

# Résilience au changement climatique dans la forêt acadienne : analyse documentaire

Février 2018

Megan de Graaf, MScF  
Écologiste forestière  
Community Forests International

Financement :



## Table des matières

Résumé .....	2
Introduction.....	3
Résilience des espèces d'arbres .....	3
Réserve de biosphère de Fundy, 2013- 2016.....	4
Bourque et Hassan, 2010.....	8
Taylor et collaborateurs, 2017.....	11
Points de consensus .....	12
Résilience à l'échelle du paysage .....	14
Discussion.....	18
Conclusion .....	19
Références .....	20
Annexe I : Comparaison entre diverses modélisations du changement climatique .....	21
Annexe II .....	22
Annexe III.....	23

## Résumé

On estime généralement que la région de la forêt acadienne (RFA), où se mélangent espèces boréales et espèces associées au climat plus chaud pour former un type unique de forêt mixte, a été simplifiée, dégradée et boréalisée par une exploitation forestière intensive durant des décennies, voire des siècles. Il se dégage un certain consensus des résultats de trois études récentes ayant pour objet la résilience de ce type de forêt, et des espèces qui la constituent, aux effets du changement climatique : on prévoit que neuf espèces seulement survivront à long terme (2011-2100) : la pruche de l'Est, le thuya occidental, l'érable rouge, le chêne rouge, l'épinette rouge, l'érable à sucre, le frêne blanc, le pin blanc et le bouleau jaune. Parmi ces espèces, quatre seulement connaîtront probablement une augmentation de leur nombre et de leur distribution, soit l'érable rouge, le chêne rouge, le frêne blanc et le pin blanc. Quatorze autres espèces ont été retenues par un ou deux des projets de recherche (mais pas les trois) comme ayant une résilience moyenne à élevée au changement climatique : le hêtre à grandes feuilles, le sorbier d'Amérique, le peuplier baumier, le cerisier tardif, le chêne à gros fruits, le noyer cendré, l'ostryer de Virginie, l'érable à épis, le bouleau à feuilles cordées, le cerisier de Pennsylvanie, l'amélanchier, l'érable argenté, le bois barré et l'orme d'Amérique.

La recherche sur la résilience au changement climatique au plan des paysages a aussi donné des résultats probants. Ces derniers nous permettent de distinguer dans l'espace du sud-est du Nouveau-Brunswick les schémas allant du déclin à la prolifération des espèces et des peuplements forestiers, et de prédire quels peuplements connaîtront la plus grande modification. Il est inquiétant de voir prédire qu'une grande proportion des peuplements dans cette région, probablement en raison de la boréalisation intensive de la forêt acadienne pendant des décennies, connaîtront un déclin ou une simple persévérance à moyen terme. En intégrant ces données d'analyses de la résilience des espèces et des paysages aux données sur la résilience des paysages recueillies par d'autres organismes de conservation, a permis de produire une cartographie des corridors paysagers à prioriser dans les actions d'adaptation et de conservation sur le terrain.

Ces résultats mettent clairement en évidence deux grandes lignes d'action :

1. La pratique d'une sylviculture d'adaptation au climat : il est urgent de disposer d'une série de prescriptions sylvicoles pour gérer la composition des forêts afin de la diversifier et de la rendre plus résiliente aux changements climatiques (c.-à-d., l'adapter); des prescriptions sont nécessaires pour la gestion de peuplements d'âge et d'état différents,
2. La généralisation de la conservation des forêts et des corridors stratégiques : Il est crucial de retirer autant de terres forestières que possible des processus forestiers industriels. Les rares peuplements survivants de l'ancienne forêt mixte acadienne doivent être protégés et gérés pour en assurer la résilience à long terme; les peuplements plus jeunes doivent être replantés ou gérés aux mêmes fins. D'un point de vue stratégique, la priorité devrait être accordée à la protection des terres faisant partie des corridors de connectivité des habitats.

## Introduction

Des décennies de gestion industrielle des forêts dans la région de la forêt acadienne (RFA) ont eu pour effet de simplifier, de dégrader et de boréaliser la forêt. Les projections permettent de prévoir que le climat de cette région deviendra plus chaud et plus humide, et que les perturbations s’y multiplieront. On prévoit que ces changements auront des conséquences graves pour la survie à long terme des espèces d’arbres et la persistance d’une forêt saine et fonctionnelle dans la RFA.

Depuis environ dix ans, trois groupes de recherche au Nouveau-Brunswick ont enquêté sur la résilience au changement climatique de 32 espèces d’arbres indigènes de la région de la RFA. Ces trois groupes ont publié ou rendu publics les résultats de leur recherche au cours de la dernière décennie; notre document présente le résumé de ces recherches et les conclusions que partagent ces chercheurs. Il examine aussi la recherche locale sur la résilience à l’échelle du paysage forestier, les projections de résilience et de non résilience de parcelles forestières ainsi que des corridors potentiels d’habitats résilients.

## Résilience des espèces d’arbres

Il est crucial d’établir quelle est la résilience individuelle des espèces d’arbres aux changements climatiques, aux fins de planification des mesures de conservation, d’aménagement forestier et d’adaptation réussie à ces changements. Les caractéristiques uniques de la RFA et la résilience aux changements climatiques des espèces propres à cette forêt font l’objet d’une bonne description par Taylor et collab. (2017; voir références) :

« La Région de la forêt acadienne de l’Est du Canada fait partie d’une zone de transition écologique qui s’étend de part et d’autre de la frontière canado-américaine et qui relie la forêt boréale à dominance de conifères au nord aux forêts tempérées de caducifoliées plus au sud. On estime que ces zones de transition sont particulièrement susceptibles à la modification du taux de croissance des espèces d’arbres et des autres moteurs de la concurrence à l’échelle du peuplement, puisque plusieurs des espèces qui coexistent dans ces écosystèmes se trouvent à proximité de leur limite climatique septentrionale ou méridionale. On prévoit que l’influence du climat sur les interactions concurrentielles aura pour effet de modifier la composition de la forêt; par exemple, les conifères boréaux adaptés au froid comme le sapin baumier (*Abies balsamea* L.) et l’épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.), actuellement à leur limite sud dans la Forêt acadienne, auront probablement du mal à demeurer concurrentiels sous un climat qui se réchauffe, et connaîtront une diminution tant de leur croissance que de leur abondance. Par contre, les espèces tempérées tels que l’érable rouge (*Acer rubrum* L.) et le chêne rouge (*Quercus rubra* L.), devraient bénéficier du réchauffement, qui les fera profiter d’un avantage concurrentiel. »

Depuis une dizaine d'années, trois groupes de recherche au Nouveau-Brunswick ont enquêté sur la résilience au changement climatique des 32 espèces indigènes de la RFA : la Réserve de biosphère de Fundy ([fundy-biosphere.ca](http://fundy-biosphere.ca)), Charles P.-A. Bourque et Quazi K. Hassan (Université du Nouveau-Brunswick) et Anthony Taylor et collaborateurs (équipe de chercheurs du Service canadien des forêts et de l'Université du Nouveau-Brunswick). Les constatations de chacun des trois groupes sont résumées ci-dessous.

### Réserve de biosphère de Fundy, 2013- 2016

La Réserve de biosphère de Fundy (RBF) a fait l'analyse de modèles réduits figurant au site web sur la rusticité des plantes, entretenu par Ressources naturelles Canada, qui affichent les profils climatiques et les cartes d'enveloppes climatiques pour 130 espèces d'arbres en fonction des lieux d'occurrence connus (Réserve de biosphère Fundy, 2015). Le changement climatique fera d'abord fluctuer ces enveloppes climatiques, pour les faire migrer plus tard. Les arbres situés aux frontières de leur enveloppe climatique connaîtront des modifications plus fréquentes, puis permanentes, des conditions climatiques.

L'enveloppe climatique désigne l'ensemble des conditions climatiques que chaque espèce d'arbre peut tolérer. L'enveloppe climatique d'une espèce se conçoit comme la répartition géographique de ses conditions de croissance.

Les cartes représentent les enveloppes climatiques durant trois périodes futures, soit 2011-2040, 2041-2070 et 2071-2100. Pour prédire les changements de température au cours de la période 2011-2100 en cause, la RBF a choisi le scénario de forçage radiatif RCP 4.5 (produisant une anomalie de température médiane de 2,4°C au-dessus des valeurs préindustrielles d'ici 2100) pour définir un futur changement climatique modéré. On trouvera à l'annexe I une comparaison des divers modèles de changement climatique utilisés dans les trois projets de recherche décrits dans le présent document.

Le forçage radiatif (FR) est la mesure de la capacité d'un gaz ou d'autres agents de forçage à influencer l'équilibre énergétique et ainsi de contribuer au changement climatique; plus simplement, le FR exprime la modification de l'énergie dans l'atmosphère attribuable aux émissions de GES. Les scénarios de forçage radiatif représentent différents scénarios de réchauffement en fonction de l'intensité des actions entreprises pour atténuer le changement climatique.

La RBF a téléchargé les cartes d'enveloppes climatiques du site de Ressources naturelles Canada qui correspondent à la répartition actuelle de chacune des espèces d'arbres choisie aux fins d'analyse en fonction de trois époques futures. Chaque espèce a été classée selon sa réaction différentielle aux changements climatiques pendant trois périodes futures : prolifération, prospérité, persévérance, déclin et disparition. Le terme prolifération suggère que telle espèce gardera une population généralement saine entre 2041 et 2070, et restera relativement à l'abri de perturbations majeures. La deuxième catégorie (prospérité) représente un avenir sain en général, avec possibilité de perturbations sporadiques. La catégorie médiane (persévérance) rend compte d'une incertitude, alors

que les espèces d'arbres subissent soit aucune perturbation, soit certaines périodes de perturbation ou encore d'importantes perturbations continues. La quatrième catégorie (déclin) représente une plus grande possibilité de perturbations périodiques ou de perturbations continues dans certains cas. La cinquième catégorie (disparition) suggère la possibilité de perturbations continues et même de perturbations catastrophiques qui retireraient l'espèce du paysage. Une description plus détaillée de la méthodologie de l'étude se retrouve dans le document technique 2015 de la RBF, reproduit à l'annexe II.

Tableau 1. (*disponible en anglais seulement*) La résilience des espèces d'arbres pour la période **2041-2070** selon un scénario de changement climatique modéré (RCP 4.5). Les cinq catégories comprennent des espèces d'arbres ayant des valeurs de résilience inférieures à celles figurant dans l'en-tête. Pour cette période, aucune espèce ne se classait dans la catégorie « Disparition ». Les espèces d'arbres accompagnés d'un astérisque (\*) sont issus de programmes de sélection post-maladie visant leur réintroduction. Les perturbations peuvent affecter certaines espèces plus durement que les estimations prudentes de ce rapport; des espèces telles que le noyer cendré pourraient se retrouver dans une catégorie de plus grande résilience que prévue. Les caractères gris indiquent des espèces non-indigènes du sud du Maine.

Proliferate 10 to 6.1	Prosper 6 to 2.1	Persevere 2 to -2	Decline 2.1 to -6	Disappear 6.1 to -10
American Beech - <i>Fagus grandifolia</i>	Eastern Hemlock - <i>Tsuga canadensis</i>	Eastern Larch - <i>Larix laricina</i>	Balsam Fir - <i>Abies balsamea</i>	
Black Cherry - <i>Prunus serotina</i>	White pine - <i>Pinus strobus</i>	Eastern White Cedar - <i>Thuja occidentalis</i>	Black spruce - <i>Picea mariana</i>	
Ironwood - <i>Ostrya virginiana</i>	Butternut - <i>Juglans cinerea</i>	Red pine - <i>Pinus resinosa</i>	Jack pine - <i>Pinus banksiana</i>	
Red Maple - <i>Acer rubrum</i>	Mountain paper Birch - <i>Betula cordifolia</i>	American Basswood - <i>Tilia americana</i>	Red spruce - <i>Picea rubens</i>	
Atlantic White Cedar - <i>Chamaecyparis thyoides</i>	Red Oak - <i>Quercus rubra</i>	American Mountain Ash - <i>Sorbus americana</i>	White spruce - <i>Picea glauca</i>	
Pitch Pine - <i>Pinus rigida</i>	Sugar Maple - <i>Acer saccharum</i>	Balsam Poplar - <i>Populus balsamifera</i>	Black Ash - <i>Fraxinus nigra</i>	
Black Oak - <i>Quercus velutina</i>	White Ash - <i>Fraxinus americana</i>	Black Willow - <i>Salix nigra</i>	Grey Birch - <i>Betula populifolia</i>	
Blue Beech - <i>Carpinus caroliniana</i>	*White Elm - <i>Ulmus americana</i>	Bur Oak - <i>Quercus macrocarpa</i>	Large Toothed Aspen - <i>Populus grandidentata</i>	
Sassafras - <i>Sassafras albidum</i>	Eastern Red Cedar - <i>Juniperus virginiana</i>	Choke Cherry - <i>Prunus virginiana</i>	Silver Maple - <i>Acer saccharinum</i>	
White oak - <i>Quercus alba</i>	*American chestnut - <i>Castanea dentata</i>	Mountain Maple - <i>Acer spicatum</i>	Trembling Aspen - <i>Populus tremuloides</i>	
	American Sycamore - <i>Platanus occidentalis</i>	Pin Cherry - <i>Prunus pensylvanica</i>	White Birch - <i>Betula papyrifera</i>	
	Bitternut Hickory - <i>Carya cordiformis</i>	Serviceberry - <i>Amelanchier canadensis</i>	Yellow Birch - <i>Betula alleghaniensis</i>	
	Red Elm - <i>Ulmus rubra</i>	Striped Maple - <i>Acer pensylvanicum</i>	Black Maple - <i>Acer nigrum</i>	
	Scarlet Oak - <i>Quercus coccinea</i>	Staghorn Sumac - <i>Rhus typhina</i>	Swamp White Oak - <i>Quercus bicolor</i>	

La RBF a aussi évalué les menaces d'agression abiotique (sensibilité aux coups de vent et aux incendies) et biotique (abrutissement, insectes ravageurs, pourriture, maladies) pour ces mêmes espèces afin d'élargir ses analyses fondées sur les enveloppes climatiques seulement (qui font l'objet du tableau 1). La figure 1 montre qu'il est probable que toutes les espèces montrent une diminution légère ou importante de leur résilience lorsqu'on tient compte de ces facteurs perturbants, par rapport à une analyse fondée sur les seules enveloppes climatiques. L'impact de ces facteurs biotiques et abiotiques sur chaque espèce est indiqué à la figure 1 par les traits verts alors que l'impact résultant de l'analyse fondée sur l'enveloppe climatique seulement est représenté par les traits blancs.

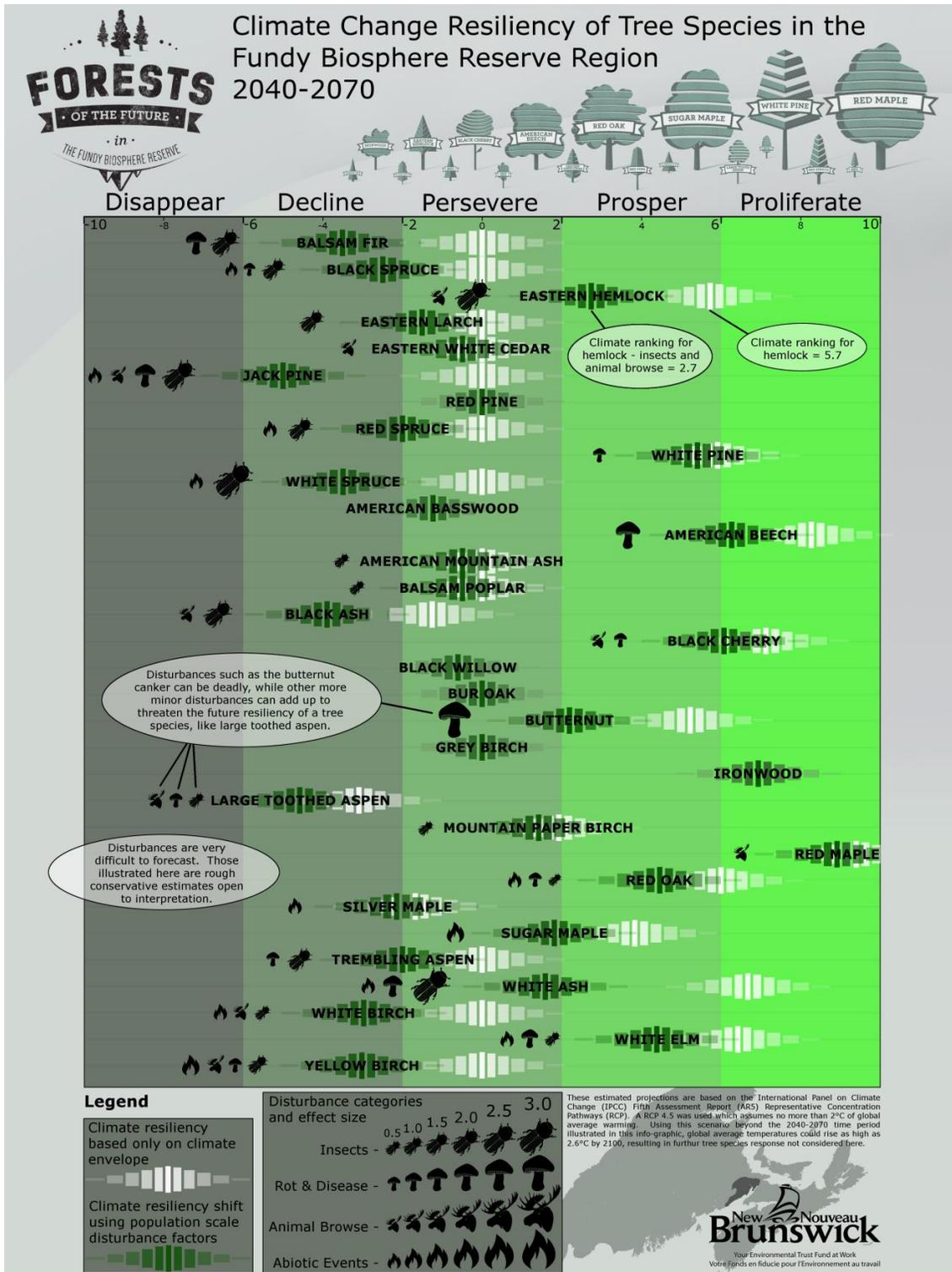


Figure 1. (*disponible en anglais seulement*) Projection de la résilience des espèces indigènes au changement climatique durant la période 2041-2070, en fonction de l'analyse des enveloppes climatiques et corrigée en fonction des perturbations biotiques et abiotiques. Toutes les espèces verront une faible ou une énorme réduction probable de leur résilience (traits verts) lorsqu'on tient compte des facteurs de perturbation, en comparaison avec celle prévue selon les seules analyses des enveloppes climatiques (exprimée par les traits blancs).

Cette deuxième analyse a permis à la RBF de distinguer les espèces suivantes dont la résilience au changement climatique (prospérité et prolifération) est le plus probable durant la période 2041-2070 (dans l'ordre de la plus grande à la plus faible résilience parmi les espèces qui vont prospérer ou proliférer) : érable rouge, l'ostryer de Virginie, hêtre à grandes feuilles, cerisier tardif, pin blanc, chêne rouge, orme d'Amérique, pruche de l'est, noyer cendré, érable à sucre, frêne blanc et bouleau à feuilles cordées. Treize autres espèces devraient persévérer dans la forêt acadienne durant cette période mais déclineraient probablement d'ici la fin du 21<sup>e</sup> siècle : épinette noire, mélèze laricin, thuya occidental, pin rouge, épinette rouge, tilleul d'Amérique, sorbier d'Amérique, peuplier baumier, saule noir, chêne à gros fruits, érable argenté et peuplier faux-tremble.

### Bourque et Hassan, 2010

En 2008, Charles Bourque, de l'Université du Nouveau-Brunswick, et son collègue Quazi K. Hassan ont rendu publics les premiers résultats de leur recherche sur les répercussions anticipées du changement climatique sur la distribution des espèces dans la forêt acadienne de l'Est de la Nouvelle-Écosse (Bourque et Hassan, 2008). Ils ont ensuite établi des projections pour le gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard en 2010 (Bourque et Hassan, 2010). La RFA recouvre l'Î.-P.-É. comme aussi le N.-B. et la N.-É., et même si les conditions climatiques diffèrent un peu à l'île, plusieurs des changements climatiques seront semblables dans les trois provinces des Maritimes.

En résumé, Bourque et Hassan ont modélisé les changements climatiques et la modification de la distribution de treize espèces d'arbres dans leur rapport relatif à l'Î.-P.-É.

Les treize espèces de l'enquête comprennent :

- i. sept espèces de bois tendre : épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss), pin blanc (*Pinus strobus* L.), thuya occidental (*Thuja occidentalis* L.), pruche de l'Est (*Tsuga Canadensis* (L.) Carr.), sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.), pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.) et épinette rouge (*Picea rubens* Sarg.)
- ii. six espèces de bois feuillus : frêne blanc (*Fraxinus americana* L.), bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton), bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marsh.), érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.), érable rouge (*Acer rubrum* L.) et chêne rouge (*Quercus rubra* L.).

Le modèle de changement climatique pour l'Î.-P.-É. se fondait sur la première génération du modèle couplé climatique global (MCCG1) et un scénario « statu quo » d'émission de gaz à effet de serre, soit le scénario IS92a (voir la comparaison avec d'autres modèles à l'annexe I). Ce scénario prévoit que très peu de mesures seront prises pour atténuer les changements climatiques, engendrant une anomalie de température médiane de 4,9°C au-dessus des valeurs préindustrielles d'ici 2100.

Bourque et Hassan ont modélisé, en fonction de ce scénario, les modifications de la distribution des espèces dans les conditions climatiques actuelles (1971-2000) et celles de trois périodes futures

(2011-2040, 2041-2070 et 2071-2100). On trouvera la description détaillée de la méthodologie dans le document technique de 2010 de Bourque et Hassan, reproduit en entier à l'annexe III (en anglais seulement).

Les auteurs ont trouvé que sur la durée de près de 100 ans (2011-2100), la distribution des treize espèces retenues changeait de manière remarquable (tableau 2). La figure 2 (en anglais seulement) montre un échantillon de résultats pour le pin blanc; sa distribution est modélisée pour la période actuelle et trois périodes futures.

## White Pine

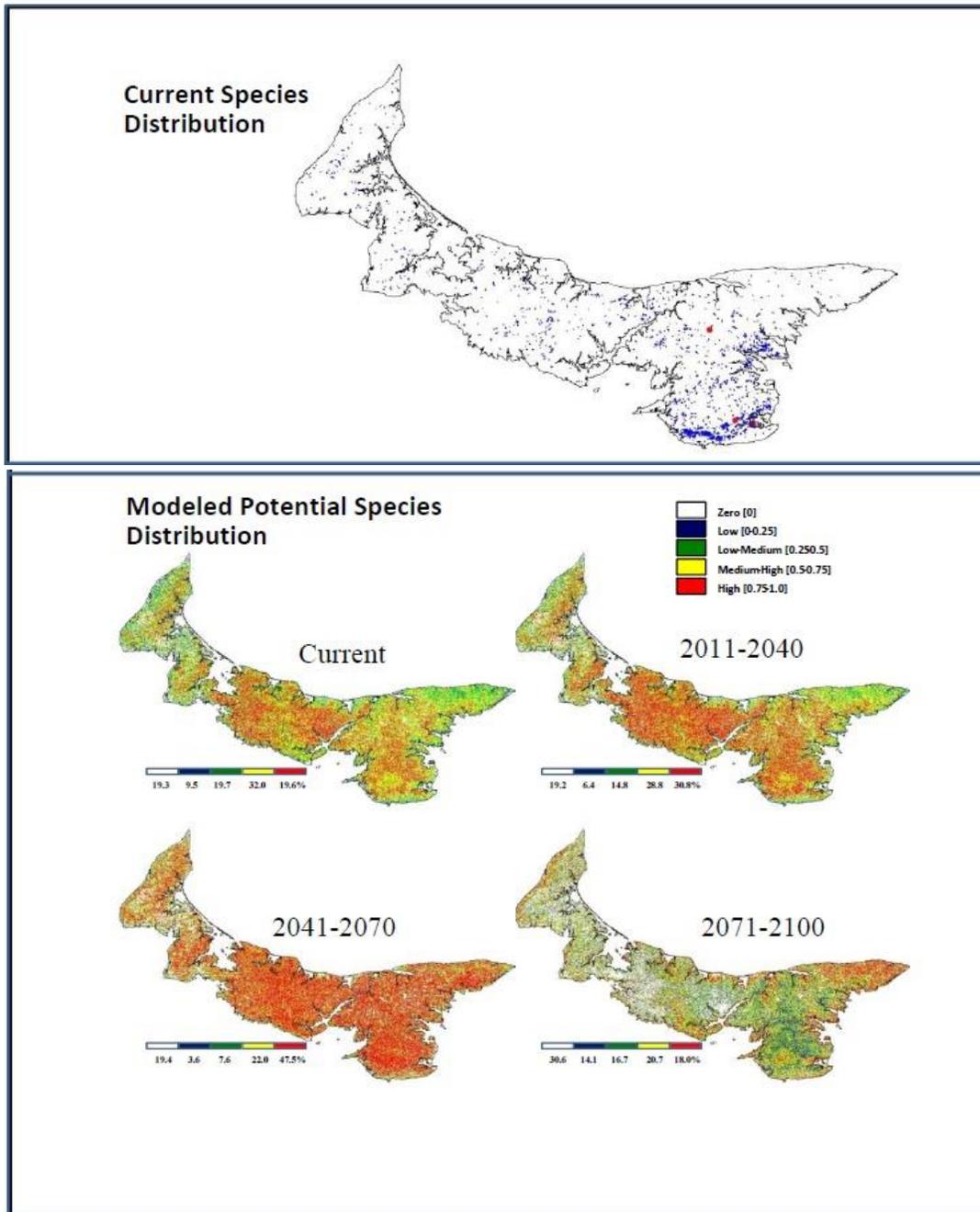


Figure 2. Distribution du pin blanc sur l'ensemble de l'Île-du-Prince-Édouard (Î.-P.-É.) selon la modélisation de Bourque et Hassan (2010) en fonction d'un scénario « statu quo » d'émissions de GES (IS92a), pour la période actuelle et trois périodes futures. (*disponible en anglais seulement*)

Pour faciliter la comparaison, les projections (2010) de changement chez les espèces entre 2011 et 2100 sont représentées au tableau 2 à l'aide du classement relatif de la résilience (du déclin à la prolifération) utilisé par la RFA.

Tableau 2. Modification modélisée de la distribution de treize espèces d'arbres indigènes de la Région de la forêt acadienne entre 2011 et 2100, comparativement aux conditions climatiques actuelles (1971-2000). La colonne de droite représente les mêmes résultats au moyen de la classification utilisée par la Réserve de biosphère de Fundy (RBF).

Espèce d'arbre indigène	2011-2100	Classement RBF
Bouleau blanc ( <i>Betula papyrifera</i> )	Diminution	Déclin
Bouleau jaune ( <i>Betula alleghaniensis</i> )	Augmentation, puis diminution	Persévérance
Chêne rouge ( <i>Quercus rubra</i> )	Augmentation	Prolifération
Épinette blanche ( <i>Picea glauca</i> )	Diminution	Déclin
Épinette rouge ( <i>Picea rubens</i> )	Diminution	Persévérance
Érable à sucre ( <i>Acer saccharum</i> )	Stabilité, puis diminution	Persévérance
Érable rouge ( <i>Acer rubrum</i> )	Augmentation	Prolifération
Frêne blanc ( <i>Fraxinus americana</i> )	Augmentation	Prolifération
Pin blanc ( <i>Pinus strobus</i> )	Augmentation, puis diminution	Prospérité
Pin rouge ( <i>Pinus resinosa</i> )	Diminution	Déclin
Pruche de l'Est ( <i>Tsuga canadensis</i> )	Augmentation, puis diminution	Persévérance
Sapin baumier ( <i>Abies balsamea</i> )	Augmentation	Déclin
Thuja occidental ( <i>Thuja occidentalis</i> )	Diminution	Déclin

### Taylor et collaborateurs, 2017

Taylor et collaborateurs (2017) ont adopté le modèle de simulation de l'écosystème forestier bien connu PICUS pour explorer l'impact des changements climatiques sur la composition de la région de la forêt acadienne et sa croissance pour la période de 2011 à 2100 en fonction de deux scénarios de réchauffement : RCP 2.6 et RCP 8.5. Les auteurs ont choisi ces deux scénarios pour comparer deux avenir climatiques très différents : le scénario de forçage radiatif élevé, soit le statu quo (RCP 8.5), selon lequel les émissions de gaz à effet de serre continuent de hausser, sans actions pour les réduire, engendrant une anomalie de température médiane de 4,9°C au-dessus des valeurs préindustrielles d'ici 2100, et le RCP 2.6, scénario de faible forçage, qui représente un taux plus faible de changement climatique en conséquence de réductions fortes et immédiates des émissions, qui produirait quand même une anomalie de température médiane de 1,5°C au-dessus des valeurs préindustrielles d'ici 2100.

Taylor et collaborateurs (2017) ont modélisé 18 espèces d'arbres indigènes et ont constaté qu'à court terme, des espèces connaîtraient peu de changement par rapport aux conditions actuelles; toutefois, à moyen et à long terme, le changement s'intensifierait, selon les prévisions de PICUS. Généralement parlant, d'ici la fin du siècle, les auteurs prévoient une augmentation de l'abondance relative de cinq espèces (hêtre à grandes feuilles, érable rouge, chêne rouge, frêne blanc et pin blanc) et la diminution de l'abondance relative de dix espèces (sapin baumier, épinette noire, mélèze laricin, pin gris, pin

rouge, épinette rouge, érable à sucre, peuplier faux-tremble, épinette blanche et bouleau blanc) (voir tableau 3). Quelques mises en garde s'imposent toutefois à l'égard des limites des modèles : les auteurs admettent premièrement que l'effet du chancre du hêtre est probablement sous-estimé pour cette région (et donc que l'abondance de hêtre à grandes feuilles pourrait ne pas s'accroître comme prévu) et deuxièmement que la concurrence avec le hêtre a poussé le modèle à sous-estimer incorrectement l'abondance de l'érable à sucre (dont l'abondance pourrait donc augmenter au lieu de diminuer). L'abondance relative de trois des espèces n'a pas été clairement établie.

Tableau 3. Modification de l'abondance relative de 18 espèces d'arbres entre 2011 et 2100. Les simulations ne tiennent pas compte de l'incidence négative prononcée du chancre du hêtre dans notre région (\*) et sous-estime probablement l'abondance générale de l'érable à sucre (\*\*). La colonne de droite représente les mêmes résultats au moyen de la classification utilisée par la Réserve de biosphère de Fundy (RBF).

Espèce d'arbre indigène	2011-2100	Classement RBF
Bouleau blanc ( <i>Betula papyrifera</i> )	Diminution	Déclin
Bouleau jaune ( <i>Betula allengheniensis</i> )	Ambigüité	Persévérance
Chêne rouge ( <i>Quercus rubra</i> )	Augmentation	Prospérité
Épinette blanche ( <i>Picea glauca</i> )	Diminution	Déclin
Épinette noire ( <i>Picea mariana</i> )	Diminution	Déclin
Épinette rouge ( <i>Picea rubens</i> )	Diminution	Déclin
Érable à sucre ( <i>Acer saccharum</i> )	Diminution **	Déclin
Érable rouge ( <i>Acer rubrum</i> )	Augmentation	Prospérité
Frêne blanc ( <i>Fraxinus americana</i> )	Augmentation	Prospérité
Hêtre à grandes feuilles ( <i>Fagus grandifolia</i> )	Augmentation*	Prospérité
Mélèze laricin ( <i>Larix laricina</i> )	Diminution	Déclin
Peuplier faux-tremble ( <i>Populus tremuloides</i> )	Diminution	Déclin
Pin blanc ( <i>Pinus strobus</i> )	Augmentation	Prospérité
Pin gris ( <i>Pinus banksiana</i> )	Diminution	Déclin
Pin rouge ( <i>Pinus resinosa</i> )	Diminution	Déclin
Pruche de l'Est ( <i>Tsuga canadensis</i> )	Ambigüité	Persévérance
Sapin baumier ( <i>Abies balsamea</i> )	Diminution	Déclin
Thuja occidental ( <i>Thuja occidentalis</i> )	Ambigüité	Persévérance

### Points de consensus

Chaque projet de recherche a mis en œuvre un modèle et des scénarios de changement climatique selon différentes hypothèses d'intensité du changement climatique au cours du prochain siècle. L'annexe I présente une comparaison entre ces divers scénarios de changement climatique. À long terme (2011-2100), les modèles et scénarios des trois études sont presque unanimes quant au déclin,

à la persévérance, à la prospérité et même à la prolifération des treize espèces communes aux trois études (voir tableau 4).

Tableau 4. Comparaison des projections des trois projets de recherche quant à la résilience aux changements climatiques de treize espèces entre 2011 et 2100. Ces projections sous-estiment probablement l'incidence du chancre du hêtre dans notre région (\*) et sous-estiment probablement l'abondance générale de l'érable à sucre (\*\*). (Plus de détails dans le texte.)

Espèces d'arbres indigènes	RBF	Taylor et coll.	Bourque et Hassan	Conclusion
Amélanchier ( <i>Amelanchier canadensis</i> )	Persévérance	-	-	
Bois barré ( <i>Acer pensylvanicum</i> )	Persévérance	-	-	
Bouleau à feuilles cordées ( <i>Betula cordifolia</i> )	Prospérité	-	-	
Bouleau blanc ( <i>Betula papyrifera</i> )	Déclin	Diminution	Déclin	<b>Déclin</b>
Bouleau gris ( <i>Betula populifolia</i> )	Déclin	-	-	
Bouleau jaune ( <i>Betula allenghaniensis</i> )	Déclin	Ambigu	Persévérance	<b>Bouquets isolés?</b>
Cerisier de Pennsylvanie ( <i>Prunus pensylvanica</i> )	Persévérance	-	-	
Cerisier tardif ( <i>Prunus serotina</i> )	Prospérité	-	-	
Chêne à gros fruits ( <i>Quercus macrocarpa</i> )	Persévérance	-	-	
Chêne rouge ( <i>Quercus rubra</i> )	Prospérité	Augmentation	Prolifération	<b>Prolifération</b>
Épinette blanche ( <i>Picea glauca</i> )	Déclin	Diminution	Déclin	<b>Déclin</b>
Épinette noire ( <i>Picea mariana</i> )	Déclin	Diminution	-	<b>Déclin?</b>
Épinette rouge ( <i>Picea rubens</i> )	Déclin	Diminution	Persévérance	<b>Bouquets isolés?</b>
Érable à épis ( <i>Acer spicatum</i> )	Persévérance	-	-	
Érable à sucre ( <i>Acer saccharum</i> )	Persévérance	Diminution **	Persévérance	<b>Persévérance</b>
Érable argenté ( <i>Acer saccharinum</i> )	Persévérance	-	-	
Érable rouge ( <i>Acer rubrum</i> )	Prolifération	Augmentation	Prolifération	<b>Prolifération</b>
Frêne Blanc ( <i>Fraxinus americana</i> )	Persévérance	Augmentation	Prolifération	<b>Prospérité</b>
Frêne noir ( <i>Fraxinus nigra</i> )	Déclin	-	-	
Hêtre à grandes feuilles ( <i>Fagus grandifolia</i> )	Prospérité	Augmentation*	-	
Mélèze laricin ( <i>Larix laricina</i> )	Persévérance	Diminution	-	<b>Ambigu</b>
Noyer cendré ( <i>Juglans cinerea</i> )	Persévérance	-	-	
Orme d'Amérique ( <i>Ulmus americana</i> )	Prospérité	-	-	
Ostryer de Virginie ( <i>Ostrya virginiana</i> )	Prolifération	-	-	
Peuplier à grandes dents ( <i>Populus grandidentata</i> )	Déclin	-	-	
Peuplier baumier ( <i>Populus balsamifera</i> )	Persévérance	-	-	
Peuplier faux-tremble ( <i>Populus tremuloides</i> )	Persévérance	Diminution	-	<b>Ambigu</b>
Pin blanc ( <i>Pinus strobus</i> )	Prospérité	Augmentation	Prospérité	<b>Prospérité</b>
Pin gris ( <i>Pinus banksiana</i> )	Disparition	Diminution	-	<b>Déclin?</b>
Pin rouge ( <i>Pinus resinosa</i> )	Persévérance	Diminution	Déclin	<b>Déclin</b>
Pruche de l'Est ( <i>Tsuga canadensis</i> )	Persévérance	Ambigu	Persévérance	<b>Persévérance</b>
Sapin baumier ( <i>Abies balsamea</i> )	Déclin	Diminution	Déclin	<b>Déclin</b>
Saule noir ( <i>Salix nigra</i> )	Déclin	-	-	

Sorbier d'Amérique ( <i>Sorbes americana</i> )	Persévérance	-	-	
Thuya occidental ( <i>Thuja occidentalis</i> )	Persévérance	Ambigu	Déclin	<b>Bouquets isolés?</b>
Tilleul d'Amérique ( <i>Tilia americana</i> )	Déclin	-	-	

## Résilience à l'échelle du paysage

La résilience des espèces individuelles d'arbres dans l'ensemble d'un paysage informe la résilience de ses peuplements forestiers et donc la résilience de ce paysage aux changements climatiques. Un peuplement forestier qui comporte surtout des espèces de faible résilience aux changements climatiques risque fortement de décliner lui-même au cours des 50 à 100 prochaines années. Il manque de faits et même de projections concernant la réaction de ces peuplements à risque au déclin individuel des espèces. Il est donc encore plus important de comprendre les changements à terme dans la composition forestière de l'ensemble d'un paysage, afin de mettre au point des actions permettant de lutter contre les changements climatiques.

Dans son examen de la résilience à l'échelle des paysages, la RBF a cartographié les peuplements forestiers en fonction de la proportion d'espèces qui connaîtraient la prolifération ou la prospérité (résilience élevée) par opposition à une composition d'espèces qui ne feraient que persévérer ou qui déclineraient (faible résilience). La figure 3 montre les peuplements qui seront probablement les moins résilients (en rouge), les plus résilients (en bleu) et qui se maintiendront (persévérance, en jaune) à moyen terme (2041-2070). Afin de présenter autrement ses données, la RBF a également cartographié séparément les peuplements ayant une résilience très élevée aux changements climatiques (voir figure 4).

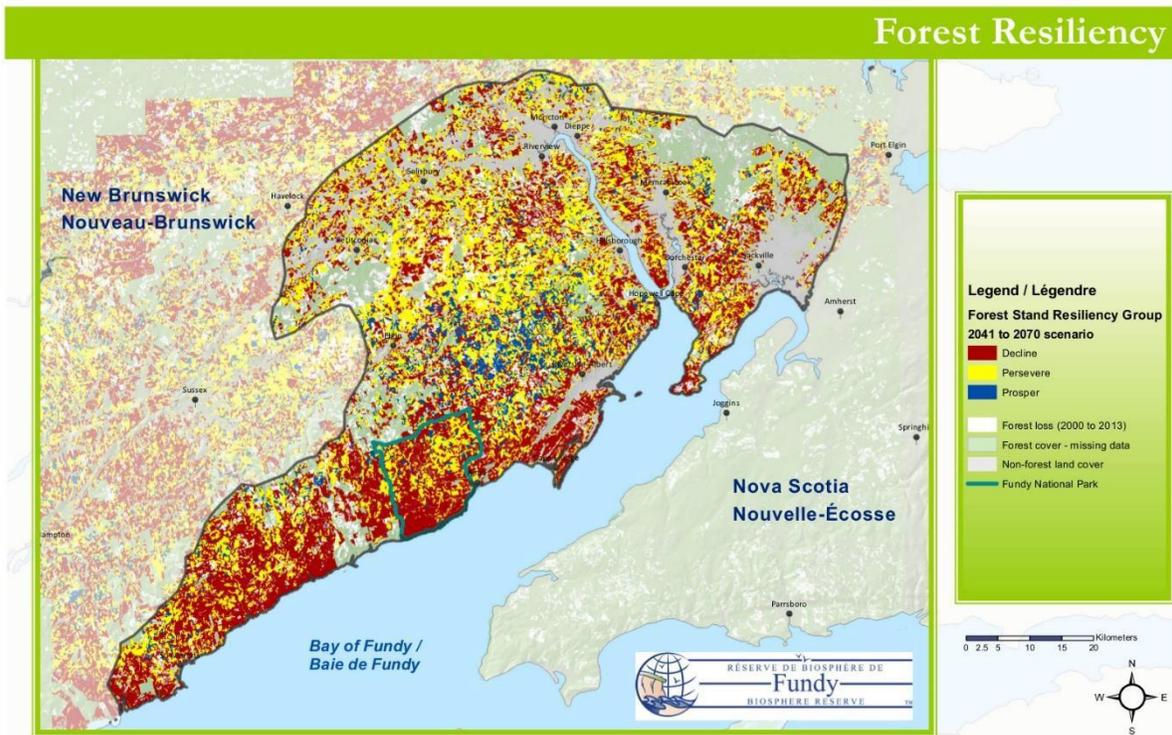


Figure 3. Peuplements forestiers dont on prévoit le déclin (en rouge), la persévérance (en jaune) ou la prospérité (en bleu) à moyen terme (2041-2070), en fonction de leur composition et de la résilience prévue des espèces qui la composent.

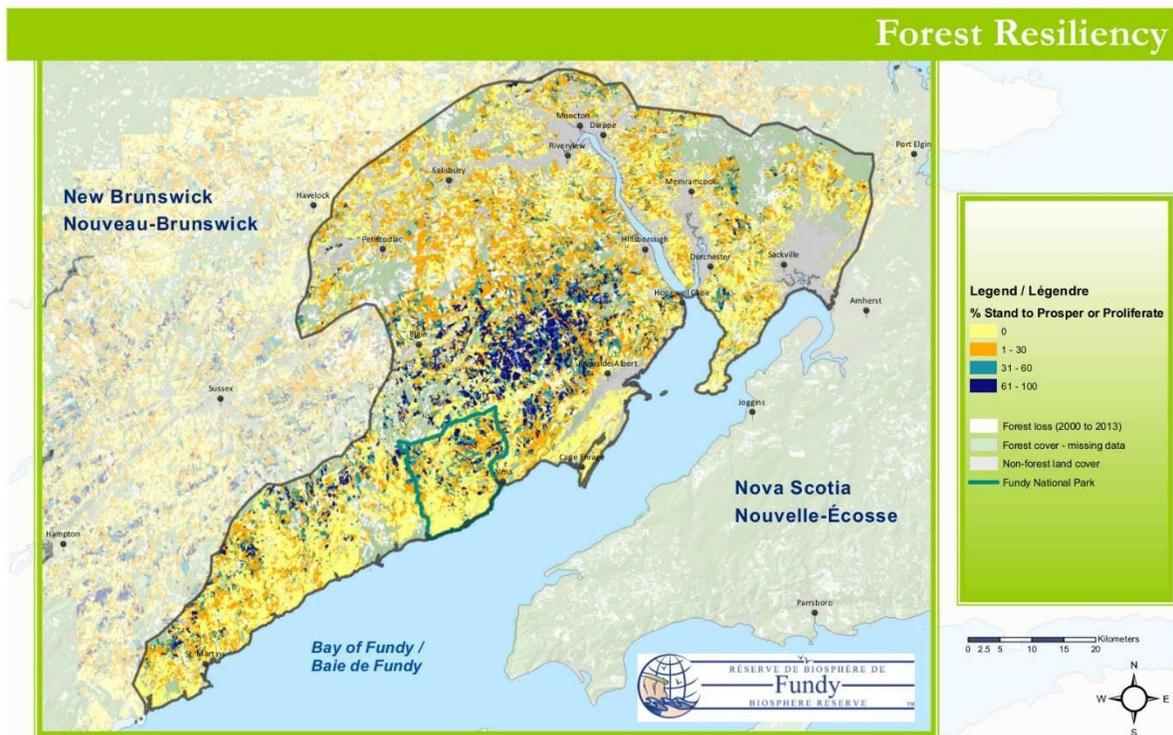


Figure 4. Carte dressée en fonction de la composition des peuplements et de la résilience prévue des espèces, montrant la proportion des peuplements comportant des espèces prospères ou prolifères à moyen terme (2041-2070).

Ces cartes permettent de visualiser l'espace du sud-est du N.-B., de déceler le schéma du déclin et de la prolifération des espèces et des peuplements forestiers et de repérer les peuplements qui connaîtront le plus de changements. Il est inquiétant de constater qu'une grande proportion des peuplements de cette région devrait décliner ou seulement persévérer à moyen terme (2041-2070), probablement en raison des décennies de boréalisation intensive de la forêt acadienne.

La RBF a ensuite utilisé les cartes de résilience des paysages ci-dessus en y associant des couches de données de Conservation de la nature Canada, de la Fondation pour la protection des sites naturels du N.-B., de la Société pour la nature et les parcs du Canada, chapitre du N.-B., et de Deux Pays, Une Forêt (2C1Forest) afin d'identifier des corridors de connectivité interpayagère. La RBF a ensuite utilisé la carte des hexagones de résilience fournie par 2C1Forest, qui mesurent la résilience d'un paysage en fonction de ses caractéristiques morphologiques et microclimatiques. Les cartes de 2C1Forest et celles de la RBF montrant les niveaux plus élevés de résilience ont été fusionnées pour produire une nouvelle couche de données, sur laquelle se fonde l'agencement des corridors de la figure 5.

Le tracé des corridors tient compte d'autres caractéristiques, plus précisément de l'emplacement des zones protégées qui devaient être rattachées au réseau, des zones riveraines ou inexploitées

fermées aux opérations forestières, du type de propriété foncière et de l'évitement d'obstacles (chemins, ponceaux, voies ferrées, etc.) dans la mesure du possible. Essentiellement les cartes des corridors relient entre elles les zones déjà protégées, telles que les Zones naturelles protégées désignées par la province et le Parc national de Fundy, via les peuplements forestiers dont la résilience prévue est la plus élevée. La carte ainsi produite est conçue comme une première ébauche à être soumise aux critiques, et qui sera améliorée au fil du temps.

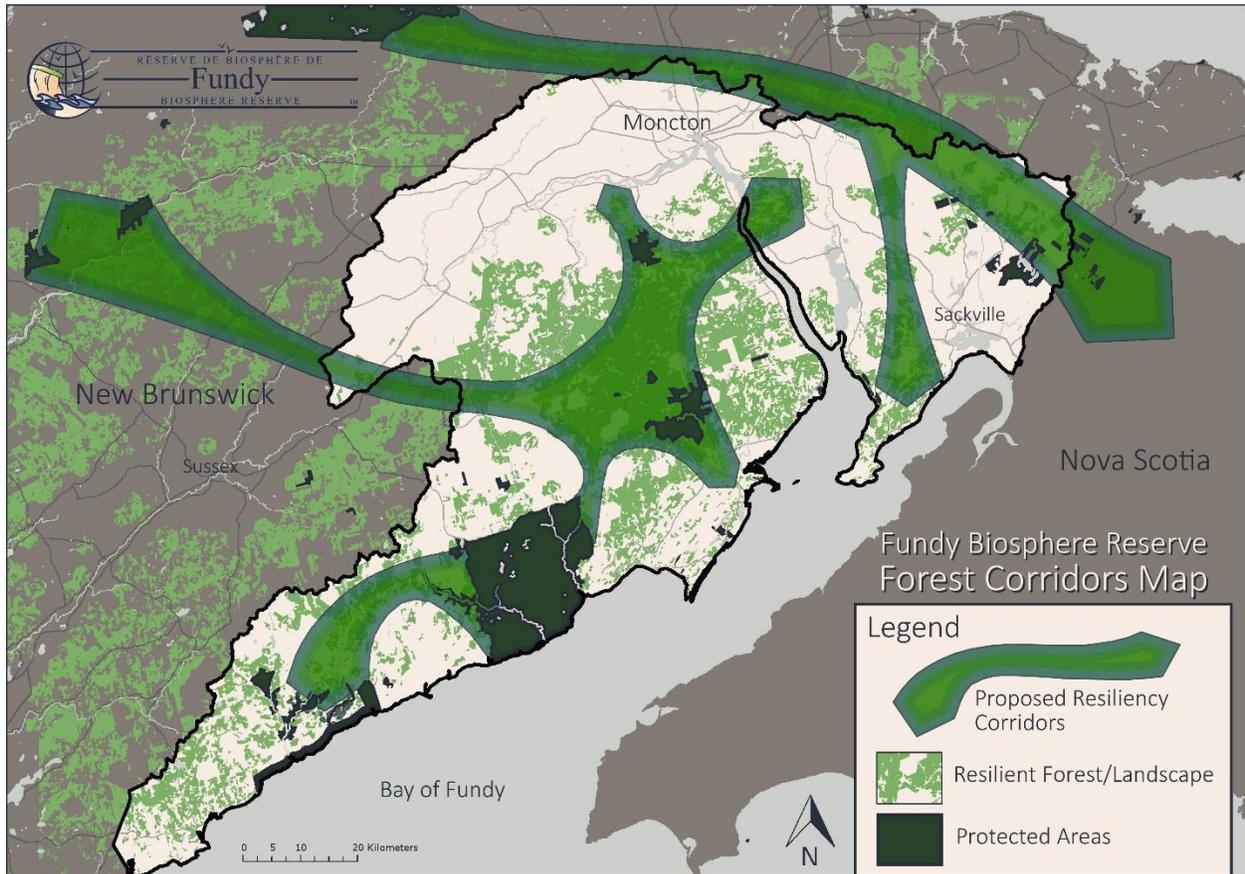


Fig. 5. (En anglais seulement) Les corridors interpaysagers proposés (bandes vertes en surimpression) relient les peuplements forestiers les plus résilients aux changements climatiques (matrice de fond vert pâle) aux zones protégées (vert foncé). Ces corridors comportent d'importants rétrécissements d'habitats tels que l'isthme de Chignecto et le corridor nord-sud passant par Anagance et Elgin.

La RBF considère que les terres des divers corridors de résilience identifiés sont les plus prometteuses quand il s'agit d'apporter des mesures de conservation, de restauration et d'accroissement de la résilience du paysage aux changements climatiques. La RBF prône l'acquisition de terres à l'intérieur de ces corridors aux fins de conservation et le renforcement de l'adaptation au climat par la plantation des espèces les plus résistantes aux changements climatiques dans ces corridors.

## Discussion

Même si les modèles de changement climatique diffèrent et touchent différentes zones de la RFA, il se dessine un consensus parmi les trois études analysées quant aux espèces qui supporteront bien et moins bien les changements climatiques. Par suite, cela hausse le niveau de confiance dans notre capacité de prendre collectivement des mesures visant à améliorer la résilience aux changements climatiques dans les forêts de la RFA.

Parmi les espèces étudiées par un ou davantage des projets de recherche analysés, vingt-trois devraient manifester une résilience modérée (persévérance) ou élevée (prospérité ou prolifération) aux changements climatiques (voir tableau 5) et persister dans la RFA d'ici 2100. Neuf espèces seulement font l'objet d'un consensus des trois études et il y a de très fortes raisons de croire qu'elles persisteront à long terme (2011-2100) : la pruche de l'Est, le thuya occidental, l'érable rouge, le chêne rouge, l'épinette rouge, l'érable à sucre, le frêne blanc, le pin blanc et le bouleau jaune. Parmi ces espèces, quatre seulement laissent prévoir que leur croissance et leur distribution augmenteront : l'érable rouge, le chêne rouge, le frêne blanc et le pin blanc. Quatorze autres espèces ont été retenues parmi les espèces fortement ou modérément résilientes par deux des projets de recherche (mais pas les trois) : le hêtre à grandes feuilles, le sorbier d'Amérique, le peuplier baumier, le cerisier tardif, le chêne à gros fruits, le noyer cendré, l'ostryer de Virginie, l'érable à épis, le bouleau à feuilles cordées, le cerisier de Pennsylvanie, l'amélanchier, l'érable argenté, le bois barré et l'orme d'Amérique.

La liste ci-dessous présente donc les espèces à prioriser dans l'élaboration d'actions sur le terrain visant à hausser la résilience et à améliorer l'adaptation dans la forêt.

Tableau 5. Espèces qui manifesteront probablement une résilience modérée à élevée aux changements climatiques à long terme (2011-2100). Ces projections sous-estiment probablement l'incidence du chancre du hêtre dans notre région (\*) et sous-estiment probablement l'abondance générale de l'érable à sucre (\*\*). (Plus de détails dans le texte.)

Espèces d'arbres indigènes	RBF	Taylor et coll.	Bourque et Hassan	Conclusion
Amélanchier ( <i>Amelanchier canadensis</i> )	Persévérance	-	-	
Bois barré ( <i>Acer pensylvanicum</i> )	Persévérance	-	-	
Bouleau à feuilles cordées ( <i>Betula cordifolia</i> )	Prospérité	-	-	
Bouleau jaune ( <i>Betula allenghaniensis</i> )	Déclin	Ambigu	Persévérance	<b>Bouquets isolés?</b>
Cerisier de Pennsylvanie ( <i>Prunus pensylvanica</i> )	Persévérance	-	-	
Cerisier tardif ( <i>Prunus serotina</i> )	Prospérité	-	-	
Chêne à gros fruits ( <i>Quercus macrocarpa</i> )	Persévérance	-	-	
Chêne rouge ( <i>Quercus rubra</i> )	Prospérité	Augmentation	Prolifération	<b>Prolifération</b>
Épinette rouge ( <i>Picea rubens</i> )	Déclin	Diminution	Persévérance	<b>Bouquets isolés?</b>
Érable à épis ( <i>Acer spicatum</i> )	Persévérance	-	-	
Érable à sucre ( <i>Acer saccharum</i> )	Persévérance	Diminution **	Persévérance	<b>Persévérance</b>
Érable argenté ( <i>Acer saccharinum</i> )	Persévérance	-	-	
Érable rouge ( <i>Acer rubrum</i> )	Prolifération	Augmentation	Prolifération	<b>Prolifération</b>
Frêne Blanc ( <i>Fraxinus americana</i> )	Persévérance	Augmentation	Prolifération	<b>Prospérité</b>
Hêtre à grandes feuilles ( <i>Fagus grandifolia</i> )	Prospérité	Augmentation*	-	
Noyer cendré ( <i>Juglans cinerea</i> )	Persévérance	-	-	
Orme d'Amérique ( <i>Ulmus americana</i> )	Prospérité	-	-	
Ostryer de Virginie ( <i>Ostrya virginiana</i> )	Prolifération	-	-	
Peuplier baumier ( <i>Populus balsamifera</i> )	Persévérance	-	-	
Pin blanc ( <i>Pinus strobus</i> )	Prospérité	Augmentation	Prospérité	<b>Prospérité</b>
Pruche de l'Est ( <i>Tsuga canadensis</i> )	Persévérance	Ambigu	Persévérance	<b>Persévérance</b>
Sorbier d'Amérique ( <i>Sorbes americana</i> )	Persévérance	-	-	
Thuja occidentale ( <i>Thuja occidentalis</i> )	Persévérance	Ambigu	Déclin	<b>Bouquets isolés?</b>

Lorsqu'on songe à prendre des mesures pour améliorer la résilience et l'adaptation à l'échelle du paysage forestier, le plus sensé consiste à accorder la priorité stratégique aux corridors paysagers proposés par la RBF. Les terres qui constituent ces corridors sont déjà les plus susceptibles de profiter des mesures visant à améliorer leur résilience et leur adaptation aux changements climatiques, mesures qui pourront en même temps relever d'autres défis en matière de conservation des habitats et de services écosystémiques.

## Conclusion

Un tel degré de consensus entre les recherches et de tels résultats nous mettent au défi de définir collectivement quels peuplements forestiers seront destinés en priorité à la conservation et lesquels gérés aux fins d'adaptation au climat. Le choix de mesures appropriées de gestion forestière

adaptative (par ex. : prescriptions sylvicoles pour modifier la composition, plantation d'espèces d'arbres résilientes) est un prochain défi qui nous attend.

Voici deux modes d'action des plus évidents pour contrer la faible résilience de la forêt acadienne dans les Maritimes :

1. La pratique d'une sylviculture d'adaptation au climat : il est urgent de disposer d'une série de prescriptions sylvicoles pour gérer la composition des forêts afin de la diversifier et de la rendre plus résiliente aux changements climatiques (c.-à-d., l'adapter); différentes prescriptions sont nécessaires pour la gestion de peuplements d'âge et d'état différents,
2. La généralisation de la conservation des forêts et des corridors stratégiques : il est crucial de retirer autant de terres forestières que possible des processus forestiers industriels. Les rares peuplements survivants de l'ancienne forêt mixte acadienne doivent être protégés et gérés pour en assurer la résilience à long terme; les peuplements plus jeunes doivent être replantés ou gérés aux mêmes fins. D'un point de vue stratégique, la priorité devrait être accordée à la protection des terres faisant partie des corridors de connectivité des habitats.

## Références

Bourque, C. P.-A. et Hassan, Q. K. 2008. Projected impacts of climate change on species distribution in the Acadian Forest region of eastern Nova Scotia. (*Impact prévu des changements climatiques sur la distribution des espèces dans la région de la forêt acadienne de Nouvelle-Écosse*). *Forestry Chronicle*: 84 (4), 553 – 557.

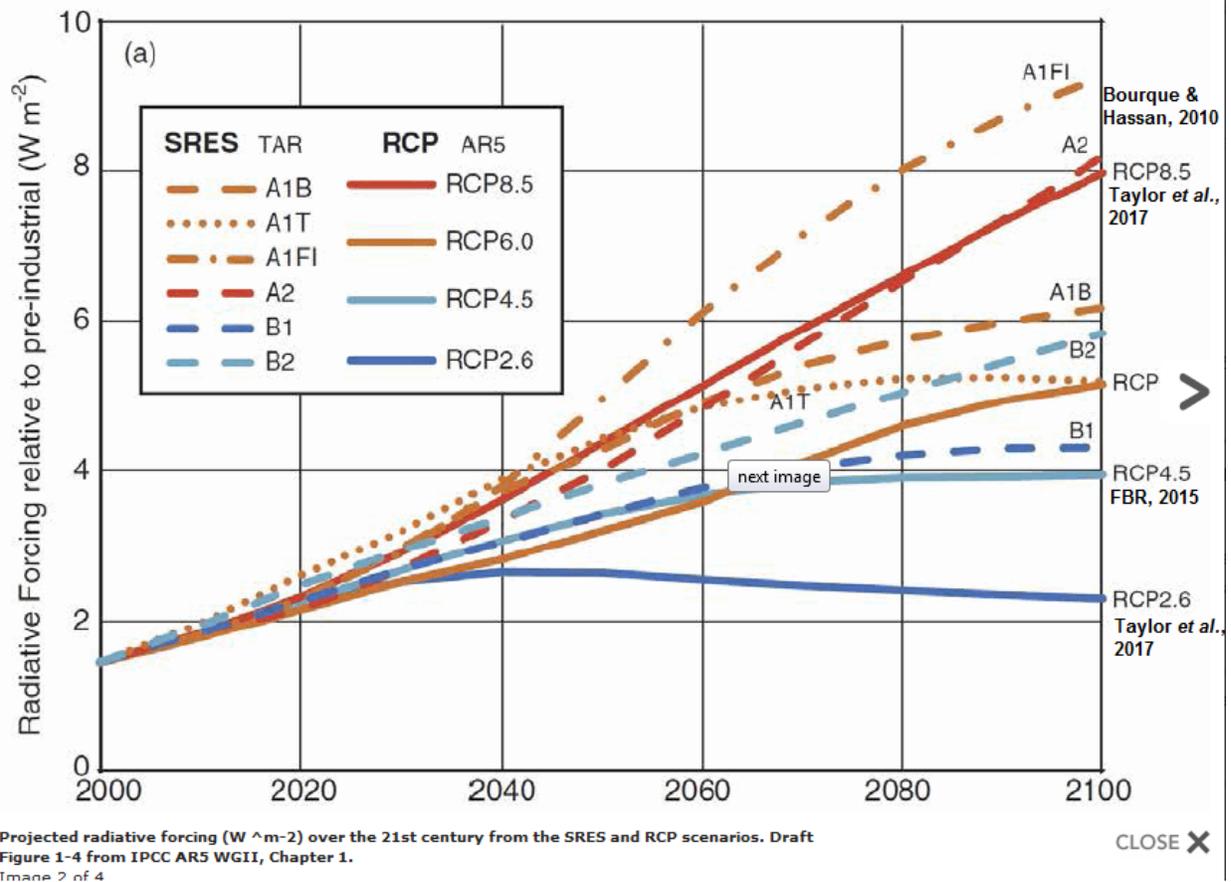
Bourque, C. P.-A. et Hassan, Q. K. 2010. Modeled potential tree species distribution for current and future climates for Prince Edward Island, Canada. (*Distribution potentielle des espèces d'arbres, modélisée selon les conditions climatiques actuelles et futures à l'Île-du-Prince-Édouard, Canada*). [https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiTwuaso4LYAhWxUN8KHRRJB3wQFggqMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.princeedwardisland.ca%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpublications%2Fclimate\\_change\\_2010\\_pei\\_full\\_report.pdf&usg=AOvVaw3yf8S-H3VajAPQ47gNObsi](https://www.google.ca/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiTwuaso4LYAhWxUN8KHRRJB3wQFggqMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.princeedwardisland.ca%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpublications%2Fclimate_change_2010_pei_full_report.pdf&usg=AOvVaw3yf8S-H3VajAPQ47gNObsi). Consulté le 4 décembre 2017.

Réserve de biosphère de Fundy. 2015. Forests of the Future in the Fundy Biosphere Reserve: Climate Change Resiliency of Tree Species in the Fundy Biosphere Reserve Region (*Forêts de l'avenir dans la Réserve de biosphère de Fundy : Résilience des espèces d'arbres dans la région de la Réserve de biosphère de Fundy*). <http://www.fundy-biosphere.ca/en/home/forests-of-the-future.html>. Consulté le 7 avril 2015.

Taylor, A. R., Boulanger, Y., Price, D. T., Cyr, D., McGarrigle, E., Rammer, W., Kershaw, J. A. Jr. 2017. Rapid 21st century climate change projected to shift composition and growth of Canada's Acadian Forest Region (*Des changements climatiques rapides au 21<sup>e</sup> siècle modifieront la composition et la croissance dans la région de la forêt acadienne du Canada*) *For. Eco. Man.* (405) 284 – 294.

## Annexe I : Comparaison entre diverses modélisations du changement climatique

Des modèles « statu quo » tels que le SRES A1F1 et le RCP 8.5 montrent l'intensité des effets si le changement climatique n'est pas largement freiné, produisant d'ici 2100 une anomalie de température médiane de 4,9°C au-dessus des valeurs préindustrielles. Par contre les modèles « modérés » comme le SRES B1 et le RCP 4.5 tiennent compte de certaines mesures d'atténuation du changement climatique, produisant d'ici 2100 une anomalie de température médiane de 2,4°C au-dessus des valeurs préindustrielles. Le scénario RCP 2.6 tient compte des efforts les plus intenses d'atténuation du changement climatique et prévoit quand même la production d'ici 2100 d'une anomalie de température médiane de 1,5°C au-dessus des valeurs préindustrielles. Chacune des études évoquées dans ce document a exploité plus d'un modèle, comme l'indique la figure ci-dessous.



Projection du forçage radiatif ( $W \cdot m^{-2}$ ) des scénarios SRES et RCP au cours du 21<sup>e</sup> siècle. Ébauche  
 Figures 1-4 du 1<sup>er</sup> chapitre de l'ouvrage IPCC ARS WGII  
 Image 2 de 4

**Annexe II. Réserve de biosphère de Fundy, 2015. (en anglais seulement)**

**Annexe III. Bourque et Hassan, 2010. (en anglais seulement)**