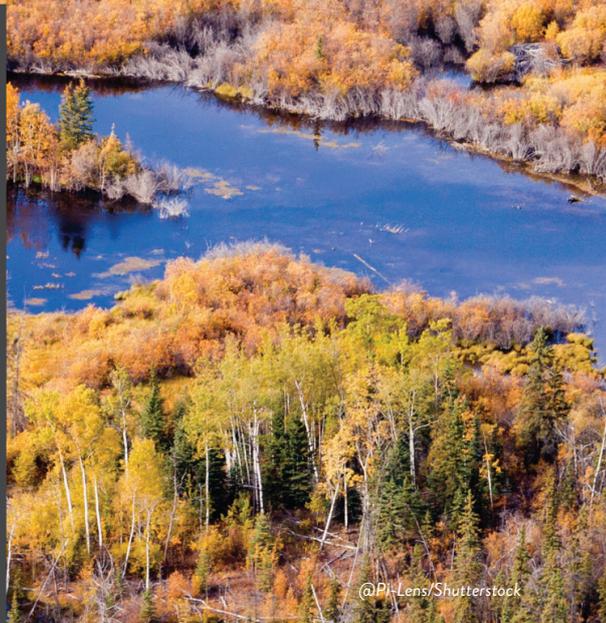




# Les milieux humides dans un monde en mutation : les avantages climatiques de ces écosystèmes

Dr Sara Knox



# Les milieux humides dans un monde en mutation : les avantages climatiques de ces écosystèmes

Les milieux humides sont des environnements mal drainés qui font la transition entre l'eau libre et la terre ferme. On y trouve des arbres, des arbustes, diverses herbacées dont les roseaux qui poussent, au sein d'un écosystème qui abrite une très grande biodiversité animale et végétale. Ces environnements sont uniques quant à leur capacité à stocker le carbone et sont donc importants pour le bien-être humain. Cependant, les activités humaines, telles que le drainage pour l'agriculture et l'exploitation forestière, les mettent en danger. À l'**Université McGill** au Canada, **Dr Sara Knox** s'efforce de comprendre les impacts des activités anthropiques et du changement climatique sur le stockage du carbone dans les zones humides.



**Dr Sara Knox**

Professeure adjointe, Département de géographie, Université McGill, Canada

## Champs de recherche

Biogéochimie, micrométéorologie, écologie des écosystèmes, changement climatique, milieux humides

## Financement

Natural Sciences and Engineering Council of Canada (Conseil des sciences naturelles et du génie du Canada) (NSERC); Environment and Climate Change Canada (Environnement et Changement climatique Canada); Metro Vancouver; World Wildlife Fund Canada (Fonds mondial pour la nature Canada); Ministère de l'Environnement, du Changement climatique, de la Faune et des Parcs du Québec; Fondation Moore

## Website

[ecoflux-lab.github.io](https://ecoflux-lab.github.io)

DOI: 10.33424/FUTURUM593

Parler comme un ...

## biogéochimiste

**Covariance des turbulences** — technique permettant de mesurer les échanges de gaz et d'énergie entre la surface de la Terre et l'atmosphère

**Cycle du carbone** — processus naturel par lequel le carbone circule entre l'atmosphère, l'eau, les sols et les organismes vivants

**Flux** — quantité de gaz ou l'énergie à travers une surface par unité de temps qui se déplacent entre la surface de la Terre et l'atmosphère

**Gaz à effet de serre** — gaz contenus dans l'atmosphère tels que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), qui favorisent l'accumulation

de chaleur et l'empêchent de s'échapper de l'atmosphère terrestre, contribuant ainsi au réchauffement climatique

**Puits de carbone** — tout milieu naturel capable d'absorber (ou entreposer) le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère

**Tour à flux** — équipement muni d'instruments scientifiques qui mesurent en continu les échanges gazeux entre la surface de la Terre et l'atmosphère

**Milieu humide** — zone de terre saturée en eau, de façon permanente ou pendant une partie importante de l'année, formant un écosystème qui abrite des plantes adaptées aux conditions de sol saturé

**D**es marais des Everglades en Floride (États-Unis) aux tourbières et marais des basses terres de la baie d'Hudson au Canada, en passant par les mangroves des Sundarbans en Inde et au Bangladesh et les marécages du bassin amazonien en Amérique du Sud, les milieux humides couvrent environ 10 % de notre planète et constituent d'excellents puits de carbone. « Les milieux humides peuvent contribuer à des solutions climatiques naturelles, permettant de relever le double défi de l'atténuation et de l'adaptation au

changement climatique, tout en protégeant la biodiversité et en favorisant le bien-être humain », explique Sara Knox, de l'université McGill. Cependant, les activités humaines endommagent les milieux humides, ce qui entraîne des rejets de carbone dans l'atmosphère.

Pour y remédier, Sara mesure les échanges de carbone entre les milieux humides et

l'atmosphère, ce qui nous aide à comprendre comment protéger et gérer au mieux ces habitats essentiels.

## Que sont les milieux humides ?

« Les milieux humides sont des zones terrestres inondées de façon permanente ou temporaire où le sol est saturé en eau pendant au moins une partie de l'année », explique Sara. « Ils peuvent être d'eau douce,



Tour de mesure des flux de gaz à effet de serre par covariance des turbulences à la surface d'une tourbière restaurée, Burns Bog, près de Vancouver, Colombie-Britannique, Canada.

d'eau salée ou un mélange des deux, et ils abritent souvent une grande variété de plantes et d'animaux spécialement adaptés à leurs conditions humides. » Les milieux humides se trouvent souvent dans les zones basses ou à proximité de plans d'eau tels que les rivières, les lacs et les littoraux. Ils jouent un rôle important dans l'environnement en filtrant l'eau, en fournissant un habitat à la faune sauvage et en protégeant contre les inondations.

Les milieux humides jouent également un rôle essentiel dans le cycle mondial du carbone en capturant et en stockant le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) présent dans l'atmosphère. Sara explique : « Leurs sols gorgés d'eau et pauvres en oxygène ralentissent la décomposition des plantes et des matières organiques, empêchant ainsi le carbone d'être rejeté dans l'atmosphère. » Dans les climats plus froids de l'hémisphère nord, les tourbières (un type de milieu humide) se forment à partir de l'accumulation de plantes mortes. « Les tourbières sont particulièrement efficaces pour stocker le carbone pendant des milliers d'années », explique Sara.

Malheureusement, la tourbe est une ressource très précieuse, utilisée comme combustible, dans le jardinage et dans l'industrie de la tourbe. « Lorsque la tourbe est extraite, le carbone stocké est libéré dans l'atmosphère, contribuant ainsi au changement climatique », poursuit Sara.

D'autres activités humaines menacent également les milieux humides. Par exemple, ils sont souvent asséchés pour créer des terres agricoles riches en nutriments, ou défrichées pour faire place à de nouvelles routes, habitations et zones industrielles. L'exploitation forestière, une activité courante sur l'ensemble de la planète, peut également être particulièrement destructrice dans les milieux humides. « Dans les milieux humides boisés, le drainage et l'abattage des arbres perturbent l'équilibre hydrologique, ce qui entraîne souvent un assèchement », explique Sara.

### Mesurer l'impact des activités humaines sur les milieux humides

« Pour comprendre la santé des milieux humides

naturels et perturbés, nous mesurons les échanges de carbone et d'eau entre les milieux humides et l'atmosphère », explique Sara. Le transfert de carbone et d'eau entre les milieux humides et l'atmosphère se fait par des flux d'air tridimensionnels en rotation, aussi appelés turbulences eddies, et la vitesse à laquelle ils se déplacent s'appelle le flux. Sara effectue des mesures à l'aide de la « technique de covariance des turbulences », qui consiste à utiliser une tour équipée de capteurs à haute fréquence qui mesurent les changements rapides de la concentration du vent et des gaz. « Cette méthode nous permet de mesurer directement et en continu la quantité de carbone absorbée ou rejetée par les milieux humides, en plus d'évaluer l'impact de ces perturbations sur leur bilan carbone et hydrique », explique-t-elle. « Les milieux humides naturels et non perturbés agissent généralement comme des puits de carbone, stockant plus de carbone qu'ils n'en rejettent. Cependant, les perturbations peuvent les transformer en sources de carbone, rejetant ainsi du carbone dans l'atmosphère. »

La quantification à long terme du bilan net de carbone d'un milieu humide aide les chercheurs comme Sara à évaluer l'impact des changements sur sa capacité à stocker le carbone et à maintenir d'autres fonctions naturelles. « Cela nous aide également à comprendre comment ils se rétablissent après leur restauration et comment ils réagissent au changement climatique », explique Sara. Ces données sont essentielles pour élaborer des stratégies de conservation efficaces et garantir que les milieux humides continuent à fournir des services écosystémiques essentiels.

### Utilisation des données pour gérer les milieux humides

Les milieux humides peuvent stocker du CO<sub>2</sub> tout en émettant d'autres gaz à effet de serre tels que le méthane et le protoxyde d'azote, ils sont donc pris en compte dans les travaux de Sara. « Ces informations permettent de déterminer si les milieux humides sont globalement des puits ou des sources de gaz à effet de serre, et comment des perturbations telles que le drainage et le changement climatique affectent cet équilibre »,

explique-t-elle. « Nos modèles montrent qu'une tourbière restaurée absorbe moins de carbone dans des conditions plus chaudes et plus sèches. Cependant, ils démontrent les avantages de la restauration. Si la remise en eau des tourbières peut temporairement augmenter les émissions de gaz à effet de serre, elle contribue à moyen terme à restaurer la fonction des tourbières et à renforcer leur capacité à long terme à agir comme puits de carbone. Les données acquises montrent comment les milieux humides se rétablissent et s'adaptent ; nos recherches soutiennent de meilleures stratégies de restauration et aident à concevoir des politiques qui renforcent les avantages climatiques des milieux humides, en veillant à ce qu'ils continuent à jouer un rôle essentiel dans le stockage du carbone et l'atténuation du changement climatique. »

### Avoir un impact

Les décideurs politiques du Canada s'appuient sur les conclusions de Sara pour soutenir des solutions climatiques fondées sur la nature qui contribuent à réduire les émissions et à protéger la biodiversité. « La protection des milieux humides est essentielle à cet égard », explique Sara. « En fournissant des données sur la façon dont les milieux humides stockent et libèrent les gaz à effet de serre, mes travaux éclairent les politiques axées sur la restauration et la protection des milieux humides. Ces efforts s'inscrivent dans le cadre de stratégies visant à préserver les écosystèmes, à réduire l'empreinte carbone du Canada et à améliorer la biodiversité. »

Sara se consacre désormais à un projet encore plus ambitieux. « Le projet CARBONIQUE sera la plus grande et la plus complète étude sur le terrain consacrée à la dynamique du carbone dans les milieux humides au Canada », explique-t-elle. « Un réseau de tours de covariance des turbulences est en cours d'installation au Québec et fournira des données essentielles pour évaluer comment les milieux humides peuvent contribuer à atténuer les changements climatiques. Nous voulons quantifier le rôle des milieux humides dans les solutions climatiques fondées sur la nature et soutenir leur intégration dans les stratégies climatiques du Québec et du Canada. »

# À propos de la *biogéochimie*

**L**a biogéochimie est un domaine multidisciplinaire qui étudie les interactions entre les processus biologiques, géologiques et chimiques qui influencent l'environnement naturel, ainsi que leur évolution. Elle joue un rôle essentiel dans la surveillance de la santé des écosystèmes et dans la recherche de solutions aux défis environnementaux tels que le changement climatique. « La biogéochimie examine comment des éléments tels que le carbone, l'azote, le soufre et le phosphore circulent dans les écosystèmes, les organismes et l'atmosphère », explique Sara. « Je m'intéresse particulièrement au cycle du carbone, et ce que je trouve le plus enrichissant, c'est la nature interdisciplinaire de ce domaine. Il offre la possibilité de collaborer avec des experts de diverses disciplines, notamment l'hydrologie, la science et la physique des sols, ce qui nous permet de développer une compréhension globale des systèmes

environnementaux complexes et de leurs réactions aux facteurs naturels et anthropiques. »

La biogéochimie offre la possibilité de changer la manière dont les scientifiques, les décideurs politiques et les organisations environnementales abordent les problèmes environnementaux les plus complexes. « La prochaine génération pourra étudier comment les écosystèmes réagissent au changement climatique, notamment les modifications du cycle du carbone et des nutriments dues à la hausse des températures et à la modification des régimes pluviométriques », explique Sara. « Il est important de continuer à mettre l'accent sur les solutions climatiques fondées sur la nature, car la restauration, la conservation et la gestion des milieux humides et des forêts peuvent améliorer la séquestration du carbone et contribuer à la réalisation des objectifs climatiques, même si elles ne remplacent pas la réduction des

émissions de gaz à effet de serre. »

L'utilisation de l'intelligence artificielle pour soutenir le travail des scientifiques environnementaux n'a cessé de croître ces dernières années. Sara explique : « Je collabore avec des informaticiens et des scientifiques spécialisés dans les données afin d'analyser des ensembles de données volumineux et complexes. En intégrant l'expertise de ces différentes disciplines, nous pouvons développer des modèles plus complets, mettre au jour des tendances dans les données environnementales et améliorer notre compréhension de la dynamique des écosystèmes face au changement climatique et à d'autres perturbations. Cette approche collaborative permet non seulement de faire progresser les connaissances scientifiques, mais aussi d'éclairer la prise de décisions plus efficaces en matière de gestion environnementale et de politique publique. »

## Parcours scolaire menant à la *biogéochimie*

Les mathématiques, la physique, la biologie, la chimie et l'informatique vous donneront une base solide pour vous spécialiser en biogéochimie.

À l'université, suivez des cours de géographie physique, tels que l'hydrologie, les sciences atmosphériques, la science des sols et la géologie.

Sara explique : « Acquérir une expérience pratique grâce à des stages ou à des activités bénévoles dans des universités, des organismes gouvernementaux ou des organisations environnementales est un excellent moyen de développer ses compétences. Pour ceux qui aiment travailler en plein air, la recherche sur le terrain offre une expérience pratique de la collecte de données et de la surveillance des écosystèmes. Si vous êtes moins attiré par la recherche sur le terrain, vous pouvez explorer les possibilités offertes par la recherche computationnelle, en vous concentrant sur l'analyse de données, la modélisation environnementale ou l'utilisation de l'intelligence artificielle pour interpréter de grands ensembles de données. »

## Découvrez les carrières dans le domaine de la *biogéochimie*

Pour en savoir plus sur les travaux de Sara et de ses collègues du Département de géographie de l'Université McGill ([mcgill.ca/geography](http://mcgill.ca/geography)), consultez le site Web du Bureau de vulgarisation scientifique de l'Université McGill ([mcgill.ca/science/outreach](http://mcgill.ca/science/outreach)), où vous trouverez des informations sur les expositions, les ateliers, les présentations en ligne et les podcasts.

Explorez les sites Web du Canadian Geophysical Union (Union géophysique canadienne) ([cgu-ugc.ca](http://cgu-ugc.ca)), de l'Ecological Society of America (Société écologique américaine) ([esa.org](http://esa.org)) et de l'European Geosciences Union (Union européenne des sciences de la Terre) ([egu.eu](http://egu.eu)) pour en savoir plus sur les dernières recherches en cours et trouver des informations sur les stages et les carrières. Vous pourriez même envisager de devenir membre étudiant de l'une de ces organisations, ce qui vous donnerait accès à des opportunités de réseautage, à des événements et à des conférences.

Sara déclare : « Se tenir informé grâce à des sites tels que NASA Earthdata ([earthdata.nasa.gov](http://earthdata.nasa.gov)) ou le site Web sur le climat de l'Agence américaine National Oceanic and Atmospheric Association (Association nationale océanique et atmosphérique) ([noaa.gov/climate](http://noaa.gov/climate)) peut vous aider à mieux comprendre les enjeux environnementaux mondiaux. »



Dr Sara Knox et ses étudiantes (de droite à gauche : Christina Mace, Marion Nyberg et Aylin Apodaca) effectuant des travaux sur le terrain à Burns Bog.



## Rencontrez Sara

**La biogéochimie combine mon amour pour le plein air et ma passion pour les sciences.** De plus, mon amour pour les mathématiques et les sciences est comblé par la biogéochimie, qui intègre des éléments de physique, de biologie, de chimie et d'informatique, ce qui en fait un domaine passionnant et dynamique.

**Je pense que le changement climatique est l'un des défis les plus urgents auxquels nous sommes confrontés,** et la biogéochimie joue un rôle crucial dans la compréhension de la manière dont la Terre va réagir. Elle offre des informations précieuses sur la manière dont les écosystèmes et les cycles biogéochimiques seront affectés par le changement climatique et fournit des orientations sur la manière dont nous pouvons modifier les pratiques de gestion des terres afin de mettre en place des stratégies d'adaptation et d'atténuation du changement climatique.

**Les stages pratiques que j'ai effectués pendant mes études de premier cycle ont été déterminants dans l'orientation de ma carrière.** J'ai travaillé sur un projet visant à quantifier le bilan des gaz à effet de serre des réservoirs hydroélectriques, ce qui a été ma première expérience avec la covariance

des turbulences et a finalement déterminé l'orientation de mes recherches futures. De plus, j'ai travaillé comme assistante de terrain pendant l'été au Pérou, où j'ai étudié l'impact du recul des glaciers sur les ressources en eau. Ces expériences ont renforcé mon intérêt pour la recherche sur le terrain et ont consolidé ma passion pour la recherche en sciences de l'environnement.

**L'une de mes plus grandes réalisations a été de codiriger** deux grands projets internationaux de synthèse sur les émissions de méthane des milieux humides, qui représentent environ 25 à 40 % des émissions mondiales de méthane. Mes collègues et moi-même avons compilé une base de données sur les mesures des flux de méthane par covariance des tourbillons et publié de nombreux articles évalués par des pairs sur les flux de méthane dans les milieux humides. Nos recherches ont permis de mieux comprendre comment les émissions de méthane des milieux humides réagissent au changement climatique et ont mis en évidence le potentiel d'une boucle de rétroaction du méthane des milieux humides dans un climat en réchauffement.

**Mon objectif est de continuer à former la prochaine génération de scientifiques environnementaux** qui non seulement approfondiront notre compréhension du changement climatique, mais amélioreront également notre capacité à relever les défis complexes qu'il pose. J'éprouve une grande joie à enseigner et à encourager la pensée critique chez mes étudiants, en les incitant à réfléchir de manière indépendante et à remettre en question les informations qui

leur sont présentées. Cette capacité à évaluer de manière critique les données et les idées est essentielle pour repousser les limites des connaissances scientifiques.

Je suis profondément engagée à promouvoir l'inclusion et la diversité dans le domaine scientifique, car je suis convaincue qu'une main-d'œuvre diversifiée et inclusive permet de trouver des solutions plus innovantes et plus complètes. En créant un environnement où toutes les voix sont entendues et valorisées, nous pouvons relever des défis mondiaux tels que le changement climatique sous différents angles, ce qui, à terme, renforce la communauté scientifique et améliore l'impact de notre travail.

---

### Les meilleurs conseils de Sara

1. N'ayez pas peur de l'échec. La science est un processus itératif, et les revers sont souvent les occasions d'apprentissage les plus précieuses dans le domaine scientifique (et dans la vie). Relevez les défis, tirez les leçons de vos erreurs et servez-vous-en pour progresser.
2. Prenez des risques et soyez audacieux, car de nombreuses avancées voient le jour lorsque l'on sort des sentiers battus.
3. Constituez-vous un réseau de mentors et de pairs qui vous inspirent et vous stimulent. Ces relations vous aideront à évoluer et vous ouvriront des portes vers des opportunités passionnantes tout au long de votre carrière.

# Biogéochimie

avec Dr Sara Knox

## Points à aborder

### Connaissances et compréhension

1. Quels sont les différents types de milieux humides et où se trouvent-ils dans le monde ?
2. Qu'est-ce que le cycle du carbone et comment les milieux humides stockent-ils le carbone ?
3. Quels types d'activités humaines perturbent les milieux humides, et comment ? Quel est l'impact de ces activités sur le cycle du carbone ?
4. Pourquoi est-il important d'inclure d'autres gaz à effet de serre tels que le méthane et le protoxyde d'azote dans les mesures et les modèles ?

### Application

5. Comment Sara étudie-t-elle le transfert de carbone entre les milieux humides et l'atmosphère, et quelles questions pourriez-vous lui poser pour en savoir plus sur ses méthodes de recherche ?
6. Qu'est-ce qui vous intéresse le plus dans la biogéochimie ? Quelles mesures pourriez-vous prendre dès maintenant si vous souhaitiez poursuivre une carrière dans la biogéochimie ou, plus généralement, dans les sciences de l'environnement ?

### Analyse

7. Sara dit que la biogéochimie implique un travail multidisciplinaire, en collaboration avec des collègues de différents domaines. Pourquoi pensez-vous que cela est important et bénéfique ?

### Evaluation

9. Pourquoi pensez-vous que les milieux humides ne sont pas aussi présents dans la conscience collective que d'autres écosystèmes, tels que les forêts, les prairies ou les rivières ? Quel impact cela pourrait-il avoir sur les efforts visant à les gérer ? Que pourrait-on faire pour sensibiliser davantage le public et améliorer sa compréhension des milieux humides ?
10. Parmi les meilleurs conseils de Sara, lequel trouvez-vous le plus utile et pourquoi ?

## Activité

En petits groupes, préparez une courte présentation pour vos camarades sur l'importance des milieux humides et les recherches menées pour les comprendre et les gérer. À partir de l'article de Sara et de vos propres recherches, incluez des informations sur les points suivants :

1. Description des différents types de milieux humides (marais, marécages, tourbières ombrotrophes, tourbières minérotrophes et mangroves), y compris leur localisation dans le monde et les animaux et plantes qui y vivent.
2. Explication du cycle du carbone et du rôle des milieux humides dans ce cycle
3. Comment les activités humaines perturbent les milieux humides
4. Comment une tour de mesure des flux par covariance des turbulences peut être utilisée pour mesurer les gaz à effet de serre dans les milieux humides
5. Comment ces données peuvent contribuer à protéger et à restaurer les milieux humides, et par conséquent, cet équilibre carbone si fragile.

Réfléchissez aux diagrammes, faits et images que vous pourriez inclure pour rendre votre présentation plus attrayante et plus compréhensible.

Présentez votre travail à vos camarades, regardez leurs présentations et échangez vos impressions. Réfléchissez aux points suivants :

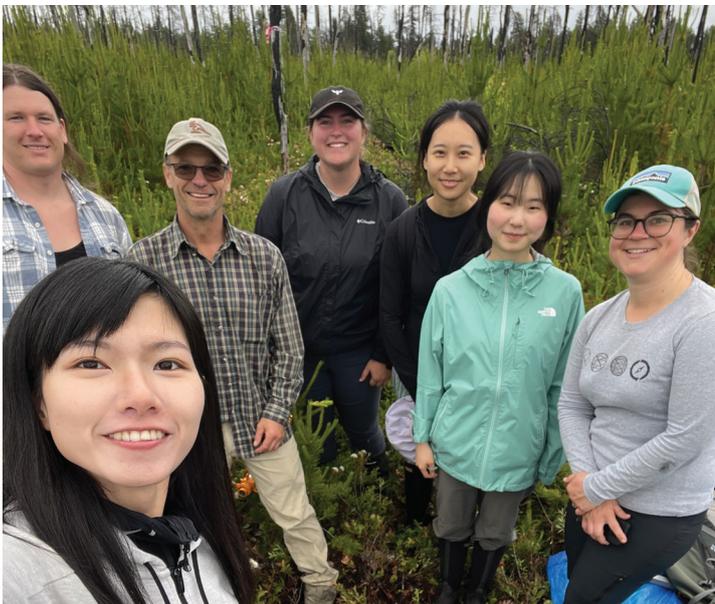
1. Votre présentation était-elle facile à comprendre ? Quelles informations supplémentaires ajouteriez-vous à une présentation future, ou y a-t-il des éléments que vous supprimeriez ?
2. Qu'avez-vous appris des autres présentations ?
3. Quel impact vos supports visuels, tels que les diagrammes et les images, ont-ils eu sur votre présentation ?
4. Est-ce que vous étiez à l'aise en parlant devant un public ? Quelles compétences pourriez-vous développer pour vous aider à vous sentir plus confiant à l'avenir ?
5. Que changeriez-vous dans votre présentation si vous vous adressiez à un public différent ? Pensez par exemple aux groupes suivants :
  - Une classe d'enfants de huit ans
  - Un groupe de journalistes souhaitant réaliser un reportage sur l'état des milieux humides
  - Des financeurs potentiels pour les recherches futures.

## Plus de ressources

- Cette conférence TED présente de nombreuses raisons d'apprécier les milieux humides : [youtube.com/watch?v=ULZZMmLUo](https://www.youtube.com/watch?v=ULZZMmLUo)
- Le podcast Waterlands, produit par le Wildfowl and Wetlands Trust au Royaume-Uni, explore tous les aspects des milieux humides : [wwt.org.uk/discover-wetlands/wetlands](https://www.wwt.org.uk/discover-wetlands/wetlands)
- Cette conférence TED explore l'importance des milieux humides en Zambie et explique pourquoi il est crucial de les préserver : [youtube.com/watch?v=dgQxXJpAGQk](https://www.youtube.com/watch?v=dgQxXJpAGQk)
- Lisez cet article de Futurum sur la façon dont les tourbières stockent le carbone et comment elles peuvent être restaurées : [futurumcareers.com/studying-and-restoring-canadas-peatlands-and-their-carbon-storage-superpower](https://www.futurumcareers.com/studying-and-restoring-canadas-peatlands-and-their-carbon-storage-superpower)



@Elena Berd/Shutterstock



## Montage Photo

**En haut et au milieu, à gauche :** une tour de flux dans un marais salé près de Vancouver, en Colombie-Britannique, au Canada. Cette tour fait partie d'un projet visant à étudier le cycle du carbone dans les écosystèmes côtiers du Canada.

**Au milieu, à droite :** une tour de covariance des tourbillons mesurant les flux de gaz à effet de serre à Burns Bog.

**En bas :** Dr Sara Knox et son équipe de recherche (de droite à gauche : Himari Honda, Hehan Zhang, Kelcey McGuire, Rick Ketler, June Skeeter et Tzu-Yi Lu) effectuant des travaux sur le terrain à Burns Bog.

+44 117 909 9150  
info@futurumcareers.com  
www.futurumcareers.com

# futurum



*Environnement,  
Lutte contre  
les changements  
climatiques,  
Faune et Parcs*

Québec 



**metro**vancouver  
SERVICES AND SOLUTIONS FOR A LIVABLE REGION



**McGill**



Environment and  
Climate Change Canada

Environnement et  
Changement climatique Canada