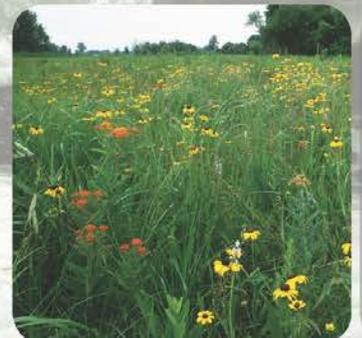


# 2015

## L'État de la science des changements climatiques dans le bassin des Grands Lacs :

Accent sur les effets climatologiques, hydrologiques, et écologiques





## REMERCIEMENTS

Le présent rapport a été rendu possible grâce au soutien reçu dans le cadre de l'Accord Canada-Ontario et l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, et à la collaboration d'Environnement Canada.

Ce rapport a bénéficié de contributions d'anciens membres et de membres actuels du Programme pour les changements climatiques du ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario (Paul Gray, Quentin Chiotti, Stephanie Barr, Carolyn Winsborough, Jenni McDermid, Jenny Gleeson, Gary Nielsen et Rachelle Lalonde), de l'Ontario Climate Consortium (Harris Switzman, Edmundo Fausto et Simran Chattha), de la MacMaster University (Sarah Dickin et Gail Krantzberg) et d'Environnement Canada (Wendy Leger et Nancy Stadler-Salt).

Nous aimerions également remercier les nombreux chercheurs qui ont fourni leur rétroaction et leurs commentaires par l'intermédiaire d'ateliers, de consultations et d'examen, y compris le sous-comité de l'annexe 9 sur les répercussions des changements climatiques de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs et le ministère de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique de l'Ontario.

## CITATION RECOMMANDÉE

McDermid, J.L., S.K. Dickin, C.L. Winsborough, H. Switzman, S. Barr, J.A. Gleeson, G. Krantzberg, P.A. Gray. 2015. État de la science des changements climatiques dans le bassin des Grands Lacs : Accent sur les effets climatologiques, hydrologiques et écologiques. Préparé conjointement par l'Ontario Climate Consortium et le ministère des Richesses naturelles et des Forêts de l'Ontario pour fournir des commentaires sur l'annexe 9 sur les répercussions des changements climatiques dans le cadre de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, octobre 2015.



*Le présent rapport comprend des photos prises par : Wasył Bakowsky, Michael Oldham, Gary Allen, Brendan Toews, M. Wester et Stan Vasiliauskas.*



## OBJET ET CONTEXTE DU RAPPORT

Il existe un consensus presque unanime sur le fait que les changements climatiques sont une réalité et que leurs effets sont déjà observés dans l'ensemble du bassin des Grands Lacs. En raison de l'ampleur et de la multiplicité des répercussions possibles sur les processus physiques, chimiques et biologiques dans le bassin, et de l'importance des services environnementaux auxquels ces processus contribuent, y compris le bien-être et la qualité de vie des communautés des Grands Lacs, la section intitulée « Répercussions des changements climatiques » figure en annexe à l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs de 2012 (AQEGL) et à l'Accord Canada-Ontario sur la qualité de l'eau et la santé de l'écosystème du bassin des Grands Lacs 2014 (ACO) récemment ratifiée.

L'objectif du rapport sur l'état de la science des changements climatiques dans le bassin des Grands Lacs de 2015 est de résumer les connaissances scientifiques disponibles sur les répercussions observées et prévues des changements climatiques dans le bassin des Grands Lacs, et de documenter les méthodes d'évaluation des changements climatiques qui ont été appliquées dans la région. Le présent rapport a été produit à l'appui des engagements pris dans le cadre de l'annexe 9 sur les répercussions des changements climatiques, dans le but de tenir compte des effets des changements climatiques sur l'intégrité chimique, physique et biologique des eaux des Grands Lacs, et d'assurer une communication et une coordination binationale concernant les progrès continus des sciences domestiques. Le rapport est fondé sur les nombreuses recherches réalisées par divers ordres de gouvernements, universités et autres organisations, ainsi que sur le corpus grandissant de connaissances dans le domaine de la recherche écologique et des changements climatiques. Ce rapport fournit aux chercheurs, aux gestionnaires et aux décideurs un examen détaillé et méthodique offrant une référence temporelle sur la science de ces changements climatiques.

Au cours des 15 dernières années, nous avons été témoin d'une importante vague de nouvelles recherches sur les répercussions des changements climatiques sur les systèmes physiques, biologiques, chimiques, économiques et sociaux, ainsi que de nombreuses recherches sur la gestion adaptative dans le bassin des Grands Lacs. Un examen de cette documentation est présenté et résumé en fonction d'un cadre de thèmes qui traite des répercussions des changements climatiques sur l'environnement physique, la chimie du bassin des Grands Lacs, les écosystèmes aquatiques et terrestres, la biodiversité du bassin et les systèmes socioéconomiques. Des praticiens et des chercheurs en changements climatiques ont ensuite été consultés afin d'élaborer, en se fondant sur un consensus, des niveaux de confiance à l'égard de ces renseignements, de valider les recherches de synthèse menées à partir de la documentation, et de déceler toute lacune dans les renseignements. De plus, un examen complet des recherches qui avaient été menées au cours des cinq dernières années (2010-2014) et qui avaient eu recours à des modèles climatiques a été effectué. Cet examen visant à déterminer la façon dont les modèles climatiques avaient récemment été utilisés dans la région pour évaluer les prévisions relatives au climat, aux évaluations des répercussions des changements climatiques, aux stratégies de gestion adaptative et aux caractéristiques des vulnérabilités climatiques.



## APERÇU DES SECTIONS DU RAPPORT

Le rapport sur l'état de la science des changements climatiques dans le bassin des Grands Lacs comporte quatre sections.

### Partie 1 : Utilisation des renseignements sur le climat dans le bassin des Grands Lacs

Cette section résume les tendances et les pratiques récentes quant à l'utilisation de la modélisation et de l'analyse climatique en fonction de divers thèmes de gestion pertinents au bassin des Grands Lacs, et comprend un aperçu des ensembles de données disponibles à l'heure actuelle dans la région. On y discute également de la façon dont les renseignements sur le climat ont été utilisés dans les recherches sur les répercussions et les évaluations de la vulnérabilité, y compris le type de modèles, de scénarios d'émissions et de méthodes de réduction d'échelle qui a été utilisé dans le cadre de cette recherche. De plus, on examine les stratégies utilisées pour réduire l'incertitude des résultats des modèles de changements climatiques actuels.

### Partie 2 : Évaluation de la fiabilité des données sur la science des changements climatiques dans les Grands Lacs

Cette section présente les résultats des consultations tenues avec un large éventail de chercheurs en changements climatiques à qui on a demandé de classer les renseignements pour chaque thème lié aux répercussions en fonction des trois critères suivants : (1) accord entre les recherches disponibles; (2) type, quantité et qualité des preuves; (3) limites auto-identifiées de la recherche. Ce classement a été effectué indépendamment et à l'aide d'une approche de consensus de groupe pour les deux thèmes que chaque participant connaissait le mieux. Les niveaux de confiance pour chaque thème ont ensuite été divisés en trois catégories, soit faible , médium  ou élevé , en fonction du cadre utilisé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Un résumé des niveaux de confiance pour chaque répercussion est présenté dans le tableau ci-dessous intitulé « Répercussions prévues des changements climatiques dans le bassin des Grands Lacs ».

### Partie 3 : Synthèse des impacts des changements climatiques et des vulnérabilités dans le bassin des Grands Lacs

Cette section fournit un examen détaillé à jour des vulnérabilités du bassin des Grands Lacs. L'examen est fondé sur des documents clés qui ont été organisés en fonction de : (1) effets physiques; (2) chimie environnementale et polluants; (3) effets écologiques et biodiversité. Un résumé des effets prévus des changements climatiques sur chaque thème lié aux répercussions est présenté dans le tableau ci-dessous intitulé « Répercussions prévues des changements climatiques dans le bassin des Grands Lacs », et ces renseignements sont également disponibles dans la base de données associée à ce projet.

### Partie 4 : Lacunes en matière de connaissances

Cette section classe les lacunes en matière de connaissances relevées pour chacun des thèmes liés aux répercussions. Dans certains cas, les auteurs des documents cités ont cerné les lacunes au niveau des connaissances. De plus, on a demandé aux spécialistes des effets environnementaux des changements climatiques de fournir, dans le cadre d'un atelier, leurs commentaires sur les lacunes en matière de connaissance, les incohérences et les incertitudes de la recherche. La détermination de ces lacunes au niveau des connaissances permettra d'éclairer l'établissement des priorités pour les prochaines recherches, dans le but d'appuyer les évaluations et les mesures liées à la vulnérabilité aux changements climatiques. Un résumé des lacunes en matière de connaissances est présenté dans le tableau ci-dessous intitulé « Lacunes en matière de connaissances ».

### **Base de connaissances connexe**

Dans le cadre de l'examen complet des études sur les changements climatiques dans les Grands Lacs qui ont été menées de 2010 à 2014, une base de données a été créée dans Microsoft Access® pour faire des requêtes et faciliter l'analyse des recherches, des métadonnées et des résultats. Cette base de données contient 254 recherches et plus de 2 000 estimations individuelles des répercussions des changements climatiques en fonction de divers thèmes de recherche. La base de données peut être téléchargée au <http://ontarioclimate.org/our-work/the-state-of-climate-change-science-in-the-great-lakes> (en anglais seulement).

# EFFETS PROJÉTÉS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE BASSIN DES GRANDS LACS

EFFETS PHYSIQUES

	Thème	Prévisions générales	Tendance	Catégorie	Confiance dans les données
	<b>Climatologie</b>				
	Température de l'air	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation entre 1,5 °C et 7 °C d'ici les années 2080, selon le scénario climatique et le modèle utilisés</li> <li>Augmentations plus fortes en hiver</li> <li>Période sans gel et saison de végétation prolongées</li> </ul>	↑		 éléments probants élevés niveau d'accord élevé
	Précipitations	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation de 20 % des précipitations annuelles sur l'ensemble du bassin des Grands Lacs d'ici les années 2080, selon le scénario des émissions les plus élevées</li> <li>Augmentations de pluie, diminutions de chutes de neige</li> <li>Précipitations accrues au printemps, précipitations diminuées en été</li> </ul>	↑		 éléments probants élevés niveau d'accord moyen
	Sécheresse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Événements de pluie extrême plus fréquents.</li> <li>Augmentations projetées de la fréquence et de la durée des sécheresses</li> </ul>	↑		 éléments probants faibles éléments probants élevés
	Vent	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentations d'événements de rafales</li> </ul>	↑		 éléments probants faibles niveau d'accord faible
	Tempêtes de verglas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fréquence accrue d'événements de pluie verglaçante</li> </ul>	↑		 éléments probants faibles niveau d'accord faible
	<b>Température de l'eau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation entre 0,9 °C et 6,7 °C de la température de l'eau de surface d'ici les années 2080</li> <li>Saison sans glace prolongée de 42 à 90 jours</li> <li>Période de stratification accrue</li> </ul>	↑	Lacs Rivières Milieux humides	 éléments probants élevés niveau d'accord faible   éléments probants faibles niveau d'accord élevé   éléments probants faibles niveau d'accord faible
	<b>Niveaux d'eau et hydrologie superficielle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les niveaux d'eau dans les Grands Lacs fluctuent naturellement jusqu'à 1,5 m.</li> <li>Les niveaux d'eau à long terme dans les Grands Lacs ont atteint un sommet dans les années 1980 et ils ne cessent de diminuer depuis.</li> <li>Les projections des niveaux d'eau futurs des lacs varient; néanmoins, elles suggèrent généralement des fluctuations près des niveaux d'eau moyens bas.</li> <li>Les niveaux d'eau bas sont causés par de multiples facteurs, y compris des températures de l'air plus chaudes, une évaporation et une évapotranspiration accrues, des sécheresses et des changements aux types des précipitations.</li> </ul>	↓	Lacs Rivières Milieux humides	 éléments probants élevés niveau d'accord faible   éléments probants élevés niveau d'accord élevé   éléments probants faibles niveau d'accord faible

	Thème	Prévisions générales	Tendance	Catégorie	Confiance dans les données
	<b>Dynamique des glaces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diminutions projetées de la durée de la couverture de glace, de l'épaisseur de la glace et de l'étendue de la glace</li> <li>Dégels en plein hiver accrus, changeant la dynamique des glaces sur les rivières</li> </ul>	↓	Lacs  Rivières	 éléments probants moyens niveau d'accord élevé   éléments probants faibles niveau d'accord faible
	<b>Eau souterraine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les taux de recharge seront plus élevés en hiver.</li> </ul>	↑		 éléments probants faibles niveau d'accord faible
	<b>Catastrophes naturelles</b>  INONDATIONS INCENDIES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation de la gravité des inondations et de leur fréquence</li> <li>Augmentations projetées du nombre et de la portée des incendies</li> </ul>	↑↑		 éléments probants moyens niveau d'accord moyen   éléments probants moyens niveau d'accord moyen
<b>CHIMIE ET POLLUANTS ENVIRONNEMENTAUX</b>	<b>Effets chimiques</b>  (oxygène, acidité [pH], phosphore, azote, carbone, mercure et autres composés organiques halogénés)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmentation probable de carbone organique dissous, de phosphore et de niveaux d'azote</li> <li>Augmentation probable de la toxicité et de la mobilisation du mercure</li> <li>En raison de l'augmentation des niveaux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'eau augmenteront aussi, causant des niveaux de pH plus faibles.</li> </ul>	↑		 éléments probants faibles niveau d'accord faible
<b>EFFETS ÉCOLOGIQUES ET BIODIVERSITÉ</b>	<b>Espèces aquatiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>Diminution de l'aire de répartition</u> : poissons d'eaux froides (p. ex. truite mouchetée, touladi), tortue peinte.</li> <li><u>Expansion de l'aire de répartition</u> : poissons d'eaux froides et chaudes (p. ex. doré jaune, achigan à petite bouche), grenouille-taureau américaine, grenouille léopard.</li> <li>Diminution des habitats en eaux froides et augmentation des habitats en eaux chaudes.</li> <li>La compétition change en raison de l'expansion et de la diminution des aires de répartition.</li> </ul>	<i>Non évaluée</i>	Changements de répartition  Changements génétiques  Phénologie modifiée  Perturbation de l'habitat	 Valeur probante moyenne Accord moyen   Valeur probante faible Accord faible   Valeur probante faible Accord faible   Valeur probante

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les rivières fragmentées peuvent entraver la capacité d'expansion des espèces.</li> <li>Progrès dans la phénologie printanière des amphibiens.</li> </ul>			<p>moyenne</p> <p>Accord moyen</p>
Arbres et plantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expansion de l'aire de répartition : bouleau, chêne, espèces caroliniennes, érable à sucre, caryer.</li> <li>Diminution de l'aire de répartition : espèces béroales, épinette, sapin, pin gris, pin blanc.</li> <li>La niche climatique de trois espèces en Ontario se dispersera et se déplacera vers le nord.</li> <li>Dans le sud, les arbres connaîtront vraisemblablement une réduction du taux de croissance, un échec de la reproduction, et une augmentation des taux de maladie et de mortalité.</li> <li>La fragmentation des forêts réduira la migration massive des arbres.</li> <li>La productivité des plantes augmentera si celles-ci ne sont pas limitées.</li> <li>La répartition et l'abondance de la végétation des terres humides changeront, p. ex. la végétation nécessitant de l'eau, comme les laiches, les herbes, les prairies humides et les arbres, remplaceront les espèces émergentes et submergées.</li> </ul>	Non évaluée	<p>Changements de répartition</p> <p>Changements génétiques</p> <p>Phénologie modifiée</p> <p>Perturbation de l'habitat</p>	<p> Valeur probante Moyenne</p> <p>Accord moyen</p> <p> Valeur probante moyenne</p> <p>Accord moyen</p> <p> Valeur probante moyenne</p> <p>Accord moyen</p> <p> Valeur probante moyenne</p> <p>Accord moyen</p>
Animaux sauvages	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expansion de l'aire de répartition : petit polatouche, cerf de Virginie, bécasse d'Amérique, pékan, renard roux.</li> <li>Diminution de l'aire de répartition : lynx du Canada, moucherolle des aulnes, grand polatouche.</li> <li>Augmentation des espèces « généralistes » et diminution des espèces « spécialisées ».</li> <li>Les aires de répartition changeantes peuvent être gênées par les frontières géographiques, le stress biotique et la fragmentation des paysages.</li> <li>Diminution de plus de 35 % des habitats optimaux pour 100 espèces d'oiseaux menacées par le climat en Ontario.</li> <li>Risque d'hydrifation accru (p. ex. mésange de Caroline et mésange à tête noire).</li> <li>Reproduction et éclosion précoces pour certaines espèces d'oiseaux.</li> <li>Asynchronie entre l'environnement et le cycle biologique.</li> <li>Perturbation des relations prédateurs-proies (p. ex. lynx du Canada et lièvre d'Amérique).</li> </ul>	Non évaluée	<p>Changements de répartition</p> <p>Changements génétiques</p> <p>Phénologie modifiée</p> <p>Perturbation de l'habitat</p>	<p> Valeur probante moyenne</p> <p>Accord moyen</p> <p> Valeur probante faible</p> <p>Accord faible</p> <p> Valeur probante moyenne</p> <p>Accord moyen</p> <p> Valeur probante moyenne</p> <p>Accord moyen</p>
Pathogènes et parasites	<ul style="list-style-type: none"> <li>La répartition et la prévalence des pathogènes et des parasites devraient connaître une hausse.</li> <li>Les relations parasites-hôtes changent en raison de la hausse des températures.</li> </ul>	Non évaluée	<p>Aquatique</p> <p>Arbres et plantes</p> <p>Animaux sauvages</p>	<p> Valeur probante faible</p> <p>Accord faible</p> <p> Valeur probante faible</p> <p>Accord élevé</p> <p> Valeur probante faible</p> <p>Accord faible</p>
Espèces invasives	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les espèces non indigènes pourraient s'établir de plus en plus dans les milieux.</li> <li>Les espèces invasives actuelles seront en mesure d'étendre leurs aires de répartition plus vers le nord en raison des températures plus douces.</li> </ul>	Non évaluée	<p>Aquatique</p> <p>Arbres et plantes</p> <p>Animaux sauvages</p>	<p> Valeur probante faible</p> <p>Accord élevé</p> <p> Valeur probante faible</p> <p>Accord élevé</p>

					 Valeur probante faible Accord faible
--	--	--	--	--	---



## LACUNES EN MATIÈRE DE CONNAISSANCES

Sommaire des lacunes en matière de connaissances par thème	Section du
<p><b>La modélisation climatique dans le bassin des Grands Lacs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La capacité de modéliser des processus et les rétroactions entre les systèmes de la surface de la Terre et atmosphériques à des échelles locales dans le bassin des Grands Lacs est limitée.</li> <li>• L'application et l'avancement de la réduction d'échelle dynamique sont limités dans le bassin des Grands Lacs. Il y a un manque d'intégration des scénarios de modèles émergents dans la recherche, laquelle est nécessaire pour veiller à ce que les conclusions futures se fondent sur la base de connaissances existante.</li> <li>• Une analyse prévisionnelle et rétrospective (telle que la prévision a posteriori) est nécessaire pour valider la performance du modèle.</li> <li>• La couverture et la qualité de l'information des réseaux d'observations climatiques et météorologiques n'ont pas été évaluées pour déterminer leur capacité à soutenir la gestion adaptative et le développement de données sur les changements climatiques et leurs impacts, y compris le peaufinement des modèles du système terrestre, d'outils analytiques et des seuils des impacts et réponses du système aux changements climatiques.</li> <li>• Les limites, déficiences et hypothèses, utilisées dans la recherche non climatologique et d'autres applications, en particulier les techniques de réduction d'échelle, la sélection du Modèle de circulation mondiale (MCM), les scénarios d'émissions et la confiance globale dans les conclusions n'ont pas bien été communiquées.</li> </ul>	1.2, 3.1, 4.1
<p><b>Température de l'eau</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La prise en considération de la dynamique spatiale des lacs n'a pas été intégrée dans la modélisation de la température de l'eau.</li> <li>• La surveillance et la modélisation des profils thermiques des lacs et les analyses fondées sur la température en surface sont limitées. Les changements de la configuration des vents (en raison des changements climatiques) n'ont pas été intégrés dans les modèles de la dynamique des glaces.</li> </ul>	3.1.2, 4.2

<p><b>Niveaux d'eau et hydrologie de surface</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il existe des incertitudes quant aux rôles relatifs que jouent les précipitations, les eaux de ruissellement, l'évaporation et l'évapotranspiration dans la modélisation des niveaux d'eau.</li> </ul> <p><b>Lacs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il y a un manque de clarté dans la compréhension des multiples facteurs (y compris les facteurs hydroclimatiques) qui influencent les projections des niveaux de l'eau pour les Grands Lacs.</li> <li>• La diversité des types de lacs intérieurs et les impacts des changements climatiques sur ces lacs n'ont pas bien été caractérisés.</li> </ul> <p><b>Rivières</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il y a un manque de clarté dans la compréhension des multiples facteurs (y compris les facteurs hydroclimatiques) qui influencent les projections des niveaux de l'eau pour les Grands Lacs.</li> <li>• La diversité des types de lacs intérieurs et les impacts des changements climatiques sur ces lacs n'ont pas bien été caractérisés.</li> </ul> <p><b>Milieus humides</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• On note un manque de recherche détaillée sur la vulnérabilité des milieux humides, notamment sur les caractéristiques de l'assèchement des milieux humides.</li> <li>• Il y a une compréhension limitée de la façon dont le climat a des impacts sur les bilans hydrologiques des milieux humides.</li> <li>• La surveillance des milieux humides n'a pas été conçue pour évaluer les impacts des changements prévus quant au niveau de l'eau.</li> </ul>	<p>3.1.3, 4.3</p>
<p><b>Eau souterraine</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les taux de recharge et de décharge et les caractéristiques des eaux souterraines ne sont pas bien compris dans le bassin des Grands Lacs.</li> <li>• Un inventaire des ressources d'eau souterraine n'a pas été effectué pour le bassin.</li> <li>• La compréhension de la magnitude et de la direction des changements liés à l'eau souterraine est limitée.</li> </ul>	<p>3.1.5, 4.4</p>
<p><b>Précipitations et phénomènes extrêmes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La recherche précisant des indicateurs pour les phénomènes météorologiques extrêmes liés aux risques d'inondation et de sécheresse est limitée.</li> <li>• Les projections des précipitations ont une résolution limitée et pourraient mieux caractériser les rétroactions du cycle des précipitations.</li> <li>• Les conséquences des régimes de perturbation altérés, tels que les incendies et la sécheresse, ne sont pas bien documentées.</li> </ul>	<p>3.1, 3.1.6, 4.5</p>

<p><b>Effets chimiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les projections des changements subis par la chimie des lacs et des rivières sont limitées (par exemple, les niveaux d'oxygène, de carbone, d'azote et de phosphore).</li> <li>• Les effets de la fertilisation par le dioxyde de carbone n'ont pas été intégrés dans la modélisation du cycle du carbone.</li> <li>• Les changements liés aux utilisations et aux applications de pesticides et de biocide, comportant des changements liés aux agents pathogènes, aux parasites et aux espèces envahissantes n'ont pas été pris en compte dans les modèles des effets chimiques.</li> <li>• Les projections des changements dans les utilisations et applications des produits chimiques sont limitées.</li> <li>• Les connaissances et les données sur les changements climatiques et leurs effets directs sur l'exposition, l'évolution et le transport des produits chimiques sont limitées.</li> <li>• La surveillance n'est pas conçue pour mener un contrôle et des tests rigoureux pour les produits chimiques et les pesticides, notamment la chimie carbonique et l'acidification.</li> </ul>	3.2, 4.6
<p><b>Changements liés aux aires et à l'écosystème des espèces</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Élargir la modélisation écologique au-delà des réactions des espèces aux changements climatiques pourrait aider à aborder les questions liées aux interactions entre plusieurs espèces et aux changements de l'écosystème.</li> <li>• La prise en compte des impacts des changements climatiques sur l'échelle locale, y compris les niches microclimatiques, est limitée.</li> <li>• La recherche est limitée sur les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes côtiers.</li> <li>• La surveillance des espèces et des changements au niveau communautaire est nécessaire pour améliorer les modèles hybrides, ce qui pourrait donner lieu à une meilleure compréhension de la reconfiguration des écosystèmes et éclairer les changements quant à l'utilisation des produits chimiques et des pesticides.</li> </ul>	3.3.1, 3.3.4, 4.7
<p><b>Changements génétiques et phénologiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il y a des lacunes dans la recherche qui identifie et examine la génétique des traits liés à la santé qui aura des effets sur l'adaptation des espèces aux changements climatiques.</li> <li>• La recherche dans la concordance génétique visant à déceler les génotypes les mieux adaptés aux climats futurs est limitée.</li> <li>• La recherche sur les aspects politiques, éthiques, opérationnels et scientifiques de la migration assistée des espèces est limitée.</li> <li>• La recherche sur les asynchronies résultant de changements phénologiques chez les espèces et dans les écosystèmes est limitée.</li> </ul>	3.3.2, 3.3.3, 4.8
<p><b>Espèces envahissantes, parasites et pathogènes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une recherche intégrée limitée sur les changements climatiques et les espèces envahissantes précise et étudie les espèces envahissantes qui pourraient se propager dans le bassin des Grands Lacs.</li> <li>• Une recherche limitée sur les parasites et pathogènes aquatiques, des arbres et de la faune pouvant se propager dans le bassin.</li> </ul>	3.3.5, 3.3.6, 4.9
<p><b>Effets cumulatifs et intégration de l'utilisation des terres</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une intégration accrue des effets cumulatifs d'autres facteurs de stress environnementaux dans les analyses des impacts des changements climatiques serait bénéfique.</li> <li>• L'intégration des effets des décisions de gestion de l'utilisation des terres dans la modélisation des changements climatiques est limitée.</li> </ul>	4.10, 4.11
<p><b>Répercussions communautaires et humaines*</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les évaluations des effets cumulatifs portant sur de multiples facteurs de stress environnementaux ont été limitées. La synthèse des effets humains serait utile pour assurer une stratégie de recherche intégrée pour la science des changements climatiques des Grands Lacs, y compris les répercussions sociales, culturelles, économiques, politiques ainsi que celles sur la santé et les infrastructures en place.</li> <li>• La diffusion de l'information climatique aux utilisateurs des ressources, aux décideurs et aux praticiens pourrait être améliorée.</li> </ul>	3.4, 4.12
<p><i>* Il est à noter que ces thèmes ne sont pas abordés de manière aussi détaillée dans le rapport, et par conséquent, les recommandations sont moins spécifiques et détaillées.</i></p>	

<b>Utilisation de la science climatique au profit de la gestion adaptative</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Le développement et la promotion d'outils qui augmentent l'accessibilité et l'utilisation efficace de la science des changements climatiques faciliteraient l'utilisation de cette information dans la gestion adaptative fondée sur des preuves.</li><li>• Le leadership en matière de gestion adaptative fondée sur les preuves et le dialogue entre les chercheurs et els décideurs sont limités.</li></ul>	4.11, 4.13
---	---------------

