	Total partiel		6,392	26,095	40,494	23,052	1.7%		26,095	
2. Mise en œuvre du projet										
Planification										
	Consultation publique	Expert-conseil	1,203	4,912	7,622	4,339	0.3%	100%	4,912	
	Étude sur le savoir écologique des Mi'kmaq	Services de l'étude	1,203	4,912	7,622	4,339	0.3%	100%	4,912	
	Évaluation environnementale	Expert-conseil	3,610	14,736	22,867	13,018	1.0%	100%	14,736	
	Permis et approbation réglementaires	Services juridiques	6,016	24,560	38,112	21,696	1.6%	100%	24,560	
	Total partiel		12,032	49,120	76,224	43,392	3.2%		49,120	
Conception										
	Étude technique préliminaire	PEI/Ingénieur*	4,512	18,420	28,584	16,272	1.2%	75%	13,815	
	Approvisionnement	PEI*	1,504	6,140	9,528	5,424	0.4%	75%	4,605	
	Conception détaillée	PEI/Ingénieur*	9,024	36,840	57,168	32,544	2.4%	90%	33,156	
	Total partiel		15,040	61,400	95,280	54,240	4.0%		51,576	
Approvisionnement et assemblage										
	Construction des installations d'exploitation	PEI/Entrepreneur	1,000	1,500	2,000	1,500		100%	1,500	
	Développement du site pour l'assemblage et l'entretien	PEI/Entrepreneur		75,000	100,000	75,000		100%	75,000	
	Pièces mécaniques (turbine et prise de force)	FEO*	38,822	158,489	245,942	140,007	10.3%	0%	0	
	Pièces électriques (générateurs et transformateurs)	FEO*	66,552	271,695	421,614	240,012	17.7%	0%	0	
	Câbles sous-marins	FEO*	30,832	125,870	195,324	111,192	8.2%	0%	0	
	Système de contrôle	FEO*	8,648	35,305	54,786	31,188	2.3%	0%	0	
	Connexions au réseau	PEI/Entrepreneur	7,896	32,235	50,022	28,476	2.1%	100%	32,235	
	Infrastructure pour les hydroliennes	PEI/Entrepreneur	89,112	363,795	564,534	321,372	23.7%	100%	363,795	
	Assemblage final	PEI/Entrepreneur	29,704	121,265	188,178	107,124	7.9%	75%	90,949	
	Services de transport	PEI/Entrepreneur	5,546	22,641	35,135	20,001	1.5%	100%	22,641	
	Total partiel		277,112	1,131,295	1,755,534	999,372	73.7%		566,120	
Installation et mise en service										
	Mobilisation de l'équipement logistique	PEI/Entrepreneur	6,542	26,709	41,447	23,594	1.7%	50%	13,355	
	Installation de l'infrastructure et des mouillages	PEI/Entrepreneur	26,170	106,836	165,787	94,378	7.0%	90%	96,152	
	Chargement et installation des hydroliennes	PEI/Entrepreneur	9,814	40,064	62,170	35,392	2.6%	90%	36,057	
	Installation des systèmes électriques sur le site	PEI/Entrepreneur	16,356	66,773	103,617	58,986	4.4%	50%	33,386	
	Mise en service des installations	PEI/Entrepreneur	6,542	26,709	41,447	23,594	1.7%	50%	13,355	
	Total partiel		65,424	267,090	414,468	235,944	17.4%	82%	192,305	
	Total		376,000	1,535,000	2,382,000	1,356,000	100.0%		905,216	
Coût moyen par MW										
			5,432	5,117	4,612	4,375				
3. Exploitation et entretien (4)										
	Gestion	PEI	125,341	450,879	621,807	243,080	29.6%	90%	405,791	
	Entretien	PEI/Installation	293,027	1,054,082	1,453,684	568,281	69.2%	75%	790,562	
	Déclassement	PEI/Entrepreneur	5,081	18,279	25,208	9,855	1.2%	100%	18,279	
	Total		423,450	1,523,240	2,100,700	821,216	100.0%		1,214,632	

1. Répartition des coûts selon Synapse Energy Economics, Inc., 2013. Coût des installations d'exploitation et de l'assemblage et de l'entretien des hydroliennes estimé par l'expert-conseil. Tous les coûts sont exprimés en dollars de 2013.

2. Fait référence à la part initiale des dépenses par intrant présument produit au Canada (principalement en Nouvelle-Écosse). Il est présumé que la part demeure la même d'un scénario à l'autre et dans le temps.

3. Le pourcentage de la part des dépenses est appliqué aux dépenses du scénario d'adoption précoce (EMR 300 MW) pour illustrer le contenu en dollars.

4. Les frais d'exploitation et d'entretien ainsi que de déclassement sont exprimés en pourcentage du total des coûts annuels (de 2015 à 2014).

*Fait référence à des besoins qui n'ont pas à être satisfaits localement.

4. Proposition de valeur

L'énergie marémotrice est une nouvelle technologie qui offre la possibilité de créer un nouveau secteur industriel au Canada et ailleurs dans le monde. Les retombées économiques varient considérablement pour l'ensemble des indicateurs retenus et pour les trois scénarios d'exploitation de l'énergie marémotrice examinés. Cela s'explique par le fait que les hypothèses varient quant à l'ampleur et à l'échelonnement des projets, deux des principaux facteurs utilisés pour déterminer les retombées économiques.

L'exploitation de l'énergie marémotrice devrait générer des retombées économiques importantes en Nouvelle-Écosse, dans la région de l'Atlantique et au Canada. Cependant, puisque l'essentiel de l'exploitation hydrolienne à grande et à petite échelle se fait dans les eaux de la Nouvelle-Écosse, c'est là que sont concentrées les retombées directes. Les retombées économiques résumées dans le Tableau S.3 correspondent aux valeurs cumulatives (2015 à 2040) et aux valeurs moyennes annuelles pour chaque scénario (y compris l'étape de la stratégie ERM-NE dont l'objectif est de 300 MV dans le scénario d'adoption précoce). La valeur des retombées économiques est basée sur l'exploitation de l'énergie marémotrice en Nouvelle-Écosse seulement, et ne tient pas compte des retombées importantes découlant des possibilités d'exporter.

L'interprétation des valeurs contenue dans le tableau S.3 est en phase avec l'étape de la stratégie ERM-NE dont l'objectif est de 300 MV dans le scénario d'adoption précoce (utilisation des valeurs correspondantes pour l'interprétation des scénarios) :

- ❑ **Dépenses liées à l'exploitation de l'énergie marémotrice** : Le total des dépenses en capital de 1 535 millions de dollars plus les frais d'exploitation de 1 523,2 millions de dollars correspond au total des dépenses cumulatives pendant une période de 25 ans. Le contenu néo-écossais (là où les dépenses directes sont engagées) est de 60 % des dépenses en capital (921 millions de dollars) et de 80 % des frais d'exploitation (1 218,6 millions de dollars), pour un total de 2 139,6 millions de dollars. Ces valeurs sont exprimées en dollars de 2013 (sans tenir compte de l'inflation).
- ❑ **Produit intérieur brut** : Selon le scénario de la capacité de 300 MW prévue par la stratégie ERM-NE, les retombées globales au titre du PIB sont d'environ 1,7 milliard de dollars, ce qui comprend des retombées directes de 1,1 milliard de dollars. Quant aux retombées directes annuelles moyennes au titre du PIB, elles sont d'environ 42,9 millions de dollars.
- ❑ **Emploi** : Près de 22 000 équivalents temps plein (ETP) seraient créés, dont 15 000 affectés directement aux installations d'assemblage et à la logistique maritime, au début pour la planification et l'assemblage, la construction et le déploiement des hydroliennes puis, après quatre ou cinq ans, pour l'entretien également. Le nombre moyen d'emplois directs par année atteindrait un peu plus de 600 ETP, et la moyenne serait de plus de 880 ETP en tenant compte des emplois indirects et induits.
- ❑ **Revenus** : Les activités de développement et d'exploitation de l'énergie marémotrice généreraient environ 815 millions de dollars de revenus du travail directs. Les retombées globales seraient de 1,1 milliard de dollars en tenant compte des retombées dérivées. Les retombées directes annuelles moyennes seraient de 32,6 millions de dollars.
- ❑ **Recettes fiscales** : Bien que ce soit difficile à quantifier, la construction et l'exploitation des installations hydroliennes généreraient des millions, voire des dizaines de millions de dollars chaque année (selon la taille des installations) grâce à l'impôt sur le revenu des particuliers et des entreprises, aux taxes de vente, aux taxes d'accise et aux impôts fonciers municipaux.

Il est important de noter que ces retombées *influeraient principalement sur l'économie rurale de la région de la baie de Fundy*. En raison du peu de possibilités dans les économies rurales, le taux de chômage y est relativement élevé, et les niveaux de revenus sont généralement plus bas que dans les régions urbaines. Un

secteur qui procurerait les niveaux d'emplois et de revenus tels que ceux présentés dans le Tableau S.3 stimulerait une économie qui en a bien besoin.

Tableau S.3 : Proposition de valeur de l'exploitation de l'énergie marémotrice – avantages et coûts (2015-2040) (1)

	Démonstration (67MW)		Adoption précoce				Adoption tardive (300MW)	
	Cumulatives	Moyenne/an	EMR-NE (300 MW) Cumulatives	Moyenne/an	Maximum (500MW) Cumulatives	Moyenne/an	Cumulatives	Moyenne/an
Total des dépenses en N.-É. (\$000x) (2)	568,425	22,737	2,139,592	85,584	3,133,580	125,343	1,484,132	59,365
Retombées économiques PIB (en milliers \$)								
Directes	283,245	11,330	1,073,263	42,931	1,559,919	62,397	737,669	29,507
Indirectes	77,602	3,104	294,045	11,762	427,376	17,095	202,102	8,084
Induites	86,649	3,466	328,327	13,133	477,202	19,088	225,664	9,027
Total	447,495	17,900	1,695,635	67,825	2,464,497	98,580	1,165,434	46,617
Emplois (ETP)								
Directes	3,948	158	14,958	598	21,740	870	10,281	411
Indirectes	949	38	3,594	144	5,224	209	2,470	99
Induites	892	36	3,381	135	4,914	197	2,324	93
Total	5,788	232	21,933	877	31,879	1,275	15,075	603
Revenu du travail (en milliers \$)								
Directes	215,027	8,601	814,774	32,591	1,184,222	47,369	560,006	22,400
Indirectes	45,981	1,839	174,228	6,969	253,230	10,129	119,750	4,790
Induites	36,325	1,453	137,641	5,506	200,052	8,002	94,603	3,784
Total	297,333	11,893	1,126,643	45,066	1,637,504	65,500	774,358	30,974
Emissions évitées								
Milliers de tonnes	4,795.5	191.8	9,738.2	389.5	24,158.0	966.3	9,738.2	389.5
Millions de dollars	198.4	7.9	402.9	16.1	999.6	40.0	402.9	16.1
Valeur actuelle en millions \$	92.7	3.7	161.6	6.5	415.7	16.6	161.6	6.5
Investissement dans l'apprentissage								
Écart de prix de l'énergie : VA en milliers \$	255,500.0		813,000.0		1,030,000.0		305,250.0	

Source : Modèle interprovincial d'entrées-sorties de Statistique Canada, version de 2010

1. Ces chiffres représentent les retombées économiques prévues au Canada. Les retombées seront surtout concentrées en Nouvelle-Écosse, mais la région de l'Atlantique et le reste du Canada en profiteront également. Voir le tableau 5.1 ainsi que l'annexe 4.

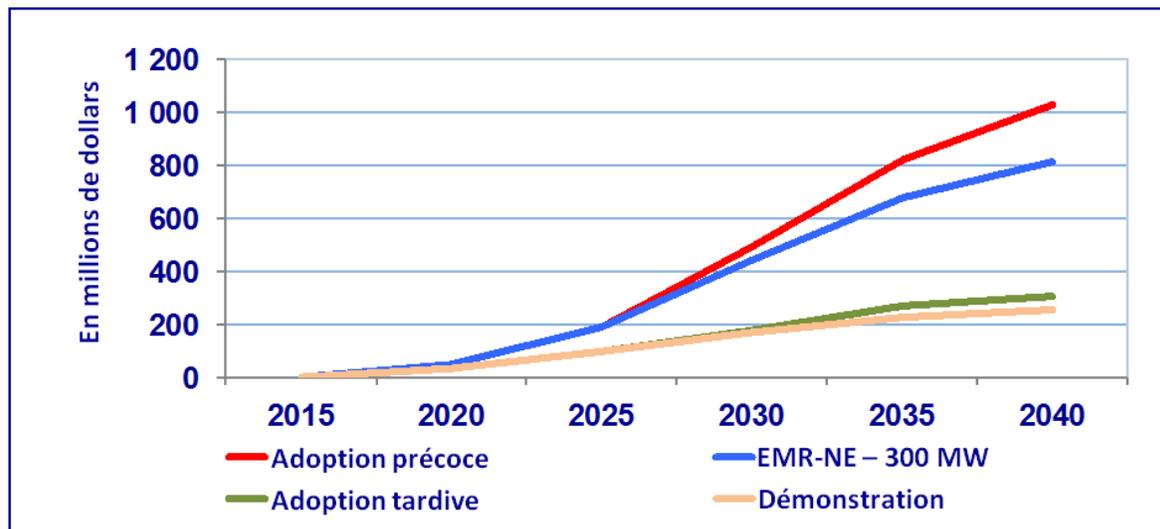
2. Voir les tableaux 3.7 et 5.2.

Le potentiel d'exportation ajoute également à la proposition de valeur. Une simple part de 5 % du marché d'approvisionnement visant une tranche de 10 % seulement du marché mondial, dont la valeur est estimée à 1 000 milliards de dollars canadiens, pourrait représenter des exportations d'une valeur de 5 milliards de dollars canadiens d'ici 2050. Il s'agit d'une somme supérieure aux dépenses cumulatives engagées pour exploiter l'énergie marémotrice au Canada, même selon le scénario d'adoption précoce. Comme il a été mentionné, en raison de l'échelonnement et de l'ampleur, le plus grand potentiel d'exportation est atteint avec le scénario d'adoption précoce. Selon les hypothèses d'une grande part de marché, les retombées économiques associées à ce niveau de participation pourraient être de deux ou trois supérieures aux retombées économiques cumulatives de l'exploitation (en présumant raisonnablement que les retombées seraient à peu près proportionnelles au niveau de dépenses du scénario d'adoption précoce indiqué dans le Tableau S.3).

Outre les retombées sur les plans du PIB, de la création d'emploi et des revenus, l'exploitation de l'énergie marémotrice permettrait également de réduire les coûts engagés pour éviter l'émission de GEF et de polluants. Ces économies peuvent varier d'environ 200 millions de dollars canadiens avec le scénario d'adoption tardive à près de 1 milliard de dollars canadiens avec le scénario d'adoption précoce.

Pour réaliser ces économies, il faut néanmoins investir. Selon l'analyse, il faudra attendre 2040 avant que le coût moyen actualisé de l'énergie marémotrice se compare à celui des autres formes d'énergie de remplacement à faible émission de carbone en Nouvelle-Écosse. Pour chaque scénario, l'écart (qualifié d'« investissement dans l'apprentissage » dans le Tableau S.2) serait comblé grâce au soutien des gouvernements, comme il est illustré dans la Figure S.3.

Figure S.3 : L'« investissement dans l'apprentissage » cumulatif visant l'énergie marémotrice



Le niveau de soutien varie considérablement selon le scénario. Il est moins élevé dans le scénario d'adoption tardive que pour la capacité équivalente prévue dans la stratégie EMR-NE (une valeur actuelle d'environ 305 millions de dollars canadiens comparativement à 800 millions de dollars canadiens), puisque la majeure partie de la capacité dans le premier cas est établie après 2030. Il en résulte des coûts en capital et des frais d'exploitation considérablement réduits. L'investissement requis est le plus grand pour le scénario d'adoption précoce (une valeur actuelle de 1 028 millions de dollars canadiens), car la capacité est en majeure partie établie avant 2030, limitant ainsi les avantages d'une réduction des coûts en raison de l'apprentissage dans le secteur. Il convient de rappeler une réalité implicite des scénarios : la baisse des coûts de l'énergie se fait au détriment des occasions pour le secteur, et vice-versa. La perte des avantages liés au fait de figurer parmi les pionniers et des occasions connexes en matière d'approvisionnement au pays et à l'étranger sont le prix à payer pour obtenir les bas coûts liés au scénario d'adoption tardive. Ces avantages et occasions en matière d'approvisionnement sont maximisés dans le scénario d'adoption précoce, mais l'investissement dans l'apprentissage est plus grand.

5. Considérations pour l'avenir

Grâce à divers programmes, politiques et initiatives, les gouvernements de la Nouvelle-Écosse et du Canada ont jeté les bases de l'exploitation précoce de l'énergie marémotrice. D'autres gouvernements ont offert un soutien semblable et continuent de le faire. Les développeurs de la technologie ont atteint un tournant décisif; ils ont beaucoup investi dans la RDID et ils doivent continuer de le faire pour réduire les coûts et prouver la viabilité commerciale. La poursuite du développement et la démonstration de la technologie sont des étapes importantes du processus de commercialisation, et pour aider à atténuer les risques à cette étape, les gouvernements ont prévu des niveaux précis de soutien du revenu, soit des tarifs de rachat garanti. Ceux-ci sont essentiels afin d'obtenir le grand nombre d'hydroliennes requis dans le monde entier pour réduire les coûts.

Mais des risques de toutes sortes demeurent : l'important investissement préalable requis; l'incertitude quant aux coûts et au rendement de la technologie; les politiques publiques incertaines ou mouvantes; les retards dans l'obtention des permis; le raccordement aux réseaux; la disponibilité et le coût du financement; les accords d'achat d'énergie; les éléments; les fluctuations du marché et des taux de change; l'acceptation sociale et les impacts environnementaux. Tous ces facteurs alimentent l'incertitude

quant aux échéanciers de développement du secteur et au nombre de nouvelles hydroliennes (dans le monde entier), ce qui fait qu'il est difficile d'établir le climat de confiance nécessaire à la mise sur pied des chaînes d'approvisionnement.

Les gouvernements de la Nouvelle-Écosse et du Canada peuvent influencer sur certains de ces facteurs de risque liés au développement du secteur hydrolien au Canada. Le soutien public pourrait servir à réduire l'incertitude dans plusieurs domaines et ainsi favoriser considérablement la matérialisation de la proposition de valeur de l'énergie marémotrice.

Voici certaines des principales mesures à envisager :

❑ **Maintenir l'engagement à l'égard de la R-D visant l'énergie marémotrice**

Le gouvernement du Canada et celui de la Nouvelle-Écosse appuient la R-D visant l'énergie marémotrice grâce à diverses initiatives depuis plusieurs années. Les projets de démonstration fructueux réalisés au Royaume-Uni démontrent bien le potentiel commercial de la technologie. Mais il faut investir encore considérablement pour éprouver la technologie et réduire les coûts à des niveaux concurrentiels par rapport aux diverses sources d'énergie renouvelable. Les gouvernements doivent donc maintenir leur engagement à l'égard de la R-D au cours des 5 à 10 prochaines années, en plus de continuer à soutenir l'investissement dans la capacité de production d'énergie marémotrice par l'industrie et les services publics. Cela est essentiel afin de trouver des moyens de réduire les coûts et d'améliorer la compétitivité, mais aussi pour réduire les émissions de GES.

❑ **Renouveler les tarifs de rachat garanti pour soutenir une capacité supérieure à 23 MW.**

Les normes en matière d'énergie renouvelable, comme celles adoptées en Nouvelle-Écosse, stimulent la demande, mais sans soutien ciblé, elles favorisent les énergies de remplacement renouvelables les moins coûteuses, principalement les technologies bien établies comme l'éolien côtier. Les tarifs de rachat garanti offrent un moyen efficace de soutenir le développement d'une nouvelle technologie jusqu'à ce qu'elle devienne concurrentielle, ce qui contribue à la diversification de l'offre et à la stabilisation des prix à long terme. Les tarifs de rachat garanti et les tarifs de soutien communautaire actuels soutiennent une capacité d'environ 23 MW d'énergie marémotrice. Le renouvellement de ces tarifs augmenterait les chances de matérialiser la proposition de valeur liée aux scénarios d'exploitation importante.

❑ **Mettre en œuvre les dispositions réglementaires énoncées dans la Stratégie de mise en valeur des énergies renouvelables de la mer.**

La perspective d'un régime réglementaire stable aidera les développeurs à préciser leur point de mire pour le développement commercial. C'est pourquoi il est essentiel d'achever le travail de formulation et de mise en œuvre des dispositions réglementaires énoncées dans la Stratégie de mise en valeur des énergies renouvelables de la mer.

❑ **Promouvoir le développement de l'infrastructure dont le secteur a besoin afin de stimuler l'intérêt pour la chaîne d'approvisionnement et la saisie des occasions qu'offre l'énergie marémotrice.**

Il faut concevoir, planifier, financer et bâtir l'infrastructure dont le secteur a besoin. Cela peut se faire progressivement à mesure de son développement. Le travail de planification devrait être exécuté en consultation avec les parties prenantes actuelles et éventuelles du secteur (les parties prenantes du centre FORCE qui ont des mouillages, Fundy Tidal Inc. et d'autres développeurs) afin de déterminer les besoins essentiels.

❑ **Élaborer une initiative de recherche et d'innovation stratégique et collaborative visant l'énergie marémotrice.**

Les études financées par l'OERA, la province et le gouvernement fédéral ont permis de rassembler une quantité importante de données. Réalisées efficacement, la publication et la poursuite de la collecte de données aideront non seulement les développeurs en réduisant initialement les coûts et les risques, mais aussi la Nouvelle-Écosse, qui prendra acte de sa propre ressource et de l'écosystème environnant.

❑ **Mettre sur pied un fonds d'innovation fédéral-provincial pour la RDID visant les ressources marines renouvelables, en mettant l'accent sur les difficultés et les meilleures possibilités d'exportation.**

Dans plusieurs rapports publiés récemment, la rapidité d'apprentissage estimative est présentée par centre de coûts. La pondération de cette valeur en fonction de la proportion du total des coûts pour le développement de la capacité hydrolienne fait ressortir des éléments où la réduction des coûts est proportionnellement supérieure. Il s'agit d'éléments pour lesquels un soutien ciblé de la R-D pourrait avoir d'importantes retombées sur l'énergie marémotrice. Une bonne partie du travail dans ces centres de coûts serait confiée à des ressources locales si la demande devait augmenter (structure, installation, exploitation, entretien, etc.). Cela permet de croire que le terrain est fertile tant pour la réduction des coûts en Nouvelle-Écosse et au Canada atlantique que pour les innovations qui profiteraient au secteur de l'énergie marémotrice à l'échelle mondiale. Il faut par exemple encore trouver des solutions pour les connexions et les sous-stations électriques sous-marines.

Les entreprises canadiennes pourraient se tailler une place de choix dans le créneau offert par la chaîne d'approvisionnement mondiale du secteur hydrolien si elles avaient accès à des subventions ciblées pour réaliser des travaux de recherche, de développement et d'innovation visant les technologies électriques maritimes. Parmi les modèles de fonds d'innovation spécialisés, il y a le Carbon Trust et le programme Offshore Renewable Energy Catapult au Royaume-Uni.