

Chapitre 5. Réalignement d'infrastructures côtières et restauration d'un marais salé en Nouvelle-Écosse (Canada)

Ce chapitre décrit un projet de réalignement d'une partie de la digue North-Onslow, près de la ville de Truro au Canada. Ce projet visait plusieurs objectifs : réduire le coût d'entretien de la digue, améliorer la protection des infrastructures publiques et privées et renforcer la résilience face au changement climatique par la restauration d'une plaine inondable côtière.

Ce chapitre a été rédigé par Kate Sherren, de la School for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University, Halifax ; Tony Bowron, du Department of Environmental Science, Saint Mary's University, Halifax, et de CB Wetlands and Environmental Specialists (CBWES Inc.), Terrance Bay ; Jennifer M. Graham, de CB Wetlands and Environmental Specialists (CBWES Inc.), Terrance Bay ; H.M. Tuihedur Rahman, du Department of Geography and Environmental Studies, Saint Mary's University, Halifax et de la School for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University, Halifax ; et Danika van Proosdij, du Department of Geography and Environmental Studies, Saint Mary's University, Halifax.

5.1. Contexte

Bordé par trois océans, le Canada possède le plus long littoral du monde, ce qui expose fortement le pays à l'élévation du niveau des mers (Lemmen et Warren, 2016). Approximativement 38 % de sa population vit à moins de 20 km d'une côte (Manson, 2005). Les impacts et les risques climatiques varient pour chacun des trois littoraux (Lemmen et al., 2016). La côte arctique représente 70 % du rivage canadien et comprend principalement de petits villages où vivent des populations en grande partie autochtones. Le niveau de la mer devrait y baisser nettement, mais la diminution de la glace de mer, la fonte du pergélisol et l'érosion et l'instabilité des côtes auront une incidence sur les moyens d'existence et sur la culture de ces populations. La côte pacifique est dominée par les grands centres urbains de Vancouver et Victoria, tous deux implantés dans les basses terres du fleuve Fraser où l'on s'attend à enregistrer la plus forte élévation relative du niveau de la mer de la région. Malgré cela, Lemmen et Warren (2016) notent que la région pacifique est plus exposée aux ondes de tempête qu'à l'élévation du niveau des mers.

La côte atlantique, quant à elle, abrite quelques villes de petite taille, mais aussi un grand nombre de bourgs et de villages, y compris des lotissements côtiers sans personnalité juridique propre, qui tous seront vraisemblablement exposés à l'élévation du niveau de la mer et au nombre croissant d'événements météorologiques extrêmes, et qui tous devraient être touchés par ces phénomènes (Lemmen et Warren, 2016). Des mesures de planification de l'adaptation au changement climatique ont été prises, par exemple, dans des endroits particulièrement vulnérables, comme les îles de la Madeleine dans le golfe du Saint-Laurent, qui n'ont d'autre solution que de s'engager dans un processus de repli, en retrait du littoral (McClearn, 2018). La Nouvelle-Écosse est une autre circonscription juridique fortement exposée à l'élévation du niveau des mers et qui offre de nombreuses innovations locales. Ce chapitre décrit un projet néo-écossais de cet ordre, qui comprend le réaligement de digues et la restauration d'un marais maritime et qui doit sa réalisation en grande partie au fait qu'il allait dans le sens de politiques publiques non liées au climat, telles que la compensation des atteintes aux terres humides et le désinvestissement des digues.

5.2. Nouvelle-Écosse : une circonscription côtière

La Nouvelle-Écosse est une province canadienne qui pourrait être exposée à l'élévation du niveau des mers du fait de sa géographie et de son histoire géologique. D'une superficie de 55 000 km², ce territoire se compose principalement d'un isthme et de la grande île du Cap-Breton (10 000 km² environ), ainsi que de milliers d'îles plus petites. Aucun point de la Nouvelle-Écosse n'est situé à plus de 67 km de la côte (Chesworth, 2016). La province compte 13 écosystèmes côtiers différents, de l'étendue des vasières intertidales et des marais salés du littoral de la baie de Fundy, aux falaises cohésives et érosives de la côte de Northumberland (Savard, van Proosdij et O'Carroll, 2016) et aux rivages rocheux complexes de la côte atlantique. Ses quelque 7 600 km de littoral sont extrêmement découpés, avec un réseau de drainage complexe comprenant des dizaines de milliers de lacs et de terres humides, son climat est tempéré et son altitude relativement faible, puisque le point le plus haut, situé dans le Parc national des Hautes-Terres-du-Cap-Breton, culmine à 536 m.

Sur le plan géologique, comme c'est le cas pour les autres provinces de la côte atlantique, la Nouvelle-Écosse est actuellement en phase de subsidence, ou ajustement isostatique glaciaire, et s'enfoncé, tandis que les zones plus au nord et au centre du Canada se relèvent,

libérées de la pression consécutive à la glaciation (Greenan et al., 2015). Les projections de Richards et Daigle (2011) indiquent qu'à l'horizon 2100 le climat de la Nouvelle-Écosse sera plus chaud, mais aussi plus humide, avec des précipitations plus fréquemment liées à des phénomènes extrêmes. Les projections d'élévation relative du niveau de la mer (intégrant le mouvement vertical de la croûte terrestre) fondées sur le scénario RCP 8.5 du cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), modélisé par James et al. (2014), prédisent une limite supérieure atteignant 1.30 m (pour une médiane et 0.90 m) à l'horizon 2100. Dans la partie supérieure de la baie de Fundy, cette limite projetée sera très probablement proche de 1.20 m en raison de l'accroissement d'amplitude de la marée qui se produit également (Greenberg et al., 2012). Cette zone enregistre déjà les plus hautes marées du monde. À Halifax, capitale de la province, les projections obtenues dans tous les scénarios testés indiquent que cela se traduira par des phénomènes de vagues extrêmes durant les épisodes de tempête (Xu et Perrie, 2012).

La Nouvelle-Écosse constate déjà les effets de la subsidence, indépendamment des changements liés au climat ; les estimations de progression fournies par le Service des données sur le milieu marin sont comprises entre 24 et 32 cm par siècle sur quatre communautés côtières de la province (CBCL Limited, 2009). L'intensification des phénomènes météorologiques extrêmes et des ondes de tempête sont au premier plan des préoccupations des résidents du littoral et des décideurs publics de la province (Rapaport, Starkman et Towns, 2017).

L'occupation des côtes de Nouvelle-Écosse par les humains est ancienne. Les premiers arrivés, les Mi'kmaq, utilisaient des établissements côtiers pour pêcher au printemps et en été, s'enfonçant à nouveau dans les terres en automne et jusqu'à la fin de l'hiver pour chasser de quoi se nourrir et récolter des fourrures (Hornborg, 2008). La trace des premiers contacts avec des explorateurs et des pêcheurs européens sur cette côte atlantique très fréquentée remonte aux années 1500, mais c'est dans les années 1600 qu'arrivent les colons français permanents que l'on appellera plus tard les Acadiens. Les Acadiens et les colons arrivés après eux ont transformé la majeure partie des riches zones humides du littoral de la baie de Fundy en terres cultivables, construisant pour les protéger des digues équipées de clapets anti-retour, qui permettent d'évacuer l'eau douce à marée basse, mais se ferment à marée haute pour empêcher l'eau salée de s'infiltrer. Ces dispositifs sont appelés des « aboiteaux » (Bleakney, 2004 ; Butzer, 2002). Les pratiques d'endiguement, combinées aux activités d'aménagement contemporaines (construction de routes en remblai), ont entraîné la conversion et la perte de près de 85 % des marais maritimes de la baie de Fundy (Hanson et Calkins, 1996).

Les littoraux demeurent une composante essentielle de l'identité et de l'économie de la Nouvelle-Écosse. La province compte seulement 920 000 habitants, dont 40 % vivent sur le territoire de la municipalité régionale de Halifax, la capitale, et plus de 60 % vivent à moins de 20 km du littoral (CBCL Limited, 2009). Bien que la majeure partie (77 %) de la côte soit non aménagée, elle est aussi en grande partie privée (87 %) et la pression est importante dans et à proximité de nombreux ports, lieux d'ancrage et zones de peuplement estuariennes comme Truro (CBCL Limited, 2009). La croissance de la Nouvelle-Écosse s'est faite à partir de la côte, vers l'intérieur, et la plupart des aménagements longent les routes côtières. Un petit nombre des secteurs qui entrent pour une part importante dans le produit intérieur brut (PIB) s'appuie spécifiquement sur des ressources littorales (agriculture, pêche ou transport maritime, par exemple), mais la plupart des industries reposent sur des infrastructures côtières, telles que les réseaux de transport et les services d'utilité publique (lignes électriques, par exemple) qui suivent généralement le littoral

(CBCL Limited, 2009). À mesure que les infrastructures de transport s'améliorent, les temps de migration alternante se réduisent, facilitant l'expansion vers l'extérieur des centres urbains et accroissant la pression sur les zones côtières (Millward, 2005).

Les résidents du littoral de la Nouvelle-Écosse sont également des populations vulnérables sur le plan démographique, en partie du fait du vieillissement dans les zones rurales (Gibson, Fitzgibbons et Nunez, 2015), mais aussi en raison des variations saisonnières de population : immigration d'agrément l'été (encouragée par un front de mer relativement bon marché) et émigration l'hiver (« retraités migrants ») (Northcott et Petruik, 2011). Les seniors (personnes de plus de 65 ans) forment le groupe démographique qui croît le plus rapidement en Nouvelle-Écosse. Ils représentent 15 % de la population globale (CBCL Limited, 2009), mais plus d'un quart et parfois plus de 30 % de la population dans un grand nombre de zones rurales côtières, et ce pour plusieurs raisons : taux de natalité inférieurs, départ des jeunes, arrivée de retraités (y compris ceux qui reviennent au pays) et longévité accrue (Krawchenko et al., 2016 ; Coulombe, 2006 ; Newbold, 2008 ; Foster et Main, 2017). Les résidents les plus âgés dépendent souvent de services qui sont eux-mêmes exposés à l'élévation du niveau des mers (Manuel et al., 2015).

Jusqu'ici, en Nouvelle-Écosse, la protection côtière s'est faite principalement au moyen de solutions « en dur », structurelles, telles que des digues, des terre-pleins et des dispositifs de blindage du rivage (van Proosdij, Perrott et Carrol, 2013), mais ces solutions commencent à céder face à l'élévation du niveau des mers et aux ondes de tempête (Grieve et Turnbull, 2013 ; CBCL Limited, 2009). Dans la droite ligne de l'attention portée mondialement aux solutions fondées sur les écosystèmes et la nature plutôt que sur le renforcement des infrastructures physiques (Narayan et al., 2016 ; Cheong et al., 2013 ; Harman et al., 2013), des expérimentations à petite échelle de rivages vivants et de restauration des marais salés sont en cours localement. Les solutions de recul ou de « réalignement contrôlé » restent rares, en partie du fait d'une résistance locale, comme le décrit l'Encadré 5.1 (Savard, van Proosdij et O'Carroll, 2016).

Encadré 5.1. Résistance locale au réalignement du littoral

La résistance locale à de nouvelles formes d'adaptation est clairement apparue après la défaillance, lors d'une tempête, du cordon naturel de galets qui depuis des décennies protégeait une lagune côtière appelée Big Lake de l'océan Atlantique.

Les propriétaires d'une douzaine de petites habitations disséminées sur le pourtour du lac, devenus vulnérables aux ondes de tempête, ont demandé que la barrière naturelle qui protégeait leur maison soit reconstruite. Le ministère des Ressources naturelles (NSDNR) de la Nouvelle-Écosse, qui avait fait réparer une brèche similaire en 2010, a toutefois refusé d'intervenir à nouveau, recommandant aux résidents « de mettre leur propriété à l'abri de murs protecteurs, de placer leur maison sur pilotis et de chercher une assurance contre les inondations côtières » (CBC, 2018b) et soulignant la responsabilité de la municipalité, qui avait émis les permis de construire.

Sources : CBC (2018b), « Hantsport residents tell province to fix dam instead of raising road », <https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/hantsport-residents-tell-province-to-fix-dam-instead-of-raising-road-1.4779312>

Le ministère de l'Agriculture de la Nouvelle-Écosse (NSDA) est responsable de la gestion et de l'entretien des 260 aboiteaux et des 241 km de digues de la province. Les ressources humaines, financières et techniques nécessaires pour entretenir et moderniser cette infrastructure de sorte qu'elle résiste à l'élévation du niveau des mers dépassent les moyens actuels de ce ministère. Celui-ci a reçu mandat de protéger les paysages agricoles, mais une partie importante des 17 400 ha de terre concernés est désormais affectée à des pratiques et des aménagements non agricoles. Associé à un certain nombre d'autres ministères, le NSDA détermine quelles digues pourraient être mises hors service (ouvertes) en premier afin de rendre les terres endiguées à leur état initial de marais salé (Bowron et al., 2012 ; van Proosdij, Perrott et Carrol, 2014). Dans certaines de ces situations, lorsque des biens bâtis ont encore besoin d'être protégés, on examine la possibilité de construire des digues neuves, plus courtes et répondant à un cahier des charges moderne (tenant compte des projections d'élévation du niveau des mers) (MacDonald et al., 2010).

Réduire les ouvrages d'endiguement et restaurer les terres humides importantes à l'échelle provinciale présente d'autres avantages que la simple protection des superficies agricoles essentielles et des infrastructures critiques. Des avantages en matière d'atténuation du changement climatique, liés au carbone stocké dans les marais salés, souvent appelé « carbone bleu » (McLeod et al., 2011), et des avantages sur le plan de l'adaptation à ces changements (Wollenberg et al., 2018). Neuf restaurations de ce type ont été effectuées en Nouvelle-Écosse depuis la première à Cheverie, en 2005, (CBC, 2010), dont cinq remplacements de ponceau et quatre ouvertures de digue, couvrant un total de 98 ha. Neuf autres sont en attente ou en construction (cinq digues, quatre routes), représentant 338 ha supplémentaires.

La petite ville d'Advocate Harbour offre un exemple utile des susceptibilités qui se manifestent dans les débats sur l'avenir des digues – une question qui concernera tant de villes de Nouvelle-Écosse dans les années qui viennent. Au début de l'année 2018, le NSDA a organisé une réunion pour discuter de l'avenir de la digue agricole protégeant de nombreuses maisons et entreprises d'Advocate Harbour (Cole, 2018). Les préférences locales sont nettement allées au renforcement de la digue. L'un des citoyens a déclaré : « Je pense que la meilleure solution consiste à réparer la digue [sic]... Nous devons préserver notre communauté de toute atteinte, autant qu'il est possible, et protéger notre mode de vie, de sorte que les gens puissent continuer de vivre à Advocate en sachant que cette ville va être un lieu sûr. »

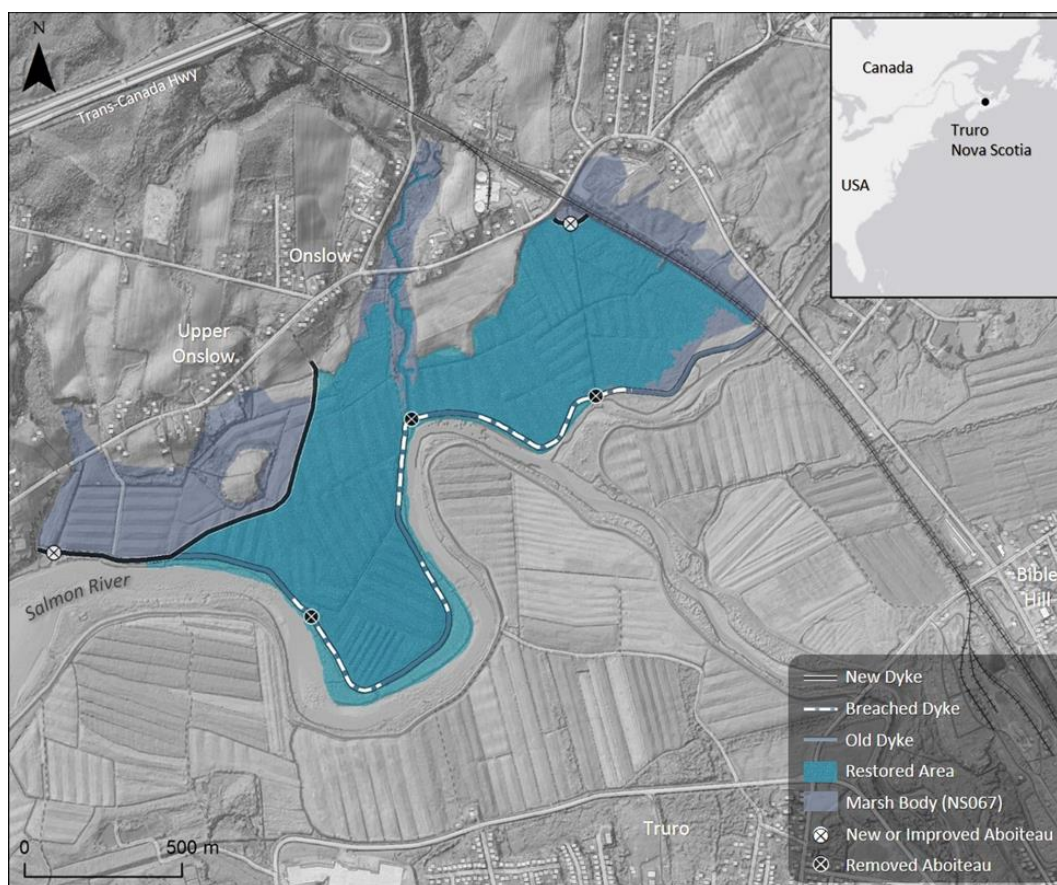
Les exemples de Big Lake, Hantsport (Encadré 5.1) et Advocate Harbour démontrent tous que les citoyens sont en faveur d'une intervention des pouvoirs publics et privilégient les solutions structurelles, pour maintenir le *statu quo*. Cette attitude retarde les décisions difficiles de réalignement stratégique qui permettraient de se préparer à ce qui s'annonce (Sherren, sous presse). Pourtant, comparés aux solutions de recul, les investissements dans des infrastructures physiques sont plus coûteux, comme le sont les conséquences dommageables si les défenses en question ne tiennent pas. De plus, l'investissement dans des solutions « en dur » encourage les aménagements dans des zones à haut risque, comme la citation qui précède l'exprime, rendant les solutions de repli encore plus délicates. Cette position du public représentée, avec les contraintes budgétaires des administrations, le principal obstacle à l'adaptation côtière de la région.

5.3. Étude du cas de Truro : le marais North-Onslow

Le risque d'inondation associé à l'élévation du niveau des mers est une raison importante d'agir dans le cas du marais North-Onslow, près de Truro (Nouvelle-Écosse). Truro est un

petit centre régional de 12 000 habitants, situé dans la plaine inondable du fleuve Salmon, lequel se jette dans la baie Cobequid (baie de Fundy). Cette plaine alluviale est largement endiguée, pour l'agriculture tout d'abord, mais aussi maintenant pour protéger les infrastructures résidentielles et commerciales et l'infrastructure de transport. Même sans élévation du niveau des mers et sans ondes de tempête, Truro connaît de fréquentes et graves inondations lorsque grandes marées et embâcle se conjuguent à une forte pluviométrie. Aussi loin que l'on remonte dans les données enregistrées, la région a souffert d'au moins une inondation annuelle (CBCL Limited, 2017). Aucun de ces épisodes n'a semblé tempérer l'enthousiasme de la ville pour les aménagements dans la plaine inondable, d'où une exposition répétée des « écoles, maisons de retraite et logements [...] routes d'accès, zones commerciales et industries » (CBCL Limited, 2017). Ces dernières années, des travaux de recherche sur la gestion des situations d'urgence ont intégré l'étude du cas de Truro (O'Sullivan et al., 2013 ; Grieve et Turnbull, 2013).

Graphique 5.1. Carte de l'étendue du marais North-Onslow



Notes : Marais North-Onslow en cours de modification (fond mauve) et présentation de la zone à restaurer (fond bleu), des aboiteaux à supprimer (ronds noirs) et de ceux à construire/améliorer (ronds blancs), de l'ancienne digue (ligne bleue, les parties en pointillé indiquant les sections à ouvrir) et des nouvelles digues (lignes noires).

Source : Jahncke, R, et W. Flanagan, Saint Mary's University, Department of Geography and Environmental Studies.

Si les terres agricoles endiguées sont prédominantes dans la plaine inondable où Truro est bâtie, tel n'est pas le cas de l'emploi agricole dans la région. En 2016, les secteurs des

ressources naturelles représentaient seulement entre 2 et 4 % de l'emploi, devancés par le commerce de détail, les soins de santé, le secteur manufacturier et celui de l'éducation (Statistique Canada, 2017). Cette situation se retrouve dans la baisse de l'activité agricole et l'abandon croissant ou la « mise en jachère » des terres endiguées.

Les problèmes d'inondation récurrents et les solutions potentielles ont fait l'objet d'un examen en 1971, 1983, 1988, 1997 et 2006, motivé à chaque fois par un phénomène d'inondation important. Fidèles à l'approche dirigiste (Holling et Meffe, 1996) qui prévalait à l'époque, tous les rapports rédigés à l'issue de ces examens ont mis principalement en avant des solutions structurelles. Celles-ci comprenaient l'édification et le renforcement de digues ; la construction de bassins de retenue des eaux de ruissellement, d'une route en remblai/d'un barrage coupant l'estuaire pour « boucler » la baie Cobequid, ou des terre-pleins de défense contre les glaces ; et des stratégies d'amélioration du drainage et de réduction de la sédimentation, telles que des viaducs et des opérations de rectification de tracé et de dragage des cours d'eau (CBCL Limited, 2017). L'un des principaux écueils dans la résolution de ce problème a toujours été le coût : le bilan comptable de Truro et du comté de Colchester est relativement sain, mais l'indice des conditions financières de la province laisse penser que leurs réserves respectives sont inadéquates compte tenu de l'âge de leurs actifs ; ils pourraient en effet ne pas être en mesure de les remplacer ni de les améliorer (NSDMA, 2017). L'état de la technologie au moment de ces précédents rapports ne permettait pas toutefois de distinguer les différentes causes des inondations. Plus récemment, les efforts pour modéliser conjointement le bassin hydrographique et le réseau d'évacuation des eaux pluviales ont démontré l'utilité d'une approche intégrée (El-Sharif et Hansen, 2001).

La tempête tropicale Leslie, en 2012, a alimenté une grave inondation en septembre à Truro, qui a modifié le discours local (CBC, 2012). Jusque-là, en dépit du caractère récurrent des inondations, la municipalité n'y avait guère prêté attention : on disposait simplement de spécifications d'ingénierie pour les eaux pluviales, comme le dimensionnement des ponceaux et les règlements applicables aux nouveaux aménagements. On considérait que le gouvernement provincial était responsable de l'intégrité des digues dont dépendait la sécurité de la région.

Lors de l'inondation de l'automne 2012, une digue le long de la rivière North s'est rompue en plusieurs endroits, et les responsables politiques comme les citoyens touchés ont demandé la réparation et le renforcement (une surélévation du niveau) du système d'endiguement (Hand, 2012). L'établissement d'enseignement secondaire a été évacué et les médias ont relayé le récit des résidents vivant derrière les digues, qui eux aussi avaient été évacués et qui semblaient tous ignorer que l'infrastructure n'avait jamais été conçue pour protéger des utilisations non agricoles des sols (Tutton, 2012). La digue rompue, construite à l'origine par une personne privée à qui elle appartenait encore, protégeait pourtant de nombreuses entreprises, parmi lesquelles un employeur local important. La province a effectué les réparations nécessaires à la gestion de la situation d'urgence (Canadian Press, 2012), car les prévisions météorologiques annonçaient d'autres précipitations, mais la responsabilité de l'entretien courant de la digue est restée floue. Cette inondation a motivé la création d'un comité consultatif conjoint sur les inondations (Joint Flood Advisory Committee) qui réunit le comté de Colchester, la ville de Truro et Millbrook First Nation et dans lequel sont représentés les citoyens et les ministères provinciaux.

Le Comité a commandé une étude complète des risques d'inondation de Truro. Les consultants ont construit un ensemble de modèles informatiques hydrodynamiques pour

comprendre l'influence relative de la pluviométrie, de l'hydrologie des cours d'eau, des marées, de la sédimentation et des déplacements des glaces, en utilisant des cartes détaillées du relief tirées de données lidar (*light detection and ranging*, détection et télémétrie par ondes lumineuses), d'études bathymétriques, de mesures réalisées sur le terrain et d'images aériennes provenant de plusieurs plateformes (Marvin et Wilson, 2016). Les projections de changement climatique ont été explicitement modélisées jusqu'en 2100. Une fois ces dynamiques comprises, révélant une sensibilité particulière du système au volume des précipitations, plusieurs douzaines de solutions d'atténuation des inondations et de combinaisons ont été modélisées. Les solutions ont été classées sur la base des priorités des humains, dérivées de celles des parties prenantes, et des priorités liées à l'occupation des sols et aux infrastructures (tableau 5.1), en considérant également le niveau de protection fourni par chaque solution (y compris lors de phénomènes extrêmes), son coût initial et son coût sur la totalité du cycle de vie, la valeur des terres protégées et la faisabilité, compte tenu des exigences environnementales et des prescriptions en matière d'autorisation (CBCL Limited, 2017). Les priorités ont été obtenues auprès de parties prenantes ciblées, ainsi que lors d'une réunion publique qui n'a rassemblé que relativement peu de gens d'après plusieurs personnes qui y assistaient.

Tableau 5.1. Priorités obtenues auprès de parties prenantes aux fins de l'évaluation des risques d'inondation de Truro

Rang	Santé et sécurité des humains		Occupation des sols		Services infrastructurels	
1	Vie		Hôpital		Traitement et distribution de l'eau	
2	Installations d'urgence		Propriétés résidentielles		Communication	Alimentation électrique
3	Besoins fondamentaux de la vie	Moyens de subsistance			Maisons de retraite	Eau potable
4	Protection contre la pollution de l'environnement		Établissements scolaires		Routes	Épuration des eaux usées
5	Accès à une zone		Équipements industriels		Ponts	
6	Justice sociale		Terres agricoles		Digues et aboiteaux	
7	Routes d'accès régionales		Commerces de détail			
8			Bureaux	Équipements de loisirs		

Source : D'après CBCL Limited (2017), *Truro Flood Risk Study*, <https://www.truro.ca/living-in-truro/truro-flood-risk-study.html>.

Il est à noter que, malgré la forte culture agricole de la région, les terres cultivables et les infrastructures d'endiguement des terres arrivent assez loin dans les priorités (au 6^e rang), qu'il s'agisse de l'occupation des sols ou des infrastructures. Cela s'explique probablement par le fait que les digues agricoles ont été conçues pour tolérer une certaine inondation ; la submersion des terres arables à une fréquence de quelques années était attendue et considérée comme un risque faible, peut-être même comme un phénomène positif du fait des dépôts de sédiments. À l'inverse, les propriétés résidentielles se sont classées au 2^e rang. La construction de logements et d'infrastructures autorisée dans la plaine inondable ne résultait pas d'incitations financières, telles qu'un agrément ou une valeur immobilière majorés, et donc de taxes accrues : la valeur évaluée du mètre carré d'unité résidentielle simple n'était liée ni la proximité de l'eau ni à l'altitude. Ces ouvrages vulnérables ont été une continuation naturelle des premiers aménagements le long des routes riveraines de la mer ou des cours d'eau, et du désir des municipalités de tirer parti des occasions de développement économique créées par la circulation routière.

Le problème des inondations qui touchent Truro est vraiment complexe : aucune solution unique n'a prouvé son efficacité dans toute l'analyse de 2017. En fait, aucune des mesures d'un coût inférieur à 100 millions CAD ne s'est révélée capable de protéger plus de 20 % des zones prioritaires, et la plupart nécessitaient des travaux coûteux de terrassement (rectification du tracé du fleuve, canal de dérivation, par exemple) ou d'entretien (dragage notamment), sans oublier les coûts liés à la kyrielle de défaillances des infrastructures (digues et aboiteaux). Les modèles n'ont établi l'efficacité de la construction de digues qu'au niveau de coût le plus élevé : lorsque ces ouvrages montent aussi haut que nécessaire localement (6 mètres de haut dans certaines zones, avec des problèmes de conception de même grandeur compte tenu de la largeur d'une telle digue à la base) et qu'ils sont associés à un dispositif de pompage spécialisé (30 % des zones prioritaires protégées pour un coût de 300 millions CAD). Dans les années 70, on avait envisagé de construire des aboiteaux supplémentaires pour accélérer le drainage, mais, après modélisation, cette solution s'était révélée inefficace : elle aurait pu protéger quelques secteurs des ondes de tempête, mais bloquait l'écoulement des eaux pluviales qui accompagnent généralement ce type d'événements et pouvait également accroître la sédimentation. D'après les modèles, l'ouverture de digues permettait effectivement de réduire le risque d'inondation (CBCL Limited, 2017). La surélévation des routes et des zones non résidentielles prioritaires, ainsi que le rachat de logements en vue de les détruire ou de les déménager, protègent la plupart des zones prioritaires, mais coûtent autour de 200 millions CAD (en plus du risque probable de troubles civils).

L'analyse laisse surtout entendre que tous les processus de planification et de réglementation devraient être conçus de façon à éviter tout nouvel aménagement de la plaine inondable. En outre, des systèmes d'infiltration des eaux pluviales (surfaces perméables ou conduites perforées d'évacuation des eaux pluviales, par exemple) devraient être prévus dans les nouvelles constructions ou lors du remplacement d'une infrastructure. La modélisation a montré que cette mesure réduisait l'inondation dans les zones prioritaires de 30 à 40 % pour un coût faible.

Les consultants ont également élaboré une recommandation fondée sur des infrastructures, prête à être présentée en cas de possibilités de financement. Le scénario structurel préféré a été la restauration de la plaine alluviale, avec notamment un réalignement des digues permettant de rétablir la zone inondable, et donc sa capacité à stocker l'eau. Ce scénario présentait un bon rapport coût-efficacité et protégeait 29 % des zones prioritaires, mais on prévoyait que le coût de l'élargissement des digues combiné à la construction de pompes pour évacuer l'eau de derrière les ouvrages s'élèverait à 99 millions CAD. Seul, le réalignement des digues ne permettait de réduire le risque pour les zones prioritaires que de 1 % environ, d'après les modèles.

Le rapport complet n'a jamais été publié, bien qu'on puisse le trouver sur le site web de la municipalité de Truro et que les médias aient couvert sa présentation par des salariés de CBCL (l'agence de consultants ayant réalisé l'étude) lors d'une conférence sur les inondations côtières, en 2015 (CBC, 2015). Une étude similaire sur le risque d'inondation, réalisée par CBCL dans une circonscription voisine, avait conduit le conseil municipal à chercher à reclasser une zone résidentielle en zone à haut risque d'inondation pour stopper toute construction future compte tenu du changement climatique. Les citoyens ont protesté au motif que cela pourrait porter atteinte à la valeur immobilière de la centaine de logements déjà construits dans cette zone (CBC, 2016). Aucune municipalité ne voulait s'exposer à une controverse de ce type.

5.4. Contexte général de gestion de l'élévation du niveau des mers en Nouvelle-Écosse

L'espace de transition entre l'océan et la terre est un espace encombré sur le plan juridique, aussi cette section n'aborde-t-elle que le contexte nécessaire à la compréhension de ce cas : climat, côtes, terres endiguées, inondations et terres humides.

5.4.1. Adaptation au changement climatique

L'approche adoptée par le Canada en matière d'adaptation au changement climatique varie en fonction du niveau d'intervention et en fonction des autorités provinciales, mais aussi, à l'intérieur d'une même circonscription, selon les portefeuilles ministériels (pêche, tourisme, énergie, infrastructures ou transports, par exemple), et à l'extérieur, par rapport au secteur privé. Le projet Solutions d'adaptation aux changements climatiques de l'Atlantique offre un exemple de collaboration entre juridictions. Il s'agit d'un partenariat couvrant la période 2009-12 entre les quatre provinces de l'Atlantique du Canada et la division Impacts de changements climatiques et adaptation de Ressources naturelles Canada (RNCan), qui a financé 8.1 millions CAD de travaux de recherche sur l'adaptation au changement climatique dans la région (<https://atlanticadaptation.ca>). RNCan continue de jouer un rôle directeur dans ce domaine au niveau fédéral, comme bailleur de fonds et comme promoteur d'études scientifiques.

Au niveau provincial, l'Environmental Goals and Sustainable Prosperity Act de 2007 (loi sur l'environnement et sur la prospérité durable) a posé les fondements d'une action climatique, prévoyant des incitations à toute une série d'activités d'atténuation du changement climatique, d'adaptation à ce changement et d'éducation, et fixant notamment des cibles ambitieuses d'énergies renouvelables (25 % d'ici à 2015, cible atteinte, et 40 % à l'horizon 2020, par exemple). Un plan d'action contre les changements climatiques a suivi en 2009, formalisant l'engagement de créer une direction chargée de cette question au sein du ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse pour « collaborer avec les ministères et les municipalités, les organismes, les établissements scolaires et les hôpitaux de la province en vue de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de veiller à ce que des mesures d'adaptation efficaces soient mises en œuvre » (NSDE, 2009). L'objectif est ici de jouer un rôle moteur et d'avoir une action éducative plutôt qu'une action réglementaire. Cela étant, la Nouvelle-Écosse a rendu obligatoire la création de plans d'action municipaux sur les changements climatiques (PAMCC) d'ici à 2014, ce qui en a fait la première province canadienne à exiger des plans locaux de lutte contre les changements climatiques.

5.4.2. Protection côtière

Toutes les activités menées dans la zone économique exclusive (à savoir, 200 miles nautiques à partir de la laisse de basse mer moyenne) relèvent des autorités fédérales. Ainsi, le ministère de Pêches et des Océans (MPO) est l'organisme fédéral central chargé de gérer les activités menées au large des côtes, tandis que la protection des ressources hydriques contre la pollution est sous la responsabilité d'Environnement et Changement climatique Canada. Au-dessus de la laisse de basse mer moyenne, c'est la province qui est compétente. Le NSDNR est un organisme provincial essentiel dans la prise de décisions touchant la protection côtière. Sa compétence s'étend aux plages, aux terres publiques et aux parcs provinciaux, aux sentiers sur terre et au-dessus des cours d'eau. Le NSDNR est également responsable de la protection et de la conservation des espèces menacées d'extinction ainsi que de la conservation de la faune et de la flore sauvages et de leurs habitats, à l'exception

des espèces de poissons, qui dépendent du ministère de Pêches et des Océans (MPO, 2009). Le NSDA est responsable des terres endiguées (voir la section suivante).

« La Nouvelle-Écosse possède au moins 45 lois internationales, fédérales, provinciales et municipales qui traitent de ses ressources côtières » (CBCL Limited, 2009). Malgré cela, il manque des textes critiques, pour orienter la protection côtière de la province, par exemple. Une Stratégie côtière, longtemps différée, est en cours de rédaction par le ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse (Grady, 2018). Dans certains contextes, des décisions d'abandonner ou de réaligner quelques-unes des infrastructures côtières face à l'élévation du niveau des mers ont été empêchées par crainte du coût politique supposé. La majeure partie du littoral est sous le contrôle de propriétaires privés qui ont un certain nombre de rôles à jouer et de responsabilités à assumer dans la prise de décisions de gestion du risque et la mise en œuvre de cette gestion, mais, comme nous l'avons déjà vu, la faiblesse du contexte réglementaire crée une ambiguïté.

Terres endiguées

Le NSDA est responsable de l'aménagement et de la gestion des digues et des terres qu'elles protègent en vertu de l'Agricultural Marshland Conservation Act de 2000 (loi de conservation des terres agricoles en zone marécageuse) (Robinson, van Proosdij and Kolstee, 2004). Le ministre de l'Agriculture peut décider d'aménager, d'entretenir, d'améliorer et de protéger les digues, les terres endiguées et les marais agricoles, sous réserve de l'approbation du gouverneur en conseil. Ce dernier peut constituer une Agricultural Marshland Conservation Commission afin de conseiller le ministre de l'Agriculture sur les questions de protection et d'entretien des digues, des terres endiguées et des marais. Cette commission examine également les recours liés à l'Agricultural Marshland Conservation Act et approuve les règlements édités par le Marsh Body. Le ministre de l'Agriculture peut aussi nommer un Marshland Administrator, à qui il revient d'exécuter les tâches administratives imposées par la Loi. Les propositions de changement apporté aux terres endiguées doivent aussi être approuvées par la Première Nation Mi'kmaq et par le ministère des Communautés, de la Culture et du Patrimoine de la Nouvelle-Écosse, qui est responsable des ressources archéologiques, ce qui inclut les terres endiguées acadiennes elles-mêmes et d'autres ressources qui se trouvent dans des zones protégées par des digues, en vertu de la Special Places Protection Act de 1989, qui traite de la protection des sites remarquables (NSDE, 2005).

Les propriétaires fonciers individuels jouent un rôle important dans la gouvernance des terres endiguées. Un Marsh Body est un collectif de propriétaires de terres marécageuses qui formulent auprès de la Marshland Conservation Commission une demande visant à doter le Marsh Body d'une personnalité morale (presque comme une petite municipalité) pour une *marshland section*, c'est-à-dire une superficie de terres marécageuses susceptible d'être traitée comme une seule et même unité lors de travaux de construction et d'entretien (Agricultural Marshland Conservation Act, 2000). Le Marsh Body peut acquérir, vendre et louer des biens mobiliers et peut décider de construire et de réparer des digues à ses propres frais ou dans le cadre d'un accord avec le ministre de l'Agriculture. Il peut aussi édicter des règlements, soumis à l'approbation de la Commission.

Un Marsh Body doit se doter d'un comité exécutif, chargé de remplir les tâches administratives du collectif et d'évaluer et d'apprécier les marais et les terres endiguées. Fait notable, le président et le secrétaire du comité sont investis d'une autorité égale à celle du maire et du trésorier d'une ville lorsqu'il s'agit de décider de travaux tels que la restauration d'une digue ou l'entretien d'un dispositif de drainage, par exemple. Le comité

exécutif est placé sous le contrôle du gouverneur en conseil, lequel peut lui retirer toute autorité s'il cause un préjudice permanent au marais ou aux terres endiguées. Le gouverneur en conseil peut alors transférer à nouveau les activités et l'autorité du comité à la Marshland Conservation Commission. Par ailleurs, l'Agricultural Marshland Conservation Commission assume les rôles et les responsabilités du Marsh Body si celui-ci n'est pas actif (Office of the Legislative Counsel, 2000).

Terres humides

Le ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse est compétent s'agissant de délimiter et de protéger les marais salés considérés comme constituant des terres humides d'une importance particulière (Environment Act, loi sur l'environnement) et d'inverser la tendance à la perte de terres humides historiques dans la province par des mesures de restauration (Wetland Conservation Policy, politique de conservation des terres humides). L'exclusion de toute perte inscrite dans la politique provinciale de conservation des terres humides (2011) impose, entre autres, que la destruction de terres humides lors de travaux de construction soit compensée, généralement par la création d'une zone ayant les mêmes caractéristiques (Austen et Hanson, 2007). La compensation type dépend de la nature et de la qualité des terres humides perdues et gagnées. Ainsi, dans le cas d'un marais d'eau douce remplacé par un autre de même nature, la compensation impose un rapport de 2 pour 1, soit deux hectares créés ou restaurés pour chaque hectare perdu, mais ce ratio sera probablement de 4 pour 1 dans le cas d'un marais salé remplacé par un marais d'eau douce ou de 1 pour 1 dans le cas d'un marais d'eau douce remplacé par un marais salé. Les projets de compensation les plus recherchés sont ceux qui proposent des marais salés ainsi que des terres humides situées dans un parc ou dans l'aire d'alimentation de captages d'eau potable, et la restauration est préférable à la création (car cette dernière échoue souvent). Ces différences s'expliquent par l'étendue des pertes de zones humides maritimes ou de marais salés en Nouvelle-Écosse, estimées à 85 % sur la baie de Fundy (Hanson et Calkins, 1996).

Le ministère des Transports et du Renouveau de l'infrastructure de la Nouvelle-Écosse (NSTIR) effectue un grand nombre d'opérations de « compensation » de ce type du fait de ses activités de construction de routes et d'entretien d'infrastructures. Nombre de ces travaux d'entretien menés pour faire face à l'élévation du niveau des mers impliquent en effet de surélever les infrastructures, ce qui suppose également d'en élargir la base pour garantir leur stabilité et accroît donc l'emprise des ouvrages. Cela ne fait qu'aggraver la constriction côtière due aux infrastructures, constriction qui menace de plus en plus les estrans et les habitats qu'ils abritent (Pontee, 2013). Le NSDNR s'intéresse aussi aux terres humides en raison des habitats qu'elles fournissent aux oiseaux d'eau. Cet intérêt passe notamment par le Plan conjoint des habitats de l'Est du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine.

Gestion des risques d'inondation

Bien que l'administration fédérale n'ait plus aucune responsabilité directe dans la gestion des digues et des terres endiguées, elle a joué un rôle important dans la gestion des risques d'inondation. En 1975, l'administration fédérale a lancé le Programme de réduction des dommages causés par les inondations (PRDI), en collaboration avec toutes les administrations provinciales et territoriales (ECCC, 2013). L'objectif central de ce programme était d'identifier et de désigner les zones à risque d'inondation, et d'encourager les administrations provinciales à s'interdire de construire, d'approuver ou de financer de nouveaux aménagements dans les zones désignées. Ces accords visaient également à décourager les administrations provinciales d'intervenir au moyen de mesures structurelles

« non rentables » (comme des digues ou des barrages) s'il existait des solutions préventives et non structurelles, comme la réglementation de l'occupation des sols, les mesures structurelles d'un bon rapport coût-efficacité et propres à soutenir des mesures non structurelles étant néanmoins admises. De plus, ils préconisaient fermement d'exclure de l'indemnisation des dommages causés par les inondations tout nouvel aménagement effectué dans les zones désignées (ECCC, 2013).

Truro était l'une des zones à haut risque identifiées par le PRDI ; toutefois, la ville a été informée, après une étude menée en 1988, qu'elle serait encore indemnisée une fois, mais que cette indemnisation serait la dernière. Le PRDI a été clôturé en 1999 (de Loë et Wojtanowski, 2001). D'autres fonds sont venus le remplacer. Aujourd'hui, Sécurité publique Canada finance un Programme national d'atténuation des catastrophes (2015-20) de 200 millions CAD, qui comprend les Accords d'aide financière en cas de catastrophe, dans le cadre d'un accord de cofinancement conclu entre les administrations fédérale et provinciales. En Nouvelle-Écosse, ce fonds est administré par le Bureau de gestion des urgences (BGU) du ministère provincial des Affaires municipales (NSDMA), couvrant jusqu'à 50 % des projets provinciaux admissibles : évaluation des risques d'inondation, cartographie des inondations, planification de l'atténuation des inondations et investissement dans les projets non structurels et les projets structurels à petite échelle visant l'atténuation des risques d'inondation. Le ministère des Affaires municipales administre également le Nouveau Fonds Chantiers Canada (également appelé Fonds des petites collectivités), financé par le budget fédéral et qui vise à permettre aux municipalités et aux villages de moins de 100 000 habitants d'élaborer des infrastructures de réduction des risques liés aux catastrophes et des infrastructures de réseaux.

L'administration fédérale dispose d'un autre dispositif de financement destiné à favoriser l'adaptation au changement climatique en influençant le développement infrastructurel au niveau municipal. À l'occasion du budget fédéral de 2005, l'administration a lancé le Fonds fédéral de la taxe sur l'essence, qui se voulait un mécanisme de financement *ad hoc* du développement infrastructurel des communes. Ce dispositif a été rendu permanent en 2011 et constitue désormais un fonds stable doté de 2 milliards CAD par an et revalorisé de 2 % chaque année. Le fonds est distribué sur la base du nombre d'habitants et prévoit un niveau minimal de financement pour les régions les moins peuplées (0.75 % du total du fonds), le tout réglementé par des accords conjoints conclus entre les administrations fédérale et provinciales (Dupuis, 2016). L'atténuation des effets des catastrophes naturelles est l'une des 11 catégories qui donnent droit au financement d'infrastructures par ce fonds fédéral, y compris des infrastructures de collecte des eaux de pluie et autres infrastructures de réseaux (NSDMA, 2015a). Pour avoir accès à ces fonds, l'administration fédérale exige que chaque municipalité élabore des plans intégrés pour la durabilité de la collectivité afin d'encadrer une utilisation efficace du financement (NSDMA, 2007) ; la Nouvelle-Écosse y ajoute l'obligation de définir des plans d'action municipaux sur les changements climatiques. Toutes les municipalités ne disposant pas en interne des moyens nécessaires à cette planification, nombre d'entre elles ont fait appel à des personnes extérieures, telles que des consultants ou des équipes universitaires, pour élaborer ces plans ou pour aider les services municipaux à le faire (Warburton et MacKenzie-Carey, 2013).

En plus des fonds fédéraux mentionnés précédemment, le NSDMA gère deux autres dispositifs de financement des infrastructures municipales (NSDMA, 2015b) :

1. Le Flood Risk Infrastructure Investment Program (mentionné précédemment) est une initiative de l'administration provinciale destinée à financer les études et les programmes d'aménagement d'infrastructure de gestion des eaux de crue

intérieures (correction du lit des cours d'eau, amélioration des canaux de dérivation, atténuation de l'intensité des crues, problème de contamination des eaux de crue).

2. Le Provincial Capital Assistance Program (programme d'aide aux immobilisations) participe au financement des programmes municipaux prioritaires en matière d'infrastructure, y compris concernant les réseaux de collecte des eaux de pluie, afin de réduire la charge financière pesant sur les administrations municipales.

De façon générale, toutefois, le Gouvernement de la Nouvelle-Écosse se préoccupe davantage des inondations liées aux masses d'eau douce que des inondations côtières ; aucune loi, politique ni procédure n'est encore en place pour orienter les décisions en matière de planification ou de solutions de réaligement (Analyste environnemental du NSTIR).

Les municipalités établies le long des côtes de la Nouvelle-Écosse ont des rôles, des responsabilités, un pouvoir et des compétences essentiels en matière de gestion des risques d'inondation, qui leur sont conférés par la loi de 1998 sur l'administration municipale (Municipal Government Act). Comme cette loi l'y invite, chaque municipalité peut élaborer des stratégies de planification municipale – un document contenant un plan détaillé des infrastructures existantes et des aménagements futurs acceptables ainsi que d'autres modes d'occupation des sols (agriculture, loisirs, etc.). Les municipalités peuvent aussi édicter des règlements d'occupation des sols visant à mettre en œuvre les stratégies de planification municipale. Cependant, les municipalités n'ont aucune obligation de mettre ces stratégies en place : du fait de niveaux de ressources et de compétences internes très différents, 40 municipalités sur 51, dont Truro, ont élaboré des stratégies détaillées ; les 11 autres n'ont abordé qu'une seule question (GNS, 2018). Les plans s'inspirent des Énoncés d'intérêt provincial (NSDMA, 2016). Un Énoncé d'intérêt provincial est un recueil de directives à l'intention des gouvernements provinciaux, géré par le ministère des Affaires municipales en vue de l'élaboration des stratégies de planification municipale et des règlements relatifs à l'occupation des sols et couvrant cinq grands domaines : 1) l'eau de boisson, 2) les zones à risque d'inondation, 3) les terres agricoles, 4) les infrastructures et 5) le logement.

Les directives relatives aux zones à risque d'inondation sont fondées sur l'ancien PRDI de la Nouvelle-Écosse, qui recensait ces zones (NSDMA, 2016). Elles découragent fortement le développement d'infrastructures dans ces zones à haut risque, mais leur mise en application relève des municipalités (NSDMA, 1998). Étant donné que la plupart des activités de gestion des infrastructures de protection du littoral (digues et barrages, par exemple) et des espaces publics côtiers (plages, terres humides, terres de la couronne, entre autres) sont sous la responsabilité d'organismes provinciaux et que la gestion des marais agricoles incombe au NSDA et aux Marsh Bodies, aucune de ces directives ne s'intéresse directement à la question des inondations côtières. Cela étant, dans la baie de Fundy, un certain nombre de plans d'action municipaux sur les changements climatiques prennent effectivement en compte des infrastructures de protection du littoral, comme des digues, et vont même jusqu'à préconiser des tailles de marais de basse plage et de marais limitrophe ; les municipalités peuvent donc exercer une autorité considérable dans les zones côtières si elles décident de le faire.

À ce jour, les inondations côtières ne font pas partie des sinistres couverts par la majorité des compagnies d'assurances, mais en mai 2018 *The Co-operators* est devenu la première compagnie à proposer d'inclure les dommages causés par des inondations côtières et des ondes de tempête dans leur police Eau multirisque. Ce type de produits nécessite une bonne cartographie des risques, qui commence tout juste à être disponible ; il reste que le fait que

« les pertes liées aux inondations sont souvent directement imputables à un sous-investissement dans les infrastructures publiques, à une mauvaise gestion des actifs, à un code du bâtiment obsolète et à une planification inefficace de l'occupation des sols » ainsi qu'à un manque de terres humides fonctionnelles vient compliquer le problème. De plus, comme l'étude de cas sur la ville de Truro le démontre, la frontière entre inondation et inondation côtière est parfois floue.

Même si les propriétaires d'habitation et les collectivités s'emploient à atténuer les effets des inondations, les experts des assurances laissent entendre que le coût croissant des produits d'assurance et l'effritement du soutien des contribuables ou de leur capacité à financer des aides à la reconstruction lorsqu'il se produit des phénomènes de grande ampleur vont imposer un examen sérieux des solutions de réaligement et d'autres solutions fondées sur la nature (Moudrak et al., 2018). À l'automne 2017, le ministre canadien de la Sécurité publique a demandé au Bureau d'assurance du Canada de présider un groupe de travail « chargé de créer un plan d'action visant à transférer le risque d'inondation, des contribuables vers les personnes effectivement concernées par ce risque ». La possibilité que l'on s'oriente vers une responsabilité croissante des propriétaires d'habitation va à l'encontre de la façon dont les résidents considèrent le problème, comme on a pu l'entendre dans des villes telles que Big Lake, Hantsport et Advocate Harbour.

5.5. Réalignement des digues et restauration des marais salés dans le secteur North-Onslow

Le projet de réaligement des digues et de restauration d'un marais maritime dans le secteur North-Onslow réunissait des partenaires issus de l'administration, des collectivités, des milieux universitaires et de l'industrie. Lancé par le ministère des Transports et du Renouvellement de l'infrastructure de la Nouvelle-Écosse (NSTIR), en coopération avec les ministères provinciaux de l'Agriculture et de l'Environnement, ce projet avait comme but premier la création d'une « banque » de « crédits d'habitats » de marais salés pour compenser la perte ou la détérioration de terres humides causées par les futurs projets d'infrastructure du NSTIR. Le fleuve Salmon, qui coule le long de Truro avant de se jeter dans le bassin des Mines de la baie de Fundy, subit l'influence des marées jusqu'en amont du site du projet North-Onslow (NS067). L'emplacement du site au confluent de la rivière North et du fleuve Salmon crée des schémas complexes d'eaux, de sédiments et de mouvements des glaces, qui entraînent des coûts élevés d'entretien de l'infrastructure de digues et d'aboiteaux, une montée en épaisseur de la glace en hiver et un risque accru d'inondation. De ce fait, le projet visait également à :

- réduire les frais courants d'entretien de la digue supportés par le NSDA en réduisant la longueur totale de l'ouvrage et le nombre d'aboiteaux ;
- renforcer la protection des infrastructures publiques et privées ainsi que des terres agricoles viables ;
- réduire le risque d'inondation et renforcer la résilience face au changement climatique par la restauration de la plaine inondable, une des actions recommandées dans l'étude de 2017 sur les risques d'inondation (Flood Risk Study) (CBCL, 2017).

Cette stratégie ne nécessitait le déménagement d'aucun immeuble résidentiel, mais quelques petits terre-pleins devraient être ajoutés pour assurer la protection d'une propriété. À mesure de la conversion de l'ancienne terre endiguée en marais de basse plage, il serait

nécessaire de maintenir l'accès à certaines infrastructures de transport d'électricité, trop coûteuses à déplacer.

5.5.1. Gouvernance

CB Wetlands and Environmental Specialists (CBWES), en partenariat avec Saint Mary's University et Queens University, a été chargé en décembre 2016 d'élaborer un plan de réaligement des digues et de restauration de la parcelle nord des terres endiguées du secteur North-Onslow. Le périmètre du projet comprenait la détermination en collaboration avec le NSDA et le Marsh Body de l'emplacement optimal des nouvelles digues et des zones d'emprunt de matériaux de construction ; le choix de l'emplacement et de la taille des brèches à pratiquer dans l'ancienne digue ; la création d'un plan de conception de la restauration du marais maritime ; et l'anticipation de l'incidence de la restauration sur les habitats. Ce volet était financé par le NSTIR dans le cadre du processus de compensation des terres humides.

En Nouvelle-Écosse, toute activité proposée qui est susceptible de modifier les limites d'une section de terres marécageuses (*marshland section*) pour laquelle le Marsh Body a reçu la personnalité morale doit faire l'objet d'une consultation et d'un accord avec cet organisme, accord qui doit être accepté à la majorité des deux tiers des membres présents au vote, conformément à l'Agricultural Marshland Conservation Act (2000, ch. 22, art. 13b). Le processus d'association du Marsh Body au projet a complété cette consultation, comme le prévoit la Marshland Act, en permettant d'ouvrir le dialogue avec les membres du Marsh Body et les propriétaires limitrophes, et de les inviter à se joindre aux travaux de conception du projet. Une consultation avec la Compagnie des chemins de fer nationaux du Canada et Nova Scotia Power s'est également imposée du fait de la présence d'infrastructures de transport ferroviaire et de transport d'électricité sur le site du projet. Enfin, une évaluation des ressources archéologiques a été demandée.

Au lancement du projet, on trouvait sur le site un mélange de surfaces fourragères (foin, terres pâturées) et de terres agricoles en jachère. Le NSDA n'avait pas les moyens d'entretenir la digue et l'un des aboiteaux avait besoin d'être remplacé pour que le dispositif reste fonctionnel. La majorité des terres endiguées nécessaires au projet avaient été achetées par le NSTIR en 2016 en prévision du projet, mais plusieurs parcelles contiguës à la plaine inondable n'avaient pas été acquises. La vulnérabilité de ces terres à l'inondation a été évaluée et des mesures d'atténuation devaient être recommandées dans le plan de conception. Malgré ses origines agricoles, le site présente des complexités pour un réaligement de ce type : la ligne de chemin de fer de CN Rail décrit sa limite est, le cimetière d'Onslow Island, dont la création remonte à 1763, se trouve à l'intérieur de sa limite ouest et une ligne de transport d'électricité coupe le site. La consultation avec CN et Nova Scotia Power était nécessaire pour contrôler les risques potentiels pesant sur leurs infrastructures respectives soit en prévoyant des mesures de protection contre les inondations, soit en relocalisant ces infrastructures, mais, notifiés en même temps que les autres propriétaires, ces organismes ont rejoint tardivement les travaux de planification.

À l'issue de la consultation avec le personnel du NSDA et après une analyse complémentaire du marais couvrant l'historique du site, les conditions d'habitat et l'hydrologie, plusieurs tracés préliminaires des digues ont été établis à titre de validation de concept pour orienter les premières activités de planification et de consultation. Différentes solutions de réaligement des digues et différents plans de conception de la restauration du marais maritime ont été testés à l'aide du logiciel de modélisation hydrodynamique *Delft 3D* (comprenant les débits de marée, les écoulements superficiels et

le débit des cours d'eau) et ont été validés en utilisant les mêmes mesures sur le terrain des niveaux d'eau et de l'activité sédimentaire que celles dont CBCL disposait pour son étude des risques d'inondation. Ces travaux de validation ont toutefois été entravés par des enregistrements insuffisants, dus par exemple au manque de marégraphes permanents à proximité du site : le plus proche, exploité par le Service hydrographique du Canada, se trouvait à 200 km de l'autre côté de la baie de Fundy, à Saint John (Nouveau Brunswick) ; tous les autres marégraphes disponibles avaient été installés pour des projets à court terme de conseil ou de recherche.

5.5.2. Consultation

L'objectif était de parvenir, par la collaboration, à un réalignement et à un plan de conception de la restauration qui ne seraient pas seulement acceptés, mais soutenus, par le Marsh Body. À cette fin, on a organisé une série de réunions ouvertes, une réunion centrée sur un sujet particulier et des conversations informelles avec des parties prenantes prises individuellement. Avant le lancement de ce projet toutefois, l'Onslow Marsh Body n'était pas actif, aussi la première étape a-t-elle consisté à réactiver le collectif, puis à le doter de la structure et à lui fournir l'information et les outils nécessaires à une participation efficace. La première réunion a permis de présenter l'idée et la justification du projet. Les questions soulevées par le Marsh Body à ce stade portaient sur les autres solutions possibles aux problèmes d'inondation, lesquelles étaient difficiles à écarter étant donné que le rapport de CBCL n'avait pas encore été rendu public. Le deuxième problème a été la difficulté à interpréter les cartes issues de la modélisation des inondations : lorsque les résidents ont vu les limites d'inondation produites par les modèles pour les scénarios préliminaires, ils ont eu de mal à comprendre la faible fréquence à laquelle ce niveau serait atteint, étant donné les conditions de forte marée de ce site (Archer, 2013^[1]).

Sur toute la période de consultation, la question la plus sujette à controverse s'est révélée être celle des moustiques. D'aucuns redoutaient que la restauration des habitats de marais maritime ne conduise à une augmentation des populations de moustiques comme celle qu'avait connue Moncton après l'ouverture des aboiteaux de Petitcodiac (Gerwing et al., 2017). L'un des propriétaires fonciers, en particulier, directeur d'une attraction touristique des environs, s'inquiétait de cette éventualité. Pour répondre à cela, des experts originaires de la région ont été invités à débattre du processus de contrôle des larves de moustique dans les retenues d'eau de pluie des terres endiguées en jachère et d'application des produits larvicides nécessaires à la limitation du nombre de moustiques. À cela s'ajoutait le fait qu'une fois installées dans le marais salé, les populations de prédateurs contrôlèrent les populations de moustiques, et qu'un drainage efficace permettrait de veiller au maintien de l'équilibre.

La dernière réunion du Marsh Body a permis de présenter le plan de réalignement proposé et de répondre aux questions restantes, puis de procéder au vote prévu par la Marshland Act sur la modification des limites de la digue et, ce faisant, de permettre au projet d'avancer. La réunion était ouverte aux propriétaires limitrophes, mais seuls les propriétaires de terres marécageuses ont pu voter. Chaque propriétaire disposait d'une voix, indépendamment de la superficie qu'il possédait, la majorité des deux tiers étant requise. La présidence du Marsh Body a indiqué que les propriétaires appréciaient qu'on leur ait largement laissé le temps de réfléchir à tout cela. Le projet a été accepté à l'unanimité, à deux conditions : 1) qu'un protocole de gestion, y compris de surveillance, des organismes nuisibles soit élaboré dans le cadre du projet et 2) que le Marsh Body soit tenu informé en permanence.

5.5.3. Plan de conception

Une fois le vote favorable du Marsh Body obtenu et le tracé définitif sélectionné, il a été possible de mettre la dernière main aux spécifications techniques du plan de conception (Graphique 5.1), qui devaient permettre d'atténuer les inquiétudes quant à la création d'un habitat supplémentaire de reproduction des moustiques, de faire des marais salés des écosystèmes sains et, avec un peu de chance, de réduire le risque d'inondation pour Truro. L'élément fondamental pour maîtriser la structure et la fonction des habitats de marais maritime est la submersion par l'eau salée (Mitsch et Gosselink, 1986 ; Neckles et Dionne, 2000). C'est en effet l'hydropériode d'une zone humide (la fréquence à laquelle cette zone est inondée par la mer et la durée de cette inondation) qui détermine la superficie de marais directement disponible comme habitat, et donc susceptible de constituer un crédit de compensation. La première étape d'un plan de conception de ce type consiste à modéliser la suppression pure et simple de la barrière, dans ce cas la digue, pour voir comment l'eau inonde le site naturellement. Cela permet de déterminer les aspects, les zones ou les infrastructures qui risquent d'être exposés ou de subir des effets négatifs. On peut alors étudier et modéliser les modifications à apporter au plan et les mesures d'atténuation (nouvelles digues, creusement de fossés ou rectification du niveau du sol, par exemple) à incorporer pour limiter ces effets.

Dans le cas de ce projet, il a été établi que deux nouvelles digues seraient nécessaires du côté terre de la structure existante : 1) la digue principale (1 km), le long de l'extrémité ouest du site, pour protéger le marais actif et le cimetière historique, et 2) une petite digue au coin est du site, pour protéger les infrastructures de CN. En outre, pour permettre une inondation efficace et réduire les eaux stagnantes, susceptibles d'offrir un habitat de reproduction au moustique, il était nécessaire de créer un réseau de canaux et d'ouvrir l'ancienne digue en plusieurs endroits. Les ouvertures dans la digue et la largeur des canaux ont été calculées en faisant appel à la géométrie hydraulique (Graham, 2012 ; Williams et Orr, 2002) et l'emplacement des canaux a été sélectionné sur la base de la délimitation du réseau et des traces des anciens étiers détectées sur des vues aériennes historiques. Trois des quatre aboiteaux existants devaient être supprimés, y compris la structure à trois conduits sur le ruisseau McCurdy, et un nouvel aboiteau construit dans la digue est pour protéger et drainer les terres basses au-delà de la ligne de chemin de fer. Un modèle numérique d'élévation lidar – des levées topographiques – et plusieurs marégraphes déployés par CBCL en 2014 et CBWES en 2017 ont aidé à concevoir le réseau hydraulique du nouveau marais.

5.5.4. Mise en œuvre

La mise en œuvre du plan décrit ci-dessus est toujours en cours. L'évaluation archéologique de phase 1, menée conformément à la Nova Scotia Special Places Protection Act dans le cadre d'un *Heritage Permit* (permis de fouille) par une société de conseil, a constaté la présence d'artefacts éparpillés à l'extrémité nord de l'emprise de la digue intérieure proposée ; ces artefacts étaient d'un type déjà enregistré dans le Maritime Archaeological Resource Inventory (inventaire des ressources archéologiques des Maritimes). Aucune autre ressource archéologique importante n'a été recensée dans cette zone, mais, comme on l'a mentionné précédemment, la digue intérieure a été déplacée légèrement vers l'est pour éviter tout dommage potentiel au cimetière implanté depuis 250 ans dans une partie haute du marais.

La surveillance sera minutieuse, car ce réalignement représente un précédent important. Bien que cela ne constitue pas encore une obligation au niveau provincial, sur les

15 dernières années, le NSTIR a financé un contrôle préalable des travaux de restauration de marais maritime ainsi qu'une surveillance de cinq ans des travaux terminés sur tous les sites provinciaux où une telle restauration a eu lieu. CBWES est responsable de la collecte de données et de l'analyse des changements de l'état hydrologique, de la végétation, de la qualité de l'eau, des sols et des sédiments, de la morphologie des marais, de la biologie des espèces formant le necton et de l'élévation de surface du marais. Saint Mary's University suivra également ses changements géomorphologiques, surveillant par exemple l'accrétion sédimentaire, au moyen de drones, et s'efforçant de quantifier le potentiel de stockage du carbone que représente le marais salé restauré. On estime également que, dans les cinq à huit ans qui suivront l'ouverture des digues, le marais maritime restauré de North-Onslow fonctionnera à un niveau proche de l'optimum pour ce qui est des habitats de marais salé et des services écosystémiques régulateurs (agissant comme protection contre les tempêtes, par exemple).

Ce projet n'a pas donné lieu à une analyse coût-avantages complète (intégrant les avantages indirects des écosystèmes et de l'atténuation des inondations), mais les coûts directs actuellement comptabilisés confirment le bon rapport coût-efficacité de la solution de réalignement dans le secteur North-Onslow. On estime que le réalignement des digues se traduira par une économie de 520 000 CAD environ (tableau 5.2). D'autres avantages, comme le stockage du carbone et l'atténuation des inondations, seront quantifiés de façon empirique à mesure que le projet progressera et permettront d'éclairer les décisions futures. La valeur actuelle des terres protégées est égale à 400 000 CAD, hors infrastructures de réseaux (NS Power) et infrastructures fédérales (CN, par exemple).

Tableau 5.2. Coûts directs d'entretien de la digue en place (y compris la surélévation jusqu'aux niveaux de hautes eaux prédits à l'horizon 2055) comparés à la solution de réalignement de l'infrastructure d'endiguement et de restauration du marais maritime.

CAD de 2018

Maintien du statu quo et surélévation de la digue en place		Réalignement de l'infrastructure d'endiguement	
Modernisation de l'aboteau sur le ruisseau McCurdy	1 500 000	Achat de terres (18 parcelles, 92.5 ha)	1 500 000
Surélévation de 3.5 km de digue en place	500 000	Archéologie	500 000
Coût estimé de 10 ans d'entretien standard	180 000	Terrassement et ouverture	180 000
		Faisabilité, plan et référence	161 000
Total	2 180 000	Total	2 180 000

5.6. Résultats et enseignement tirés de l'expérience

Ce projet est encore en construction, aussi son efficacité à réduire les risques d'inondation de Truro reste-t-elle à vérifier. De nombreuses incertitudes subsistent : le délai de réinstallation du marais maritime et sa capacité à jouer un rôle tampon efficace ; l'incidence du réalignement des digues sur les modes de sédimentation et le déplacement des glaces ; et la façon dont ces changements agiront sur le système hydraulique dynamique en place. Comme pour les précédents projets de restauration de marais maritimes menés par CBWES (Bowron et al., 2012), un programme complet de cinq ans de surveillance post-restauration aidera à combler ces vides dans la compréhension des phénomènes. Bien que les effets physiques ne puissent pas être directement examinés, il est possible de déterminer plusieurs autres résultats et enseignements utiles pour la gouvernance de ce type de changement social et d'aménagement du paysage.

Tout d'abord, grâce à une collaboration efficace entre tous les échelons de l'administration, l'absence de politique d'atténuation du changement climatique ou de protection du littoral n'a pas entravé l'action d'adaptation à ce changement étudiée dans ce cas. Un certain nombre d'éléments se sont mis en place simultanément, qui ont permis au projet d'être proposé comme une solution potentielle à de nombreux problèmes, et à plusieurs autorités de conjuguer leurs efforts. Des terres endiguées marginales ont été proposées à la vente au moment même où le NSTIR cherchait des crédits de zone humide pour compenser ses travaux de construction. La taille du marais salé où l'on projetait une restauration d'habitats (93 ha environ) était particulièrement intéressante pour le ministère provincial de l'Environnement, compte tenu de la responsabilité de ce dernier en matière de politique de conservation des terres humides excluant toute perte. Cela lui a permis d'offrir au NSTIR un ratio de compensation réduit de moitié par rapport à ce qui est habituellement exigé. Cet accord avec le ministère provincial de l'Environnement signifiait que le NSTIR pouvait préconiser l'achat des terres endiguées à un prix attrayant pour le propriétaire. Les dépenses d'investissement liées à l'infrastructure d'endiguement protégeant ces terres marginales posaient déjà problème pour le NSDA, et celui-ci avait amorcé un processus de priorisation destiné à éclairer les décisions relatives aux terres endiguées, telles que l'entretien, le réaligement ou l'abandon. Dans ce cas, le réaligement réduisait la longueur de digue à entretenir, de 3 000 m à 1 250 m. La moitié du coût du projet non prise en charge par le NSTIR pouvait être fournie par le Programme national d'atténuation des catastrophes, par le truchement de la municipalité, grâce aux données de modélisation plausibles auxquelles l'analyse des risques d'inondation menée par le CBCL avait abouti, selon lesquelles l'élargissement des digues contribuerait à réduire le risque d'inondation pour Truro.

Ce qui précède constitue un résultat positif en termes de couverture de zones humides, de compensation des travaux de construction, d'entretien des digues et de rémunération des propriétaires. Il est à noter que cette collaboration a vu le jour en partie du fait des contraintes budgétaires.

On remarquera que l'adaptation au changement climatique est absente de cette liste de résultats incontestablement positifs. Cela tient au fait qu'en dépit des nombreuses données prouvant l'utilité d'approches de ce type pour se protéger contre les inondations et l'érosion et, potentiellement, pour atténuer le changement climatique en stockant du carbone, on ne sait pas encore si le marais restauré jouera effectivement un rôle adaptatif face à l'élévation du niveau des mers dans cet environnement complexe. En l'absence d'une politique forte, il est difficile de porter l'un quelconque des résultats positifs cités précédemment au crédit de la volonté des pouvoirs publics d'engager une action climatique. Cela étant, le ministère provincial de l'Environnement a joué un rôle critique dans l'accompagnement de ce processus, et pas uniquement concernant l'accord de compensation évoqué plus haut. Depuis de nombreuses années, la direction de ce ministère chargée du changement climatique travaille à faire évoluer la culture des responsables gouvernementaux en matière de problèmes climatiques, y compris en organisant des cours à leur intention.

Même si les résultats concernant la protection contre les inondations sont incertains, la valeur de ce processus reproductible ne l'est pas. Les objectifs climatiques sous-tendent toute l'entreprise et, s'il réussit, le projet constituera un précédent essentiel. C'est un premier pas important dans le projet à long terme d'adaptation au changement climatique, avec un niveau de risque relativement faible de surcroît, puisque le projet atteint déjà tant d'autres objectifs.

Bien sûr, ce projet n'est pas exempt de risque. Modifier un aspect quelconque d'un système hydrologique aussi évolutif que celui de Truro peut produire des résultats inattendus. On

n'a pas modélisé de façon systématique les effets du plan de réaligement des digues utilisé dans ce projet sur l'inondation ou la sécurité du public en amont de l'étendue prévue de pénétration de la marée à l'horizon 2100. Il est donc possible, par exemple, que la nouvelle hydrologie découlant de ce projet aggrave les problèmes de sédimentation dans le lit principal du fleuve, modifie localement les réseaux de drainage et les régimes des crues, ou influe défavorablement sur le comportement des glaces. De même, le fait qu'une solution donne de bons résultats, mesurés en pourcentage des zones prioritaires où le risque d'inondation a été atténué, n'exclut pas que des personnes soient encore exposées dans des endroits précis. La modélisation de solutions similaires par CBCL apporte quelques éléments indiquant qu'un projet de réaligement de digues tel que celui examiné ici pourrait déplacer une partie du risque d'inondation vers d'autres zones particulières, comme des sites de logement social situés en amont. Cela reste à valider, mais c'est un point important.

Compte tenu de la tendance à préférer le maintien de paysages inchangés, ce projet représente une occasion importante de montrer aux citoyens de Nouvelle-Écosse à quoi l'adaptation pourrait ressembler, sur le terrain et en matière de processus publics. Les acquis de ce projet sur le plan social pourraient entraîner des changements culturels plus vastes. Le projet a créé un Marsh Body là où aucun n'était actif et a fait participer ce groupe à des conversations difficiles avec une série de représentants de l'État et de chercheurs. Les tenants du projet ont écouté avec profit et ont adapté leur plan, y compris en modifiant l'emplacement des digues et en ajoutant une surveillance de la question des moustiques. Le spécialiste de l'adaptation du ministère provincial de l'Environnement a fait remarquer que, comme l'adaptation au changement climatique n'était pas l'objectif explicite du projet, un aspect était passé à la trappe : le fait que, pour la première fois, des résidents de Nouvelle-Écosse concernés par un problème s'étaient prononcés en faveur d'un réaligement contrôlé, sacrifiant de fait des terrains privés à des fins écosystémiques.

Il est possible que ce projet établisse un précédent important : il a d'ailleurs été rapidement suivi d'une décision similaire concernant une proposition de réaligement contrôlé sur le fleuve Cornwallis, plus à l'ouest. Des résultats de ce genre, obtenus avec des citoyens informés et mobilisés, marquent un changement majeur par rapport aux gros titres évoqués précédemment au sujet de situations récentes comparables à Advocate Harbour, Hantsport et Big Lake. Opérer des modifications de paysage d'intérêt général telles que celle-ci est un défi social considérable. Pourtant, le Marsh Body s'est réuni, a examiné les options, a posé des questions, puis a voté en faveur du changement. À un moment où le ministère provincial de l'Environnement mène une consultation publique en vue de la Stratégie côtière longtemps attendue, des projets comme celui-là apportent un soutien essentiel ainsi qu'un endroit où les Néo-Écossais peuvent observer une restauration de marais salés et le rôle qu'une telle opération est à même de jouer dans l'adaptation. Le cadre détaillé de surveillance qui a été établi contribuera à enrichir une base de données empiriques collectées sur le terrain avant et après la mise en œuvre et de représentations visuelles du paysage en transformation.

De nombreuses personnes ayant participé à ce processus soutiennent que la baie de Fundy et son ancien écosystème de marais salé doivent être considérés comme étant partie prenante dans ces décisions. L'écosystème de marais salé restauré pourrait apporter une série de services écosystémiques, tels qu'une alevinière, une protection contre les tempêtes et un lieu de stockage du carbone dit « bleu ». La multifonctionnalité des terres humides a permis de s'appuyer sur d'autres politiques pour mener ce projet à bien. Les services écosystémiques pourraient bien être une façon utile d'aborder les coûts et avantages d'autres solutions d'adaptation de ce type, fondées sur la nature (ICF, 2018).

Le NSDA et d'autres tenants de ce projet souhaitent mener des projets similaires dans d'autres endroits de Nouvelle-Écosse, y compris sur l'autre rive du fleuve Salmon par rapport au projet de North-Onslow. Ces terres endiguées plus au sud sont plus proches du centre-ville et cultivées plus activement. D'autres approches créatives pourraient être nécessaires si les agriculteurs ne veulent pas vendre leurs terres. Ainsi, le NSDA pourrait négocier des échanges de parcelles de terre endiguée plutôt que de simplement racheter les terres de producteurs en activité, car l'un de ses objectifs est de maintenir l'agriculture là où elle est viable. L'expansion de la démarche de réaligement des digues pourrait rencontrer des difficultés en l'absence d'une stratégie et d'une inspiration fortes au niveau provincial sur la question des côtes et du climat. Quoiqu'il en soit, ce projet représente une expérience essentielle à l'apprentissage ainsi qu'un précédent : un bon exemple de la valeur d'un processus de consultation sincère et patient.

Références

- Archer, A. W. (2013), « World's highest tides: Hypertidal coastal systems in North America, South America and Europe », *Sedimentary Geology*, vol. 284-285, pp. 1-25.
<https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2012.12.007>.
- Austen, E. et A. Hanson (2007), « An analysis of wetland policy in Atlantic Canada », *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 32, n° 3, pp. 163-178,
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.4296/cwrj3203163>.
- Bowron, T. M. et al. (2012), « Salt marsh tidal restoration in Canada's maritime provinces », in Roman C. et D. Burdick (dir. pub.), *Tidal Marsh Restoration*, Island Press/Center for Resource Economics.
- CBC (2018a), « Frustrations and finger pointing mount over damaged berm », *CBC News*,
<https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/frustrations-mounting-over-to-plan-to-repair-damaged-berm-1.4725945>.
- CBC (2018b), « Hantsport residents tell province to fix dam instead of raising road », *CBC News*,
<https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/hantsport-residents-tell-province-to-fix-dam-instead-of-raising-road-1.4779312>.
- CBC (2016), « East Hants council votes to designate area as high-risk floodplain », *CBC News*,
<https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/shubenacadie-resident-flood-risk-1.3698616>.
- CBC (2015), « Truro flooding leads to ambitious study on coastal threats », *CBC News*,
<https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/truro-flooding-leads-to-ambitious-study-on-coastal-threats-1.2984728>.
- CBC (2012), « Flooding widespread near Truro after rain pounds N.S. », *CBC News*,
<https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/flooding-widespread-near-truro-after-rain-pounds-n-s-1.1135675>.
- CBC (2010), « Acadian dikes breached near N.S., N.B. border », *CBC News*,
<https://www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/acadian-dikes-breached-near-n-s-n-b-border-1.939841>.
- CBCL Limited (2017), *Truro Flood Risk Study*, Ville de Truro, <https://www.truro.ca/living-in-truro/truro-flood-risk-study.html>.
- CBCL Limited (2009), *The 2009 State of Nova Scotia's Coast - Technical Report*, Nouvelle-Écosse.

- CCME (2018), *Pratiques exemplaires et ressources relatives à l'infrastructure naturelle résistante au climat*, Conseil canadien des ministres de l'environnement, https://www.ccme.ca/files/Resourcess/climate_change/Natural_Infrastructure_Report_FR.pdf.
- Cheong, S.-M. et al. (2013), « Coastal adaptation with ecological engineering », *Nature Climate Change*, vol. 3, pp. 787-791. <https://doi.org/10.1038/nclimate1854>.
- Chesworth, N. (2016), « Economic impacts of tourism in rural Nova Scotia », in Matias Á., P. Nijkamp et J. Romão (dir. pub.), *Impact Assessment in Tourism Economics*, Springer International Publishing, Cham, Suisse.
- Cole, D. (2018), « Advocate Harbour residents concerned about future of dike protecting community », *Amherst News*, <https://www.cumberlandnewsnow.com/news/local/advocate-harbour-residents-concerned-about-future-of-dike-protecting-community-183450>.
- Coulombe, S. (2006), « Internal migration, asymmetric shocks, and interprovincial economic adjustments in Canada », *International Regional Science Review*, vol. 29, pp. 199-223. <https://doi.org/10.1177/0160017606286357>.
- de Loë, R. et D. Wojtanowski (2001), « Associated benefits and costs of the Canadian Flood Damage Reduction Program », *Applied Geography*, vol. 21, pp. 1-21, [https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(00\)00013-8](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(00)00013-8).
- DGO (2009), *Le rôle des gouvernements provinciaux et territoriaux dans le secteur des océans*, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Ontario, <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/337908.pdf>.
- Dupuis, J. (2016), « Le Fonds de la taxe sur l'essence : chronologie, financement et ententes », *En bref*, Bibliothèque du Parlement, Ottawa, Ontario, <https://bdp.parl.ca/staticfiles/PublicWebsite/Home/ResearchPublications/InBriefs/PDF/2016-99-f.pdf>.
- ECCC (2013), *Programme de réduction des dommages causés par les inondations*, Environnement et Changement climatique Canada, Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario <http://ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=0365F5C2-1>.
- El-Sharif, A. et D. Hansen (2001), « Application of SWMM to the flooding problem in Truro, Nova Scotia », *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 26, pp. 439-459.
- Foster, K. R. et H. Main (2017), *Finding a Place: Understanding Youth Outmigration from Shrinking Rural Communities*, Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, <https://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/73932/Finding%20a%20Place%20v1.pdf?sequence=1>.
- Gerwing, T. G. et al. (2017), « Short-Term Response of a Downstream Marine System to the Partial Opening of a Tidal-River Causeway », *Estuaries and Coasts*, vol. 40, pp. 717-725. <https://doi.org/10.1007/s12237-016-0173-2>.
- Gibson, R., J. Fitzgibbons et N. R. Nunez (2015), « Nova Scotia », in S. Markey, S et al. (dir. pub.), *State of Rural Canada*, Fondation canadienne pour la revitalisation rurale, <http://sorc.crrf.ca/ns/>.
- GIEC (2013), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Stocker, T.F. (dir. pub.), Cambridge University Press, New York. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/09/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf.

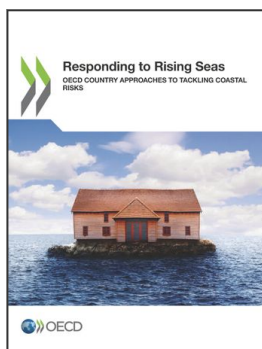
- GNS (2018), *Municipal Land Use Planning Comprehensiveness*, Government of Nova Scotia, Halifax : <https://data.novascotia.ca/Municipalities/Municipal-Land-Use-Planning-Comprehensiveness/m3zv-87rm> [consulté le 12 juillet 2018].
- Grady, C. (2018), « Coastal Protection Act: A Future Scenario Analysis of Coastal Policy in Nova Scotia », *College of Sustainability Undergraduate Honours Theses*, Dalhousie University. <http://hdl.handle.net/10222/73873>.
- Graham, J. (2012), « Considerations for Salt Marsh Restoration Design in a Hypertidal Estuary », thèse de Master, Saint Mary's University, <http://library2.smu.ca/handle/01/24807#.XGVsslxKjcs>.
- Greenan, B. et al. (2015), « Estimating sea-level allowances for Atlantic Canada under conditions of uncertain sea-level rise », *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, vol. 365, pp. 16-21. <http://dx.doi.org/10.5194/piahs-365-16-2015>.
- Greenberg, D. A. et al. (2012), « Climate Change, Mean Sea Level and High Tides in the Bay of Fundy », *Atmosphere-Ocean*, vol. 50, pp. 261-276. <https://doi.org/10.1080/07055900.2012.668670>
- Grieve, M. et L. Turnbull (2013), « Emergency Management in Nova Scotia », in D. Henstra (dir. pub.), *Multilevel Governance and Emergency Management in Canadian municipalities*, McGill-Queen's Press-MQUP.
- Hand, A. (2012), « Truro residents call for better infrastructure to prevent flooding », *CTV News Atlantic*. <https://atlantic.ctvnews.ca/truro-residents-call-for-better-infrastructure-to-prevent-flooding-1.969708>
- Hanson, A. et L. Calkins (1996), *Wetlands of the Maritime Provinces: Revised Documentation for the Wetlands Inventory*, Région de l'Atlantique, Service canadien de la faune, Environnement Canada.
- Harman, B. P. et al. (2013), « Global lessons for adapting coastal communities to protect against storm surge inundation », *Journal of Coastal Research*, vol. 31, n° 4, pp. 790-801, <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00095.1>.
- Holling, C. S. et G. K. Meffe (1996), « Command and control and the pathology of natural resource management », *Conservation Biology*, vol. 10, pp. 328-337, <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10020328.x>
- Hornborg, A.-C. (2008), *Mi'kmaq Landscapes: from Animism to Sacred Ecology*, Ashgate Publishing, Angleterre.
- ICF (2018), *Pratiques exemplaires et ressources relatives à l'infrastructure naturelle résistante au climat*, Conseil canadien des ministres de l'environnement, https://www.ccme.ca/files/Resourcess/climate_change/Natural_Infrastructure_Report_FR.pdf.
- James, T.S. et al. (2014), « Relative sea level projections in Canada and adjacent mainland United States », *Geological Survey of Canada*, <http://dx.doi.org/10.4095/295574>.
- Krawchenko, T. et al. (2016), « Coastal climate change, vulnerability and age friendly communities: Linking planning for climate change to the age friendly communities agenda », *Journal of Rural Studies*, vol. 44, pp. 55-62, <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.12.013>.
- Lemmen, D. S. et F. J. Warren (2016), « Synthèse », in D. S. Lemmen, F. J. Warren, T. S. James et al. (dir. pub.), *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, Gouvernement du Canada, https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2016/Coastal_Assessment_Synthesis_fr.pdf.
- Lemmen, D. S. et al. (dir. pub.) (2016), *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, Gouvernement du Canada,

https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2016/Coastal_Assessment_Rapport_complet.pdf.

- MacDonald, G. et al. (2010), « The Legacy of Agricultural Reclamation on Channel and Pool Networks of Bay of Fundy Salt Marshes », *Estuaries and Coasts*, vol. 33, n°1 pp. 151-160, <https://doi.org/10.1007/s12237-009-9222-4>.
- Manson, G. K. (2005), « On the coastal populations of Canada and the World », *12th Canadian Coastal Conference*. Dartmouth, NS.
- Manuel, P., E. Rapaport, J. Keefe et al. (2015), « Coastal climate change and aging communities in Atlantic Canada: A methodological overview of community asset and social vulnerability mapping », *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, vol. 59, n°4, pp. 433-446, <https://doi.org/10.1111/cag.12203>.
- Marvin, J. et A. T. Wilson (2016), « One Dimensional, Two Dimensional and Three Dimensional Hydrodynamic Modeling of a Dyked Coastal River in the Bay of Fundy », *Journal of Water Management Modeling*, vol. 25, pp. 404, <http://dx.doi.org/10.14796/JWMM.C404>.
- McClearn, M. (2018), « Sea change: Short on options, Îles-de-la-Madeleine residents make a strategic retreat from rising seas », *The Globe and Mail*, <https://www.theglobeandmail.com/canada/article-sea-change-iles-de-la-madeleine>.
- McLeod, E. et al. (2011), « A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂ », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 9, n° 10, pp. 552-560, <https://doi.org/10.1890/110004>.
- Millward, H. (2005), « Rural population change in Nova Scotia, 1991–2001: bivariate and multivariate analysis of key drivers », *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, vol. 49, n° 2, pp. 180-197.
- Mitsch, W. J. et J. G. Gosselink (1986), *Wetlands*, Van Nostrand Reinhold Co, New York.
- Moudrak, N. et al. (2018), *Lutter contre la hausse du coût des inondations au Canada : L'infrastructure naturelle est une option sous-utilisée*, préparé par le Bureau d'assurance du Canada, <http://assets.ibc.ca/Documents/Resources/IBC-Natural-Infrastructure-Report-2018-FR.pdf>.
- Narayan, S. et al. (2016), « The Effectiveness, Costs and Coastal Protection Benefits of Natural and Nature-Based Defences », *PLOS ONE*, vol. 11, n° 5, e0154735, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154735>.
- Neckles, H. et M. Dionne. (dir. pub.) (2000), *Regional Standards to Identify and Evaluate Tidal Wetland Restoration in the Gulf of Maine*, Wells National Estuarine Research Reserve, Wells.
- Newbold, K. B. (2008), « Interprovincial Migration and Retirement Income Transfers among Canada's Older Population: 1996–2001 », *Environment and Planning A: Economy and Space*, vol. 40, pp. 1501-1516, <https://doi.org/10.1068/a39188>.
- Northcott, H. C. et C. R. Petruik (2011), « The Geographic Mobility of Elderly Canadians », *Canadian Journal on Aging / La Revue canadienne du vieillissement*, vol. 30, n° 3, pp. 311-322, <http://dx.doi.org/10.1017/S0714980811000262>.
- NSDE (2009), *Toward A Greener Future: Nova Scotia's Climate Change Action Plan*, Department of Environment, Government of Nova Scotia.
- NSDE (2005), *Adapting to a Changing Climate in Nova Scotia: Vulnerability Assessment and Adaptation Options, Final Report*, Department of Environment, Government of Nova Scotia,

- https://climatechange.novascotia.ca/sites/default/files/uploads/Adapting_to_a_Changing_Climate_in_NS.pdf.
- NSDMA (2017), *Financial Condition Index*, Department of Municipal Affairs, Government of Nova Scotia, <https://novascotia.ca/dma/finance/indicator/fci.asp>.
- NSDMA (2016), « Statements of Provincial Interests », in N. S. D. o. M. Affairs (dir. pub.), *S.N.S. 1998, c. 18*, Nova Scotia Department of Municipal Affairs.
- NSDMA (2015a), *Federal Gas Tax Fund*, Nova Scotia Department of Municipal Affairs, <https://novascotia.ca/dma/funding/infrastructure/gas-tax-fund.asp> [consulté le 12 juillet 2018].
- NSDMA (2015b), *Municipal Infrastructure Programs*, Nova Scotia Department of Municipal Affairs, <https://novascotia.ca/dma/funding/infrastructure.asp> [consulté le 12 juillet 2018].
- NSDMA (2007), *Integrated Community Sustainability Plans: Municipal Funding Agreement for Nova Scotia*, Canada-Nova Scotia Infrastructure Secretariat, <https://novascotia.ca/dma/pdf/mun-icsp-guide.pdf>.
- NSDMA (1998), *Municipal Government Act*, Nova Scotia Department of Municipal Affairs, <https://nslegislature.ca/sites/default/files/legc/statutes/municipal%20government.pdf>.
- O'Sullivan, T. L. et al. (2013), « Unraveling the complexities of disaster management: A framework for critical social infrastructure to promote population health and resilience », *Social Science & Medicine*, vol. 93, pp. 238-246.
- Office of the Legislative Counsel (2000), *An Act for the Conservation of Agricultural Marshland*, Nova Scotia House of Assembly, <https://nslegislature.ca/sites/default/files/legc/statutes/agricmar.htm>.
- Pontee, N. (2013), « Defining coastal squeeze: A discussion », *Ocean et Coastal Management*, vol. 84, pp. 204-207, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.07.010>.
- Rapaport, E., S. Starkman et W. Towns (2017), « Canada Atlantique », in K. Palko et D. S. Lemmen (dir. pub.), *Risques climatiques et pratiques en matière d'adaptation – Pour le secteur canadien des transports 2016*, Gouvernement du Canada, <https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2016/Chapter-8f.pdf>.
- Richards, W. et R. Daigle (2011), *Scenarios and Guidance for Adaptation to Climate Change and Sea-Level Rise - NS and PEI Municipalities*, Solutions d'adaptation aux changements climatiques pour l'Atlantique (ACASA), <http://www.gov.pe.ca/photos/original/ccscenarios.pdf>.
- Robinson, S., D. van Proosdij et H. Kolstee (2005), « Change in Dykeland Practices in Agricultural Salt Marshes in Cobequid Bay, Bay of Fundy », actes de la Conférence BoFEP.
- Savard, J.-P., D. van Proosdij et S. O'Carroll (2016), « Perspectives relatives à la région de la côte est du Canada », in D. S. Lemmen, F. J. Warren, T. S. James et al. (dir. pub.), *Le littoral maritime du Canada face à l'évolution du climat*, Gouvernement du Canada, https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2016/Coastal_Assessment_Chapitre4_RegionEst.pdf.
- Sherren, K. (à paraître), « From climax thinking toward a non-equilibrium approach to public good landscape change », in J. Jacquet, J. Haggerty et G. Theodori (dir. pub.), *Coordinating Research on the Social Impacts of Energy Development: Synthesis across the social sciences*, Social Ecology Press.
- Statistique Canada (2017), *Profil du recensement, Recensement de 2016 - Centre de population et Régions métropolitaines de recensement : Truro, Nouvelle-Écosse*, Gouvernement du Canada, <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>.

- Sullivan, H. (2016), « Saltwater marsh to be created as part of flood mitigation efforts », *Truro Daily News*, <https://www.trurodaily.com/news/local/saltwater-marsh-to-be-created-as-part-of-flood-mitigation-efforts-148671/>.
- The Chronicle Herald (2012), « Province to fix Truro-area dike, after all », *The Chronicle Herald*.
- Tutton, M. (2012), « Flooding drenches Nova Scotia as East Coast readies for Leslie », *The Globe and Mail*, <https://www.theglobeandmail.com/news/national/flooding-drenches-nova-scotia-as-east-coast-readies-for-leslie/article4534524/>.
- van Proosdij, D., T. Bowron et N. Neatt (2014), *Development and application of guidelines for managed realignment to maximize adaptive capacity and ecosystem services*, Maritime Provinces Spatial Analysis Research Centre, Saint Mary's University, Halifax.
- van Proosdij, D., B. Perrott et K. Carrol (2013), « Development and application of a geo-temporal atlas for climate change adaptation in Bay of Fundy dykelands », *Journal of Coastal Research*, vol. 65, n°1, pp. 1069-1074, <https://doi.org/10.2112/SI65-181.1>.
- Warburton, A. et H. MacKenzie-Carey (2013), *Using an EMO-Based Hazard Risk Vulnerability Assessment Process for Municipal Climate Change Action Plan Development*, Nova Scotia Environment Climate Change Directorate, https://climatechange.novascotia.ca/sites/default/files/uploads/2012-2013_Truro.pdf.
- Williams, P. B. et M. K. Orr (2002), « Physical evolution of restored levee salt marshes in the San Francisco Bay Estuary », *Restoration Ecology*, vol. 10, n° 3, pp. 527-542, <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2002.02031.x>.
- Wollenberg, J. T., J. Ollerhead et G. L. Chmura (2018), « Rapid carbon accumulation following managed realignment on the Bay of Fundy », *PLOS ONE*, vol. 13, e0193930, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193930>.
- Xu, F. et W. Perrie (2012), « Extreme Waves and Wave Run-up in Halifax Harbour under Climate Change Scenarios », *Atmosphere-Ocean*, vol. 50, n° 4, pp. 407-420, <https://doi.org/10.1080/07055900.2012.707610>.



Extrait de :

Responding to Rising Seas

OECD Country Approaches to Tackling Coastal Risks

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264312487-en>

Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2019), « Réalignement d'infrastructures côtières et restauration d'un marais salé en Nouvelle-Écosse (Canada) », dans *Responding to Rising Seas : OECD Country Approaches to Tackling Coastal Risks*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/e3379b78-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document, ainsi que les données et cartes qu'il peut comprendre, sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région. Des extraits de publications sont susceptibles de faire l'objet d'avertissements supplémentaires, qui sont inclus dans la version complète de la publication, disponible sous le lien fourni à cet effet.

L'utilisation de ce contenu, qu'il soit numérique ou imprimé, est régie par les conditions d'utilisation suivantes :

<http://www.oecd.org/fr/conditionsdutilisation>.